

Regione Veneto

Comune di Bagnoli di Sopra

Provincia di Padova

**VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE**

Titolo:

Lotto di impianti di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica

**"BAGNOLI 1" - "BAGNOLI 2" - "BAGNOLI 3" - "BAGNOLI 4"**

Via Goffredo Mameli snc

Oggetto:

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

Num. Rif. Lista:

-

Codifica Elaborato:

**R - GEO**

Studio di progettazione:



Servizi Integrati Gestionali Ambientali srl  
Circonvallazione Piazza d'Armi, 130 48122  
Ravenna (RA)  
C.F. e P.IVA 01465700399

Incarico professionale ricevuto dalla Chiron Energy Asset Management S.r.l. società facente parte del Gruppo Chiron Energy

Progettista:

Dott. Geol. Michela Lavagnoli



Cod. File:

FILE

Scala:

-

Formato:

A4

Codice:

PD

Rev.:

00

Rev.	Data	Descrizione revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
0	03/2022	Prima emissione	Dott. geol. M. Lavagnoli	Dott. geol. M. Lavagnoli	Dott. geol. M. Lavagnoli
1	DATA				
2	DATA				

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>ASPETTI GEOLOGICI GENERALI .....</b>	<b>8</b>
4.1	Assetto geomorfologico .....	8
4.2	Assetto geologico e litostratigrafico.....	10
4.3	Acque superficiali.....	13
4.4	Acque sotterranee.....	22
4.4.1	Assetto idrogeologico generale .....	22
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE INDAGINI IN SITO.....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE FISICO E MECCANICA DEI TERRENI .....</b>	<b>30</b>
6.1	Caratteristiche litologiche dei terreni .....	30
6.2	Modello geotecnico e valori caratteristici dei parametri geotecnici.....	31
<b>7</b>	<b>SISMICA.....</b>	<b>34</b>
7.1	Pericolosità sismica .....	34
7.2	Valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni .....	38
<b>8</b>	<b>PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI .....</b>	<b>40</b>
<b>9</b>	<b>CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI.....</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....</b>	<b>43</b>

**ALLEGATI**

## 1 PREMESSA

Lo studio svolto è stato finalizzato al riconoscimento delle principali caratteristiche geologiche dei terreni presenti in corrispondenza dell'area di circa 29,45 ha, interessata dal progetto di un lotto di impianti di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza nominale complessiva di 26.669,5 kW, ubicato nel comune di Bagnoli di Sopra (Padova), Figura 1-1.

Le coordinate geografiche riferite al datum WGS84 del baricentro dell'area di realizzazione del campo fotovoltaico sono: Lat. 45,1999°, Long. 11,9052°.

L'area è compresa nelle sezioni 147160 e 168030 della Carta Tecnica Regionale (Figura 1-2). In Figura 1-3 viene riportata l'area di intervento sulla foto aerea tratta da Google Earth.

Per la modellazione dell'area è stata analizzata e utilizzata la cartografia pubblicata nel Geoportale della Regione Veneto, la documentazione contenuta negli elaborati del P.A.T.I del Conselvano, la cartografia riportata nel Piano Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di bacino del Distretto delle Alpi Orientali. Inoltre, è stata presa in esame la cartografia del Consorzio di bonifica Adige Euganeo.

Per la caratterizzazione geologica e geotecnica di dettaglio in corrispondenza dell'area di realizzazione del campo fotovoltaico sono state effettuate 6 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTU), un'indagine sismica attiva (MASW) e un'indagine sismica passiva (HVSr). In corrispondenza dei fori, ottenuti mediante l'esecuzione delle prove, è stato rilevato il livello di profondità della falda dal piano di campagna.

Sulla base delle informazioni raccolte è stata ricostruita la stratigrafia del sottosuolo ed individuato un modello geologico-geotecnico dei terreni. Facendo riferimento alla normativa sismica vigente e alla DGR. N. 244 del 9 marzo 2021, in base alla quale il territorio di Bagnoli di Sopra è stato inserito all'interno della zona 3, è stata effettuata la caratterizzazione della pericolosità sismica di base dell'area.

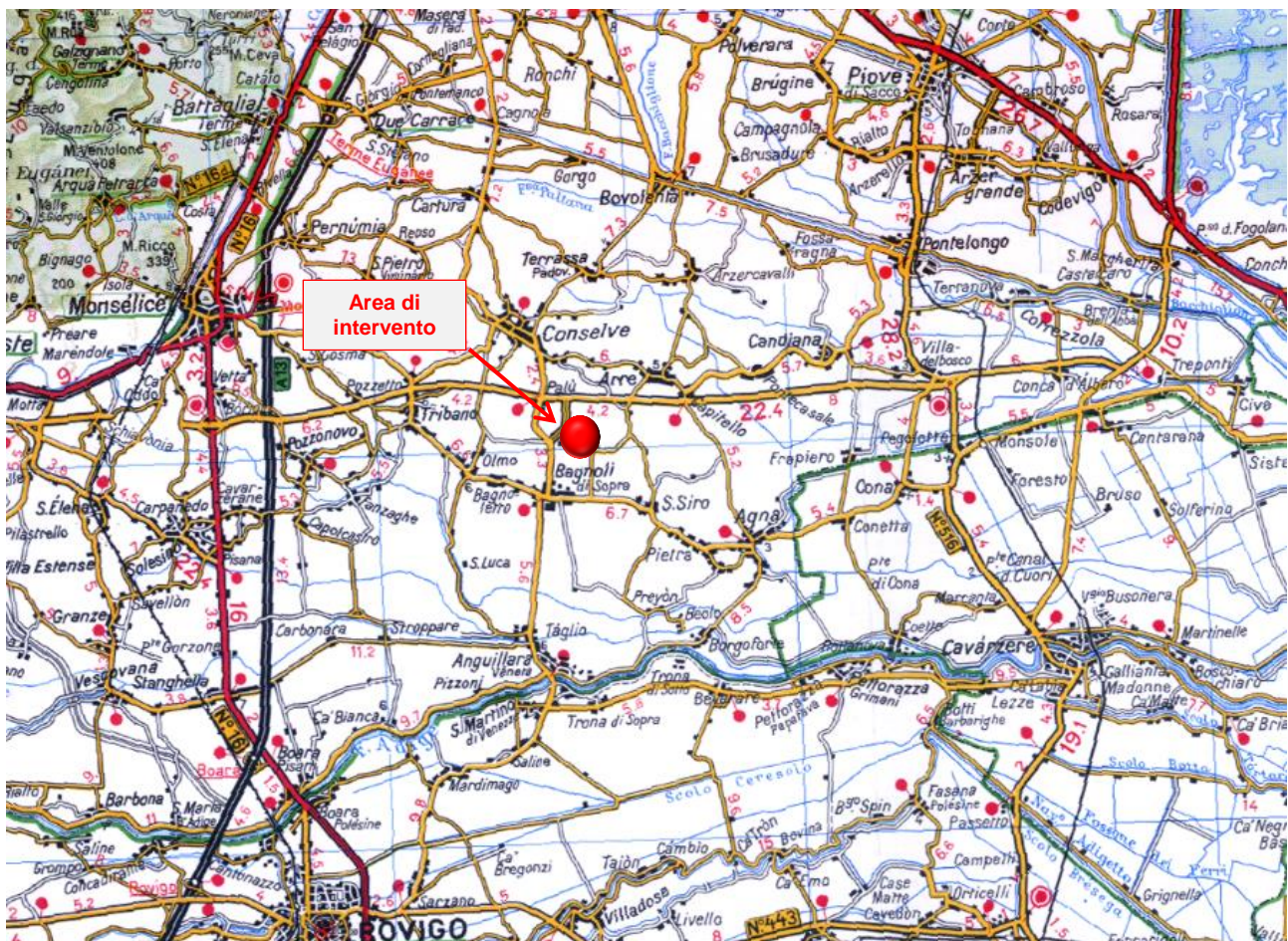


Figura 1-1 - Ubicazione area di intervento

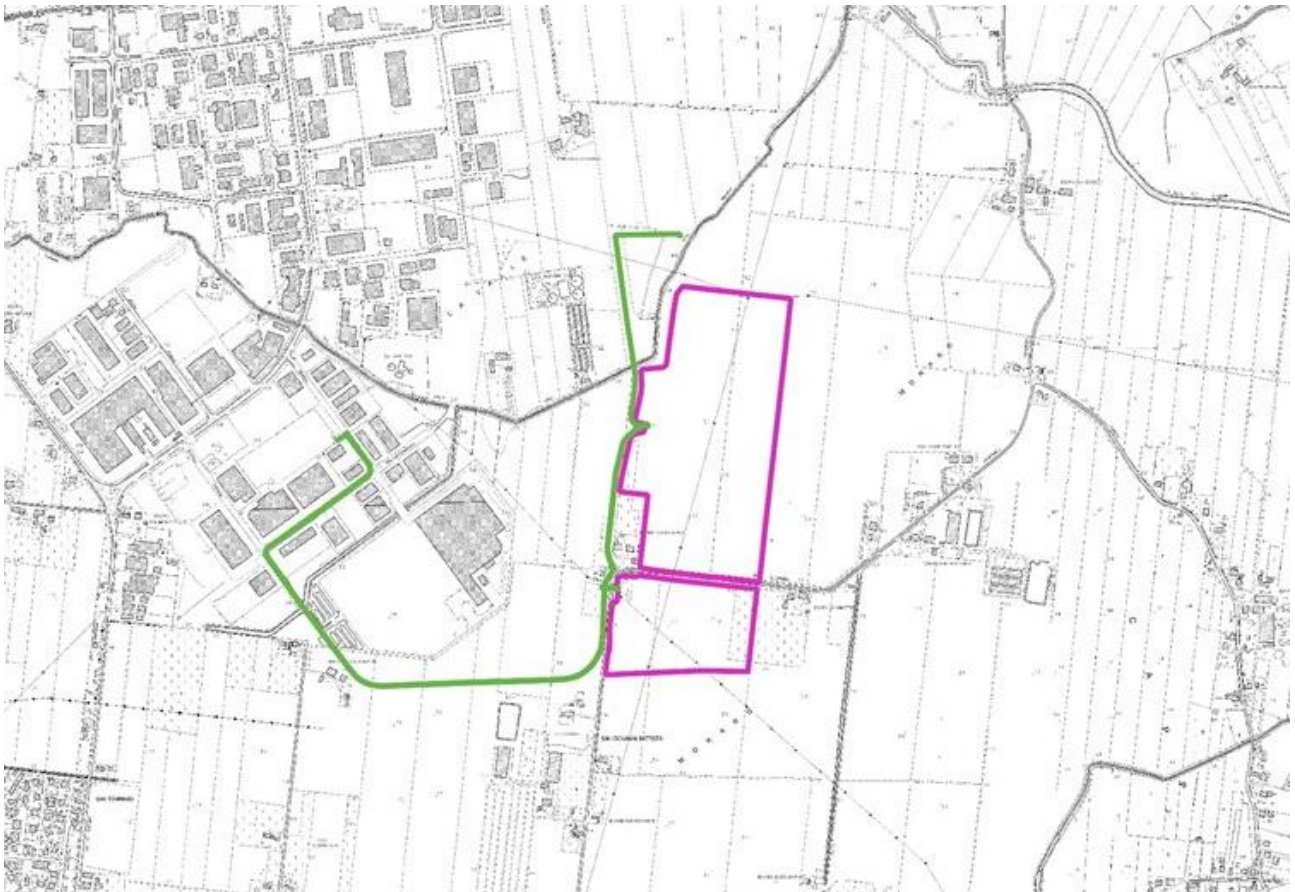


Figura 1-2 - Ubicazione area di intervento su base CTR, sezioni 147160 e 168030

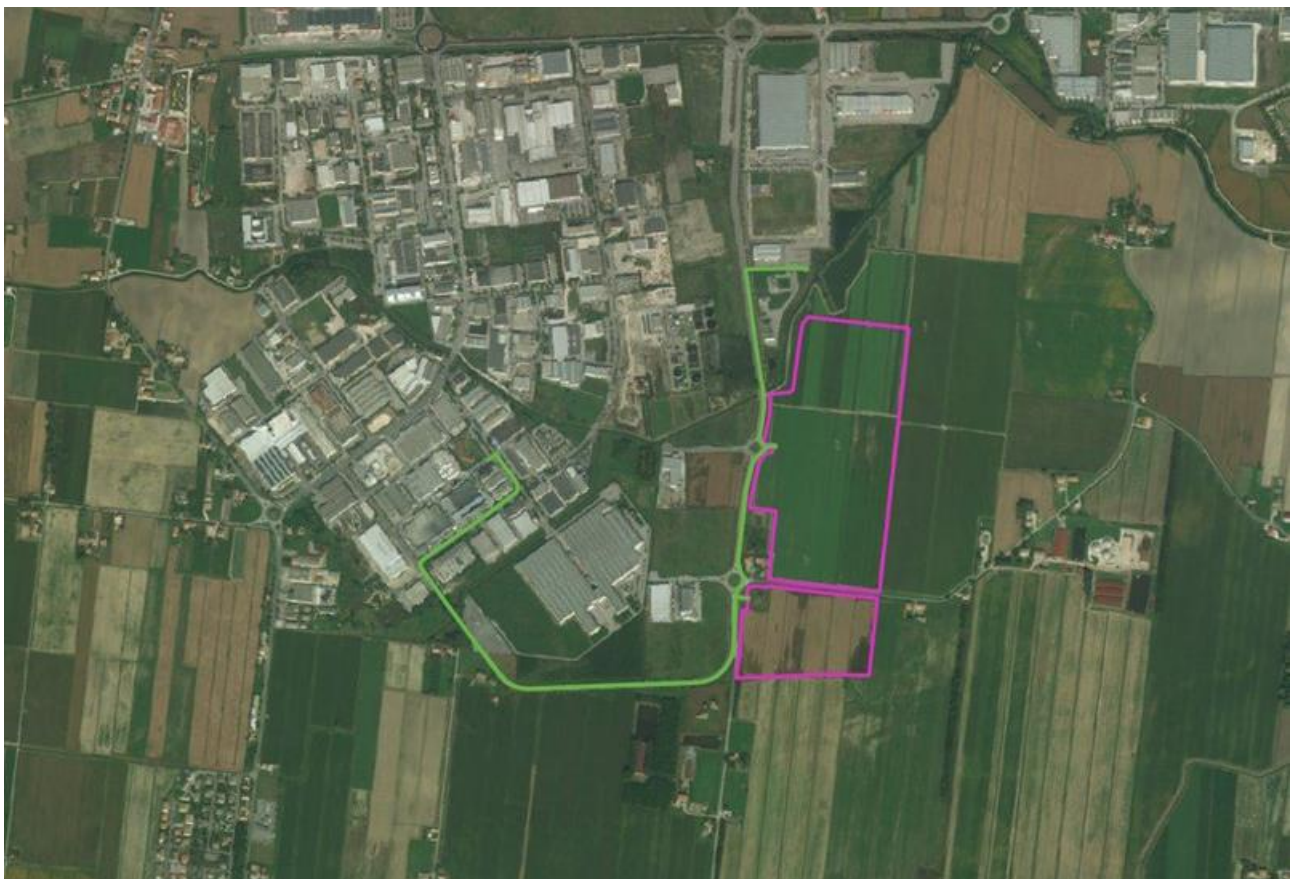


Figura 1-3 – Foto aerea dell'area recintata del campo fotovoltaico (tratto magenta) e dell'elettrodotto (tratto verde)



Figura 1-4 – Panoramica area di intervento



Figura 1-5 – Panoramica area di intervento

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in riferimento alla sottoelencata normativa.

Decreto ministeriale 17/01/2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (Nel testo citato come NTC 18).

Circolare applicativa NTC2018 – Circolare Esplicativa con le Istruzioni alle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Consiglio Superiore dei lavori pubblici – Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27/07/2007

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20/03/2003 n. 3274 - “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.

Decreto Presidente Repubblica n. 380 del 6 giugno 2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

### 3 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

All'interno dell'impianto fotovoltaico è in progetto la realizzazione delle strutture sotto riportate per le quali è previsto il ricorso a fondazioni di tipo superficiale a platea. Si tratta di n. 8 Cabinet inverter, n. 4 cabine utente e n. 2 cabine di consegna la cui ubicazione è riportata in Figura 3-1.

I cabinet inverter sono posizionati all'interno di container marittimi standard, scelta che semplifica le attività di trasporto, installazione, messa in servizio e le future opere di dismissione dell'impianto.

Le cabine utente avranno una struttura monoblocco costruita ed assemblata direttamente nello stabilimento di produzione. Questo permetterà di limitare le operazioni di posa e ridurre i tempi di manodopera in cantiere.

Le cabine di consegna saranno del tipo modulare a pannelli componibili e il montaggio delle cabine avverrà direttamente in cantiere. Per i dettagli si rimanda alla relazione tecnica e ai relativi elaborati grafici di progetto.

Le dimensioni delle strutture sono riportate nella seguente tabella.

Edificio / struttura fondazione	Larghezza B (m)	Lunghezza L (m)	Profondità piano di posa (m)
Cabinet inverter	2,44	6,06	0,4
Cabine utente	2,5	6,5	0,6
Cabina di consegna MAMELI FTV	2,48	6,7	1,0
Cabina di consegna SVEZIA FTV	2,48	10,9	1,0

Tabella 3-1 Dimensioni in pianta delle strutture di fondazione

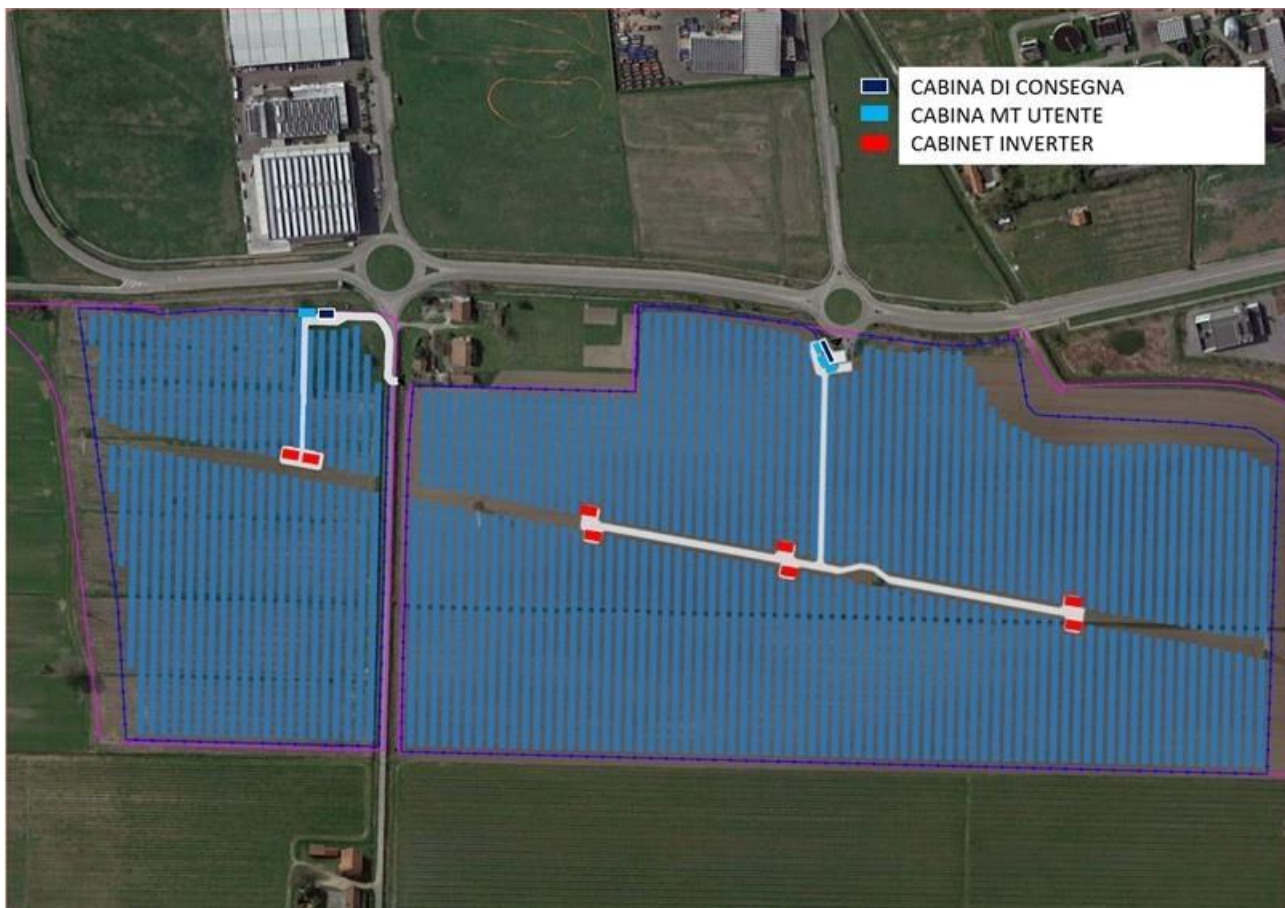


Figura 3-1 - Ubicazione del campo fotovoltaico in progetto

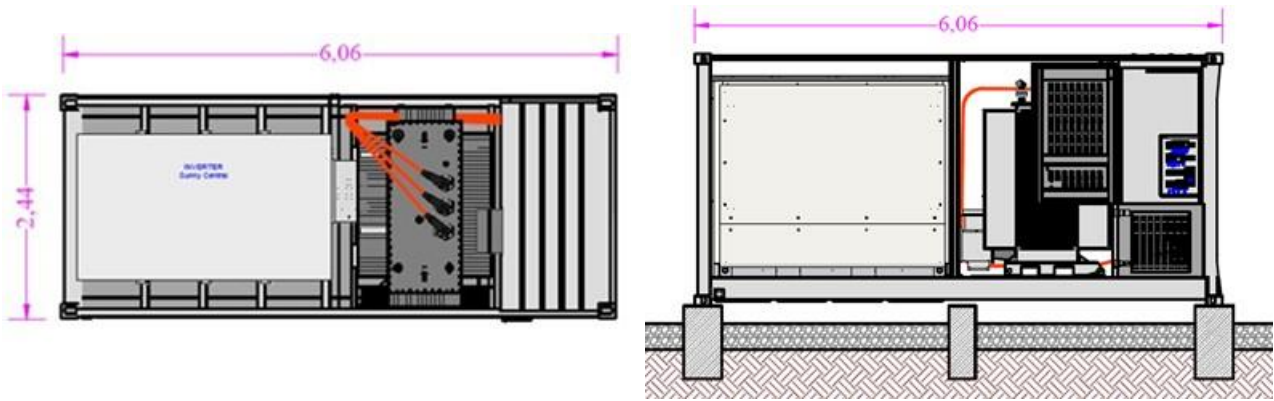


Figura 3-2 – Pianta e profilo dei Cabinet Inverter

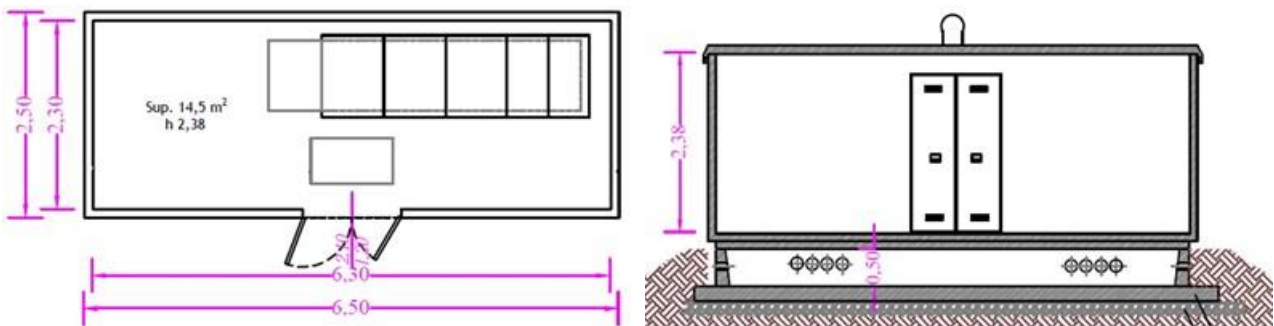


Figura 3-3 – Pianta e profilo delle cabine MT utente 1-2-3-4

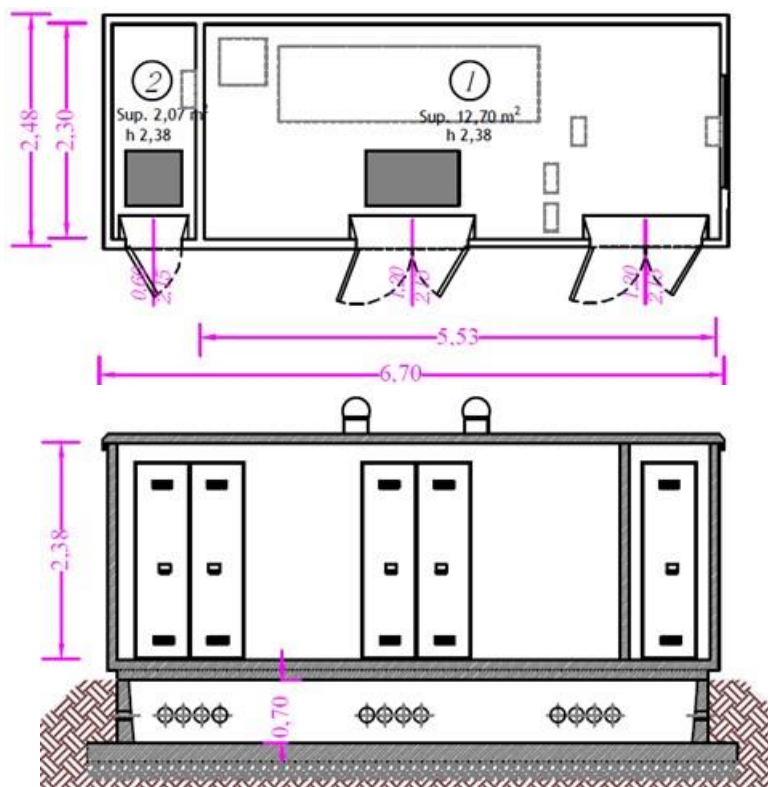


Figura 3-4 – Pianta e profilo della Cabina di consegna MAMELI FTV

### CABINA DI CONSEGNA "SVEZIA FTV"

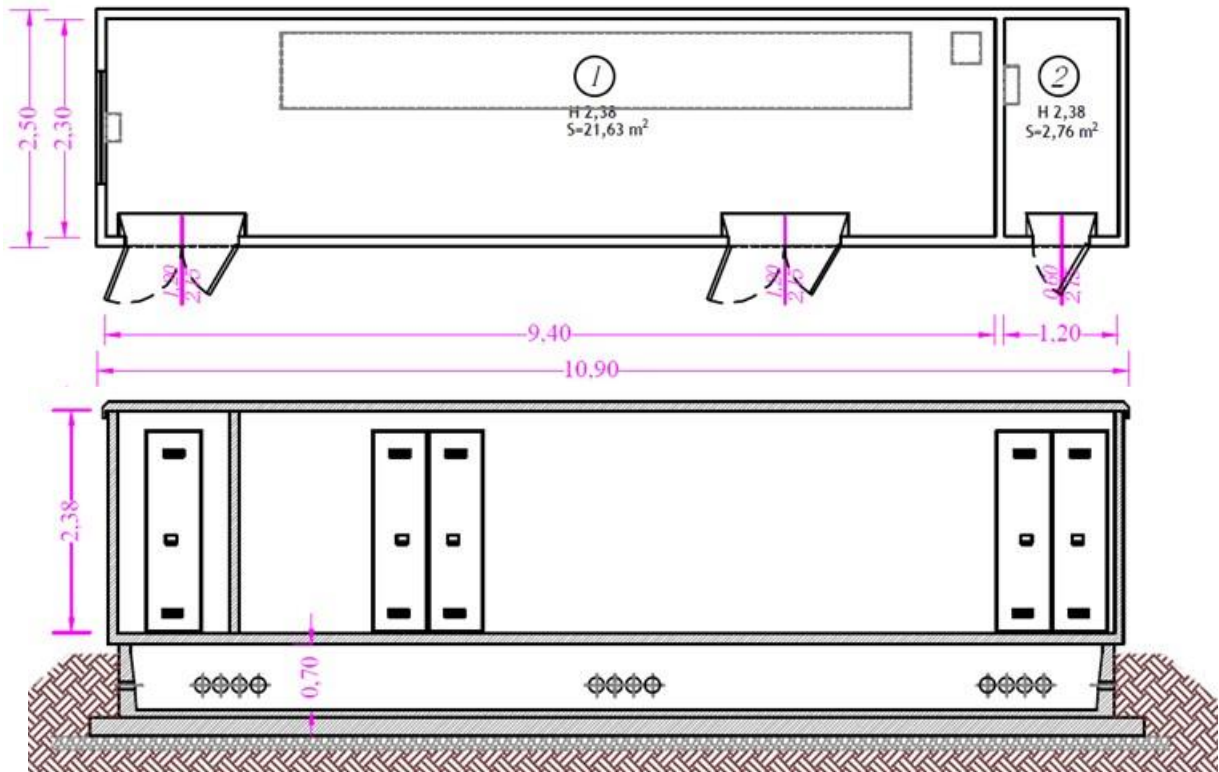


Figura 3-5 – Pianta e profilo della cabina di consegna SVEZIA FTV



## 4 ASPETTI GEOLOGICI GENERALI

### 4.1 Assetto geomorfologico

Il territorio, nel suo complesso, è caratterizzato da una morfologia pianeggiante con quote sul livello del mare che degradano dolcemente da nord-ovest verso sud-est. In questo contesto l'aspetto del territorio di area vasta è quello tipico di pianura, con estese aree adibite alla coltivazione delimitate da una fitta rete di canali ad uso irriguo.

In Figura 4-1 è riportato uno stralcio della Carta del microrilievo elaborata per il P.A.T.I. del Conselvano: dall'analisi dell'andamento altimetrico, si possono individuare alcune strutture naturali a forma di dosso ed in corrispondenza delle quali sono state realizzate le infrastrutture storiche, essendo per lo più zone non soggette a periodici allagamenti. Ne sono un esempio le aree rilevate lungo le quali scorrono la SP14 a nord dell'area di intervento e la SP 5 che attraversa l'abitato di Bagnoli di Sopra.

Questi elementi morfologici hanno tutti direzione nord-ovest sud-est, ad indicare la direzione degli eventi deposizionali fluviali. Storicamente queste strutture, per la loro minore propensione ad essere sommersi, rappresentavano siti ideali per gli insediamenti e per le relative vie di comunicazione. Si osserva infatti che gli attuali capoluoghi si sono sviluppati proprio in corrispondenza di queste strutture.

In riferimento all'area ove verrà realizzato il campo fotovoltaico essa risulta pianeggiante con quote comprese tra circa 1,2 e 3,0 m slm (Figura 4-2).

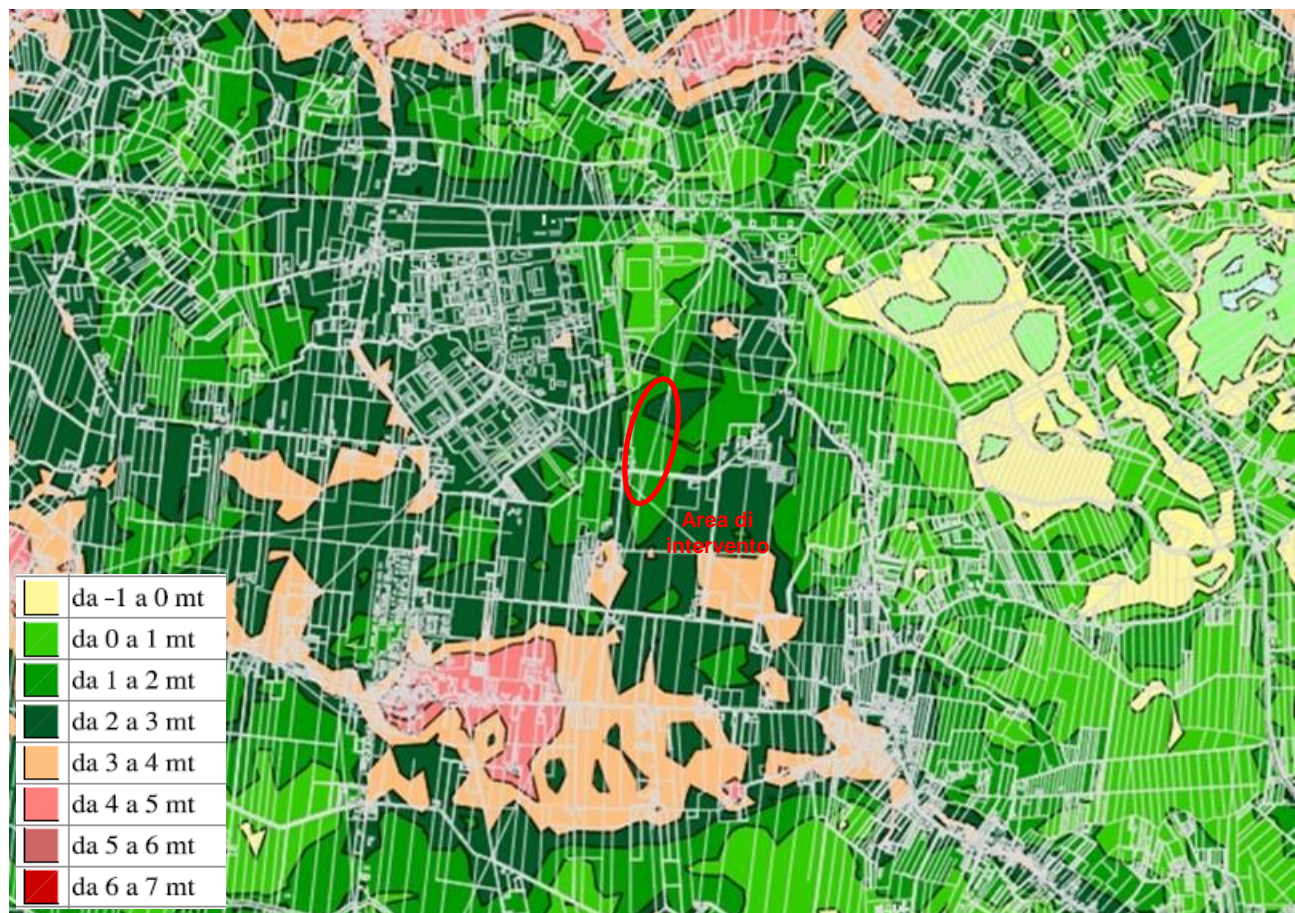
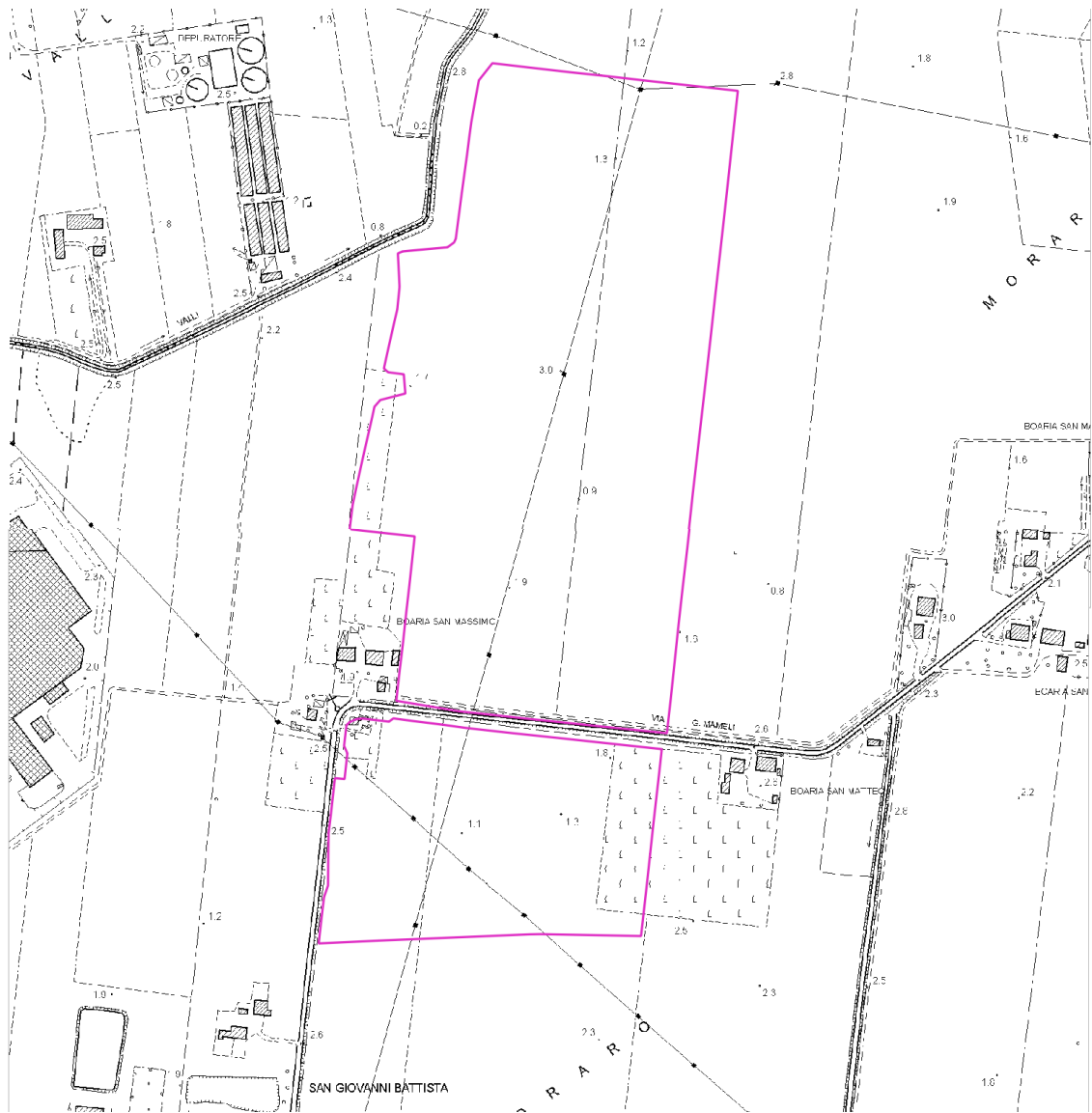


Figura 4-1 – Microrilievo dell'area di intervento (Fonte: Fonte: PATI del Conselvano, Carta del microrilievo)

In Figura 4-4 è riportato lo stralcio della Carta geomorfologica redatta per il PATI del Conselvano che evidenzia con maggior dettaglio la distribuzione delle aree depresse e dei dossi fluviali in prossimità del sito ove verrà realizzato l'impianto.

Sull'area non sono state cartografate strutture morfologiche di rilievo. Anche l'analisi sull'assetto morfologico locale non ha fatto emergere la presenza di elementi morfologici, come evidenziato in Figura 4-3.



**Figura 4-2 – Quote topografiche in prossimità dell'area di intervento tratte dalla CTR 168030 e 147150 alla scala 1:10.000**



**Figura 4-3 – panoramica delle aree di intervento**

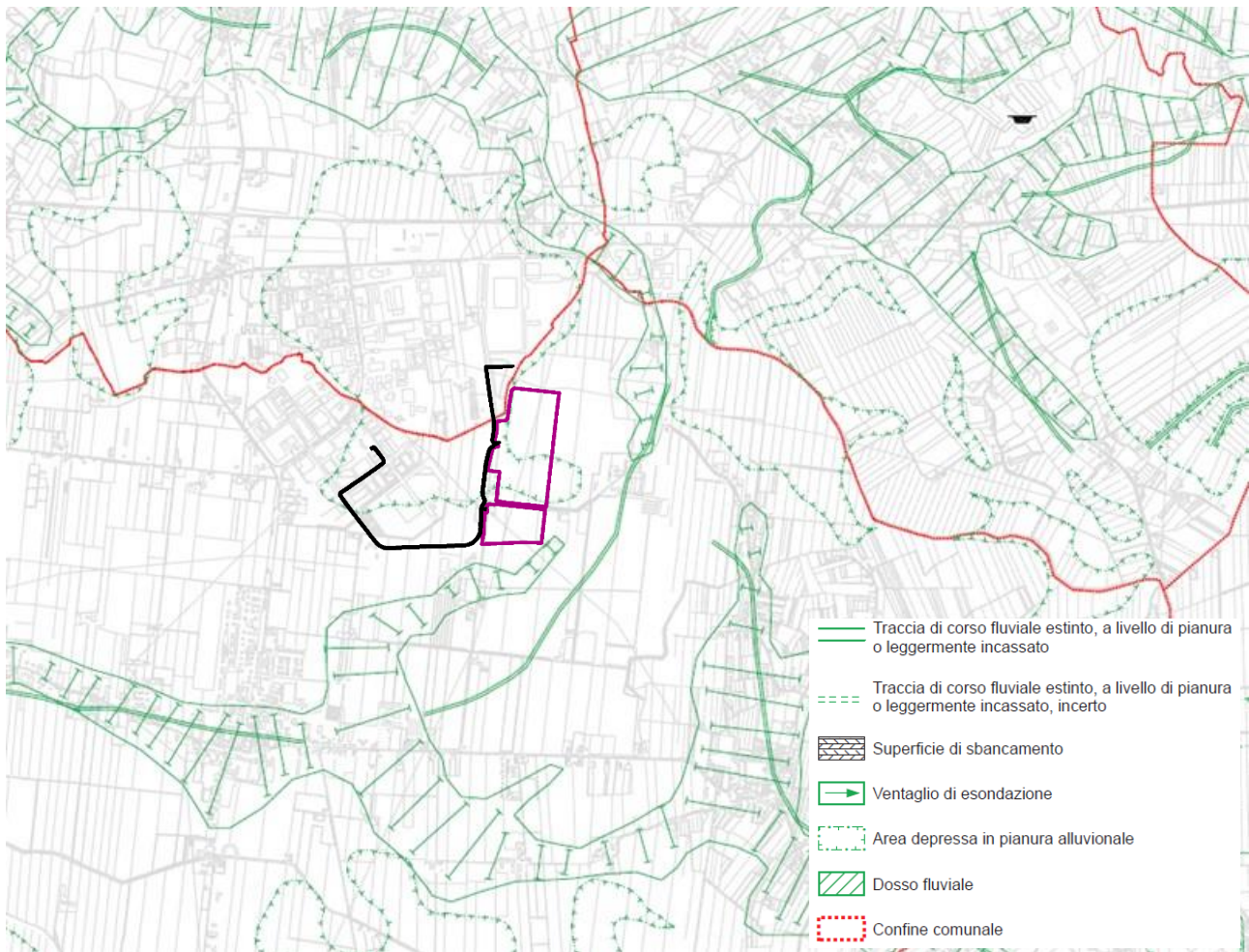


Figura 4-4 – Geomorfologia dell'area di intervento (Fonte: PATI del Conselvano – Carta Geomorfologica)

#### 4.2 Assetto geologico e litostratigrafico

La Pianura Padana è un bacino sedimentario localizzato sul depocentro posto tra le falde sud-vergenti delle alpi meridionali e i thrust nord-vergenti dell'Appennino settentrionale (Valloni e Calda, 2007). La gran parte dei cicli sedimentari presenti si sono depositi durante un periodo che comprende Oligocene e Miocene, a causa di una marcata accentuazione della subsidenza. In questo periodo la sedimentazione era prevalentemente di tipo marino, all'interno di un golfo che andava ad appoggiarsi su di un substrato con caratteristiche molto variabili, frutto della movimentata storia geologica precedente.

Durante il Miocene superiore si assiste al progressivo prosciugamento del Paleomediterraneo, evento noto come "crisi del Messiniano" dovuto alla chiusura dello Stretto di Gibilterra, che portò al quasi totale essiccamento del Mediterraneo ed a una crisi di salinità riscontrabile in tutto il suo bacino.

Nella pianura l'abbassamento del livello marino (che portò la paleolina di costa adriatica al di sotto dell'attuale delta del Po) ne causò la sua emersione, favorendo lo sviluppo di un ramificato sistema fluviale, con la conseguente fase erosiva. In questo periodo l'area diviene caratterizzata da una successione di laghi poco profondi ipersalini e di paludi e acquitrini salmastri separati dal resto del mare interno.

Nella parte emersa della pianura le fasi di mare basso causarono imponenti fenomeni di erosione fluviale, che contribuirono all'escavazione dei solchi vallivi principali, ben al di sotto del livello marino attuale. La crisi di salinità termina bruscamente a causa del ripristino della via di collegamento con l'Atlantico, probabilmente dovuto al concorrere di movimenti tettonici e al sollevamento del livello degli oceani, questo fa sì che nel bacino padano, per tutto il Pliocene, si verifichi una sedimentazione di tipo marino profondo, esteso a quasi tutte le zone, con l'eccezione di piccole aree localizzate di alto strutturale.

Nel corso del Pleistocene medio-superiore, il modellamento della Pianura Padana si verifica con tipologia continentale, tramite processi prevalentemente fluviali; ciò avviene mentre si alternano numerosi cicli di sommersione ed emersione provocati dalle fluttuazioni eustatiche del livello marino, connesse alle variazioni

climatiche. Ad ogni glaciazione, infatti, il livello del mare si abbassava (regressione) ed emergevano vaste pianure costiere destinate a venire nuovamente sommerse durante le fasi interglaciali, quando il livello del mare tornava ad alzarsi (trasgressione) e le grandi quantità di sedimenti trasportati dai fiumi colmavano le fasce marine litoranee, determinando un progressivo avanzamento della linea di costa (Ferrari, 1996).

La massima espansione glaciale (würmiana) si ha circa 18.000 anni fa: il livello marino scende di circa 100 metri al di sotto dell'attuale e la linea di costa avanza sino all'altezza di Ancona. Il Mare Adriatico è molto ridotto rispetto a quello odierno, e la "paleopianura" Padana viene solcata da fiumi che discendono dalle Alpi e dagli Appennini, soggetti nel tempo a diversi regimi in dipendenza delle variazioni climatiche.

A partire da questo periodo la situazione morfologica si stabilizza per vari millenni, durante i quali i terreni emersi e soprattutto le più recenti alluvioni sono sottoposti ad un prolungato essiccamento e consolidamento. L'Olocene ha inizio dopo la fine dell'ultima glaciazione, circa 10.000 anni fa. Al progressivo aumento della temperatura i ghiacciai iniziano a sciogliersi alimentando il mare che via via invade regioni fino ad allora emerse. Ha inizio la grande trasgressione marina Flandriana o Versiliana avvenuta circa 6.000 anni fa, che ha portato alla progressiva sommersione della Pianura Alto Adriatica Wurmiana.

Durante il graduale aumento del livello marino le condizioni ambientali a monte della linea di costa cambiano: zone prima lontane dal mare e sottoposte a condizioni continentali si trasformano in paludi e torbiere, infine vengono ricoperte dal mare. Intanto le correnti fluvioglaciali scendono impetuose a rimaneggiare gli enormi depositi morenici abbandonati colmando le bassure di escavazione glaciale (sovralluvionamento delle valli glaciali). Tale alluvionamento impedisce che la linea di costa flandriana ritorni sulle posizioni occupate nelle precedenti trasgressioni: permettendo l'emersione permanente di quella fascia della bassa pianura di cui fa parte l'area studiata. Con il ritiro del livello marino l'area vasta diventa un ambiente di deposizione fluviale composto da dossi rilevati, piane fluviali intermedie e zone acquitrinose o di palude.

La pianura è formata da depositi alluvionali post-glaciali e fu soggetta a continue modifiche soprattutto a causa delle divagazioni dei fiumi Adige e Po che dilagarono nella piana con continuo cambiamento di regime idraulico e dei loro stessi corsi.

In tempi "geologicamente" recenti il bacino ha cominciato ad assumere una fisionomia indipendente dal regime dei due grandi fiumi pensili. Gli studi geologici e morfologici della pianura hanno evidenziato la presenza di una grande quantità di antichi rami fluviali ora interrati (paleoalvei) che stanno a dimostrare come gli andamenti dei fiumi principali e dei loro affluenti alpini e appenninici abbiano subito negli ultimi millenni notevoli trasformazioni.

In generale, nel sottosuolo si possono distinguere due complessi sedimentari ben definiti: il complesso continentale tardo-pleistocenico di base e il complesso lagunare olocenico.

**Complesso continentale tardo-pleistocenico.** È rappresentato da alternanze di orizzonti argilloso-limosi e sabbie con frequenti intercalazioni torbose. La struttura lentiforme e i passaggi laterali con forme addentellate rivelano lo stile fluvio-continentale di tali depositi. Al tetto di questo complesso si trova il "Caranto", un sedimento argilloso limoso sovraconsolidato che rappresenta il limite di separazione tra il Pleistocene e l'Olocene.

Il caranto rappresenta l'ultimo deposito di origine continentale alluvionale prima della trasgressione olocenica e segna il limite tra i sedimenti continentali pleistocenici e quelli lagunari olocenici. Dopo tale deposizione, durante il lungo periodo di emersione che seguì (durato circa 10.000 anni), il Caranto subì un lungo processo di essiccamento e consolidazione.

La potenza del livello Caranto è variabile da luogo a luogo (da 2 a 20 m circa) in relazione alla pendenza della paleopianura Wurmiana ed anche a causa dei processi di subsidenza naturale, particolarmente attivi nelle zone deltizie meridionali. I suoli delle aree emerse, prevalentemente costituiti da argille limose e argille sabbiose, sono rimasti esposti per lunghi periodi all'azione di un clima arido e gelido che ha determinato il loro sovraconsolidamento, ovvero ne ha determinato un essiccamento e un elevato grado di compattazione. Nell'intervallo di tempo fra gli 11.000 ed i 6.000 anni fa, il clima si addolcisce progressivamente (fine della glaciazione wurmiana), la temperatura media aumenta progressivamente, così come aumenta il livello delle acque del mare.

**Complesso olocenico.** L'ingressione marina di circa 6.000 anni fa diede l'avvio al nuovo ciclo deposizionale olocenico ed è in questo momento che si forma l'ambiente lagunare in tutto l'arco nord-occidentale dell'alto Adriatico. Il complesso olocenico, prevalentemente limo-sabbioso, si presenta trasgressivo su quello

pleistocenico, anche se apparentemente in concordanza. In generale le sabbie iniziali sono ricche di resti conchigliiferi che testimoniano l'ingressione marina; gli orizzonti sovrastanti sono argillosi o limosi, in genere di ambiente deposizionale lagunare e fluvio-lacustri. Infine, nei livelli più superficiali ed in particolare lungo i cordoni litoranei, i sedimenti sono francamente sabbiosi e l'ambiente nettamente litoraneo.

In questo contesto geologico, l'assetto litostratigrafico della zona risulta, quindi, caratterizzato da una fitta alternanza di terreni argillosi, limosi e sabbiosi, con spessore complessivo molto elevato (diverse centinaia di metri). In particolare, i terreni dell'immediato sottosuolo che caratterizzano l'area di intervento sono afferibili ai depositi geologici recenti: si tratta di sedimenti alluvionali costituiti in prevalenza da argille, sabbie limose e limi sabbiosi, rappresentativi di facies di canale attivo, argine e bacino interfluviale. Lo stato di addensamento può variare fra l'addensato ed il mediamente addensato. Questi sedimenti sono tipici di un sistema complesso, qual è la piana alluvionale, dove la caratteristica principale è quella di avere una superficie ripetutamente emersa e sommersa (Ricci Lucchi, 1980). Durante eventi di piena si ha tracimazione con fenomeni di erosione, allagamento, approfondimento dei canali di rotta, distruzione e sradicamento di piante. Allontanandosi dagli argini la velocità dell'acqua diminuisce, come pure la velocità di sedimentazione e la granulometria dei depositi. Terminata la fase di piena la velocità del flusso rallenta, ristagnando nei bacini dove decantano i materiali in sospensione; rimangono ampie aree di fango e lingue di sabbia (Ricci Lucchi, 1980).

Ne consegue che in questi tipi di depositi si può assistere ad una sensibile variabilità litostratigrafica sia in senso laterale che verticale, con presenza di lenti anche piuttosto discontinue.

In Figura 4-5 è riportato l'assetto litologico dell'area di intervento tratto dalla Carta Litologica del P.A.T.I. del Conselvano dalla quale si evince che l'area è caratterizzata dalla presenza di sedimenti di natura alluvionale prevalentemente sabbiosa.

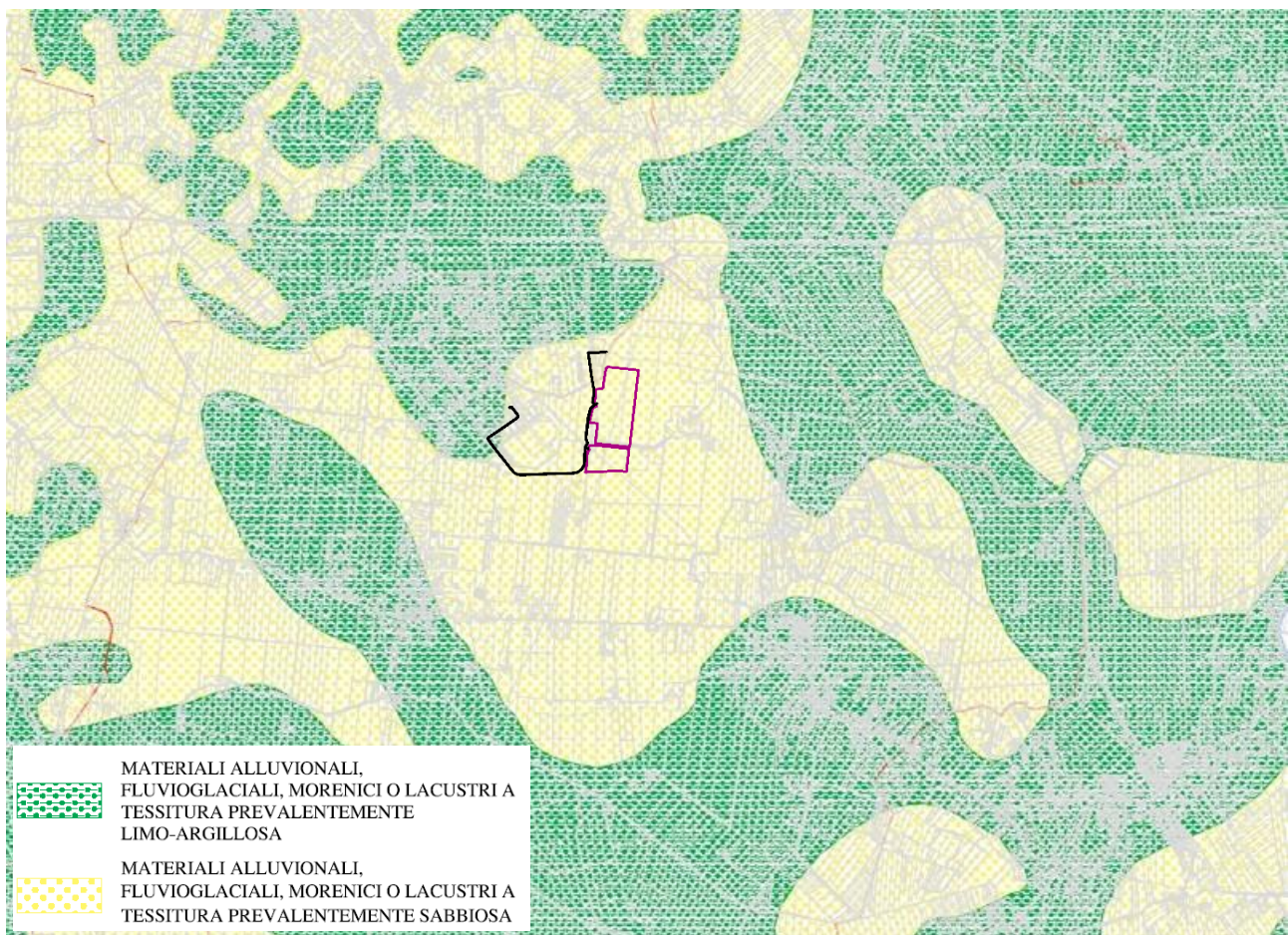


Figura 4-5 – Litologia dell'area di intervento (Fonte: Fonte: PATI del Conselvano, Carta litologica)

### 4.3 Acque superficiali

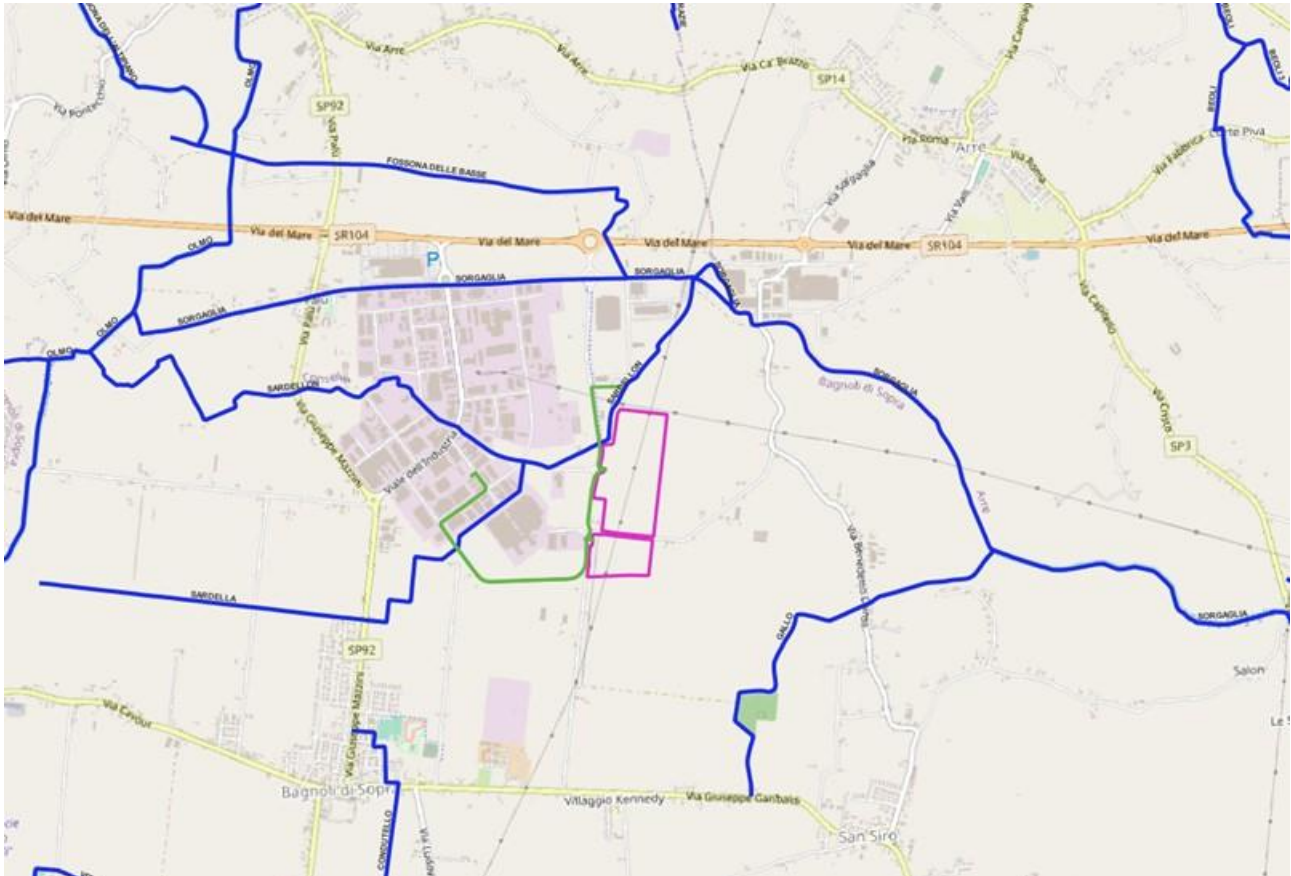
L'area di intervento, a larga scala, è compresa tra il Fiume Bacchiglione a circa 7,2 km a nord e il Fiume Adige a sud, ad una distanza di circa 6 km. Nell'area sono inoltre presenti alcuni corsi d'acqua di importanza minore rispetto a quelli citati, ma che rivestono un ruolo rilevante nello smaltimento e gestione delle acque superficiali, come il Canale di Bovolenta, lo Scolo Rebosola, la Fossa Monselesana e il Canale Gorzone, solo per citare i principali.

Il Fiume Adige è un corso d'acqua lungo circa 409 km, che nasce in alta Val Venosta, nei pressi del Passo di Resia, a 1550 m slm, e percorre, fino a Verona, la Val Venosta, la Val d'Adige e la Vallagarina, per continuare poi in Pianura Padana. La foce si trova sul Mar Adriatico pochi chilometri a sud di Chioggia e a pochi chilometri a nord del Po, a cui è collegato tramite diversi canali. Il bacino tributario dell'Adige copre una superficie di circa 12.100 km<sup>2</sup> ed interessa anche una piccola parte di Svizzera: il primo tratto si sviluppa dal lago di Resia a Merano (area drenata pari a 2.670 km<sup>2</sup>), poi lungo la Valle dell'Adige sino a Trento (circa 9.810 km<sup>2</sup> di area drenata) e da Trento a Verona (11.100 km<sup>2</sup> circa). Successivamente e fino ad Albaredo, dove chiude il suo bacino tributario, l'Adige assume carattere di fiume di pianura; poi, per successivi 110 km, è pensile fino allo sbocco in Adriatico dove sfocia tra la foce del Brenta ed il delta del Po.

Il fiume Bacchiglione è lungo circa 119 km di lunghezza ed ha un bacino di raccolta che si estende per 1400 km<sup>2</sup>. Il corso d'acqua nasce dall'unione di due sistemi idrografici: il primo originato dalle risorgive in Comune di Dueville che danno vita al corso d'acqua chiamato nel suo primo tratto "Bacchiglioncello"; il secondo costituito dal sottobacino del Leogra-Timonchio che raccoglie le acque provenienti dal monte Pasubio che confluiscono nel Bacchiglioncello in corrispondenza di località Vivaro, incrementandone in modo cospicuo la portata. Dopo questa immissione il fiume prende il nome "Bacchiglione". L'incontro di questi due distinti sistemi idrografici fa in modo che le tipologie fluviali che caratterizzano il corso d'acqua del Bacchiglione siano notevolmente diversificate e caratterizzate dalla contemporanea presenza di rii di risorgiva, torrenti montani e canali artificiali. Il regime idrologico del fiume Bacchiglione è di tipo "misto" ed è caratterizzato da rapide transizioni dallo stato di magra a quello di piena. I periodi di massima portata del fiume sono i mesi di novembre e maggio mentre i valori minimi si registrano generalmente ad agosto e gennaio.



Figura 4-6 – Principali corsi d'acqua



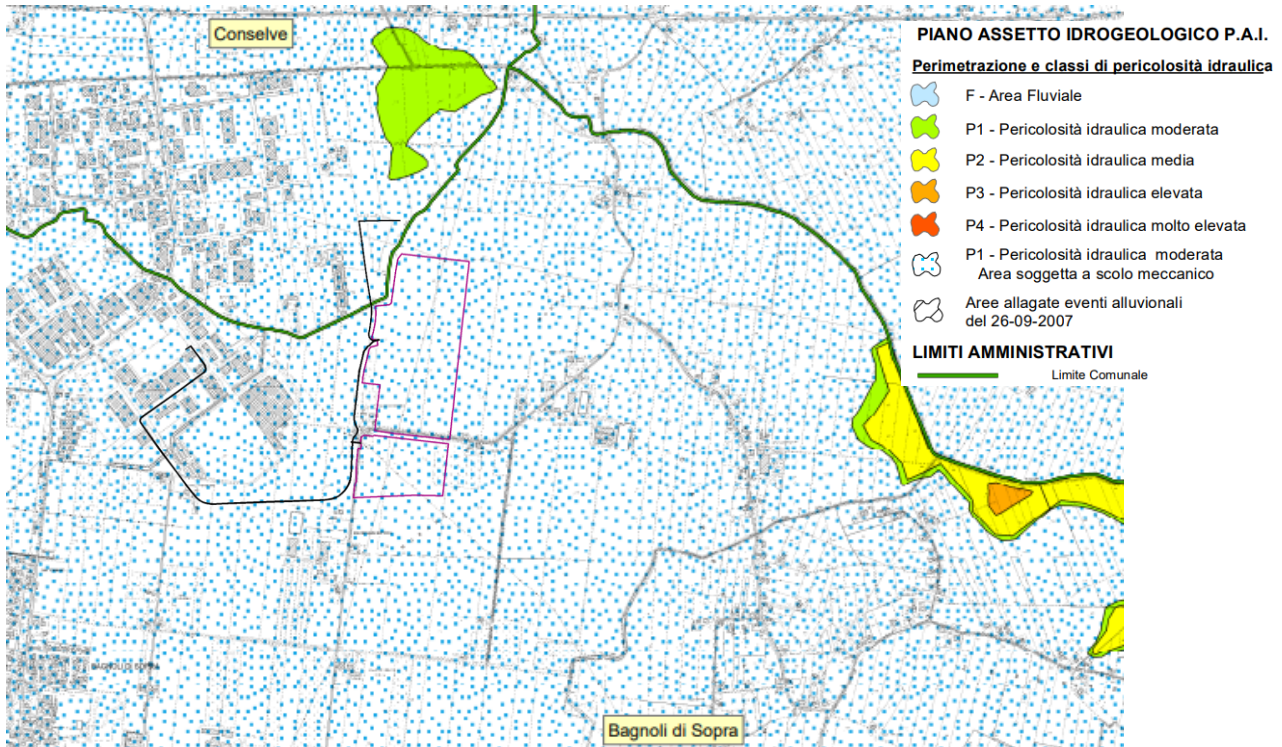
**Figura 4-7 – Idrografia dell'area di intervento**

L'area di progetto rientra nel territorio di competenza del Bacino scolante della laguna di Venezia il cui Piano di Assetto Idrogeologico di riferimento è quello di Bacino dei fiumi della Regione del Veneto, oggi confluita nell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali.

Il Piano classifica i territori in funzione delle condizioni di pericolosità idraulica e delle classi del conseguente rischio, valutato sulla base della vulnerabilità del territorio. Ai fini dell'individuazione delle misure di salvaguardia il Piano classifica le aree pericolose secondo condizioni di pericolosità idraulica (P1 – moderata, P2 – media, P3 – elevata e P4 – molto elevata).

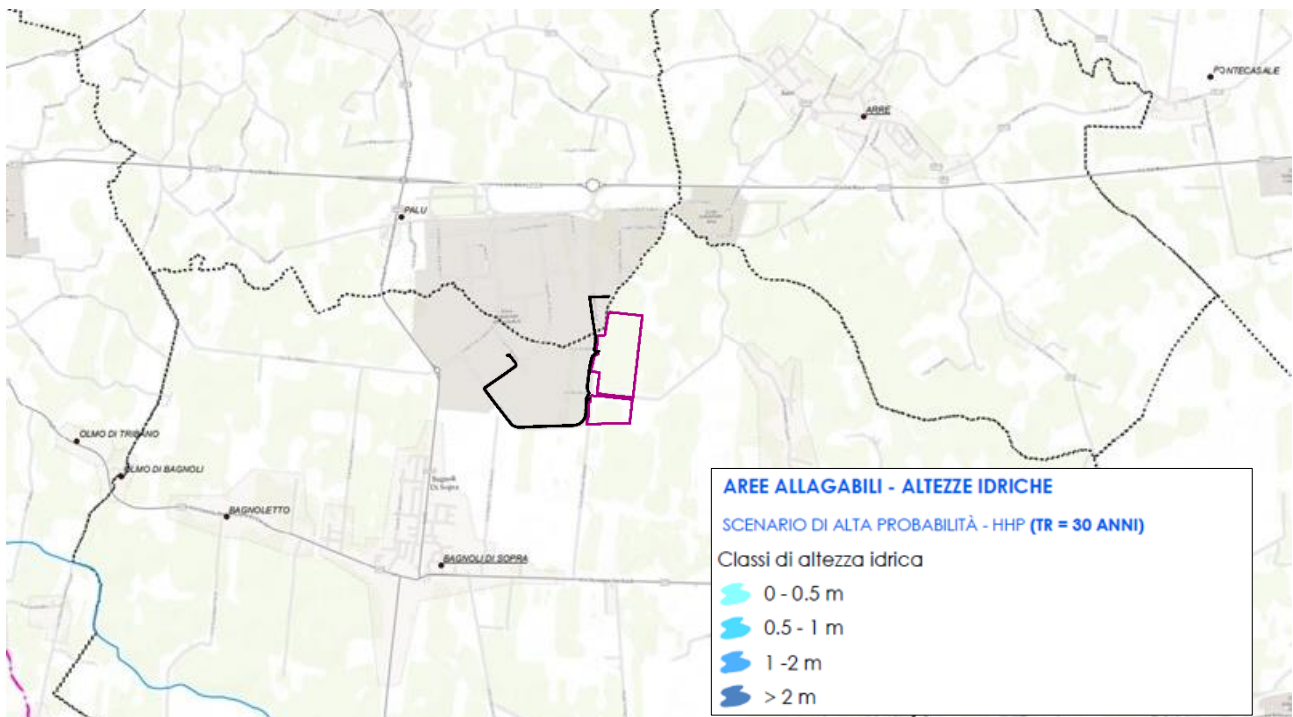
Ai fini dell'individuazione delle priorità di attuazione degli interventi il Piano classifica le aree a rischio secondo le classi di rischio idraulico di cui al D.P.C.M. 29 settembre 1998 (R1 – moderato, R2 – medio, R3 – elevato e R4 – molto elevato).

Dall'analisi della cartografia del Piano, la *Carta della pericolosità idraulica*, emerge che l'area di progetto rientra nella classe di pericolosità P1 – Pericolosità idraulica moderata Area soggetta a scolo meccanico, Figura 4-8.



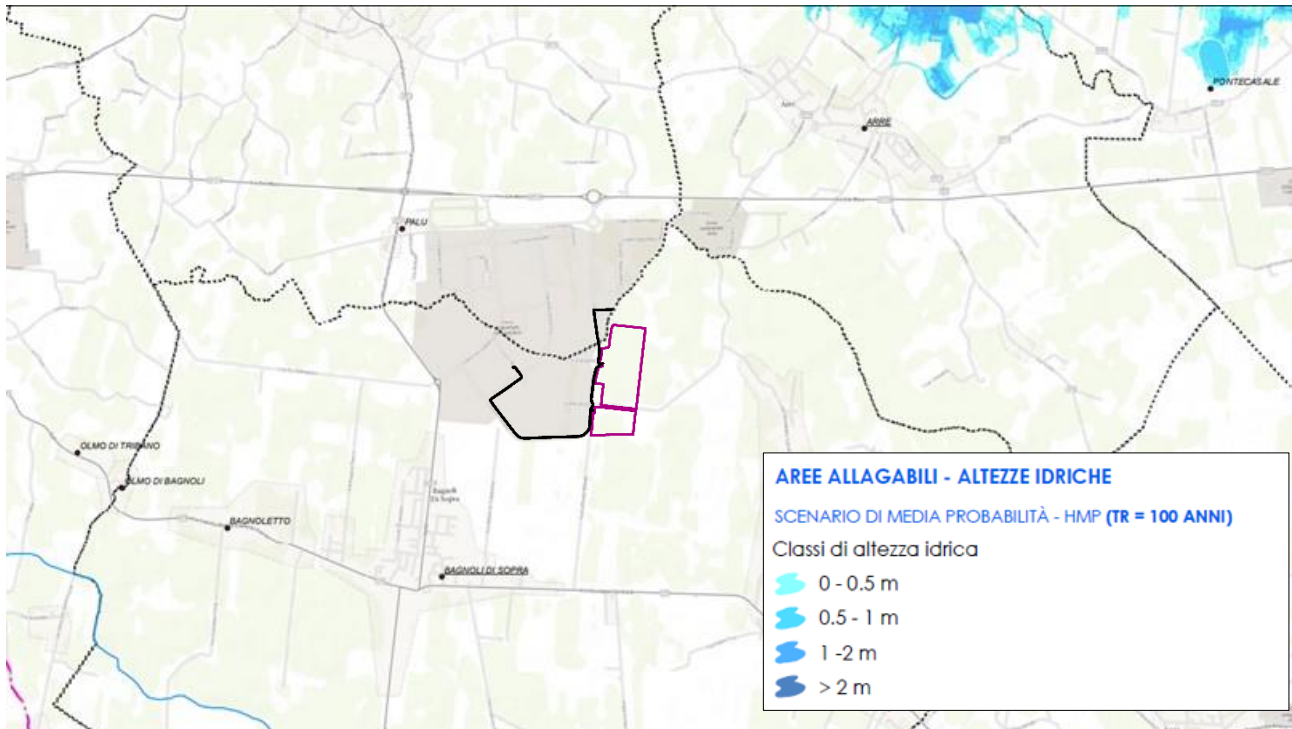
**Figura 4-8 – Carta della pericolosità idraulica (Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali – PAI del Bacino dei fiumi della Regione del Veneto)**

Per una valutazione della pericolosità idraulica delle aree di intervento si può fare riferimento al Piano Gestione del Rischio Alluvioni 2015-2021 dell’Autorità di bacino del Distretto delle Alpi Orientali. La cartografia elaborata prevede tre scenari di allagabilità (frequente = TR 30 anni; medio = TR 100 anni; raro = TR 300 anni) relativamente alle altezze idriche nelle aree potenzialmente allagabili ed alla conseguente classificazione del rischio totale. Nelle figure sottostanti sono riportati gli stralci delle carte di pericolosità idraulica nelle aree di intervento. L’area dove verrà realizzato il campo fotovoltaico non rientra nelle aree allagabili in nessuno dei tre scenari considerato, (Figura 4-9÷Figura 4-14).

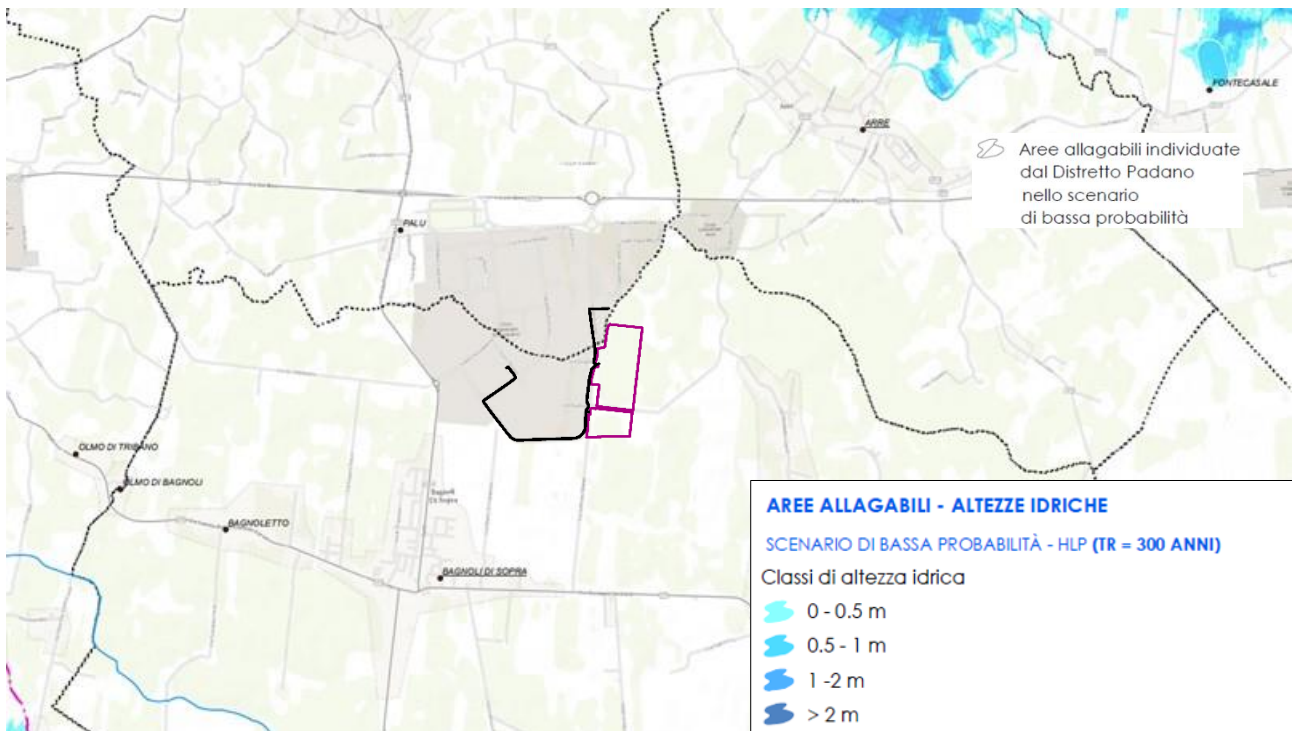


**Figura 4-9 – Aree allagabili scenario di alta probabilità (TR=30 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)**





**Figura 4-10 – Aree allagabili scenario di media probabilità (TR=100 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)**



**Figura 4-11 – Aree allagabili scenario di bassa probabilità (TR=300 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)**

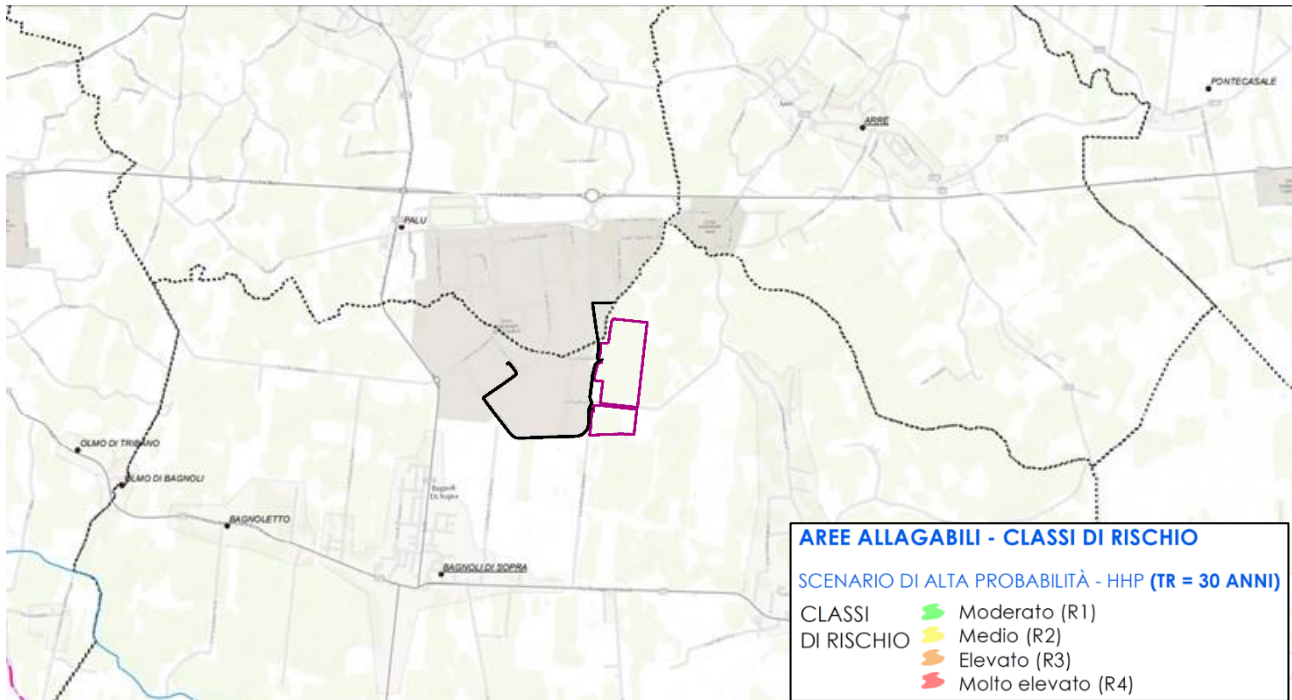


Figura 4-12 – Aree allagabili – Classi di Rischio (TR=30 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)

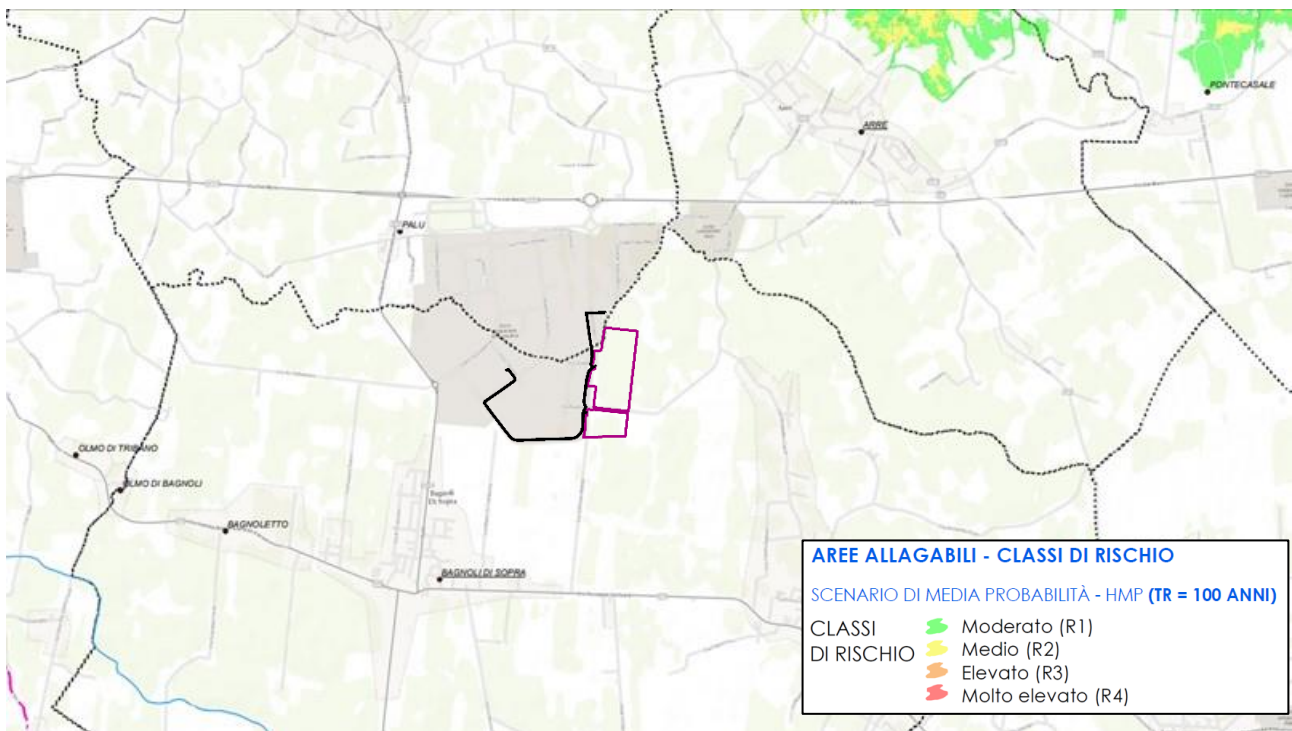


Figura 4-13 – Aree allagabili – Classi di Rischio (TR=100 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)

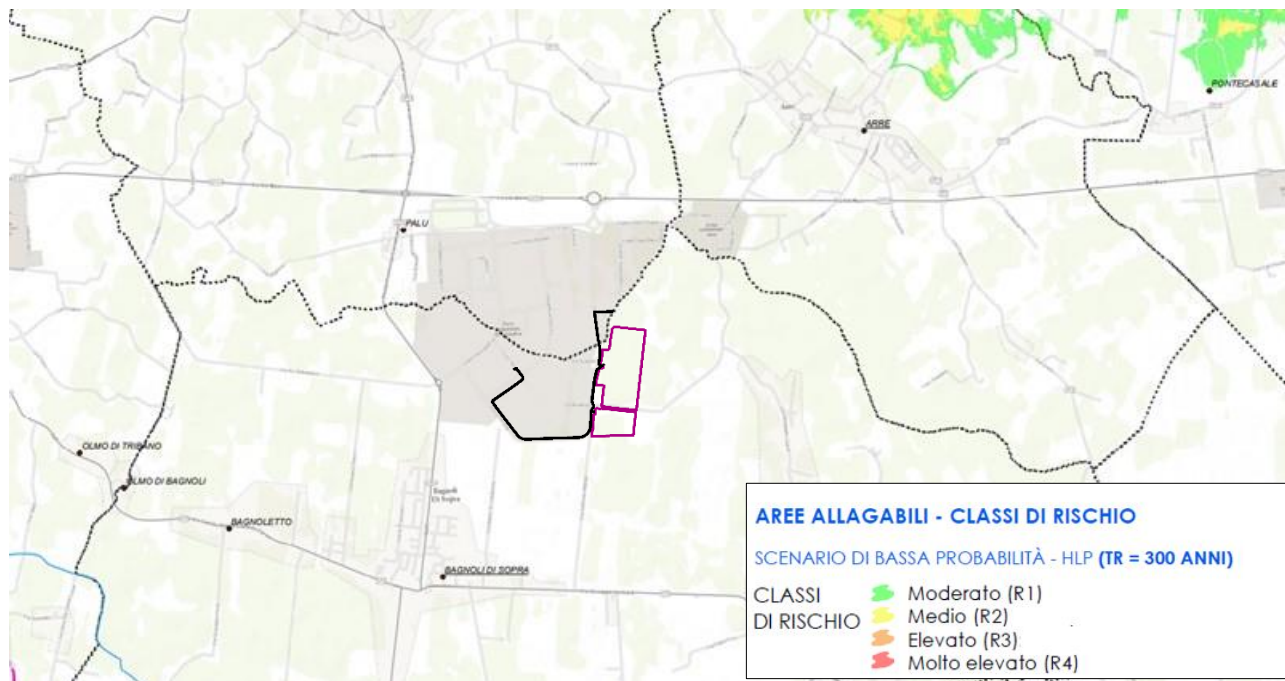


Figura 4-14 – Aree allagabili – Classi di Rischio (TR=300 anni). (Fonte PGRA 2015-2021)

A fine 2021 è stato adottato il primo aggiornamento del Piano di gestione del rischio alluvioni. La cartografia inerente il rischio idraulico tratta dal web gis dell'Autorità evidenzia che l'opera di progetto rientra nel rischio idraulico R1, la cui Classe è definita Rischio moderato (R1), Figura 4-15. In riferimento alla pericolosità idraulica il PGRA ascrive tutte le opere di progetto alla classe P1 Pericolosità idraulica moderata (P1), Figura 4-16.

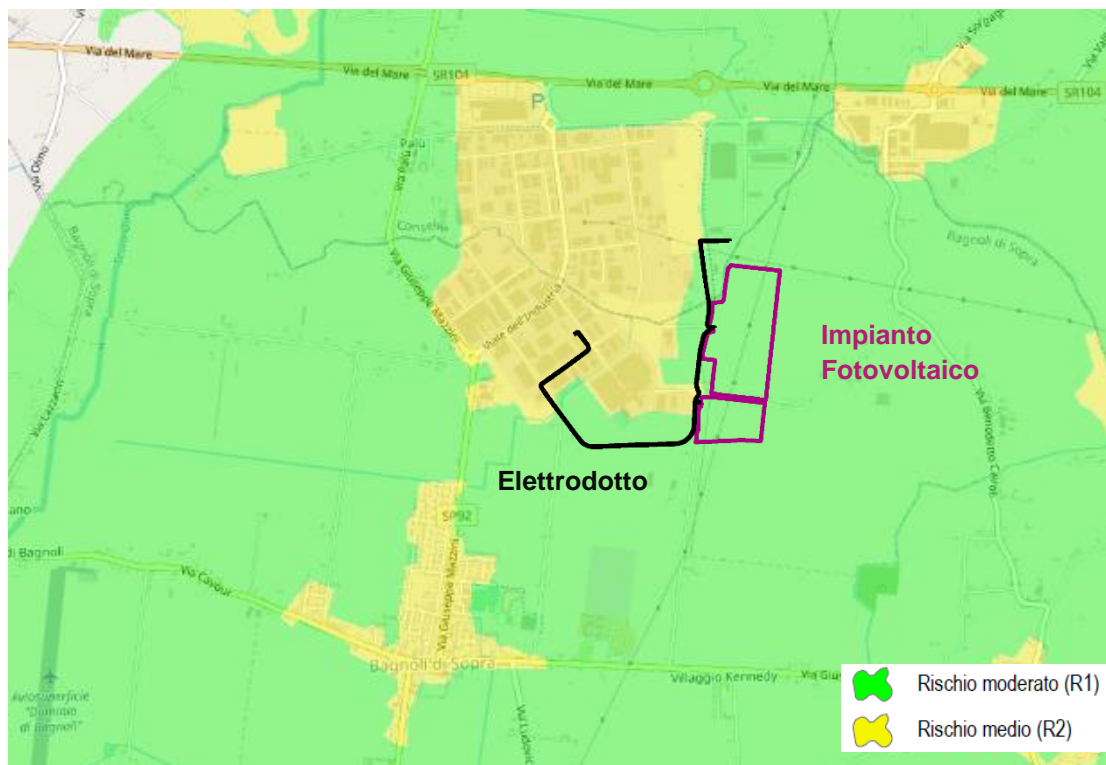


Figura 4-15 – Rischio Idraulico (Fonte web gis SIGMA PGRA 2021/2027 – Autorità di Bacino delle Alpi Orientali)



Figura 4-16 – Pericolosità idraulica (Fonte web gis SIGMA PGRA 2021/2027 – Autorità di Bacino delle Alpi Orientali)

Le Norme di Piano all'art. 14 prescrivono che: *Tutti gli interventi e le trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia che comportano la realizzazione di nuovi edifici, opere pubbliche o di interesse pubblico, infrastrutture, devono in ogni caso essere collocati a una quota di sicurezza idraulica pari ad almeno 0,5 m sopra il piano campagna. Tale quota non si computa ai fini del calcolo delle altezze e dei volumi previsti negli strumenti urbanistici vigenti alla data di adozione del Piano.*

Quanto detto sopra è confermato dalle tavole inerenti il tirante idrico, calcolato negli scenari con tempi di ritorno di 30, 100, 300 anni, rappresentativi rispettivamente di alta, media e bassa probabilità. Le mappe confermano che le opere di progetto rientrano in area con altezze idriche di riferimento fino a 50 cm, negli scenari di media e bassa pericolosità, Figura 4-17 e Figura 4-18.



Figura 4-17 – Tiranti idrici di riferimento HPH 30 (Fonte web gis SIGMA PGRA 2021/2027 – Autorità di Bacino delle Alpi Orientali)

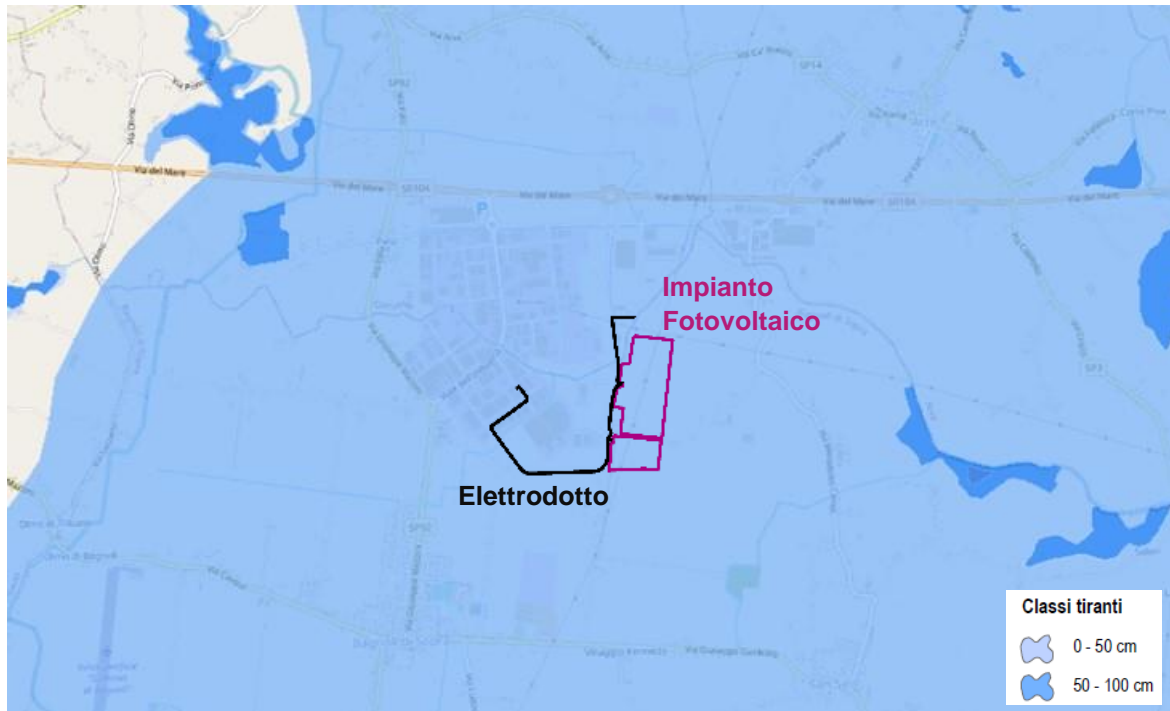


Figura 4-18 – Tiranti idrici di riferimento HMH 100 e LPH 300 (Fonte web gis SIGMA PGRA 2021/2027 – Autorità di Bacino delle Alpi Orientali)

L'area di intervento è prossima allo scolo Sardellon che confluisce a nord dell'area nello scolo Sorgaglia. L'acqua dello scolo Sorgaglia, attraverso l'idrovora Sorgaglia, viene sollevata entro un tratto tombinato per sboccare nuovamente a vista nella parte sud dell'abitato di Agna. Qui il Sorgaglia confluisce nello scolo Canale Vitella venendo a costituire l'origine del Canale dei Cuori.



Figura 4-19 – Scolo Sardellon a sud dell'area



Figura 4-20 – immissione dello scolo Sardellon nel Canale Sorgaglia

L'area del campo fotovoltaico rientra nel comprensorio del Consorzio di Bonifica Adige Euganeo ed in particolare nel bacino idraulico Sorgaglia. In riferimento al rischio idraulico individuato nel comprensorio del Consorzio l'intervento non rientra in aree esposte al pericolo di allagamenti (Figura 4-22). Non sono inoltre segnalate aree sensibili prossime al sito di intervento.

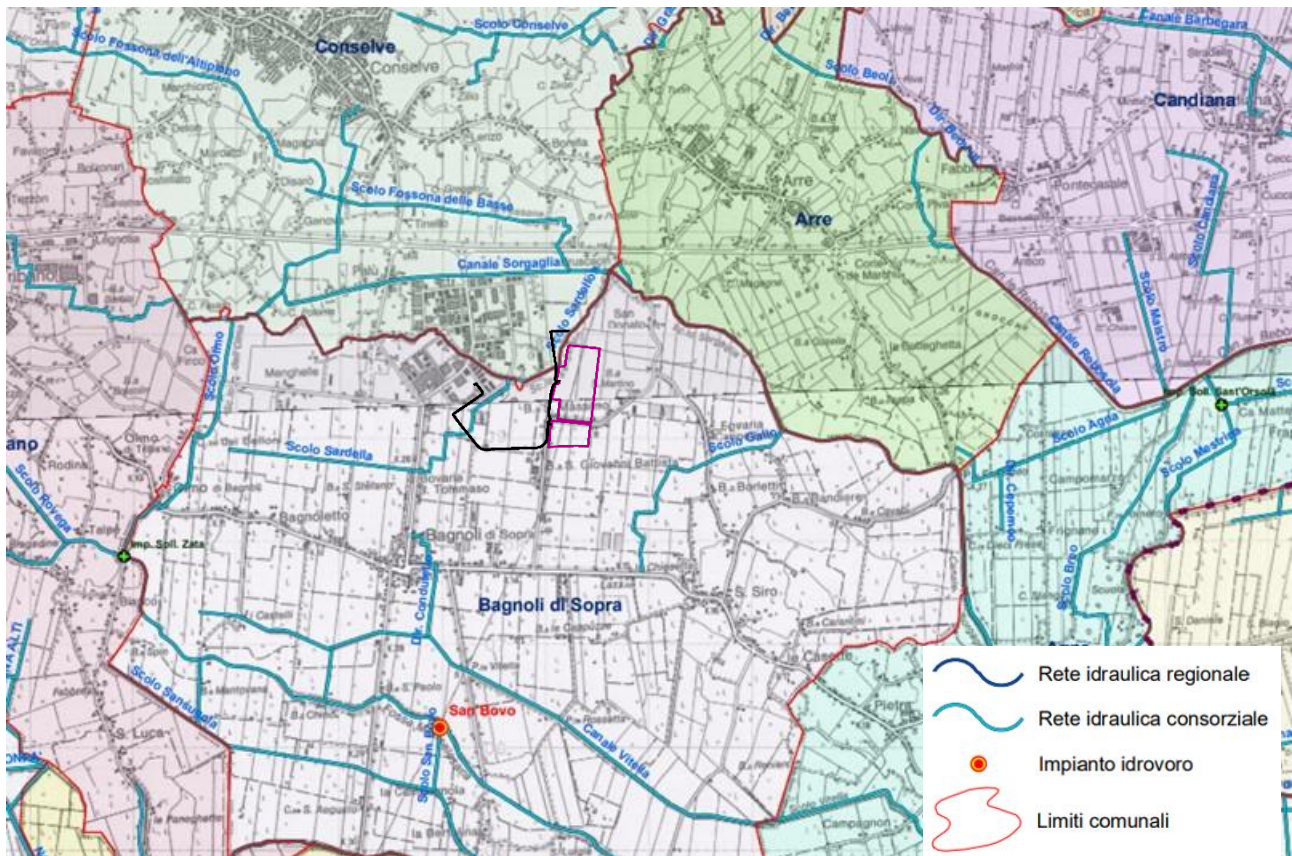


Figura 4-21 – Corografia generale del Consorzio di bonifica Adige Euganeo (Fonte: Consorzio di bonifica Adige Euganeo)

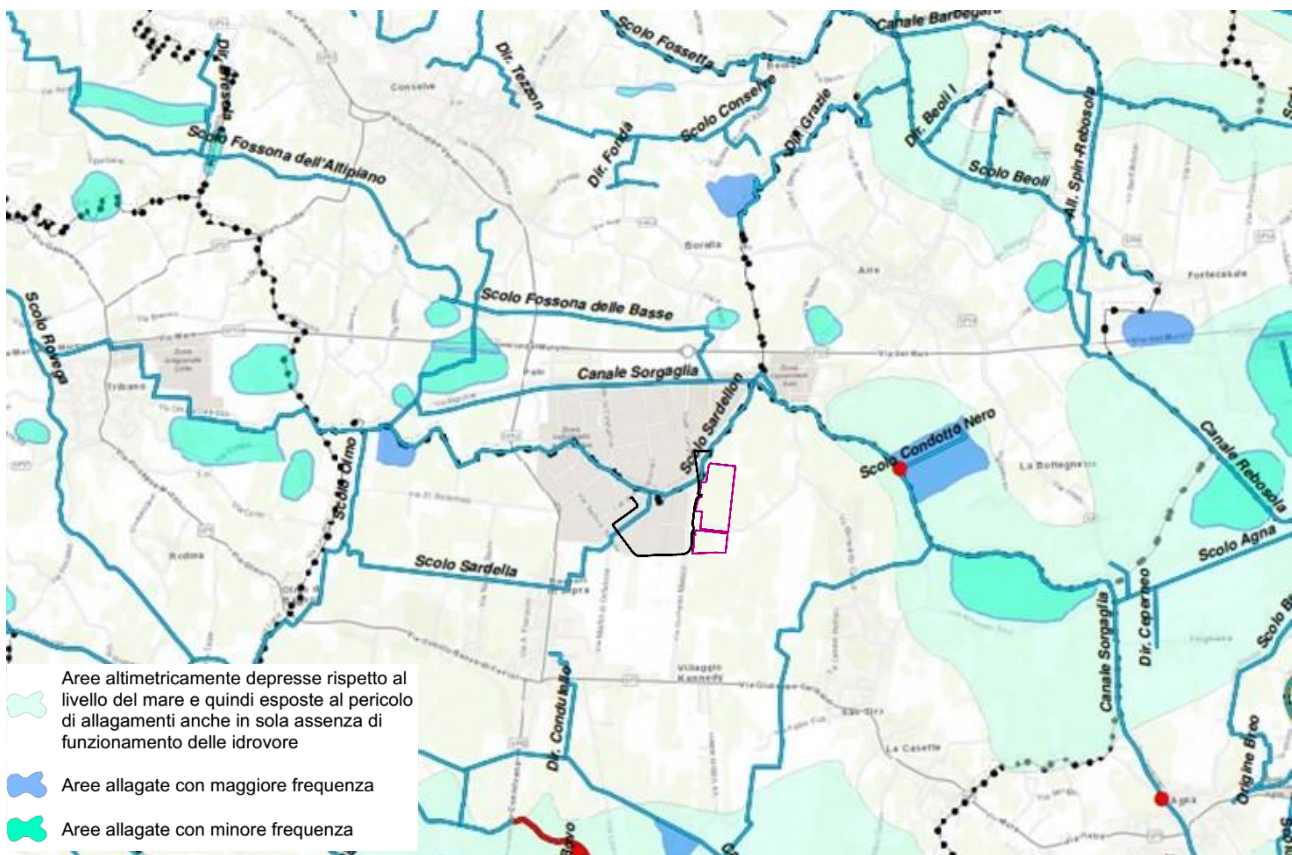


Figura 4-22 – Carta del rischio idraulico del comprensorio del Consorzio di bonifica Adige Euganeo (Fonte: Consorzio di bonifica Adige Euganeo, Piano di Emergenza -Tavola 5)

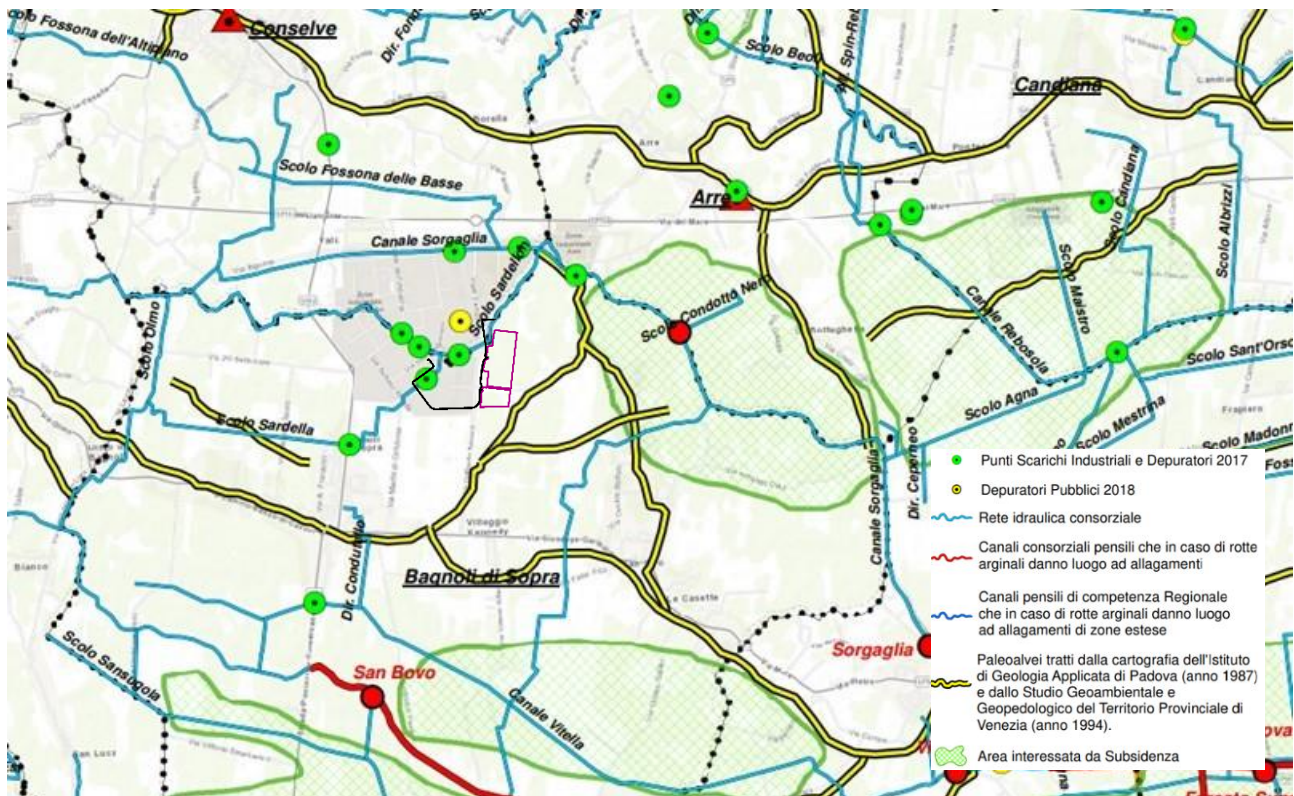


Figura 4-23 – Carta delle aree sensibili del comprensorio del Consorzio di bonifica Adige Euganeo (Fonte: Consorzio di bonifica Adige Euganeo, Piano di Emergenza -Tavola 6)

#### 4.4 Acque sotterranee

##### 4.4.1 Assetto idrogeologico generale

Per la caratterizzazione idrogeologica della pianura veneta e la descrizione degli acquiferi e dei bacini idrogeologici si è fatto riferimento al documento 'Le acque sotterranee della pianura veneta - I risultati del progetto SAMPAS'<sup>1</sup>. Il sottosuolo della pianura veneta può essere suddiviso in tre zone che si succedono da monte verso valle nel seguente ordine:

- ✓ **Alta pianura**, costituita da una serie di conoidi alluvionali prevalentemente ghiaiose, interdigate e parzialmente sovrapposte tra loro, estese verso sud per una larghezza variabile dai 5 ai 15 km dalle Prealpi sino alla zona di media pianura. Si tratta di terreni grossolani, con percentuali di ghiaie dell'ordine del 10÷30 % e un'abbondante frazione di materiali maggiormente grossolani. I depositi ghiaiosi hanno continuità laterale in senso E-O, a seguito del continuo mutamento degli alvei fluviali che hanno distribuito su di una vasta area i loro sedimenti.
- ✓ **Media pianura**, formata da materiali progressivamente più fini rispetto all'alta pianura, costituiti da ghiaie e sabbie con digitazioni limose ed argillose le quali diventano sempre più frequenti da monte a valle; è situata a S-SE della fascia di Alta Pianura e possiede una larghezza variabile dai 5 ai 10 km. Nella sua porzione più meridionale si registra un progressivo e rapido esaurimento degli strati ghiaiosi meno profondi che vengono sostituiti da materiali fini.
- ✓ **Bassa pianura**, questa zona è posta a S-SE della media pianura ha una larghezza di circa 20 km nel bacino orientale e si spinge fino alla costa adriatica e fino al fiume Po a sud. Il sottosuolo è costituito da un'alternanza di materiali a granulometria fine con sabbie a variabile percentuale di materiali più fini. Gli spessori aumentano da NE a SO, verso il mare Adriatico. In area costiera gli spessori dei materiali sciolti si aggirano sui 1.000 m. A SE degli Euganei, in direzione del delta del Po lo spessore dei materiali plio-quadernari aumenta fino a superare i 3.000 m.

<sup>1</sup> Cinzia Boscolo e Filippo Mion. Le acque sotterranee della pianura veneta – I risultati del Progetto SAMPAS. Orientambiente. ARPAV, 2008. url: <http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/publicazioni/le-acque-sotterranee-della-pianura-veneta-i-risultati-del-progettosampas>

Questo assetto del materasso alluvionale determina situazioni idrogeologiche ben distinte tra loro ma strettamente collegate. Nella zona di alta pianura gli spessori vanno da un minimo di un centinaio di metri fino ad un massimo di circa 1.500 m nella zona di Castelfranco. La zona di media e bassa pianura è invece caratterizzata anche a modeste profondità, da un sistema di falde acquifere sovrapposte, alla cui sommità esiste localmente una piccola falda libera. I materiali sciolti della media e bassa pianura, che rappresentano gli acquiferi e gli acquicludi/acquitardi, presentano spessori rilevanti dell'ordine di 1.500 m che si approfondiscono sia verso l'area mantovana che verso la zona del delta del Po, dove raggiungono spessori di oltre 3.000 m.

In relazione alle caratteristiche qualitative delle acque presenti in questi materiali sciolti è possibile evidenziare che con l'aumento della profondità compaiono entro la copertura acque salmastre e salate. In particolare si può osservare nella parte più orientale della pianura veneta un interfaccia acqua dolce-acqua salata posta a circa 900-1.000 m, verso nord-ovest, entro l'area trevigiana, l'interfaccia si approfondisce fino ad oltre 1000 m, mentre scendendo verso sud in direzione delle province di Venezia e Padova, l'interfaccia risale fino a 450-500 m. Ancora più a sud, in provincia di Rovigo, il contatto acqua dolce-acqua salata risale ulteriormente fino a raggiungere i 100-200 m dal piano di campagna.

Complessivamente per l'area di pianura sono stati individuati 23 corpi idrici sotterranei così suddivisi:

- 10 per l'alta pianura;
- 8 per la media pianura;
- 5 per la bassa pianura (4 superficiali e 1 che raggruppa le falde confinate).

In Figura 4-24 sono riportati i corpi idrici riconosciuti nella regione Veneto, quelli numerati da 1 a 10 sono i corpi idrici montani, mentre da 11 a 33 sono indicati i corpi idrici di pianura.

Nella media pianura veneta orientale fino a circa 400 m, è possibile individuare sinteticamente un complesso acquifero a falde confinate sovrapposte composto di circa 7 orizzonti acquiferi. Il più superficiale è a falda libera caratterizzata da una profondità della superficie freatica molto variabile da zona a zona: è massima al limite settentrionale e decresce verso valle fino ad annullarsi in corrispondenza della fascia delle risorgive, dove la tavola d'acqua della potente falda libera viene a giorno originando delle sorgenti di pianura dette appunto risorgive.

Anche nella bassa pianura esiste una falda freatica superficiale, di spessore maggiormente limitato e con maggiore discontinuità laterale, al di sotto della quale si rinvengono delle falde confinate sovrapposte. In questo caso però sia la falda libera che quelle confinate sono ospitate in acquiferi a granulometria sabbiosa, più o meno fine, per lo meno fino ad una profondità di circa 300 m. Le falde in pressione di bassa pianura sono collegate idraulicamente agli acquiferi confinati della media pianura.

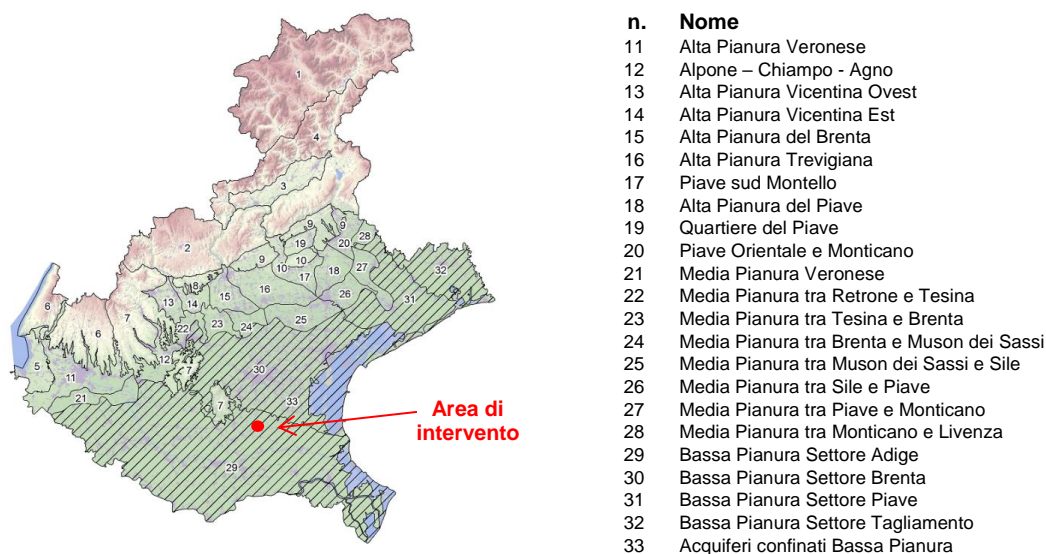


Figura 4-24 – Corpi idrici sotterranei del Veneto (Fonte: ARPAV)



In riferimento alla ricarica degli acquiferi, l'alimentazione del complesso sistema idrogeologico presente entro i primi 300÷400 m di profondità, avviene in corrispondenza dell'alta pianura, nell'acquifero indifferenziato, in cui la falda è libera e la tavola d'acqua si trova in diretta comunicazione con la superficie.

I principali fattori di ricarica di questo sistema idrogeologico possono essere individuati nella dispersione dei corsi d'acqua, nelle precipitazioni, nell'irrigazione e negli afflussi sotterranei provenienti dagli acquiferi fessurati presenti nei rilievi prealpini. Gli acquiferi confinati della bassa pianura, a prevalente matrice sabbiosa, sono a loro volta alimentati dalle falde della media pianura contenute in acquiferi ghiaiosi ai quali sono idraulicamente connessi.

#### 4.4.1.1 Assetto idrogeologico locale

L'apporto dei sedimenti alluvionali che costituiscono il substrato del territorio in esame è legato principalmente al corso dell'Adige.

La potenza e l'eterogeneità dei materiali, coinvolti di volta in volta nei vari eventi alluvionali, hanno determinato condizioni stratigrafiche caratterizzate da spiccata variabilità dei litotipi, sia in senso orizzontale che in senso verticale: si tratta piuttosto di un insieme di lenti di materiali più permeabili, parzialmente comunicanti tra loro, confinate tra materiali più fini.

Tale sistema 'multifalde' è un complesso caratterizzato da livelli acquiferi, costituiti da terreni prevalentemente sabbiosi, intercalati da livelli impermeabili prevalentemente argillosi.

Le falde idriche sono contenute nei livelli sabbiosi, mentre gli strati limoso-argillosi fungono da separatori tra una falda e l'altra. In linea generale si può affermare che, in accordo all'andamento che si riscontra nella Pianura Padana, il deflusso avviene lentamente da nord-ovest verso sud-est, con un gradiente generalmente nell'ordine di 1/1000.

Nell'ambito del PRAC della regione Veneto è stata redatta la carta idrogeologica della falda freatica sul territorio regionale riportata in Figura 4-25: la carta elaborata alla scala 1:250.000 certamente non rileva gli aspetti di dettaglio, ma permette di evidenziare l'andamento della superficie freatica che presenta un andamento generale nord/ovest-sud/est, con quote comprese tra 0 e -1 m slm.

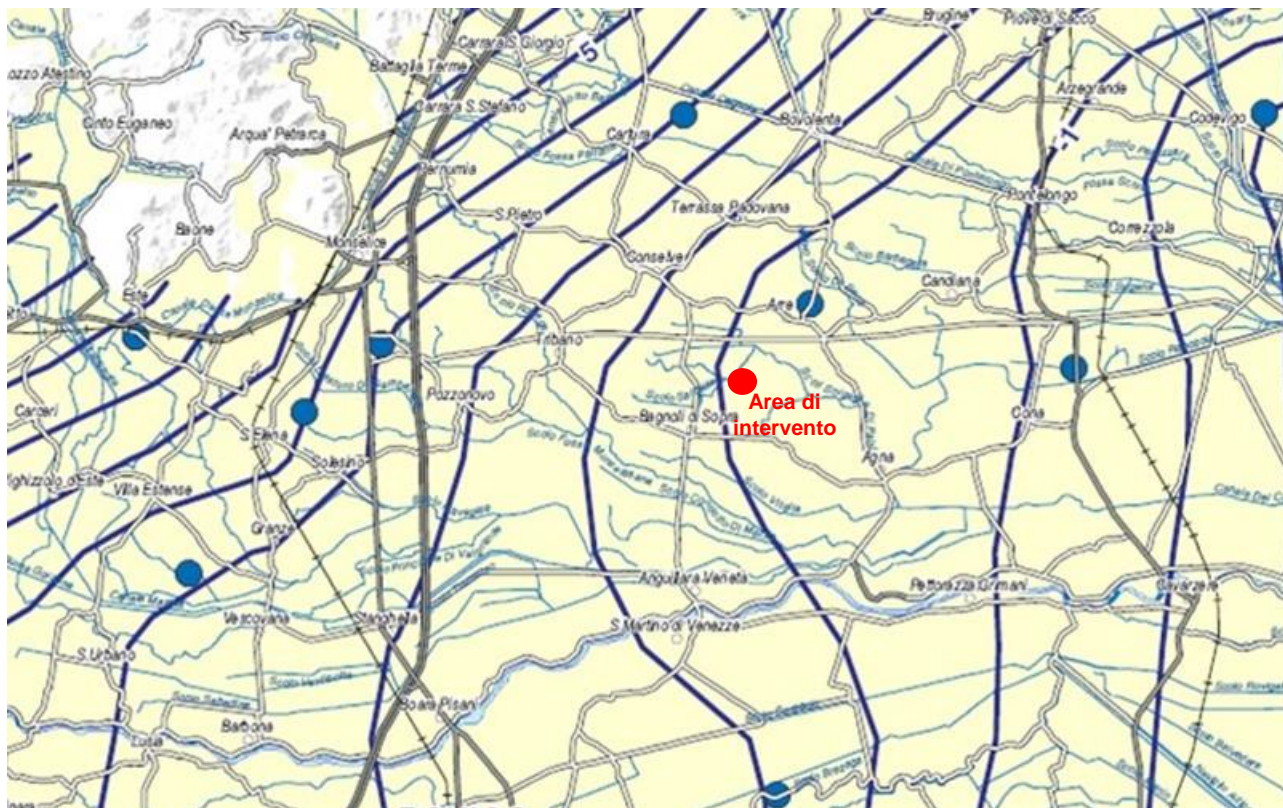


Figura 4-25 – Carta Idrogeologica in m slm (Fonte: Regione Veneto)

Per quanto riguarda la profondità della tavola d'acqua si può fare riferimento alla Carta Idrogeologica (elaborato B23b) del P.A.T.I. del Conselvano, riportato in Figura 4-26 dal quale si evince che l'area rientra tra quelle con profondità compresa tra 1 e 1,5 m. Non si evidenziano aree a deflusso difficoltoso (Figura 4-27). In occasione delle indagini geognostiche svolte sull'area di intervento nel mese di marzo 2022 la falda è stata riscontrata ad una quota da p.c. compresa tra 2e 3 m.

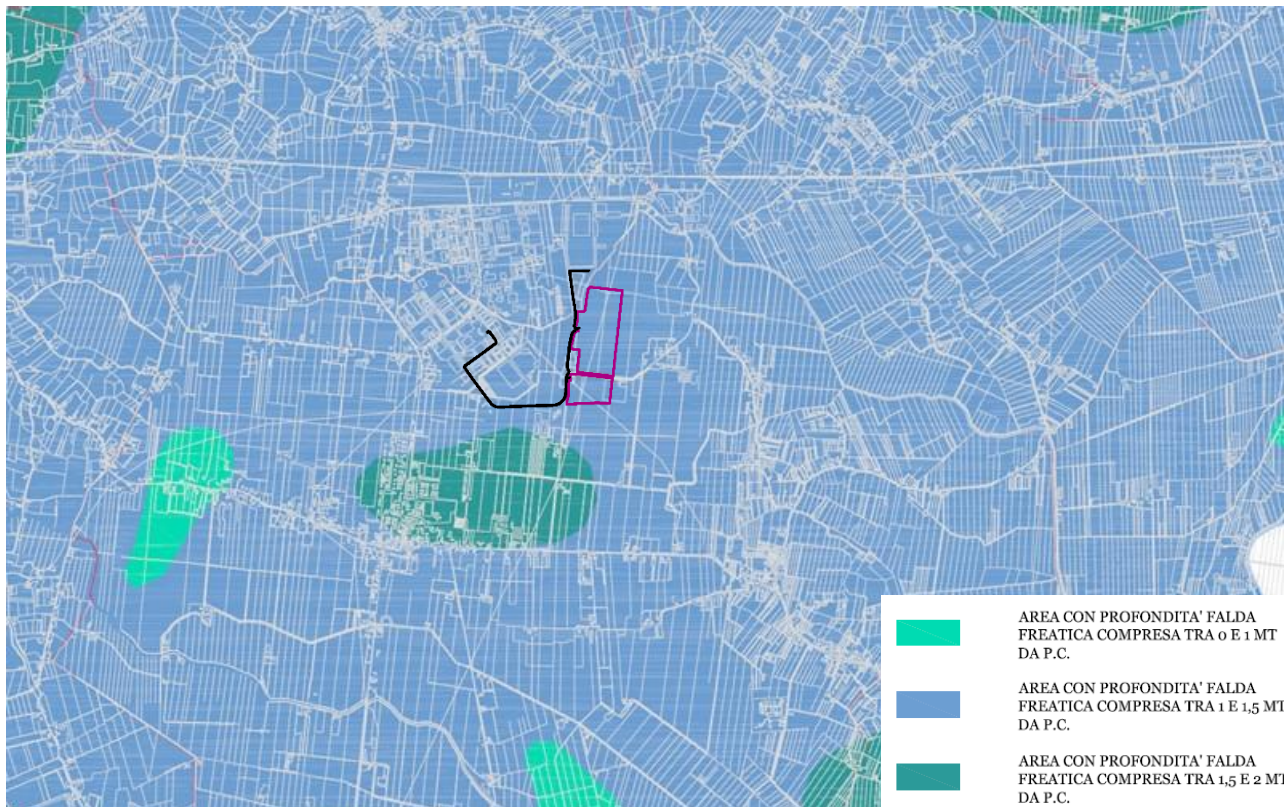


Figura 4-26 – Carta della profondità della tavola d'acqua, m da p.c. (Fonte: P.A.T.I. del Conselvano, elaborato B23b)

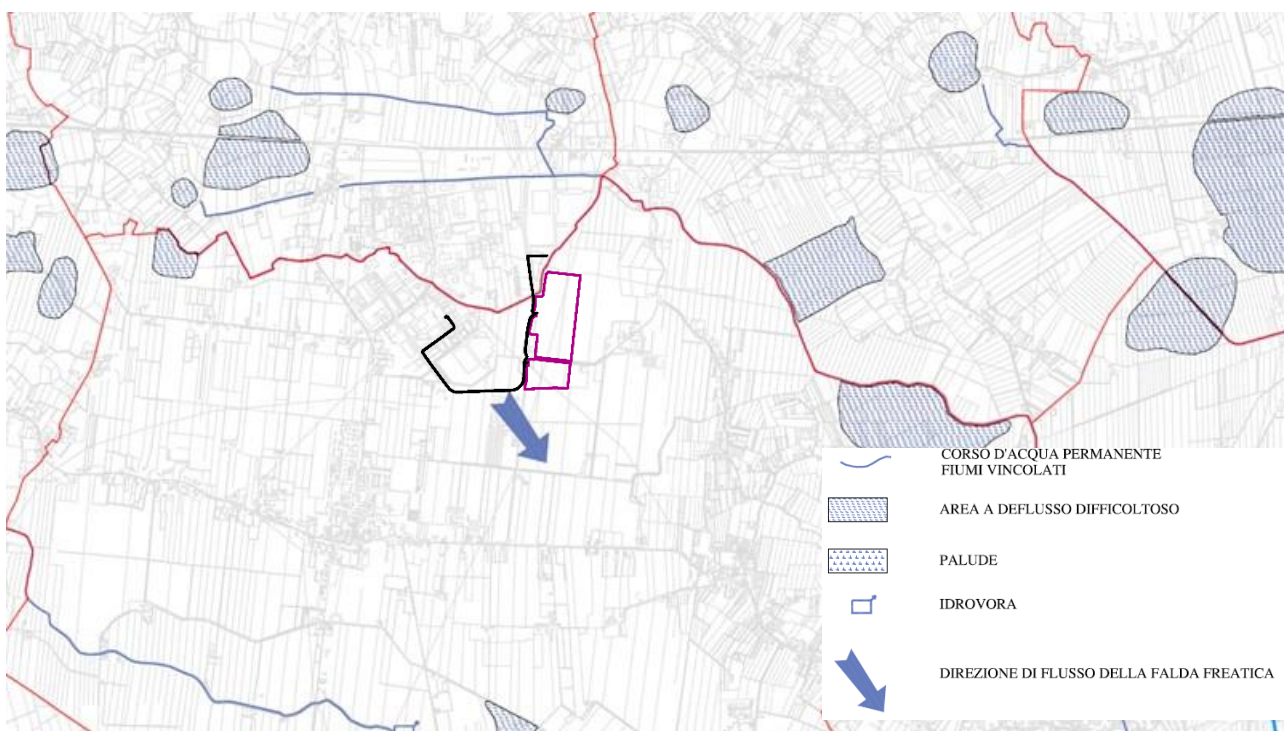
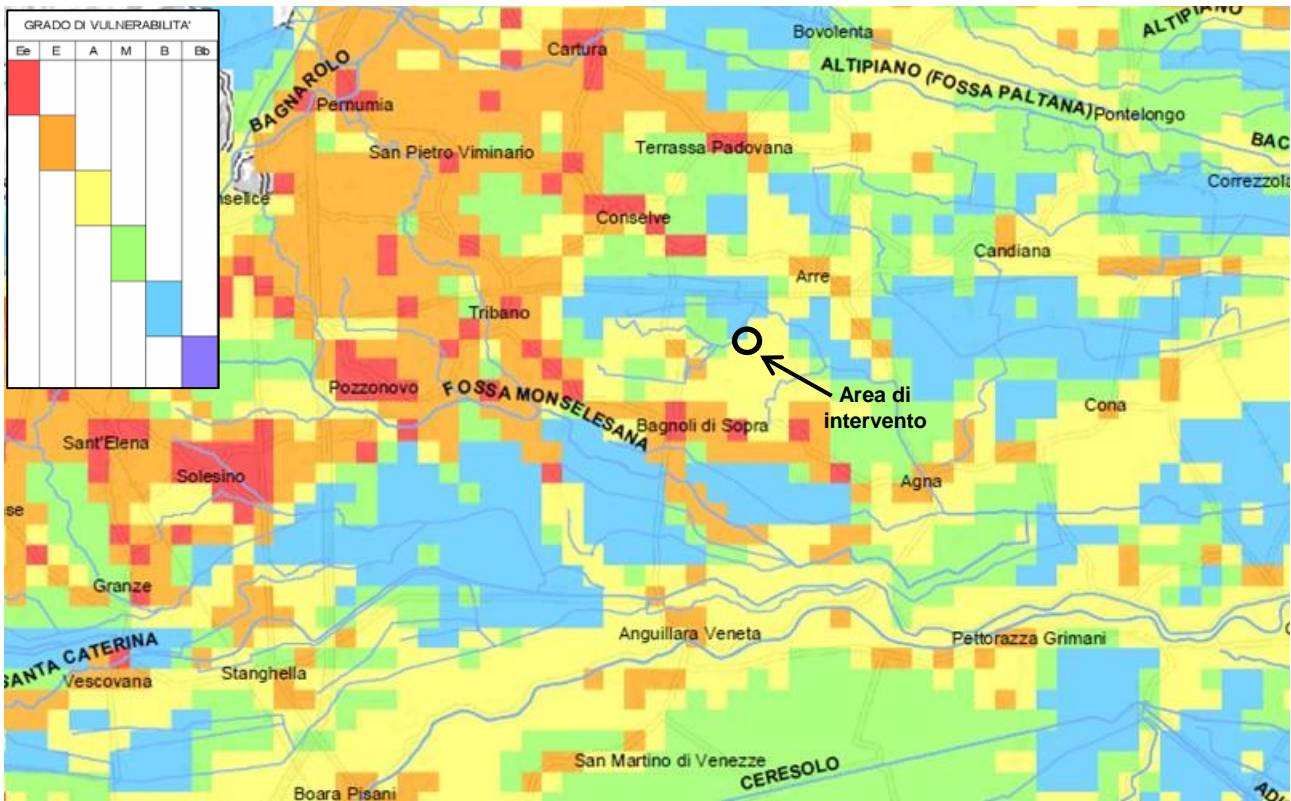


Figura 4-27 – Aree a deflusso difficoltoso. (Fonte: P.A.T.I. del Conselvano, elaborato B23a)

Per quello che concerne la vulnerabilità della falda freatica si può fare riferimento alla 'Carta della Vulnerabilità intrinseca della falda freatica della Pianura Veneta' redatta nell'ambito del Piano Tutela Acque (PTA) della Regione Veneto riportata in Figura 4-28: per l'area di intervento il rischio si può definire 'alto'.



Nota: Ee: estremamente elevato, E: elevato; A: alto; M: medio; B: basso; Bb: bassissimo

Figura 4-28 – Carta della Vulnerabilità intrinseca della falda freatica della Pianura Veneta (Fonte: PTA della Regione Veneto)

## 5 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI IN SITO

Per la caratterizzazione litostratigrafica, geomeccanica e sismica dell'area di progetto dell'impianto fotovoltaico, nel giorno 17 marzo 2022 sono state effettuate le seguenti tipologie di indagini geognostiche in sito:

1. N. 6 prove penetrometriche con punta elettrica (CPTU);
2. N. 1 misura sismica attiva (MASW);
3. N. 1 misura dei Microtremori (HVSr) con TROMINO.

In Figura 5-1 è riportata la distribuzione delle indagini in corrispondenza dell'impianto fotovoltaico.



Figura 5-1 - Ubicazione delle indagini geognostiche in corrispondenza dell'impianto fotovoltaico

### **Prova penetrometrica statica con punta elettrica**

Lo strumento utilizzato per le prove CPTU è un penetrometro statico modello olandese che può raggiungere un carico di spinta pari a 30 t, dotato di punta elettrica di tipo "friction jacket cone". La punta collegata ad un sistema di aste viene spinta nel terreno tramite un pistone idraulico ad una velocità costante di 20 mm/s ed è congegnata in modo da permettere la lettura della resistenza alla penetrazione, ogni 2 cm di avanzamento, delle sue due parti: punta conica (superficie = 10 cm<sup>2</sup>, angolo di incidenza 60°) e manicotto (superficie 150 cm<sup>2</sup>). Le letture che si ottengono sono rispettivamente definite, resistenza alla punta (Qc) e resistenza laterale (Fs).

La litologia del terreno è stata ricostruita utilizzando la teoria proposte da Robertson (1990). In allegato 1 è riportato il risultato delle prove sotto forma di grafici che rappresentano l'andamento con la profondità dei valori di resistenza alla punta (curva Qc) e di resistenza laterale (curva Fs). Sempre in forma grafica è riportata l'interpretazione litologica secondo il sopra citato autore. Le prove (Figura 5-2) sono state eseguite da tecnici della società S.G.T. sas di Van Zutphen Albert & C.



Figura 5-2 - Mezzo utilizzato per le prove CPTU

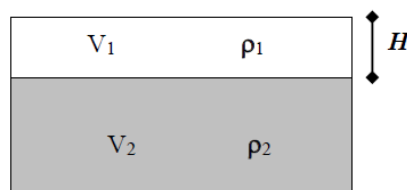
### TROMINO

Il tremore sismico, comunemente definito “rumore sismico”, esiste ovunque sulla superficie della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall’interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione della velocità di queste ultime.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l’informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell’uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Le basi teoriche dell’H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante, gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le diverse velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ). Un’onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell’onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $H$  del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a:

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4 * H}$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l’informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione.



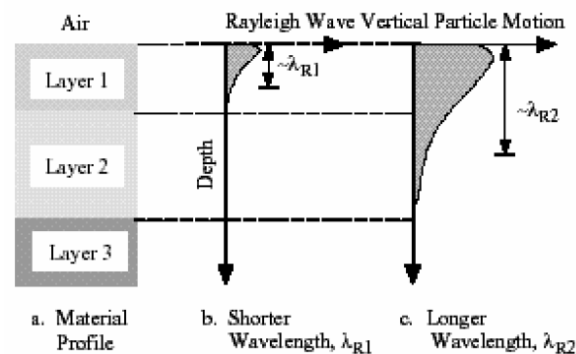
L’inversione richiede l’analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un’importante normalizzazione del segnale per a) in contenuto di frequenza, b) la risposta strumentale e c) l’ampiezza del segnale, quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore.

Questo risulta molto importante a livello ingegneristico, perché, se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

### MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980), o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e, quindi, danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e, quindi, interessano gli strati più profondi del suolo. Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo SASW-MASW si mantiene fisso il sensore di misura e si sposta a intervalli regolari il punto di generazione delle onde.



Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz; quindi, dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente circa 8÷15 m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002): (1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, (2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, (3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$ . Altrimenti, in maniera alternativa, alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ( $\nu$ ), la densità di massa  $\sigma$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

### Combinazione del metodo HVSR e MASW e risultati

La combinazione tra le misure HVSR e quelle MASW permettono di ottimizzare la ricostruzione del modello di velocità delle onde di taglio  $V_s$ . Infatti, le MASW permettono di ottenere le misure di velocità di taglio nei primi metri che servono da base per interpretare gli strati più profondi osservabili solo dalle misure HVSR.

In accordo con le NTC2018 e successiva circolare n.7 del 11-02-2019, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

## 6 CARATTERIZZAZIONE FISICO E MECCANICA DEI TERRENI

### 6.1 Caratteristiche litologiche dei terreni

La natura deposizionale tipicamente alluvionale dei sedimenti riconoscibili nell'area di intervento determina la presenza nel sottosuolo di livelli lentiformi spesso con ridotta continuità laterale.

Dalla correlazione tra l'interpretazione litologica delle prove penetrometriche eseguite (CPTU 1÷6) sono state riconosciute le unità litologiche principali descritte in Tabella 6-1 e riportate schematicamente in Figura 6-1.



Figura 6-1 – Schema delle unità litologiche riconosciute nel sottosuolo investigato

Unità Litostratigrafica	Profondità (m da p.c.)	Descrizione
1	da 0 a circa 0,3÷0,4	Terreno di copertura argilloso limoso.
2	da circa 0,3÷0,4 a 1,2÷2,3	Sabbia limosa e limo sabbioso. È assente nelle CPTU-5 e CPTU-6
3	da 1,2÷2,3 a 3,4÷6,9	Argilla limosa e limo argilloso. È assente nella CPTU-1. In corrispondenza CPTU-2 e CPTU-3 presenta le maggiori profondità
4	da 3,4÷6,9 alla max profondità investigata	Sabbia e sabbia limosa.

**Tabella 6-1 - Successione litostratigrafica**

## 6.2 Modello geotecnico e valori caratteristici dei parametri geotecnici

Per le strutture connesse all'impianto fotovoltaico (cabinet inverter, cabine utente e cabine di consegna) è previsto il ricorso a fondazioni di tipo superficiale a platea.

I parametri geotecnici di interesse ai fini delle verifiche geotecniche aderenti al caso in esame sono:

- peso per unità di volume  $\gamma$ ;
- coesione non drenata  $c_u$ ;
- angolo di resistenza al taglio  $\phi'$ ;
- densità relativa  $D_r$ .

Per la definizione dei valori caratteristici dei parametri fisici e geomeccanici di interesse, si è proceduto secondo le indicazioni delle NTC 18 all'individuazione del volume significativo di terreno in relazione alle strutture di fondazione previste. Molto cautelativamente dato che si tratta di fondazioni su platea con lato inferiore o prossimo a 3 m si è assunto di considerare valori caratteristici uguali al valore minimo. In Tabella 6-2 sono riportati i parametri caratteristici ( $X_k$ ) corrispondenti alle unità litotecniche individuate.

Unità Litotecnica	Descrizione	$\gamma$ (val. medio) (t/m <sup>3</sup> )	$c_{uk}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$D_r$ (val. medio) (%)
1	Terreno di copertura argilloso limoso.	1,5	0,2	---	---
2	Sabbia limosa e limo sabbioso.	1,8	---	28÷30	45
3	Argilla limosa e limo argilloso.	1,7	0,3	---	---
4	Sabbia e sabbia limosa.	1,9	---	34÷38	70

**Tabella 6-2 - Parametri caratteristici**

Nel modello geotecnico individuato la superficie topografica è stata assunta piana e sulla base delle misure delle quote d'acqua effettuate all'interno dei fori ottenuti con le prove penetrometriche e delle ipotizzabili oscillazioni stagionali, la falda è stata considerata cautelativamente alla profondità minima di 1,0 m da p.c.



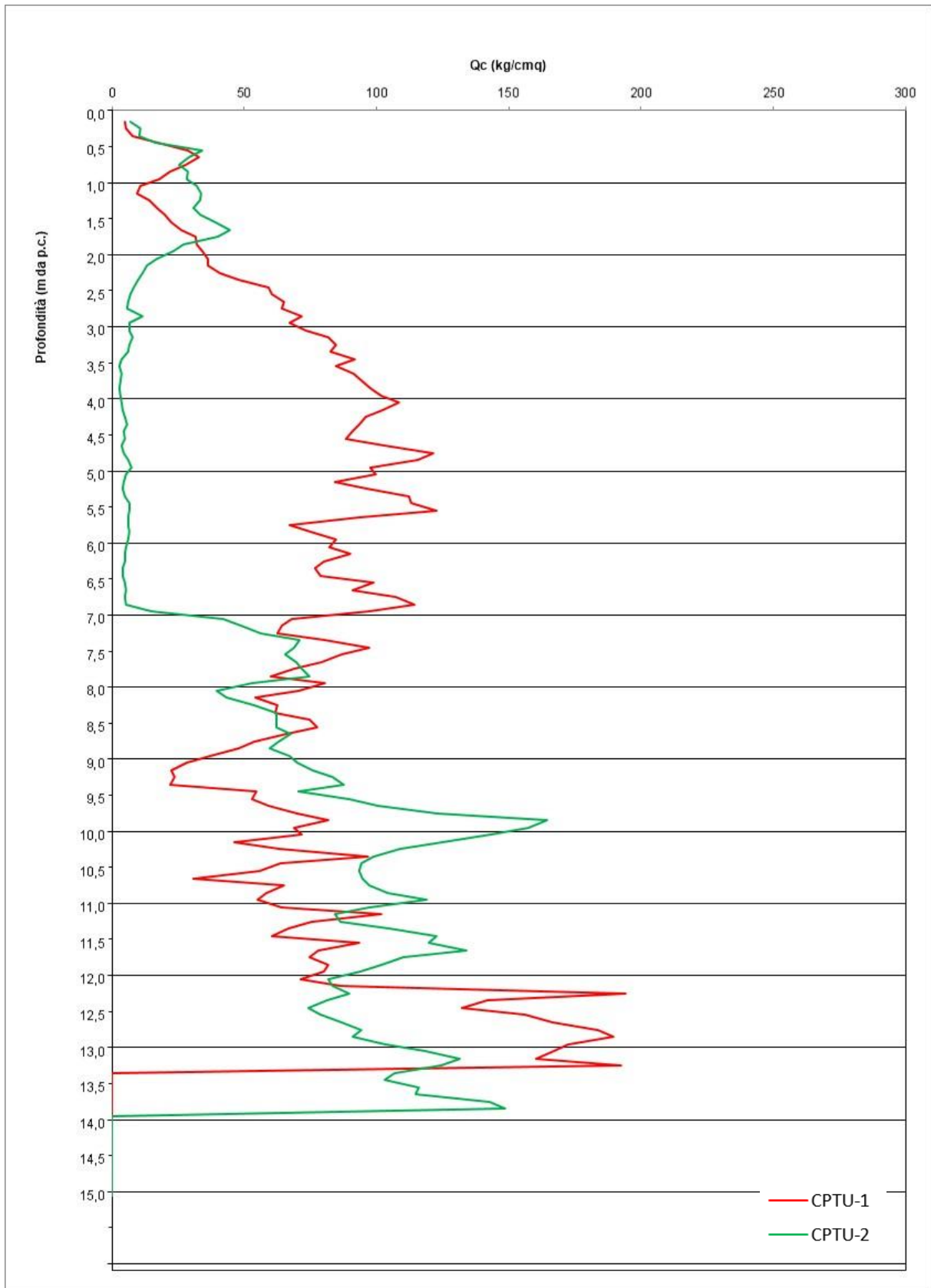


Figura 6-2 - Andamento dei valori di resistenza alla punta  $Q_c$  rispetto alla profondità, Area Bagnoli 1 (CPTU-1, CPTU-2)

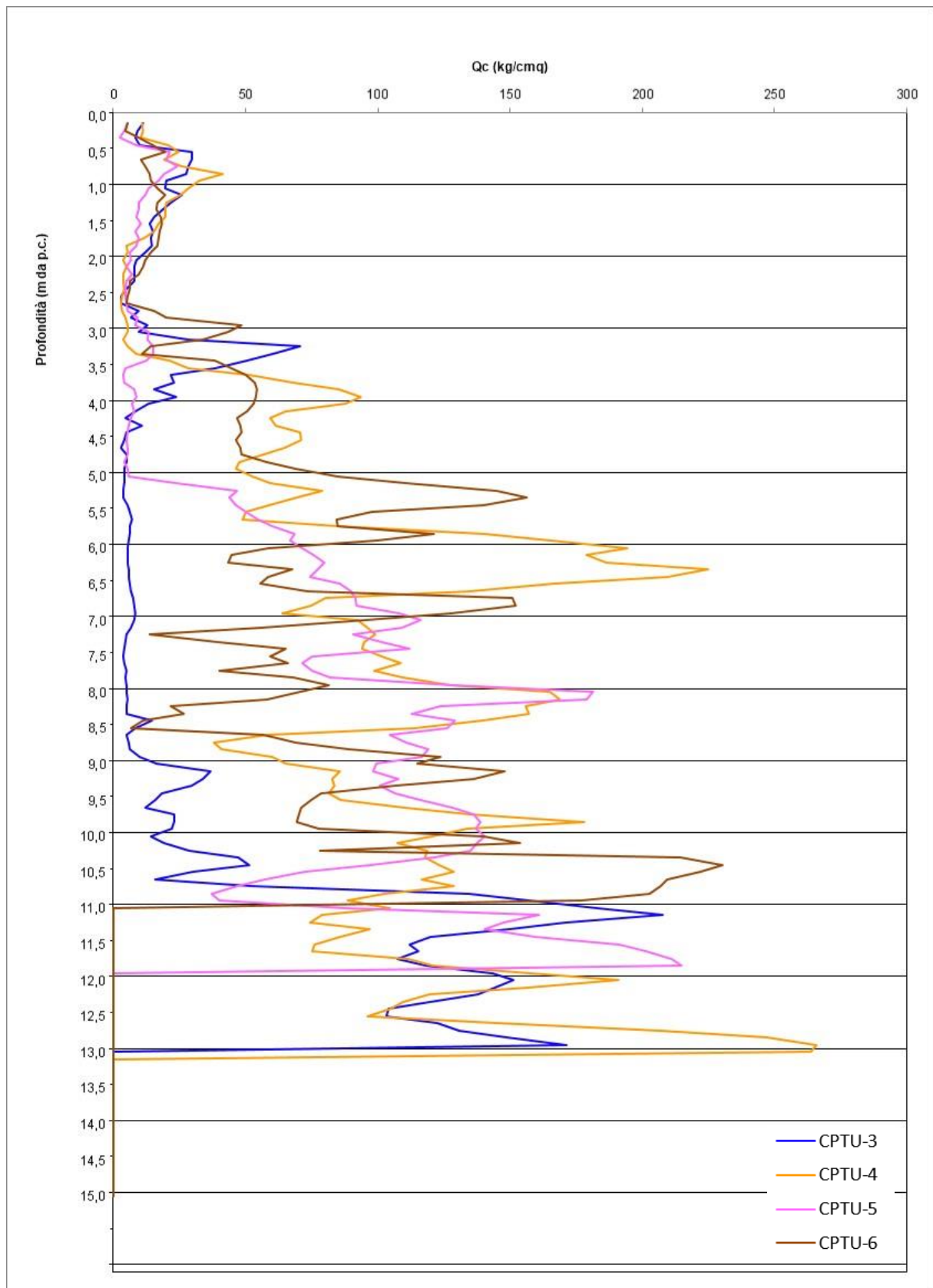


Figura 6-3 - Andamento dei valori di resistenza alla punta  $Q_c$  rispetto alla profondità, Area Bagnoli 2,3, 4 (CPTU-3, CPTU-4, CPTU-5 e CPTU-6)

## 7 SISMICA

### 7.1 Pericolosità sismica

In Figura 7-1 si riporta uno stralcio della mappa della zonazione sismogenetica SZ9 (fonte: <http://zonesismiche.mi.ingv.it> e Gruppo di Lavoro (2004)-Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp, + 5 appendici,) e la distribuzione degli epicentri dei terremoti storici (Fonte: Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).

L'area di intervento si colloca esternamente alle aree zone sismogenetiche che caratterizzano il settore padano e risulta posta in prossimità della zona 912, Dorsale Ferrarese, caratterizzata da magnitudo momento massima di 6,14. In Tabella 7-1 sono riportate alcune caratteristiche dei terremoti il cui epicentro ricade in un raggio di circa 30 km dall'area di intervento.

Numero d'ordine catalogo	Data	Latitudine epicentro	Longitudine epicentro	Magnitudo Momento (MAW)	Intensità epicentrale (IO)	Epicentro
103	04/03/1365	45,337	12,019	4,63	5	Pianura Veneta
215	01/09/1485	45,355	11,721	4,16	5	Pianura padano-veneta
221	24/01/1491	45,407	11,875	4,86	6-7	Padova
405	12/12/1606	45,407	11,875	4,16	5	Padova
468	22/02/1646	45,407	11,875	4,16	5	Padova
493	29/12/1662	45,407	11,875	4,16	5	Padova
1655	25/05/1895	45,008	11,96	3,98	4-5	Villanova Marchesana
2745	20/02/1956	45,273	11,886	4,49	5-6	Padovano

Tabella 7-1 - Terremoti con epicentro all'interno di un'area di circa 30 km dalla zona di intervento<sup>2</sup>

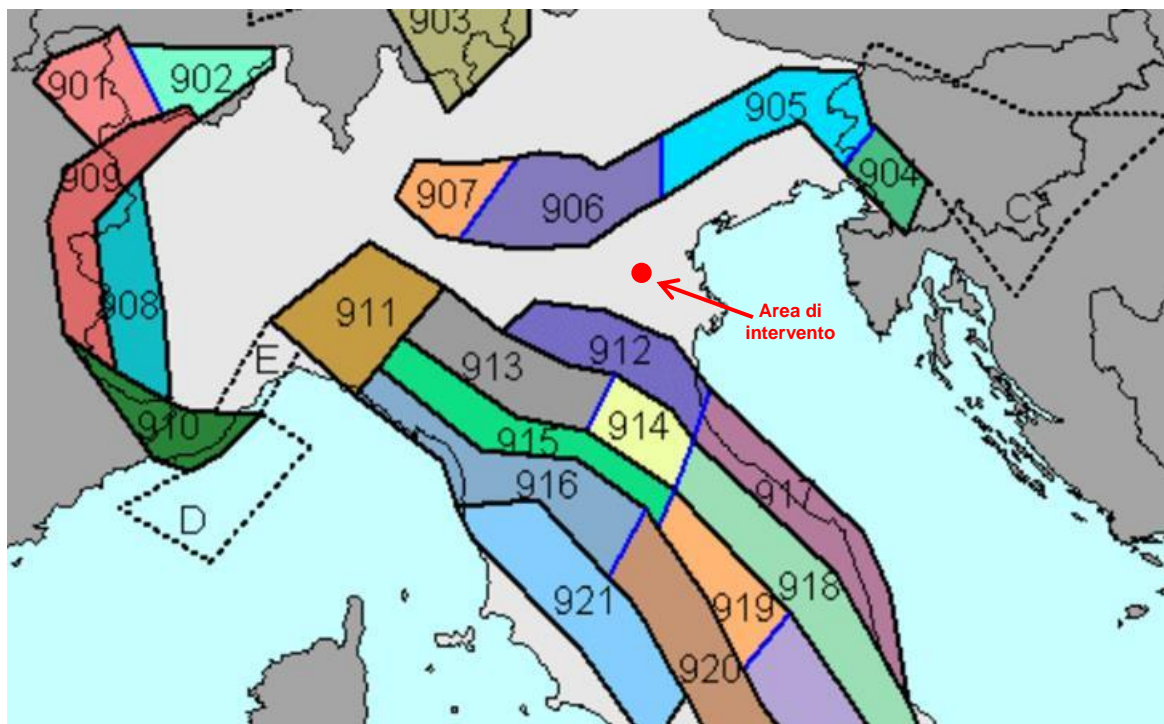


Figura 7-1 - Zone sismogenetiche (INGV) e epicentri dei terremoti storici suddivisi per classi di magnitudo (cpti15)

A partire dal 23/10/05 trova attuazione, in via di prima applicazione, la classificazione sismica stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n. 3274/2003. Con la DGR. N. 244 del 9 marzo 2021 la regione Veneto

<sup>2</sup> Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>

sul proprio territorio ha aggiornato la classificazione sismica. In base all'Allegato B della DGR n. 244 il comune di Bagnoli di Sopra ove verrà realizzato il campo fotovoltaico risulta classificato "zona 3".

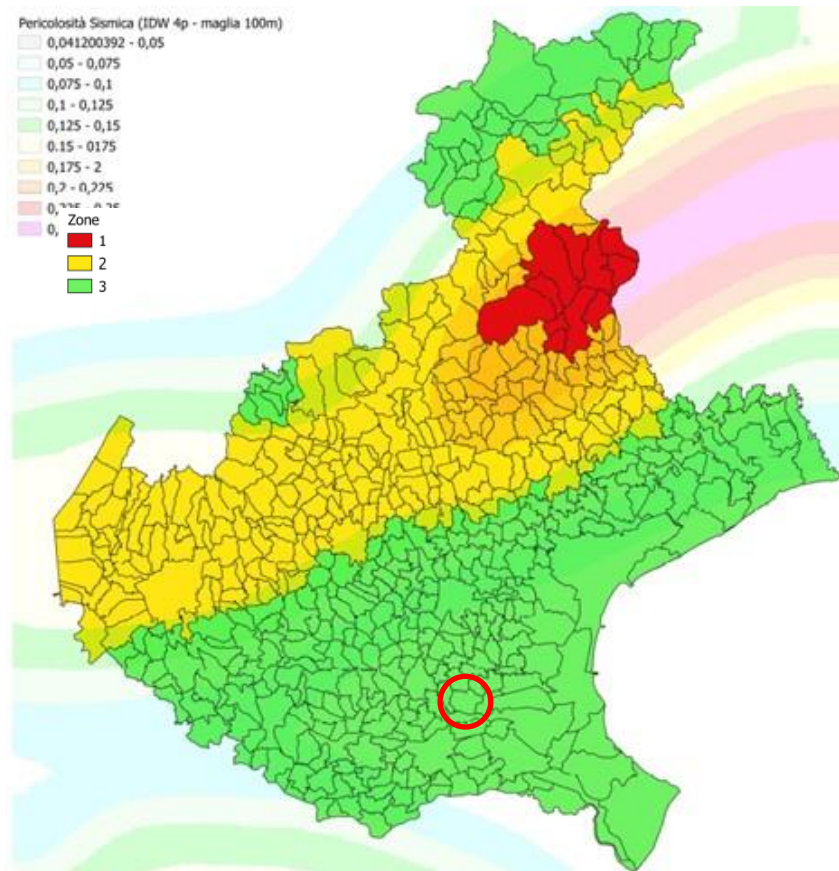


Figura 7-2 – Zonizzazione sismica comunale (Fonte: Regione Veneto)

Le azioni sismiche di progetto sono determinate a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione. Secondo le NTC 18 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s) viene effettuata con un approccio "sito dipendente". Nell'allegato A delle NTC 2008 è presentata la procedura per la stima dei parametri spettrali necessari alla definizione dell'azione sismica di progetto che sono calcolati in funzione del reticolo di riferimento (Allegato B delle NTC 08):

- $a_g$  = accelerazione massima orizzontale del terreno;
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro;
- $T^*_c$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione.

Note le coordinate geografiche, si ubica il sito in esame all'interno del reticolo di riferimento, i parametri spettrali, per un determinato periodo di ritorno ( $T_R$ ), sono calcolati dalla media pesata, rispetto la distanza, dei valori riferiti ai quattro nodi del reticolo.

Il periodo di ritorno è valutato in funzione del periodo di riferimento ( $V_R$ ) che si ricava, per ciascun tipo di costruzione moltiplicando la vita nominale ( $V_N$ ) per il coefficiente d'uso ( $C_U$ ).

Per le opere in progetto nel campo fotovoltaico si è assunto:

- $V_N = 50$  anni;
- Classe d'uso I -  $C_U = 0,7$ ;
- Da cui  $V_R = 35$  anni.

Gli stati limite rispetto ai quali devono essere verificate le prestazioni di un'opera o di una parte di essa che possono verificarsi durante la  $V_N$  in presenza di azioni sismiche sono:

- Stati limite di esercizio
  - Stato Limite di Operatività (SLO).

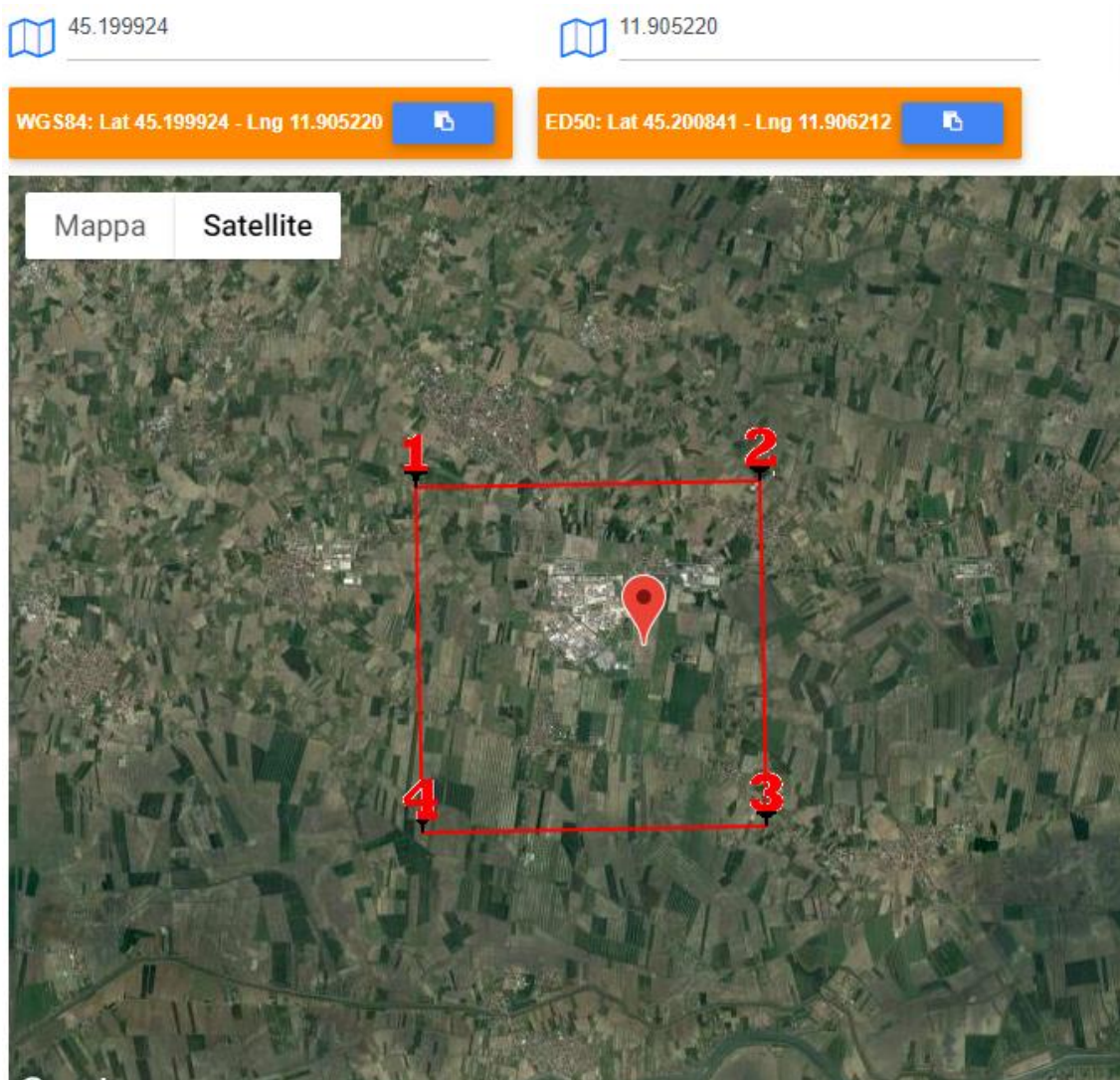
- Stato Limite di Danno (SLD).
- Stati limite ultimi
- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).
  - Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento ( $P_{VR}$ ) a cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportati in Tabella 7-2 (Tabella 3.2.1. delle NTC 18).

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81 %
	SLD	63 %
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

**Tabella 7-2 - Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato**

In Figura 7-3 è riportata l'ubicazione del sito investigato rispetto ai nodi del reticolo di riferimento che lo circondano e in Tabella 7-3 i rispettivi codici. Le coordinate geografiche considerate rappresentative del sito sono: Lat. 45,1999°, Long. 11,9052°.



**Figura 7-3 - Ubicazione dell'area di intervento rispetto al reticolo di riferimento**

	ID	Lat.	Long.	Distanza dall'area di interesse (m)
1	13630	45,2238	11,8590	4.496
2	13631	45,2248	11,9298	3.239
3	13853	45,1748	11,9311	3.496
4	13852	45,1738	11,8603	4.686

**Tabella 7-3 – Nodi del reticolo di riferimento che circondano il sito di intervento**

I valori dei parametri spettrali ottenuti in questo modo sono relativi ad una situazione geologica assente da fenomeni locali ovvero con substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s) affiorante e assetto morfologico pianeggiante. Nel caso in esame, non essendo rispettata la prima condizione ai fini della determinazione dell'azione sismica, occorre valutare, secondo quanto riportato nelle NTC 18, l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, oppure, qualora le caratteristiche stratigrafiche siano chiaramente riconducibili alle categorie di sottosuolo descritte nella tabella 3.2.11 delle NTC 18, facendo riferimento ad un approccio semplificato, basato sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio.

Per la valutazione della  $V_{s,30}$  è stata effettuata una indagine sismica MASW accompagnata da un'indagine sismica passiva HVSr (mediante il TROMINO). I risultati dell'indagine effettuata da tecnici della società SGT sas sono riportati in allegato. In base ai valori di  $V_{s,30}$  misurati i terreni investigati risultano caratterizzabili all'interno della categoria di sottosuolo C.

Rispetto le condizioni topografiche il sito risulta classificato nella categoria T1.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  calcolati mediante l'utilizzo dell'applicativo Gesostru-PS (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>) sono riportati in Tabella 7-4.

Stato limite	$Pv_R$	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$	$TC^*$
Operatività	81%	30	0,027	2,498	0,210
Danno	63%	35	0,029	2,500	0,221
<b>Salv. Vita</b>	<b>10%</b>	<b>332</b>	<b>0,056</b>	<b>2,672</b>	<b>0,344</b>
Collasso	5%	682	0,067	2,768	0,368

**Tabella 7-4 – Valore dei parametri  $A_g$ ,  $F_0$  e  $T_c$** 

Stato limite	$S_s$	$S_T$ (anni)	$a_{max} = a_g * g * S_s * S_T$
Operatività (SLO)	1,50	1,00	0,398
Danno (SLD)	1,50	1,00	0,421
<b>Salv. Vita (SLV)</b>	<b>1,50</b>	<b>1,00</b>	<b>0,823</b>
Collasso (SLC)	1,50	1,00	0,990

**Tabella 7-5 – Valore di  $a_{max}$  (m/sec<sup>2</sup>) per la categoria di suolo C**

Secondo le indicazioni delle NTC 18 tra gli effetti indotti da un sisma occorre verificare la stabilità dei terreni alla liquefazione che viene così definita "fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate".

Le NTC al riguardo forniscono una lista di circostanze da analizzare per il sito in esame delle quali, se ne risulta verificata almeno una, viene esclusa la necessità di verifica della suscettibilità dei terreni alla liquefazione. Di seguito è riportato testualmente l'elenco, tratto dalle NTC 18, delle circostanze da verificare:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$ , dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il

valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Le indagini sviluppate in questa fase hanno consentito di valutare che dei primi tre punti in elenco nessuno è verificato; mentre, per decidere se prelevare dei campioni di terreno e valutare il punto 4, è stata effettuata una valutazione della suscettibilità dei terreni alla liquefazione applicando i metodi semplificati basati sulle interpretazioni derivanti dalle CPTU effettuate, che hanno evidenziato la presenza di terreni con caratteristiche tali da comportare la verifica entro i primi 15 m di profondità dal piano campagna.

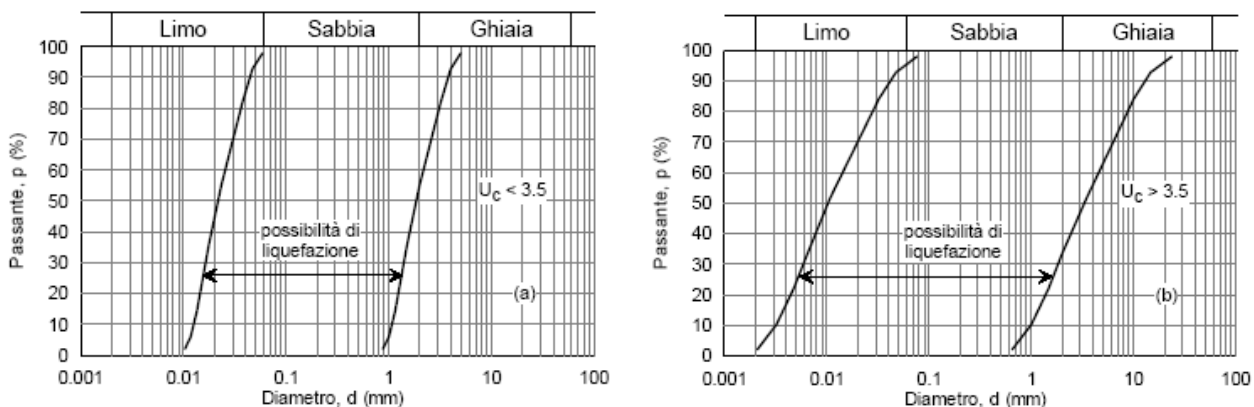


Tabella 7-6 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

## 7.2 Valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni

I metodi semplificati di valutazione del rischio sismico di liquefazione da prove in sito sono di tipo storico-empirico in quanto utilizzano una base dati, la più ampia possibile, di informazioni sul comportamento osservato di siti sabbiosi in occasione di terremoti storici.

La resistenza che un deposito sabbioso saturo oppone alla liquefazione viene definita attraverso il fattore di sicurezza. Il fattore di sicurezza  $F_s$  è definito dal rapporto tra il parametro che definisce la resistenza alla liquefazione denominato CRR (Cyclic Resistance Ratio), desunto dai risultati di prove in sito e nel caso in esame dalle CPT e il parametro di carico sismico che è la tensione tangenziale sismica CSR (Cyclic Stress Ratio) che è stimato sulla base di considerazioni teoriche ed empiriche, delle caratteristiche del terremoto, magnitudo e accelerazione di picco in superficie.

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

Nell'analisi è stata considerato come valore di magnitudo, quello della magnitudo momento massima ( $M_{wMax}$ ) della zona sismogenetica in cui ricade il sito. Il dato è stato tratto da Gruppo di Lavoro (2004) - Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

I dati utilizzati per la stima del potenziale di liquefazione sono i seguenti:

- ✓ Come zona sismogenetica di riferimento è stata utilizzata la n. 912, caratterizzata da una magnitudo  $M_{wMax}$  di 6,14.
- ✓ Come classe d'uso è stata considerata la classe d'uso I;
- ✓ Il valore di  $a_{max}$  per l'area di intervento è pari a 0,84 m/s<sup>2</sup>.
- ✓ La profondità della falda considerata nei calcoli corrisponde alla quota d'acqua rilevata nelle indagini geognostiche.

La stima del CRR è stata effettuata considerando i dati delle prove CPTU effettuate. Per quanto riguarda le analisi sviluppate utilizzando i dati delle prove CPTU, i risultati sono stati espressi in termini di Indice del

Potenziale di Liquefazione ( $IP_L$ ) (Iwasaki et al., 1982) che è un indice utilizzato per rappresentare il rischio di liquefazione (Tabella 7-7):

$$IP_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

$F(z) = 1 - F_s(z)$  per  $F_s \leq 1,0$

$F(z) = 0,0$  per  $F_s > 1,0$

$W(z) = 10^{-10} (z/z_{crit})$

$z_{crit} = 20$  m valore della profondità alla quale può escludersi il fenomeno della liquefazione.

Valore di PL	Rischio di liquefazione
$IP_L = 0$	Molto basso
$0 < IP_L \leq 5$	Basso
$5 < IP_L < 15$	Alto
$IP_L > 15$	Molto alto

Tabella 7-7 – Valutazione del rischio di liquefazione in funzione del valore di  $IP_L$  (IWASAKI ET AL. 1978)

I valori di  $IP_L$  stimati sono riportati in Tabella 7-8 e in Allegato 3:

	Valore di $IP_L$			
	Robertson 2009		Boulanger & Idriss 2014	
	senza correzione strati sottili	con correzione strati sottili	senza correzione strati sottili	con correzione strati sottili
CPTU-1	0,0	0,6	0,0	0,0
CPTU-2	0,0	0,0	0,0	0,0
CPTU-3	0,0	0,0	0,0	0,0
CPTU-4	0,0	0,0	0,0	0,0
CPTU-5	0,0	0,0	0,0	0,0
CPTU-6	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella 7-8 – valori di  $IP_L$  stimati

Sulla base del valore dell'indice  $IP_L$  è possibile indicare che per i terreni investigati il rischio di liquefazione risulta "basso". In base ai valori di  $IP_L$  stimati è possibile indicare che gli effetti provocati dalla potenziale liquefazione dei terreni sono non dannosi e pertanto il sito sotto questo aspetto può ritenersi stabile.



## 8 PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

In Tabella 8-1 sono riportati i dati dimensionali delle fondazioni superficiali delle cabine in progetto per le quali viene effettuata una stima della capacità portante; le fondazioni saranno fondazioni superficiali a platea. L'ubicazione delle cabine e delle indagini geognostiche effettuate è riportata in Figura 8-1.

Edificio / struttura fondazione	Larghezza B (m)	Lunghezza L (m)	Profondità piano di posa (m)
Cabinet inverter	2,44	6,06	0,4
Cabine utente	2,5	6,5	0,6
Cabina di consegna MAMELI FTV	2,48	6,7	1,0
Cabina di consegna SVEZIA FTV	2,48	10,9	1,0

Tabella 8-1 - Dimensioni in pianta delle platee di fondazione

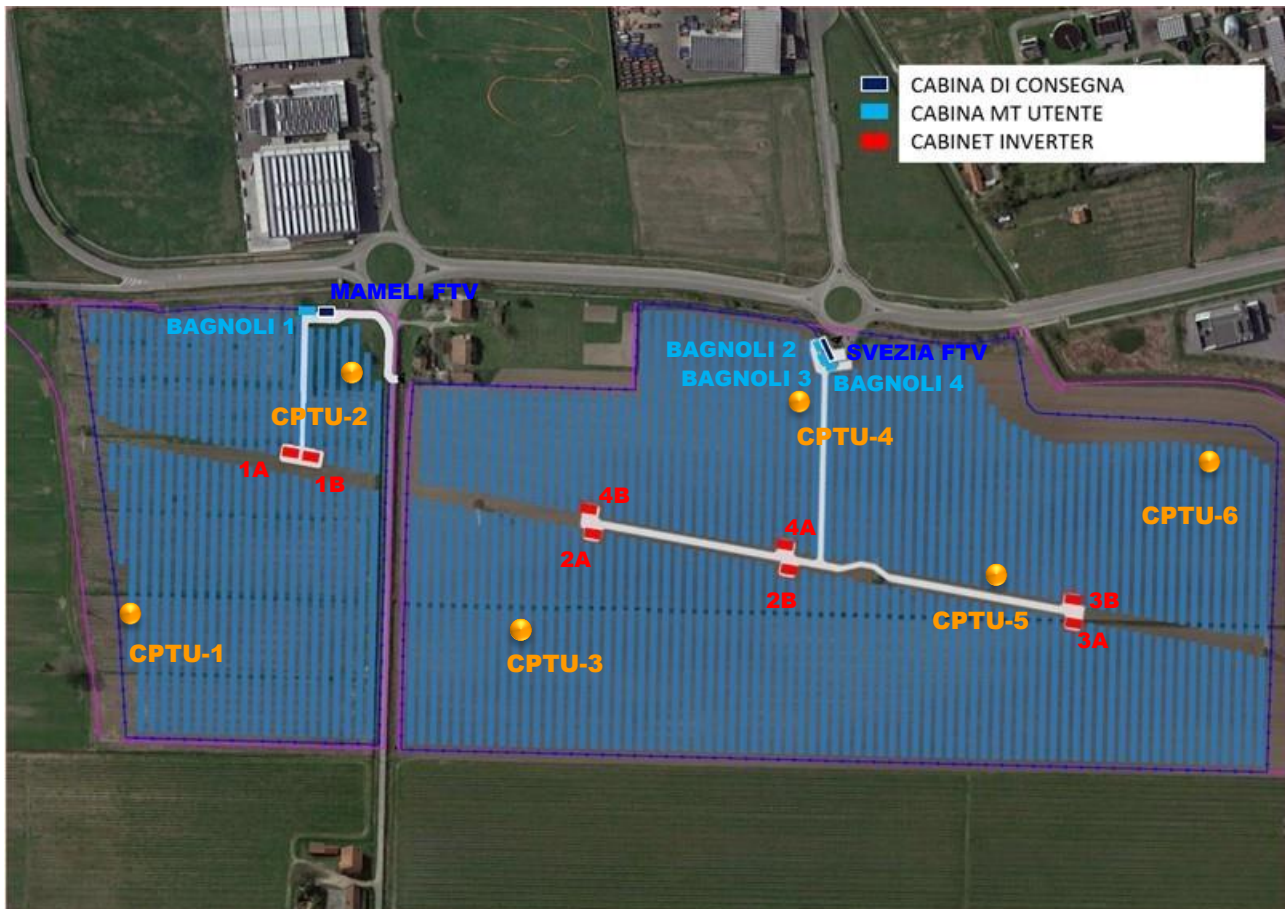


Figura 8-1 - Ubicazione delle cabine e delle indagini geognostiche eseguite

Per il calcolo in condizioni statiche della resistenza del terreno interagente con la fondazione per collasso determinato dal raggiungimento del carico limite (capacità portante) è stata utilizzata l'espressione di Hansen (1970) tratta da Bowles (1991):

$$q_{ult} = CN_c s_c d_c i_c g_c b_c + \gamma_1 DN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma_2 BN_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma r_\gamma \quad (7.1)$$

dove:

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di portata;

$s_c, s_q, s_\gamma$  = fattori di forma;

$d_c, d_q, d_\gamma$  = fattori di profondità;

$i_c, i_q, i_\gamma$  = fattori di inclinazione del carico;

$g_c, g_q, g_\gamma$  = fattori di inclinazione del terreno;

$b_c, b_q, b_\gamma$  = fattori di inclinazione del piano di posa di fondazione;

$C$  = coesione;

$\gamma_1$  = peso per unità di volume del terreno sopra il piano posa delle fondazioni;  
 $\gamma_2$  = peso per unità di volume del terreno sotto il piano posa delle fondazioni;  
 $D$  = profondità delle fondazioni;  
 $B$  = dimensione delle fondazioni;  
 $r_\gamma$  = fattore correttivo che dipende dalle dimensioni delle fondazioni.

La resistenza di progetto  $R_d$  in condizioni statiche si ottiene moltiplicando la  $q_{ult}$  per la superficie efficace  $A'$  della fondazione. Considerate le dimensioni e la profondità di posa delle platee, risulta che i terreni interessati dal cuneo di rottura sono quelli di natura prevalentemente coesiva appartenenti all'unità litotecnica I (Caratterizzata dagli stessi valori caratteristici dei parametri geotecnici per entrambi i modelli geotecnici individuati).

Il calcolo viene effettuato adottando l'approccio 2 (A1-M1-R3) nel quale i coefficienti parziali dei parametri geotecnici sono uguali a 1.

Come valori caratteristici dei parametri geotecnici nel caso in esame è stato considerato:

$$\varphi_{ud} \equiv \varphi_{uk} = 28^\circ \text{ (kg/cm}^2\text{) per l'unità litotecnica 2}$$

$$c_{ud} \equiv c_{uk} = 0,3 \text{ (kg/cm}^2\text{) per l'unità litotecnica 3}$$

### Area Bagnoli 1

Seguendo le premesse su esposte in Tabella 8-2, sono riportati i risultati delle verifiche in termini di resistenza dei terreni di fondazione per raggiungimento del carico limite ( $R_d$ ) in condizioni statiche per le cabine poste sull'area Bagnoli 1. Dato che per il calcolo è stato adottato l'approccio 2, il coefficiente parziale  $\gamma_R$  utilizzato è pari a 2,3.

Edificio / struttura fondazione	Larghezza B (m)	Lunghezza L (m)	Profondità piano di posa (m)	Rdstatico (kN)
Cabinet inverter 1A	2,4	6,1	0,4	1.120
Cabinet inverter 1B	2,4	6,1	0,4	1.120
Cabina utente BAGNOLI 1	2,5	6,5	0,6	1.280
Cabina di consegna MAMELI FTV	2,5	6,7	1,0	1.400

Tabella 8-2 - Resistenza di progetto area Bagnoli 1

### Area Bagnoli 2, 3, 4

In Tabella 8-2, sono riportati i risultati delle verifiche in termini di resistenza dei terreni di fondazione per raggiungimento del carico limite ( $R_d$ ) in condizioni statiche per le cabine poste sull'area Bagnoli 2, 3, 4. Il coefficiente parziale  $\gamma_R$  utilizzato è pari a 2,3.

Edificio / struttura fondazione	Larghezza B (m)	Lunghezza L (m)	Profondità piano di posa (m)	Rdstatico (kN)
Cabinet inverter 2A	2,4	6,1	0,4	1.120
Cabinet inverter 2B	2,4	6,1	0,4	1.120
Cabinet inverter 3A	2,4	6,1	0,4	1.120
Cabinet inverter 3B	2,4	6,1	0,4	1.120
Cabinet inverter 4A	2,4	6,1	0,4	1.120
Cabinet inverter 4B	2,4	6,1	0,4	1.120
Cabina utente BAGNOLI 2	2,5	6,5	0,6	1.280
Cabina utente BAGNOLI 3	2,5	6,5	0,6	1.280
Cabina utente BAGNOLI 4	2,5	6,5	0,6	1.280
Cabina di consegna SVEZIA FTV	2,5	10,9	1,0	2.200

Tabella 8-3 - Resistenza di progetto area Bagnoli 2, 3, 4

## 9 CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Per la stima dei cedimenti del terreno di fondazione è stata utilizzata la teoria della consolidazione utilizzando l'equazione seguente:

$$\Delta H = m_v \cdot \Delta q \cdot H \quad (9.1)$$

nella quale:

$\Delta H$  = cedimento;

$\Delta q$  = variazione media della pressione nello strato con la profondità;

$H$  = spessore dello strato.

$m_v = 1/E$  modulo di compressibilità volumetrica. Si ottiene dalla  $q_c$  mediante la relazione:

$$m_v = 1/(\alpha q_c) \quad (9.2)$$

dove:

$\alpha$  = coefficiente che dipende dalla natura litologica dei terreni esaminati.

$q_c$  = resistenza alla punta.

Il valore caratteristico del modulo di compressibilità volumetrico è stato calcolato utilizzando tutte le letture di resistenza alla punta delle prove poste in prossimità della futura ubicazione delle opere, ovvero considerando un  $\Delta H$  pari a 2 cm. I valori caratteristici corrispondono a quelli di progetto in quanto il coefficiente parziale  $\gamma_M$  da utilizzare è pari a 1. Come pressione trasmessa ai terreni di fondazione è stato considerato un valore ipotetico pari a 0,1 e 0,5 Kg/cm<sup>2</sup>.

I cedimenti sono stati valutati in corrispondenza del centro (Sc) di ogni cabina, i valori ottenuti sono riportati in Tabella 9-1.

Area di intervento	Fondazione	Pressione trasmessa ai terreni		Indagine di riferimento
		0,1 kg/cm <sup>2</sup>	0,5 kg/cm <sup>2</sup>	
Bagnoli 1	Cabinet inverter 1A	0,6	2,7	CPTU-2
	Cabinet inverter 1B	0,6	2,7	CPTU-2
	Cabina utente BAGNOLI 1	0,6	2,8	CPTU-2
	Cabina di consegna MAMELI FTV	0,5	2,6	CPTU-2
Bagnoli 1, 2, 3, 4	Cabinet inverter 2A	0,6	2,8	CPTU-3
	Cabinet inverter 2B	0,5	2,6	CPTU-5
	Cabinet inverter 3A	0,5	2,6	CPTU-5
	Cabinet inverter 3B	0,5	2,6	CPTU-5
	Cabinet inverter 4A	0,5	2,6	CPTU-5
	Cabinet inverter 4B	0,6	2,8	CPTU-3
	Cabina utente BAGNOLI 2	0,5	2,4	CPTU-4
	Cabina utente BAGNOLI 3	0,5	2,8	CPTU-4
	Cabina utente BAGNOLI 4	0,5	2,4	CPTU-4
	Cabina di consegna SVEZIA FTV	0,5	2,5	CPTU-4

Tabella 9-1 - Cedimenti fondazioni in condizioni statiche

## 10 CONSIDERAZIONI DI SINTESI

Lo studio svolto è stato finalizzato al riconoscimento delle principali caratteristiche geologiche dei terreni presenti in corrispondenza dell'area di circa 29,45 ha, interessata dal progetto di un lotto di impianti di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza nominale complessiva di 26.669,5 kW, ubicato nel comune di Bagnoli di Sopra (Padova).

L'area, di circa 29,45 ha, è compresa nelle sezioni 147160 e 168030 della Carta Tecnica Regionale. Le coordinate geografiche riferite al datum WGS84 del baricentro dell'area di realizzazione del campo fotovoltaico sono: Lat. Lat. 45,1999°, Long. 11,9052°.

All'interno dell'impianto fotovoltaico è in progetto la realizzazione di alcune strutture di servizio per le quali è previsto il ricorso a fondazioni di tipo superficiale a platea. Si tratta di 8 Cabinet inverter, 4 cabine utente e 2 cabine di consegna.

Di seguito sono sintetizzati gli aspetti principali delle analisi svolte.

L'area nell'intorno del futuro campo fotovoltaico risulta pianeggiante con quote comprese tra circa 1,2 e 3,0 m slm.

L'area ricade nella cosiddetta pianura padano-atesina, caratterizzata dalla presenza di strutture naturali a forma di dosso ed in corrispondenza delle quali sono state realizzate le principali infrastrutture storiche, con direzione prevalente nord-ovest sud-est, ad indicare la direzione degli eventi deposizionali fluviali.

L'area di intervento, a larga scala, è compresa tra il Fiume Bacchiglione a circa 7,2 km a nord e il Fiume Adige a sud, ad una distanza di circa 6 km. Nell'area sono inoltre presenti alcuni corsi d'acqua di importanza minore rispetto a quelli citati, ma che rivestono un ruolo rilevante nello smaltimento e gestione delle acque superficiali, come il Canale di Bovolenta, lo Scolo Rebosola, la Fossa Monselesana e il Canale Gorzone.

L'area di progetto rientra nel territorio di competenza del Bacino scolante della laguna di Venezia, oggi confluita nell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali. Dall'analisi della cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico di riferimento emerge che l'area di progetto rientra nella classe di pericolosità P1 – Pericolosità idraulica moderata Area soggetta a scolo meccanico.

La cartografia inerente il rischio idraulico evidenzia che l'opera di progetto rientra nel rischio idraulico R1, la cui Classe è definita Rischio moderato (R1), mentre in riferimento alla pericolosità idraulica il PGRA ascrive tutte le opere di progetto alla classe P1 Pericolosità idraulica moderata (P1).

L'area del campo fotovoltaico rientra nel comprensorio del Consorzio di Bonifica Adige Euganeo ed in particolare nel bacino idraulico Sorgaglia. In riferimento al rischio idraulico individuato nel comprensorio del Consorzio l'intervento non rientra in aree esposte al pericolo di allagamenti. Il sito di intervento è prossimo allo scolo Sardellon che confluisce a nord dell'area nello scolo Sorgaglia.

L'assetto idrogeologico locale individua un sistema "multifalde", caratterizzato da livelli acquiferi, costituiti da terreni prevalentemente sabbiosi, intercalati da livelli impermeabili prevalentemente argillosi. Le falde idriche sono contenute nei livelli sabbiosi, mentre gli strati limoso-argillosi fungono da separatori tra una falda e l'altra. Nell'area di studio l'andamento della superficie freatica che presenta un andamento generale nord/ovest-sud/est, con quote comprese tra 0 e -1 m slm. Per quanto riguarda la profondità della tavola d'acqua, in riferimento alla Carta Idrogeologica (elaborato B23b) del P.A.T.I. del Conselvano, l'area rientra tra quelle con profondità compresa tra 1 e 1,5 m. Durante le indagini geognostiche svolte nel mese di marzo 2022 la falda è stata riscontrata a 2÷3 m da p.c. Non si evidenziano aree a deflusso difficoltoso.

La natura deposizionale tipicamente alluvionale dei sedimenti riconoscibili nell'area di intervento determina la presenza nel sottosuolo di livelli lentiformi spesso con ridotta continuità laterale. Questi terreni sono caratterizzati dalla presenza di un primo strato di terreno di copertura coesivo dello spessore di circa 1 m a cui seguono sabbie, sabbie limose di media densità che tendono ad addensarsi scendendo in profondità.

Allo strato più superficiale di copertura limoso argilloso può essere attribuito un valore di coesione  $c_u$  di circa 0,2÷0,3 kg/cm<sup>2</sup>, mentre i terreni sabbioso-limosi sono definiti da un angolo di attrito  $\varphi$  di 28÷30°, che aumenta in profondità, con l'aumentare della componente sabbiosa su quella sabbioso-limoso.

In riferimento alla pericolosità sismica, con la DGR. N. 244 del 9 marzo 2021, la Regione Veneto sul proprio territorio ha aggiornato la classificazione sismica. In base all'Allegato B della DGR n. 244 il comune di Bagnoli di Sopra risulta classificato "**zona 3**".

Per le cabine in progetto all'interno del campo fotovoltaico è stata effettuata una stima della capacità portante di progetto e dei cedimenti dei terreni di fondazione in condizioni statiche considerando il ricorso a platee di fondazione. Per i cabinet inverter, le cabine utente e le cabine di consegna è stata stimata una resistenza di progetto rispettivamente pari a 1.120, 1.280, 1.400 e 2.200 KN.

Per la stima dei cedimenti come pressione trasmessa ai terreni di fondazione sono stati considerati valori ipotetici pari a 0,1 e 0,5 Kg/cm<sup>2</sup>. Si ritiene che i cedimenti stimati rispetto alla ipotesi assunte siano in termini assoluti compatibili con le strutture in progetto.

**ALLEGATO 1:  
GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE**

Comune  
Via  
Localita'  
Committente  
Data

Bagnoli di Sopra  
Viale Europa  
Zona Industriale  
SERVIN  
17/03/2022

Falda

foro chiuso e asciutto a 3.00m

Sigla della Punta  
Azzeramento  
Ultimo taratura guadagno  
Ultimo taratura per deriva termica

Tecnopenta 100707  
Inizio prova  
7-ott-2021  
20-set-2021



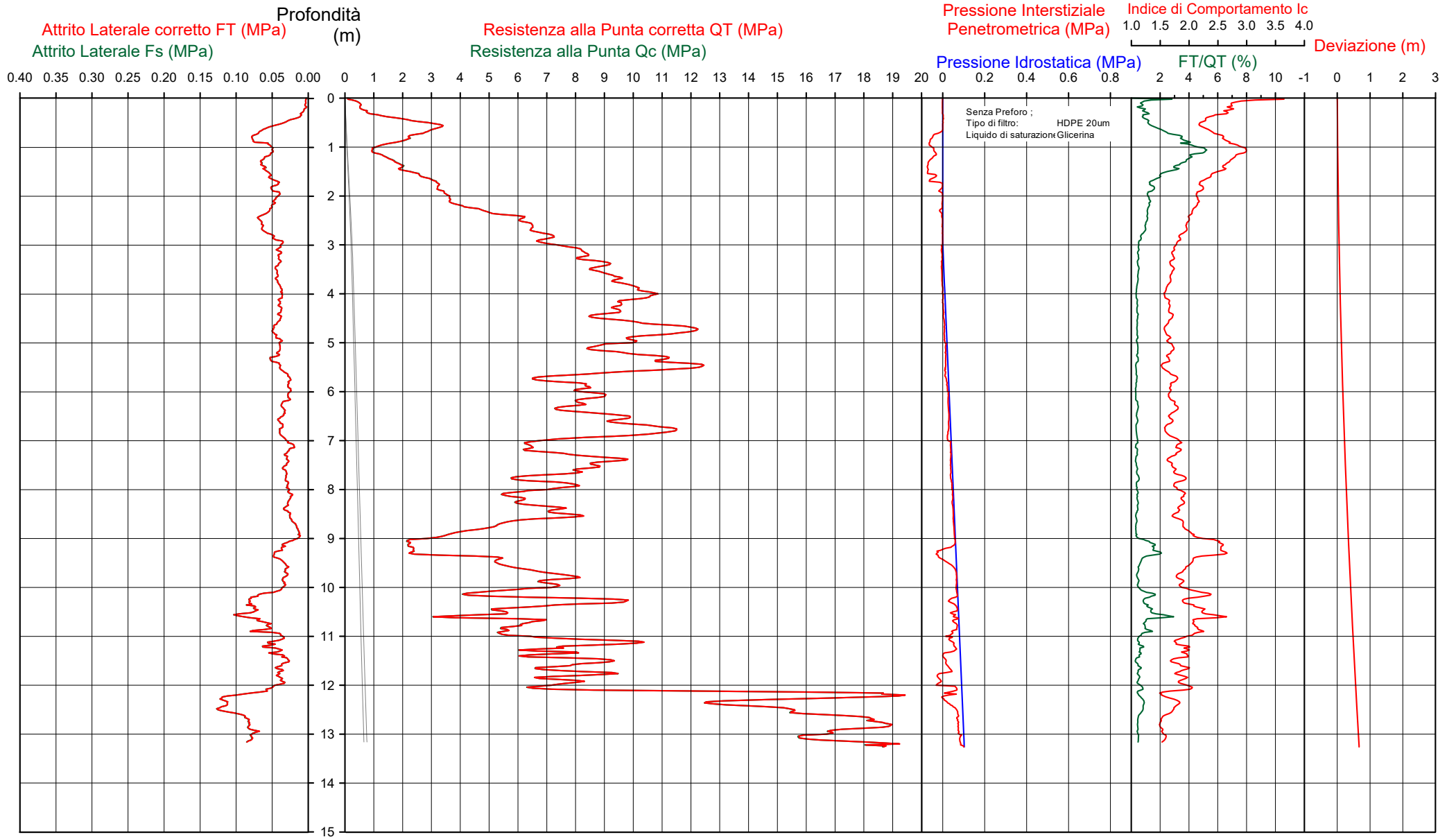
Società di  
Geologia  
Territoriale

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

# CPTU

## 1



CPTU

1

Data  
Cantiere / Via  
Località  
Comune  
Profondità falda idrica m.

17/03/2022  
Viale Europa  
Zona Industriale  
Bagnoli di Sopra  
3.00 foro chiuso e asciutto a 3.00m



Società di  
Geologia  
Territoriale

S.G.T. sas.  
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs13  
181

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%		Idriss iterazione	m				%		daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>		
5.2	8.9	0.05	1.0	2.82	limo argilloso-argilla limosa	0.00	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.38	33.78	17.0	92
						0.30	=====								
24.6	41.7	0.45	1.8	2.36	sabbia limosa-limo sabbioso	0.80	=====		Mediamente Addensata	38.2	38.7	.	.	95.4	147
						1.00	=====								
16.6	28.3	0.65	4.0	2.73	limo argilloso-argilla limosa	1.10	=====		Plastica	.	.	0.95	30.37	96.3	156
9.4	16.0	0.49	5.3	2.99	argilla-argilla limosa	1.40	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.62	11.95	53.6	139
15.9	27.0	0.61	4.0	2.73	limo argilloso-argilla limosa	1.40	=====		Plastica	.	.	0.92	13.15	92.1	153
						2.30	=====								
32.8	53.7	0.49	1.6	2.25	sabbia limosa-limo sabbioso	2.30	=====		Mediamente Addensata	46.5	36.9	.	.	122.4	161
						3.00	=====								
64.5	86.0	0.56	0.9	1.93	sabbia-sabbia limosa	3.00	=====	H2O	Mediamente Addensata	62.0	39.3	.	.	206.3	187
						5.60	=====								
97.9	112.2	0.41	0.4	1.66	sabbia-sabbia limosa	5.60	=====		Addensata	70.8	40.5	.	.	297.4	194
						6.40	=====								
79.8	87.3	0.29	0.4	1.72	sabbia-sabbia limosa	6.40	=====		Mediamente Addensata	62.5	39.1	.	.	241.8	182
						6.90	=====								
101.2	107.0	0.37	0.4	1.65	sabbia-sabbia limosa	6.90	=====		Addensata	69.2	40.1	.	.	306.5	196
						8.90	=====								
69.0	70.8	0.26	0.4	1.82	sabbia-sabbia limosa	8.90	=====		Mediamente Addensata	55.6	38.0	.	.	209.2	178
						9.50	=====								
32.6	31.7	0.33	1.2	2.36	sabbia limosa-limo sabbioso	9.50	=====		Sciolta	29.1	34.1	.	.	110.2	165
						10.00	=====								
68.8	66.3	0.32	0.5	1.88	sabbia-sabbia limosa	10.00	=====		Mediamente Addensata	53.4	37.6	.	.	209.9	186



CPTU

1

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

17/03/2022  
 Viale Europa  
 Zona Industriale  
 Bagnoli di Sopra  
 3.00 foro chiuso e asciutto a 3.00m



Società di  
 Geologia  
 Territoriale

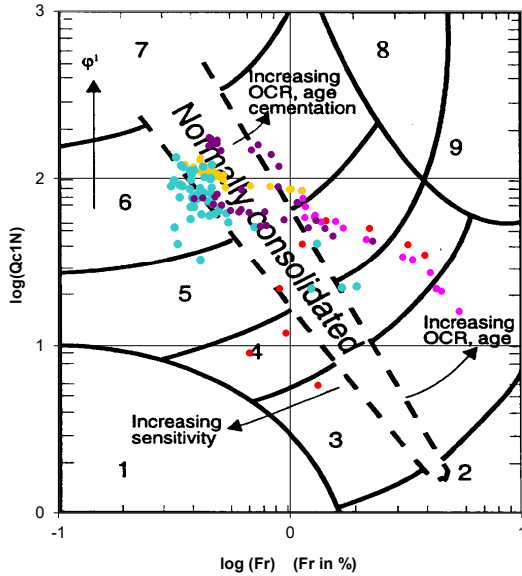
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

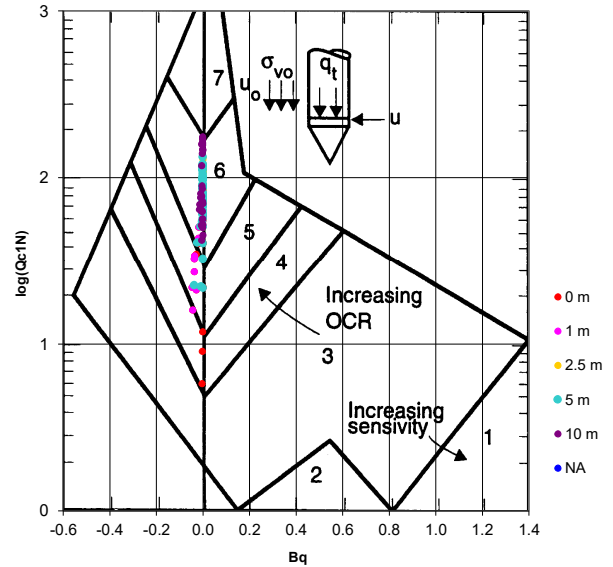
Vs13  
 181

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm <sup>2</sup>	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhaway & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
	51.6	48.7	0.55	1.2	2.19 sabbia limosa-limo sabbioso	10.20			Mediamente Addensata	43.3	36.2	.	.	172.6	194
	84.7	80.6	0.80	1.0	1.98 sabbia-sabbia limosa	10.40			Mediamente Addensata	59.9	38.5	.	.	274.4	220
	55.6	51.3	0.66	1.3	2.20 sabbia limosa-limo sabbioso	11.00			Mediamente Addensata	45.0	36.4	.	.	191.8	203
	78.2	71.2	0.41	0.6	1.88 sabbia-sabbia limosa	12.10			Mediamente Addensata	55.8	37.9	.	.	239.8	198
	159.1	149.2	1.04	0.7	1.67 sabbia-sabbia limosa	12.70			Addensata	80.2	41.2	.	.	494.3	248
	175.2	162.7	0.80	0.5	1.54 sabbia-sabbia limosa				Addensata	83.1	41.5	.	.	533.6	241

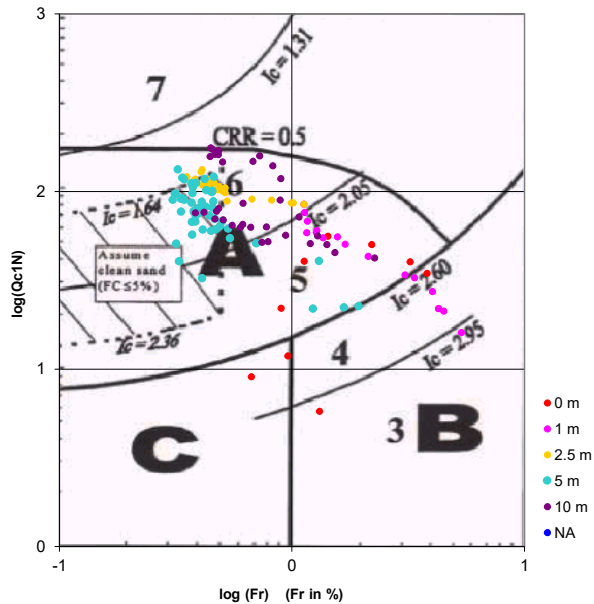
**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)**



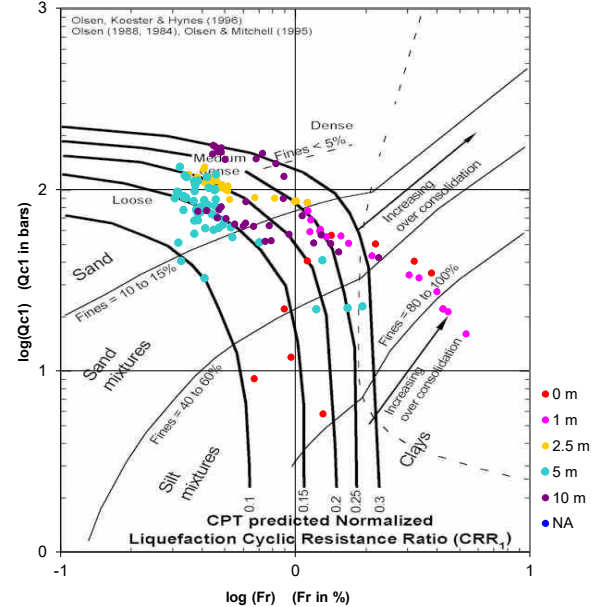
**Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa - sabbia densa
6	Sabbia - sabbia limosa
5	Sabbia limosa - limo sabbioso
4	Limo argilloso - argilla limosa
3	Argilla limoso - argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Bagnoli di Sopra  
 Via Viale Europa  
 Localita' Zona Industriale  
 Committente SERVIN  
 Data 17-mar-22

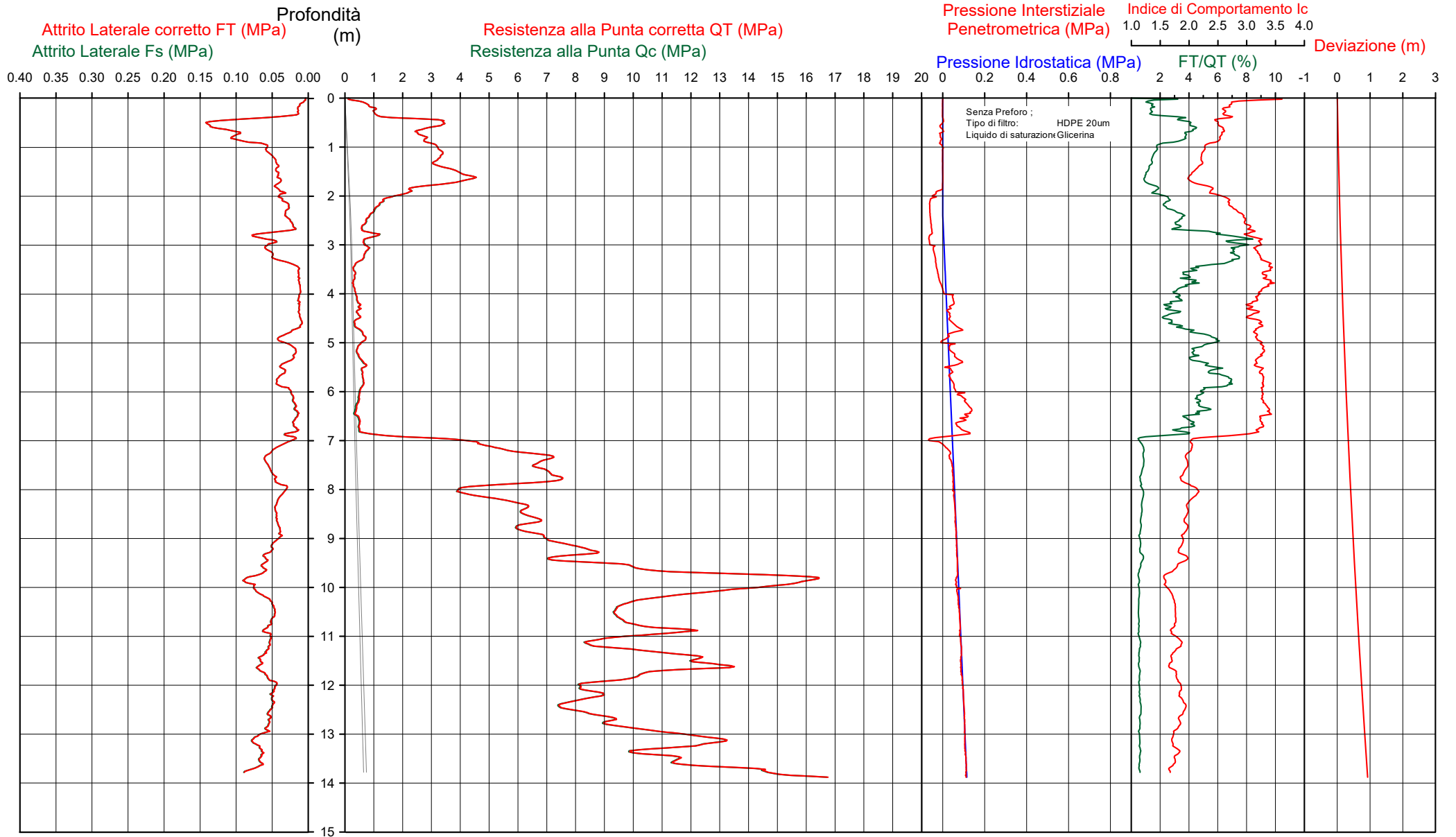
Falda 2.40 m  
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707  
 Azzeramento Inizio prova  
 Ultimo taratura guadagno 7-ott-2021  
 Ultimo taratura per deriva termica 20-set-2021



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 www.geo55.com

# CPTU 2



CPTU

2

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

17 marzo 2022  
 Viale Europa  
 Zona Industriale  
 Bagnoli di Sopra  
 2.40



Società di  
 Geologia  
 Territoriale

S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs13
151

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm <sup>2</sup>	ft	FT/Qnet %	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N Idriss iterazione	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
6.5	11.1	0.09	1.6	2.86	limo argilloso-argilla limosa	0.00	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.46	59.28	23.9	104
11.3	19.2	0.23	1.9	2.64	limo argilloso-argilla limosa	0.20	=====		Plastica	.	.	0.72	47.66	45.4	123
29.0	49.2	1.12	3.9	2.54	sabbia limosa-limo sabbioso	0.40	=====		Mediamente Addensata	43.6	38.9	.	.	167.9	185
33.1	56.3	0.50	1.5	2.22	sabbia limosa-limo sabbioso	0.90	=====		Mediamente Addensata	48.0	38.0	.	.	120.6	161
42.3	71.4	0.40	1.0	2.01	sabbia-sabbia limosa	1.50	=====		Mediamente Addensata	55.9	38.4	.	.	136.7	161
25.3	43.0	0.41	1.7	2.35	sabbia limosa-limo sabbioso	1.70	=====		Mediamente Addensata	39.1	35.6	.	.	96.5	151
11.4	19.4	0.32	2.9	2.76	limo argilloso-argilla limosa	2.00	=====		Plastica	.	.	0.72	8.09	65.2	131
7.3	12.5	0.45	6.5	3.12	argilla-argilla limosa	2.40	=====	H2O	Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.51	3.70	40.9	129
3.9	6.4	0.13	4.4	3.24	argilla-argilla limosa	3.30	=====		Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.29	1.68	24.7	95
6.3	9.7	0.32	5.8	3.18	argilla-argilla limosa	4.70	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.45	2.03	43.5	121
4.6	7.0	0.20	5.3	3.27	argilla-argilla limosa	5.00	=====		Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.34	1.65	30.9	106
6.1	8.6	0.33	6.4	3.25	argilla-argilla limosa	5.30	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.43	1.88	42.7	121
4.3	5.9	0.17	5.4	3.33	argilla-argilla limosa	6.10	=====		Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.32	1.45	28.9	102
6.1	8.1	0.20	4.3	3.18	argilla-argilla limosa	6.50	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.44	1.42	39.2	112
61.4	68.7	0.46	0.8	1.98	sabbia-sabbia limosa	6.90	=====		Mediamente Addensata	54.6	37.9	.	.	192.6	185
44.1	48.7	0.34	0.8	2.11	sabbia limosa-limo sabbioso	7.90	=====		Mediamente Addensata	43.3	36.1	.	.	139.1	172
69.4	72.8	0.46	0.7	1.93	sabbia-sabbia limosa	8.20	=====		Mediamente Addensata	56.5	38.1	.	.	215.6	192
124.1	124.5	0.67	0.5	1.68	sabbia-sabbia limosa	9.50	=====		Addensata	74.2	40.7	.	.	380.5	220

CPTU

2

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

17 marzo 2022  
 Viale Europa  
 Zona Industriale  
 Bagnoli di Sopra  
 2.40



Società di  
 Geologia  
 Territoriale

S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs13  
 151

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm <sup>2</sup>	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
						10.40			Addensata	67.7	39.6	.	.	322.7	212
						11.80			Mediamente Addensata	60.0	38.5	.	.	268.0	206
						12.90			Addensata	69.7	39.8	.	.	362.1	224
						13.70			Addensata	77.0	40.7	.	.	450.8	238

Comune Bagnoli di Sopra  
 Via Viale Europa  
 Localita' Zona Industriale  
 Committente SERVIN  
 Data 17-mar-22

Numero prova 2  
 Quota falda 2.40

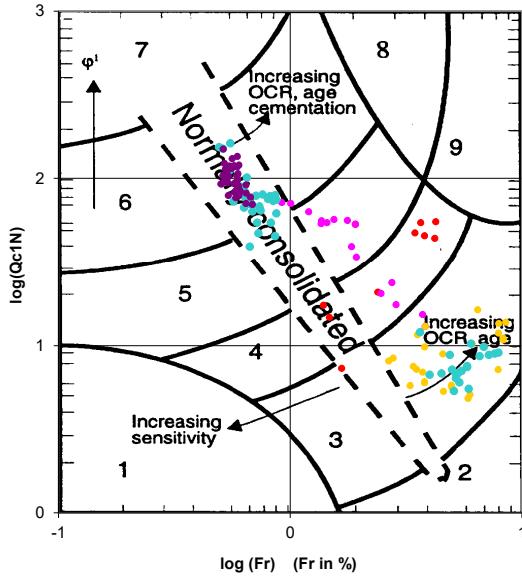


**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

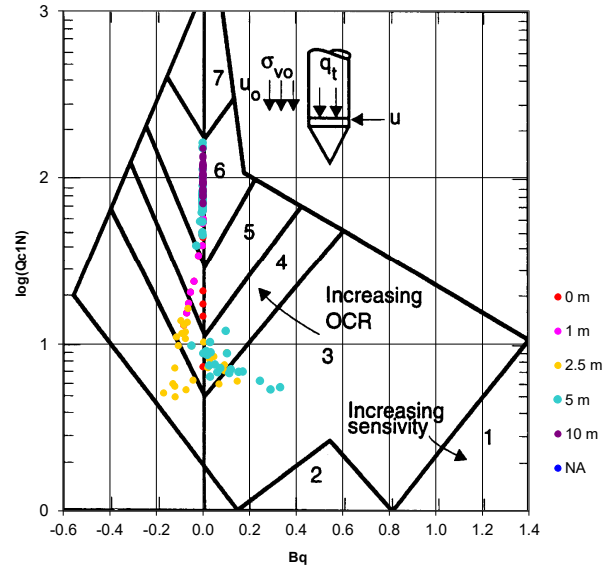
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

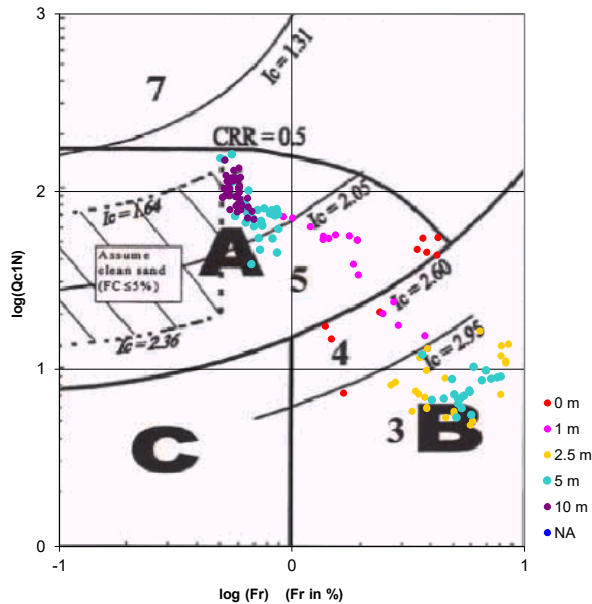
**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)**



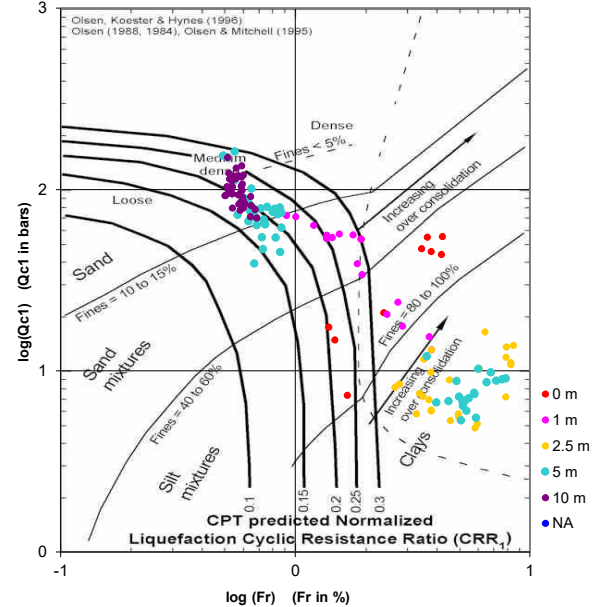
**Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune  
Via  
Localita'  
Committente  
Data

Bagnoli di Sopra  
Viale Europa  
Zona Industriale  
SERVIN  
17-mar-22

Falda

foro chiuso e asciutto a 1.60m

Sigla della Punta  
Azzeramento  
Ultimo taratura guadagno  
Ultimo taratura per deriva termica

Tecnopenta 100707  
Inizio prova  
7-ott-2021  
20-set-2021



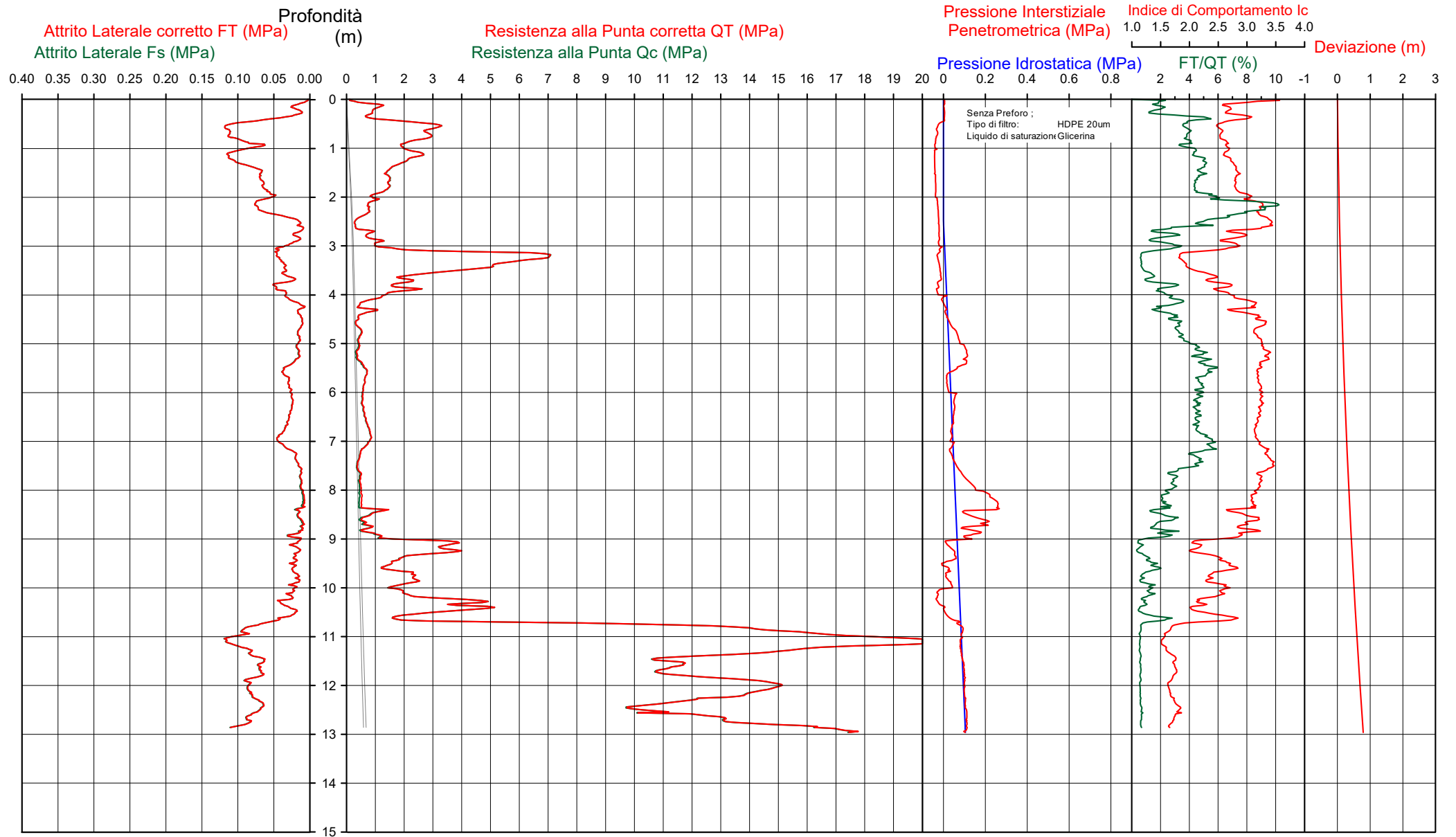
Società di  
Geologia  
Territoriale

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

# CPTU

## 3



Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

17 marzo 2022  
 Viale Europa  
 Zona Industriale  
 Bagnoli di Sopra  
 2.50 foro chiuso e asciutto a 1.60m



Vs13
138

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm <sup>2</sup>	ft daN/cm <sup>2</sup>	FT/Qnet %	lc Idriss iterazio	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
8.2	14.0	0.20	2.5	2.85	limo argilloso-argilla limosa	0.00	Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.56	35.42	39.9	118	
27.7	47.0	1.06	3.9	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso	0.40	Mediamente Addensata	42.1	38.8	.	.	160.3	182	
22.0	37.4	0.97	4.4	2.66	limo argilloso-argilla limosa	0.80	Solido-plastica (Duro)	.	.	1.14	26.66	126.7	174	
14.7	25.0	0.69	4.8	2.81	limo argilloso-argilla limosa	1.30	Plastica	.	.	0.87	13.02	84.3	156	
8.1	13.8	0.62	8.2	3.16	argilla-argilla limosa	1.90	Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.55	5.39	43.5	141	
3.2	5.4	0.17	6.2	3.40	argilla-argilla limosa	2.40	H2O Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.24	1.74	22.1	98	
8.3	13.9	0.18	2.5	2.85	limo argilloso-argilla limosa	2.60		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.56	2.66	40.8	115
49.6	66.4	0.41	1.1	2.06	sabbia limosa-limo sabbioso	3.00	Mediamente Addensata	53.5	37.9	.	.	164.0	170	
22.1	31.9	0.37	1.8	2.45	sabbia limosa-limo sabbioso	3.50	Sciolta	29.3	33.8	.	.	87.3	150	
13.2	19.6	0.32	2.7	2.73	limo argilloso-argilla limosa	3.90	Plastica	.	.	0.81	5.91	69.3	137	
6.3	9.7	0.15	2.9	3.00	argilla-argilla limosa	4.10	Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.45	2.01	35.3	109	
4.2	6.4	0.15	4.5	3.25	argilla-argilla limosa	4.40	Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.32	1.41	27.2	99	
6.6	8.7	0.31	5.7	3.21	argilla-argilla limosa	5.40	Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.46	1.70	45.0	123	
4.5	5.4	0.15	4.8	3.32	argilla-argilla limosa	7.20	Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.33	1.19	29.3	101	
5.2	6.0	0.09	2.4	3.13	argilla-argilla limosa	7.90	Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.38	1.20	24.7	97	
9.0	10.2	0.14	2.0	2.91	limo argilloso-argilla limosa	8.30	Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.60	1.81	37.1	119	
7.0	7.8	0.12	2.4	3.03	argilla-argilla limosa	8.50	Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.49	1.41	32.6	110	
27.7	29.5	0.19	1.0	2.32	sabbia limosa-limo sabbioso	8.90	Sciolta	26.7	33.7	.	.	89.3	147	
15.0	15.9	0.22	1.7	2.69	limo argilloso-argilla limosa	9.40	Plastica	.	.	0.88	3.50	56.5	138	
22.1	23.1	0.19	1.0	2.42	sabbia limosa-limo sabbioso	9.60	Sciolta	18.6	32.5	.	.	71.5	144	
17.0	17.6	0.22	1.5	2.62	limo argilloso-argilla limosa	9.90	Plastica	.	.	0.96	3.46	61.1	143	
						10.00								



Data  
Cantiere / Via  
Località  
Comune  
Profondità falda idrica m.

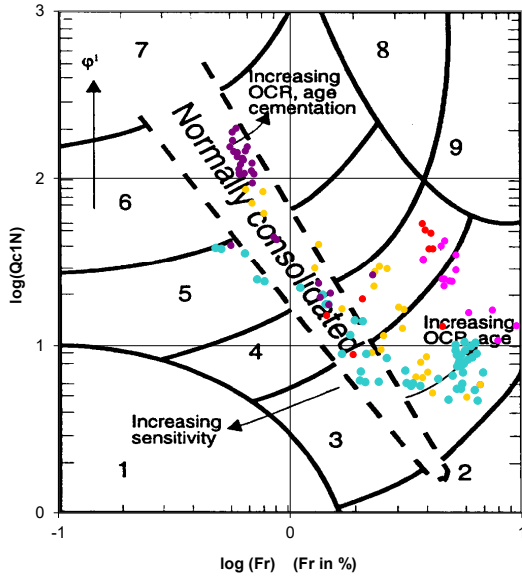
17 marzo 2022  
Viale Europa  
Zona Industriale  
Bagnoli di Sopra  
2.50 foro chiuso e asciutto a 1.60m



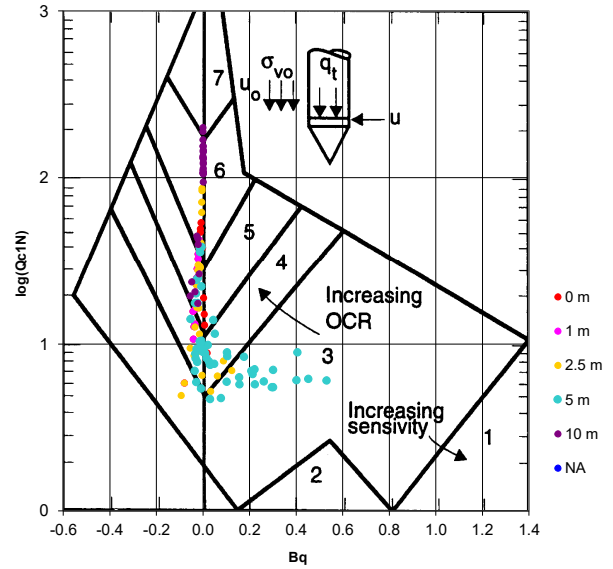
Vs13
138

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito φ' Kulhaway & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
daN/cm²	daN/cm²	daN/cm²	%	Idriss iterazione					%	%	daN/cm²		daN/cm²		
21.1	21.6	0.25	1.3	2.52	sabbia limosa-limo sabbioso	10.20	.....	Sciolta	16.4	32.3	.	.	73.3	150	
42.1	42.5	0.30	0.8	2.14	sabbia limosa-limo sabbioso	10.50	.....	Mediamente Addensata	38.8	35.5	.	.	132.1	171	
23.6	23.6	0.36	1.9	2.58	sabbia limosa-limo sabbioso	10.70	.....	Sciolta	19.3	32.7	.	.	94.6	164	
143.0	142.2	0.87	0.6	1.67	sabbia-sabbia limosa	11.00	.....	Addensata	78.6	41.2	.	.	441.8	235	
196.2	194.7	1.11	0.6	1.53	sabbia-sabbia limosa	11.20	.....	Molto addensata	89.0	42.7	.	.	602.9	255	
126.7	122.2	0.77	0.6	1.72	sabbia-sabbia limosa	12.80	.....	Addensata	73.6	40.4	.	.	391.2	228	
165.1	154.7	1.04	0.7	1.65	sabbia-sabbia limosa		.....	Addensata	81.4	41.5	.	.	511.5	250	

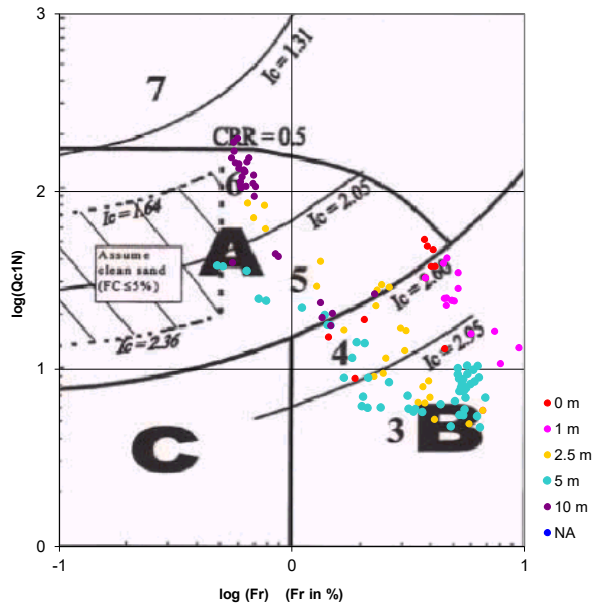
Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)



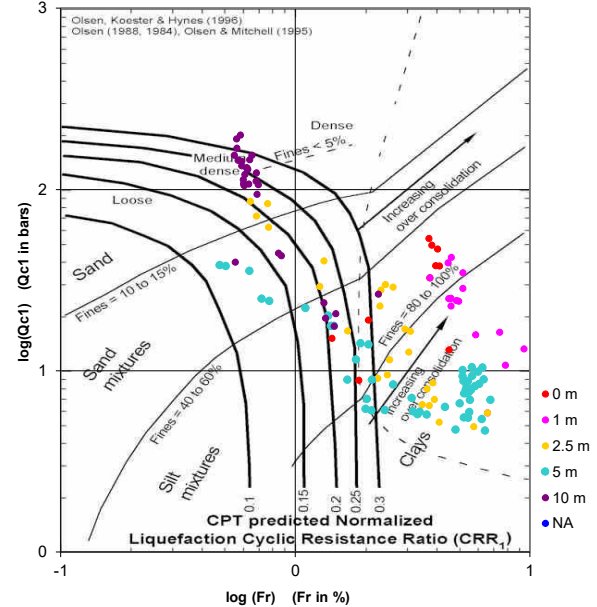
Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)



Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996



Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996



Litotipo secondo Robertson 1990

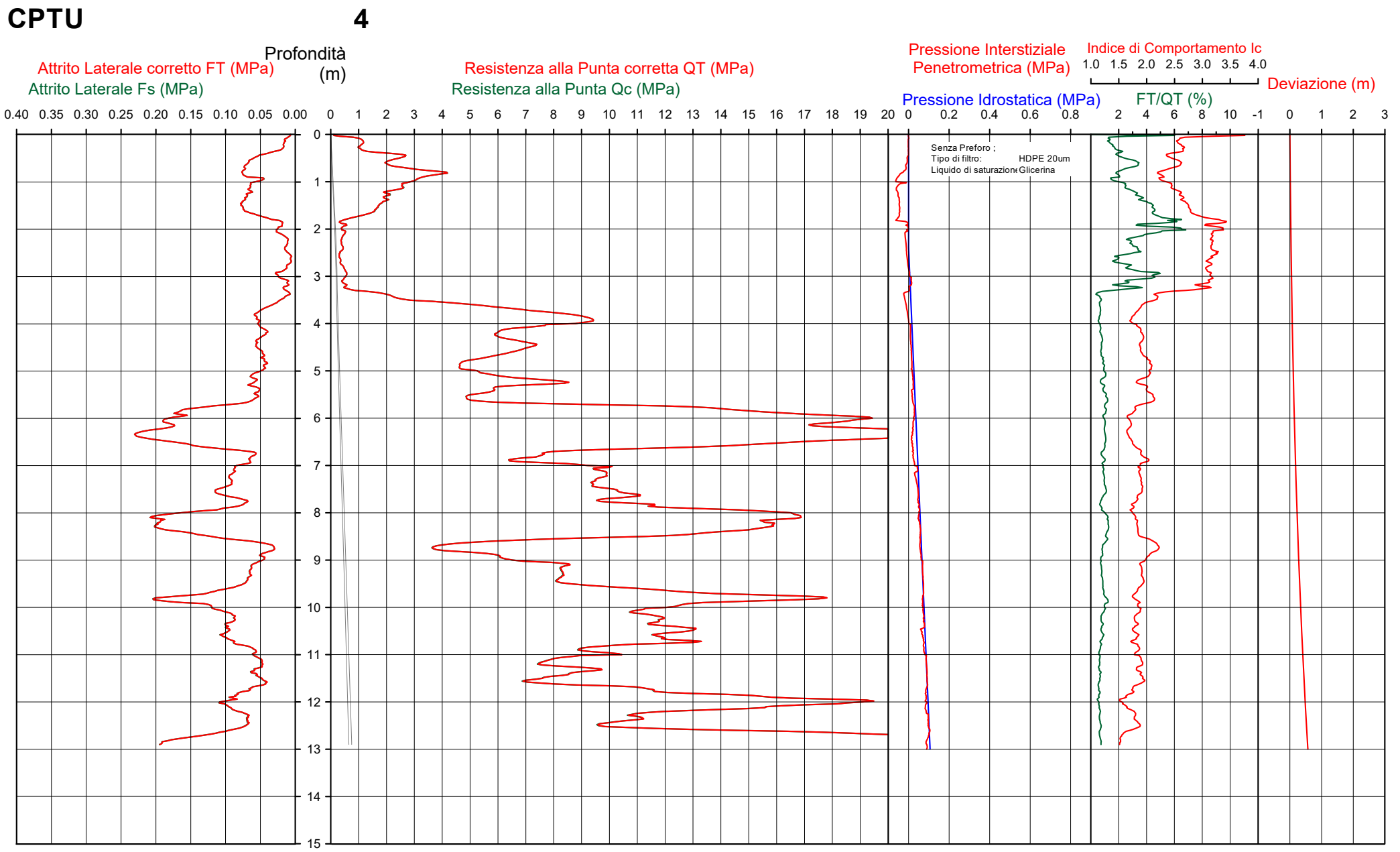
Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Bagnoli di Sopra  
 Via Viale Europa  
 Localita' Zona Industriale  
 Committente SERVIN  
 Data 17-mar-22

Falda chiuso e asciutto a 2.00m  
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707  
 Azzeramento Inizio prova  
 Ultimo taratura guadagno 7-ott-2021  
 Ultimo taratura per deriva termica 20-set-2021



Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

17 marzo 2022  
 Viale Europa  
 Zona Industriale  
 Bagnoli di Sopra  
 2.40 chiuso e asciutto a 2.00m



Vs13
180

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	Idriss iterazione		m			%		daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>		
9.5	16.2	0.14	1.8	2.72	limo argilloso-argilla limosa	0.00			Molle-plastica (Soffice)			0.63	59.28	37.8	118
						0.30									
26.2	44.5	0.61	2.4	2.43	sabbia limosa-limo sabbioso				Mediamente Addensata	40.3	38.0			124.0	162
						1.20									
17.6	29.9	0.71	4.2	2.71	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			0.99	17.51	101.8	160
						1.70									
5.3	8.9	0.27	5.8	3.22	argilla-argilla limosa				Molle-plastica (Soffice)			0.38	5.16	35.9	115
						2.10									
3.8	6.4	0.11	3.2	3.17	argilla-argilla limosa				Fluido-plastica (Molto Soffice)			0.29	2.29	22.7	94
						2.80									
5.3	9.0	0.17	3.6	3.07	argilla-argilla limosa				Molle-plastica (Soffice)			0.39	2.44	32.7	105
						3.30									
21.1	32.6	0.13	0.6	2.21	sabbia limosa-limo sabbioso				Sciolta	30.0	33.9			65.3	126
						3.50									
52.0	70.2	0.35	0.7	1.94	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Addensata	55.3	38.2			161.4	168
						3.70									
87.2	108.0	0.54	0.6	1.76	sabbia-sabbia limosa				Addensata	69.5	40.5			269.4	196
						4.00									
64.0	80.5	0.49	0.8	1.92	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Addensata	59.8	38.8			201.2	185
						4.80									
50.4	63.1	0.49	1.0	2.07	sabbia limosa-limo sabbioso				Mediamente Addensata	51.8	37.5			163.3	180
						5.10									
69.9	83.4	0.59	0.9	1.93	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Addensata	61.0	39.0			222.4	195
						5.40									
55.7	66.8	0.61	1.1	2.08	sabbia limosa-limo sabbioso				Mediamente Addensata	53.7	37.8			184.9	190
						5.70									
165.3	176.3	1.65	1.0	1.73	sabbia-sabbia limosa				Molto addensata	85.7	42.8			538.2	264
						6.20									
216.0	223.4	2.19	1.0	1.66	sabbia-sabbia limosa				Molto addensato	>90	44.0			704.1	291
						6.40									
144.9	153.5	1.48	1.0	1.79	sabbia-sabbia limosa				Addensata	81.1	42.0			472.0	252
						6.70									
75.1	82.3	0.65	0.9	1.94	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Addensata	60.6	38.8			239.6	203
						7.00									
101.5	107.1	0.92	0.9	1.86	sabbia-sabbia limosa				Addensata	69.3	40.1			325.6	225
						7.90									
141.3	143.8	1.62	1.2	1.84	sabbia-sabbia limosa				Addensata	79.0	41.4			472.4	258
						8.60									
45.4	46.0	0.39	0.9	2.16	sabbia limosa-limo sabbioso				Mediamente Addensata	41.4	35.9			145.0	178
						8.90									
78.9	78.4	0.61	0.8	1.93	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Addensata	59.0	38.4			248.3	206
						9.50									
133.7	131.5	1.36	1.0	1.83	sabbia-sabbia limosa				Addensata	76.0	40.8			435.4	250
						10.00									

H2O

CPTU

4

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

17 marzo 2022  
 Viale Europa  
 Zona Industriale  
 Bagnoli di Sopra  
 2.40 chiuso e asciutto a 2.00m



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs13
180

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm <sup>2</sup>	ft daN/cm <sup>2</sup>	FT/Qnet %	lc Idriss iterazio	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
	118.7	114.3	0.95	0.8	1.81	sabbia-sabbia limosa			Addensata	71.4	40.1	.	.	375.3	235
						10.80									
	84.9	78.8	0.53	0.6	1.88	sabbia-sabbia limosa			Mediamente Addensata	59.2	38.4	.	.	262.9	207
						11.60									
	120.6	112.6	0.70	0.6	1.74	sabbia-sabbia limosa			Addensata	70.9	40.0	.	.	371.1	224
						11.90									
	178.0	169.7	0.97	0.6	1.57	sabbia-sabbia limosa			Addensata	84.5	41.8	.	.	546.3	248
						12.10									
	115.2	105.4	0.76	0.7	1.79	sabbia-sabbia limosa			Addensata	68.7	39.6	.	.	357.5	227
						12.60									
	226.9	219.5	1.54	0.7	1.55	sabbia-sabbia limosa			Molto addensato	>90	42.8	.	.	705.0	275

Comune Bagnoli di Sopra  
 Via Viale Europa  
 Localita' Zona Industriale  
 Committente SERVIN  
 Data 17-mar-22

Numero prova 4  
 Quota falda 2.40

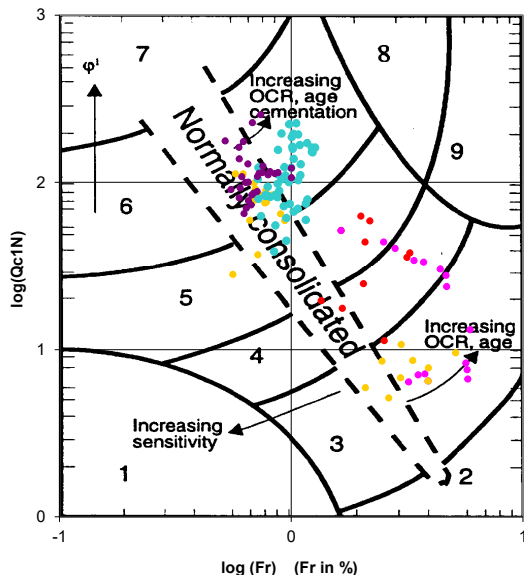


**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

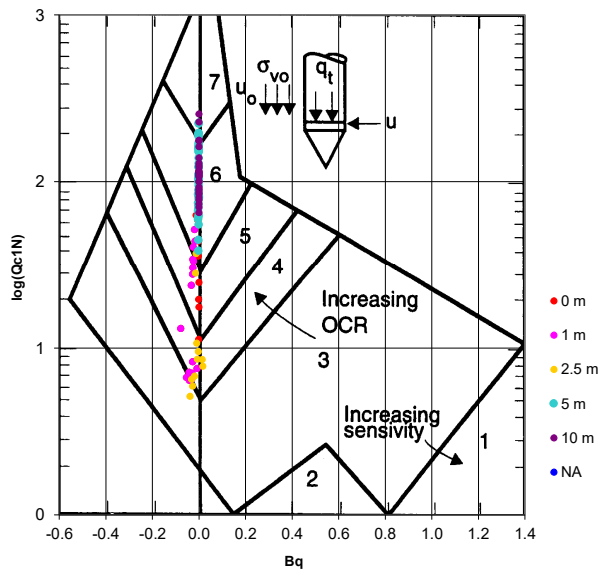
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

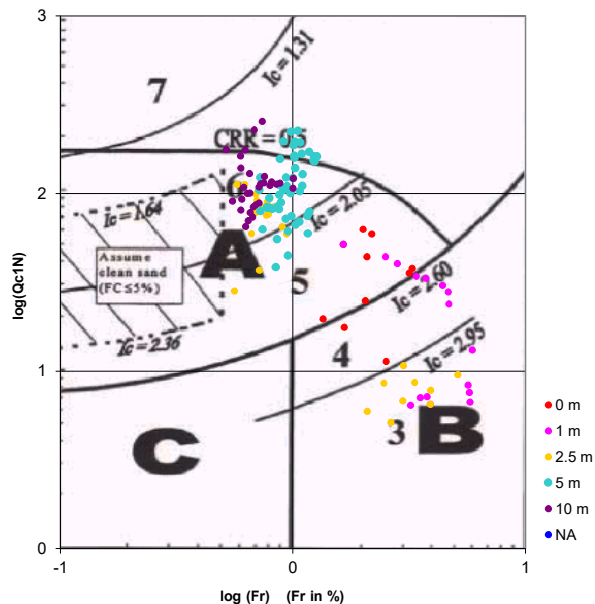
**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)**



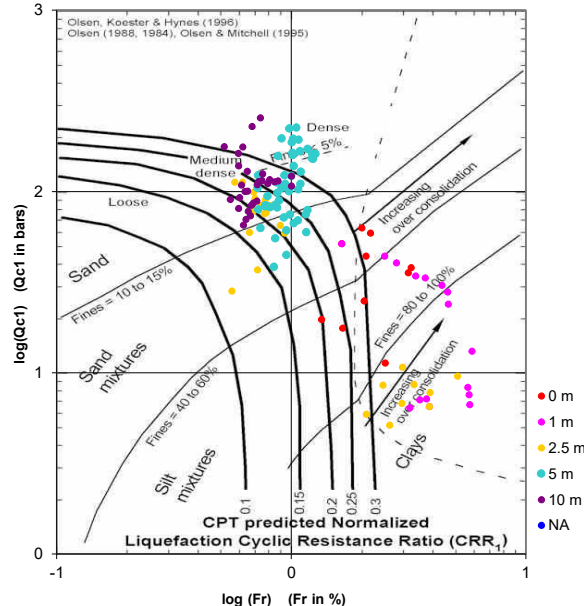
**Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

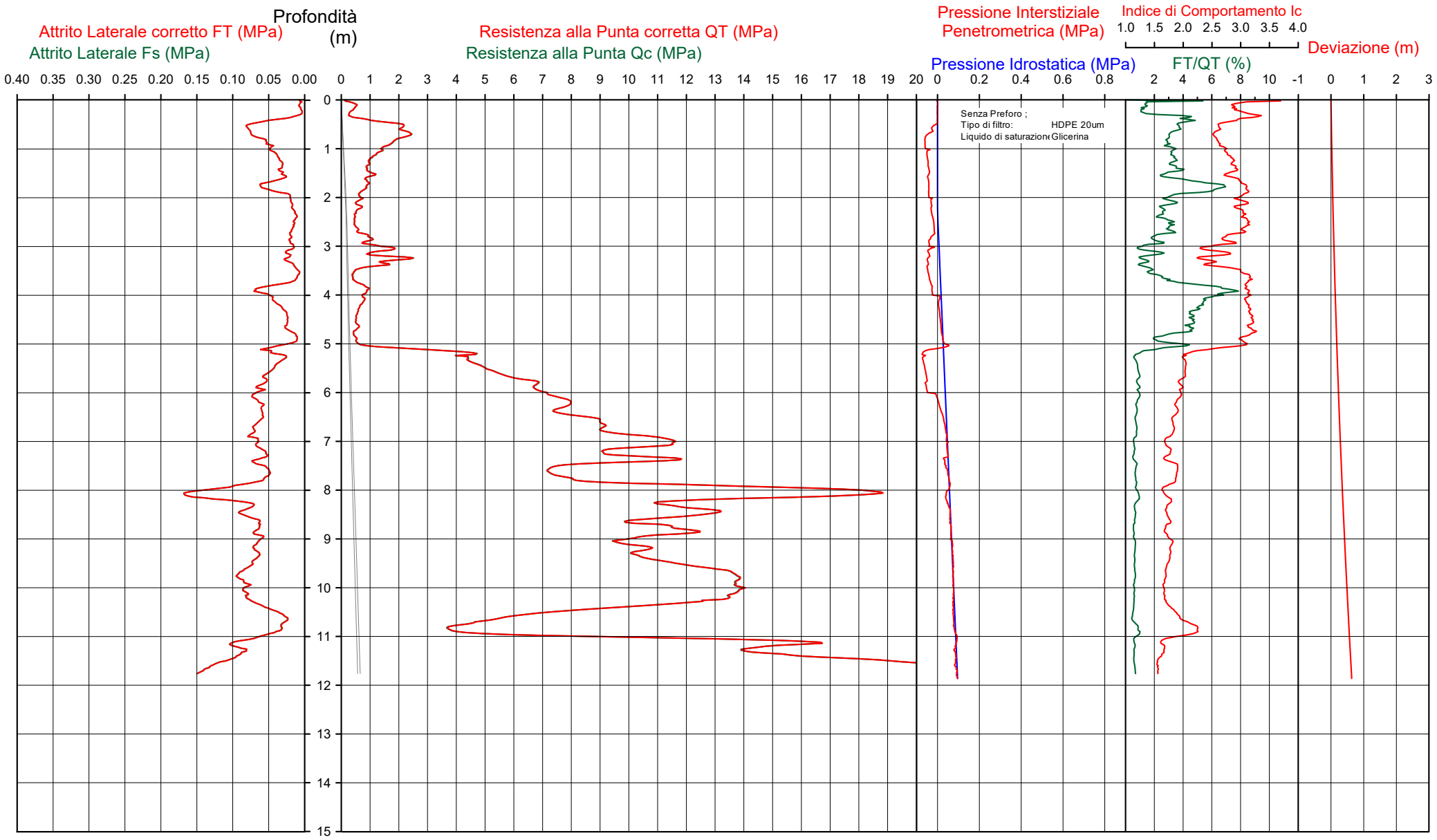
Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Bagnoli di Sopra  
 Via Viale Europa  
 Localita' Zona Industriale  
 Committente SERVIN  
 Data 17-mar-22

Falda chiuso a 0.70m  
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707  
 Azzeramento Inizio prova  
 Ultimo taratura guadagno 7-ott-2021  
 Ultimo taratura per deriva termica 20-set-2021



# CPTU 5



Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

17 marzo 2022  
 Viale Europa  
 Zona Industriale  
 Bagnoli di Sopra  
 2.30 chiuso a 0.70m



Vs11
158

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%		Idriss iterazione	m				%			daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	
4.2	7.1	0.10	2.3	3.06	argilla-argilla limosa	0.00	=====		Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.31	26.82	19.1	96
						0.40	=====								
18.6	31.7	0.72	3.9	2.69	limo argilloso-argilla limosa	0.60	=====		Plastica	.	.	1.02	45.57	107.9	163
22.4	38.1	0.71	3.2	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso	0.80	=====		Mediamente Addensata	35.1	37.6	.	.	130.9	165
14.3	24.3	0.45	3.3	2.72	limo argilloso-argilla limosa	1.20	=====		Plastica	.	.	0.85	23.71	83.4	144
9.6	16.3	0.32	3.4	2.86	limo argilloso-argilla limosa	1.60	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.63	9.04	55.9	129
7.0	12.0	0.32	4.5	3.03	argilla-argilla limosa	2.30	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.49	6.01	40.5	120
						2.60	=====	H2O							
4.7	7.9	0.14	3.2	3.09	argilla-argilla limosa	2.80	=====		Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.34	2.68	28.1	101
7.0	11.8	0.19	3.0	2.94	limo argilloso-argilla limosa	3.00	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.49	3.02	41.2	113
10.0	17.1	0.19	2.1	2.72	limo argilloso-argilla limosa	3.10	=====		Plastica	.	.	0.65	5.14	42.9	119
16.9	28.1	0.19	1.2	2.40	sabbia limosa-limo sabbioso	3.20	=====		Sciolta	25.1	33.1	.	.	57.4	128
10.9	18.4	0.23	2.3	2.71	limo argilloso-argilla limosa	3.40	=====		Plastica	.	.	0.70	5.30	50.1	124
17.8	28.8	0.21	1.3	2.41	sabbia limosa-limo sabbioso	3.70	=====		Sciolta	25.9	33.2	.	.	61.1	131
4.8	8.2	0.10	2.6	3.04	argilla-argilla limosa	4.30	=====		Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.36	2.91	24.6	96
7.5	12.5	0.44	6.3	3.12	argilla-argilla limosa	4.70	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.52	2.65	41.9	129
5.5	9.0	0.25	5.3	3.18	argilla-argilla limosa	4.90	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.40	2.19	36.8	112
4.7	7.6	0.14	3.7	3.13	argilla-argilla limosa	5.00	=====		Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.35	1.64	29.1	99
5.5	8.6	0.15	3.2	3.06	argilla-argilla limosa	5.20	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.40	1.97	32.9	103
27.1	36.3	0.46	2.5	2.51	sabbia limosa-limo sabbioso	6.50	=====		Sciolta	33.6	34.7	.	.	131.6	161
64.4	76.8	0.54	0.8	1.96	sabbia-sabbia limosa	7.40	=====		Mediamente Addensata	58.3	38.5	.	.	204.2	188
100.5	110.4	0.65	0.7	1.76	sabbia-sabbia limosa	7.90	=====		Addensata	70.3	40.3	.	.	311.3	210
83.2	90.0	0.60	0.7	1.87	sabbia-sabbia limosa	8.10	=====		Mediamente Addensata	63.5	39.2	.	.	259.9	203
173.7	179.3	1.41	0.8	1.66	sabbia-sabbia limosa	9.00	=====		Molto addensata	86.3	42.7	.	.	548.5	259
118.7	122.7	0.79	0.7	1.73	sabbia-sabbia limosa	9.60	=====		Addensata	73.7	40.7	.	.	368.2	223
107.6	109.0	0.69	0.6	1.77	sabbia-sabbia limosa	9.60	=====		Addensata	69.8	40.0	.	.	333.1	218
132.2	131.2	0.80	0.6	1.69	sabbia-sabbia limosa	9.60	=====		Addensata	76.0	40.9	.	.	407.8	230



CPTU

5

Data  
Cantiere / Via  
Località  
Comune  
Profondità falda idrica m.

17 marzo 2022  
Viale Europa  
Zona Industriale  
Bagnoli di Sopra  
2.30 chiuso a 0.70m



**Società di  
Geologia  
Territoriale**

S.G.T. sas.  
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs11
158

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito φ' Kulhawny & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%		Idriss iterazio		m			%		daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	m/sec	
							10.40								
65.3	63.2	0.32	0.5	1.92	sabbia-sabbia limosa		10.70	Mediamente Addensata	51.9	37.4	.	.	199.6	183	
47.3	45.0	0.39	0.9	2.17	sabbia limosa-limo sabbioso		11.00	Mediamente Addensata	40.6	35.8	.	.	150.7	181	
147.1	142.7	0.89	0.6	1.66	sabbia-sabbia limosa		11.40	Addensata	78.7	41.1	.	.	453.6	238	
201.2	196.5	1.27	0.6	1.56	sabbia-sabbia limosa			Molto addensata	89.3	42.6	.	.	621.9	262	

Comune Bagnoli di Sopra  
 Via Viale Europa  
 Localita' Zona Industriale  
 Committente SERVIN  
 Data 17-mar-22

Numero prova 5  
 Quota falda 2.30

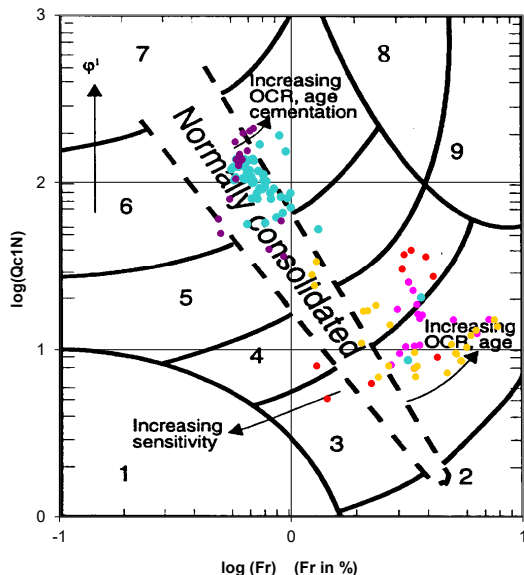


Società di  
 Geologia  
 Territoriale

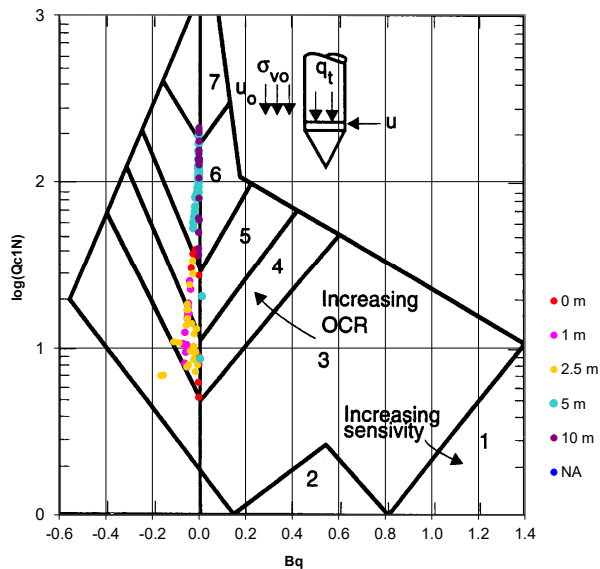
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

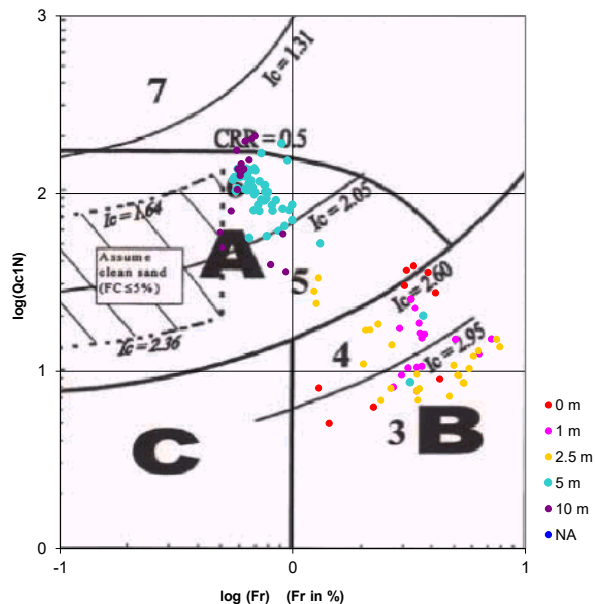
Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)



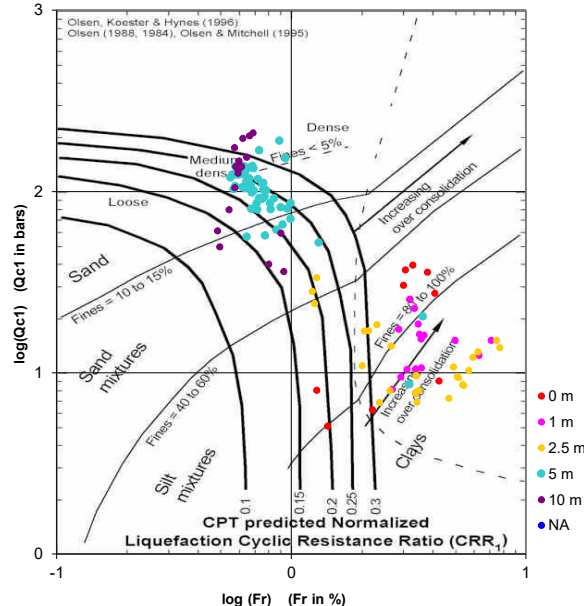
Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)



Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996



Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa - sabbia densa
6	Sabbia - sabbia limosa
5	Sabbia limosa - limo sabbioso
4	Limo argilloso - argilla limosa
3	Argilla limoso - argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune  
Via  
Localita'  
Committente  
Data

Bagnoli di Sopra  
Viale Europa  
Zona Industriale  
SERVIN  
17-mar-22

Falda

chiuso e asciutto a 2.00m

Sigla della Punta  
Azzeramento  
Ultimo taratura guadagno  
Ultimo taratura per deriva termica

Tecnopenta 100707  
Inizio prova  
7-ott-2021  
20-set-2021



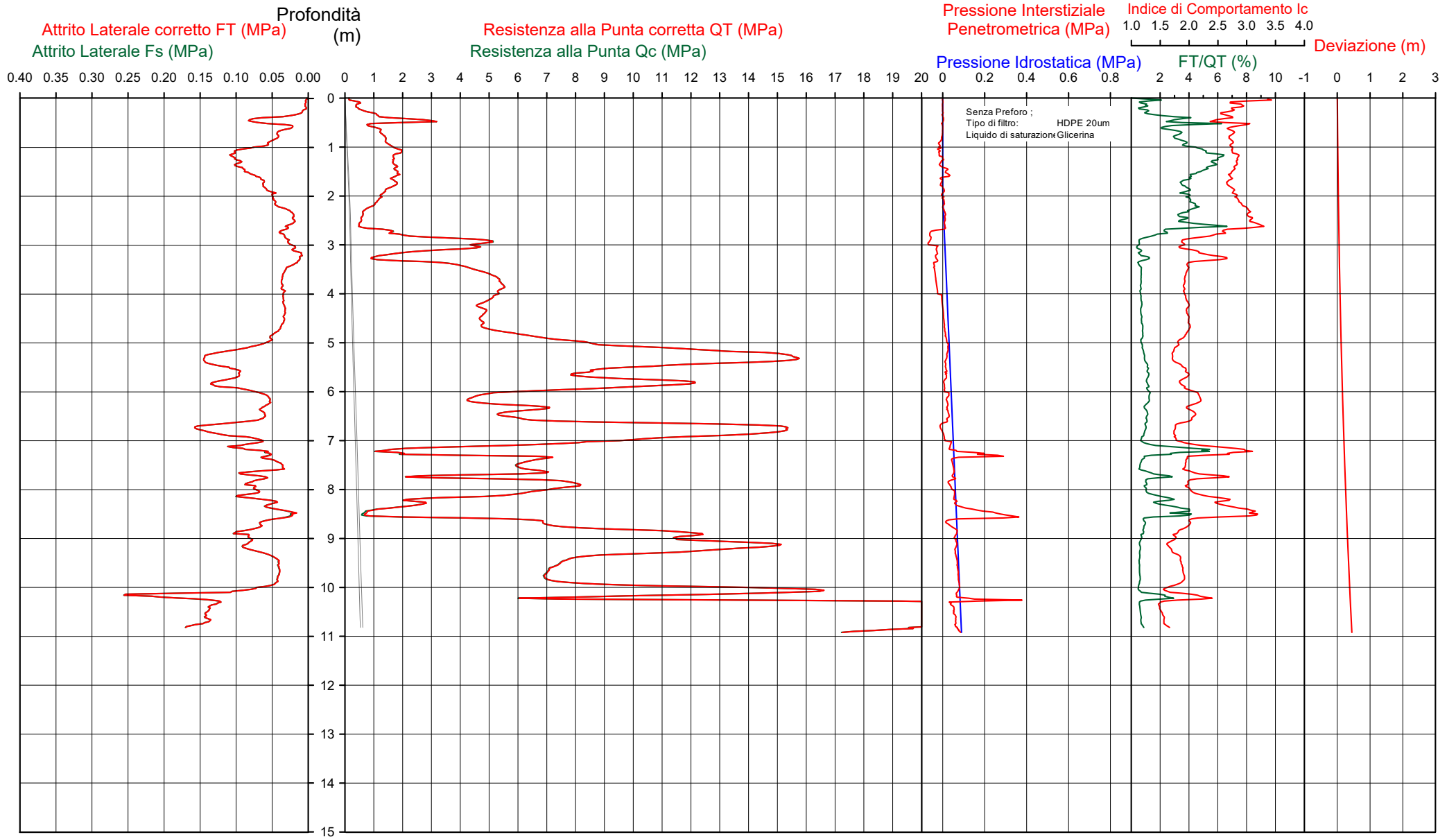
Società di  
Geologia  
Territoriale

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

# CPTU

## 6



Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

17 marzo 2022  
 Viale Europa  
 Zona Industriale  
 Bagnoli di Sopra  
 2.00 chiuso e asciutto a 2.00m



Vs11
174

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coessione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%		Idriss iterazione	m				%			daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	
4.8	8.1	0.05	1.0	2.87	limo argilloso-argilla limosa	0.00	=====		Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.35	33.56	15.5	91
						0.30	=====								
12.1	20.6	0.31	2.4	2.67	limo argilloso-argilla limosa	0.40	=====		Plastica	.	.	0.76	51.45	57.9	131
26.1	44.4	0.77	3.1	2.50	sabbia limosa-limo sabbioso	0.50	=====		Mediamente Addensata	40.2	39.5	.	.	155.1	172
8.8	15.0	0.31	3.6	2.88	limo argilloso-argilla limosa	0.60	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.59	22.40	51.3	127
13.8	23.5	0.47	3.4	2.73	limo argilloso-argilla limosa	1.00	=====		Plastica	.	.	0.83	20.84	80.7	144
						1.00	=====								
17.3	29.3	0.83	4.9	2.76	limo argilloso-argilla limosa	1.90	=====		Plastica	.	.	0.97	16.98	98.8	164
						1.90	=====								
11.8	20.0	0.47	4.2	2.85	limo argilloso-argilla limosa	2.20	=====	H2O	Plastica	.	.	0.74	8.19	67.9	141
						2.20	=====								
6.2	10.5	0.24	4.2	3.07	argilla-argilla limosa	2.60	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.44	4.41	39.2	115
						2.60	=====								
13.4	22.7	0.34	3.2	2.74	limo argilloso-argilla limosa	2.80	=====		Plastica	.	.	0.81	5.10	78.0	137
						2.80	=====								
42.2	62.5	0.26	0.7	1.96	sabbia-sabbia limosa	3.10	=====		Mediamente Addensata	51.5	37.5	.	.	130.9	154
						3.10	=====								
20.3	32.2	0.14	0.8	2.28	sabbia limosa-limo sabbioso	3.40	=====		Sciolta	29.6	33.9	.	.	64.1	124
						3.40	=====								
51.0	70.0	0.34	0.7	1.94	sabbia-sabbia limosa	4.10	=====		Mediamente Addensata	55.2	38.1	.	.	158.4	167
						4.10	=====								
48.6	64.4	0.35	0.7	1.98	sabbia-sabbia limosa	4.80	=====		Mediamente Addensata	52.5	37.6	.	.	152.0	168
						4.80	=====								
80.1	96.9	0.59	0.8	1.85	sabbia-sabbia limosa	5.10	=====		Addensata	66.0	39.8	.	.	250.9	197
						5.10	=====								
145.2	161.3	1.31	0.9	1.73	sabbia-sabbia limosa	5.40	=====		Addensata	82.8	42.6	.	.	464.6	247
						5.40	=====								
96.0	109.9	1.09	1.2	1.92	sabbia-sabbia limosa	6.00	=====		Addensata	70.1	40.4	.	.	320.8	226
						6.00	=====								
55.2	64.5	0.61	1.1	2.10	sabbia limosa-limo sabbioso	6.60	=====		Mediamente Addensata	52.5	37.6	.	.	184.0	191
						6.60	=====								
119.1	128.3	1.11	1.0	1.82	sabbia-sabbia limosa	7.10	=====		Addensata	75.2	41.1	.	.	384.2	233
						7.10	=====								
23.2	26.8	0.73	3.9	2.73	limo argilloso-argilla limosa	7.30	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.18	6.20	134.5	182
						7.30	=====								
63.9	70.0	0.44	0.7	1.94	sabbia-sabbia limosa	7.60	=====		Mediamente Addensata	55.2	38.0	.	.	198.9	187
						7.60	=====								
51.0	55.5	0.73	1.7	2.26	sabbia limosa-limo sabbioso	7.80	=====		Mediamente Addensata	47.6	36.8	.	.	194.8	201
						7.80	=====								
77.4	82.5	0.78	1.0	1.98	sabbia-sabbia limosa	8.00	=====		Mediamente Addensata	60.6	38.8	.	.	252.7	212
						8.00	=====								
42.2	45.2	0.69	1.9	2.37	sabbia limosa-limo sabbioso	8.30	=====		Mediamente Addensata	40.8	35.8	.	.	170.4	190
						8.30	=====								
18.4	19.9	0.54	3.4	2.79	limo argilloso-argilla limosa	8.40	=====		Plastica	.	.	1.01	4.06	107.2	167
						8.40	=====								
8.0	8.7	0.25	3.8	3.11	argilla-argilla limosa	8.50	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.54	1.74	46.1	125
						8.50	=====								
57.6	59.9	0.54	1.3	2.19	sabbia limosa-limo sabbioso	8.80	=====		Mediamente Addensata	50.1	37.2	.	.	198.8	196
						8.80	=====								
125.9	127.7	0.83	0.7	1.72	sabbia-sabbia limosa	9.30	=====		Addensata	75.1	40.8	.	.	391.0	229
						9.30	=====								
74.6	74.6	0.43	0.6	1.88	sabbia-sabbia limosa	9.90	=====		Mediamente Addensata	57.3	38.2	.	.	229.4	194
						9.90	=====								
133.8	132.6	0.73	0.6	1.67	sabbia-sabbia limosa		=====		Addensata	76.3	40.9	.	.	410.2	225

CPTU

6

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

17 marzo 2022  
 Viale Europa  
 Zona Industriale  
 Bagnoli di Sopra  
 2.00 chiuso e asciutto a 2.00m



Società di  
 Geologia  
 Territoriale

S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs11  
 174

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Idriss iterazione basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia)	Densità Relativa	Angolo Attrito φ'	Coesione non drenato Cu	OCR	Modulo Edometrico M	Velocità Vs
	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	Idriss iterazio		m			Consistenza (Argilla)	Tatsuoka 1990	Kulhaway & Mayne 1990	Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Marchi / SGT	Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Robertson & Cabal 2009 m/sec
	110.8	109.1	2.21	2.1	2.11	10.10	.....		Addensata	69.9	40.0	.	.	478.7	274
	204.0	201.7	1.41	0.8	1.60	10.20	.....		Molto addensata	>90	42.8	.	.	642.0	269
						10.80	.....								
	188.4	192.3	1.70	0.9	1.66		.....		Molto addensata	88.6	42.4	.	.	600.4	270

Comune Bagnoli di Sopra  
 Via Viale Europa  
 Localita' Zona Industriale  
 Committente SERVIN  
 Data 17-mar-22

Numero prova 6  
 Quota falda 2.00

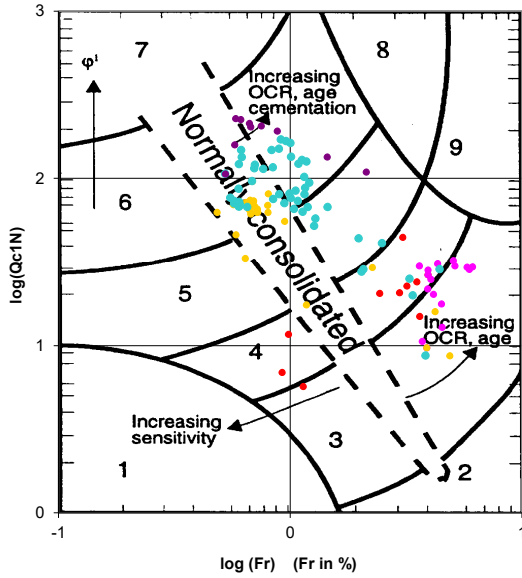


**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

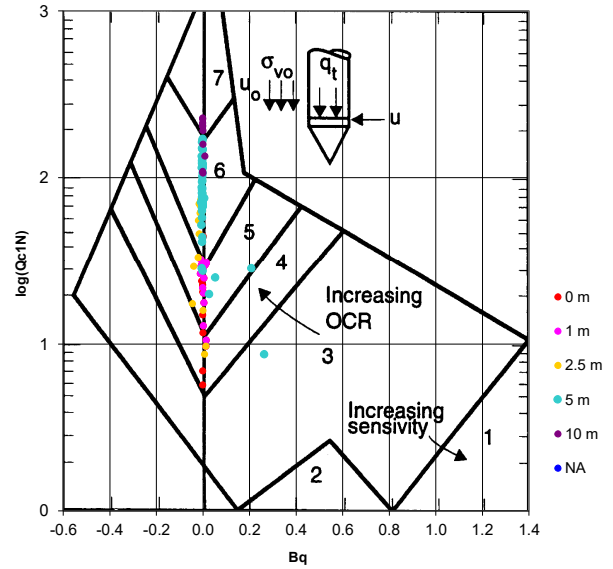
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

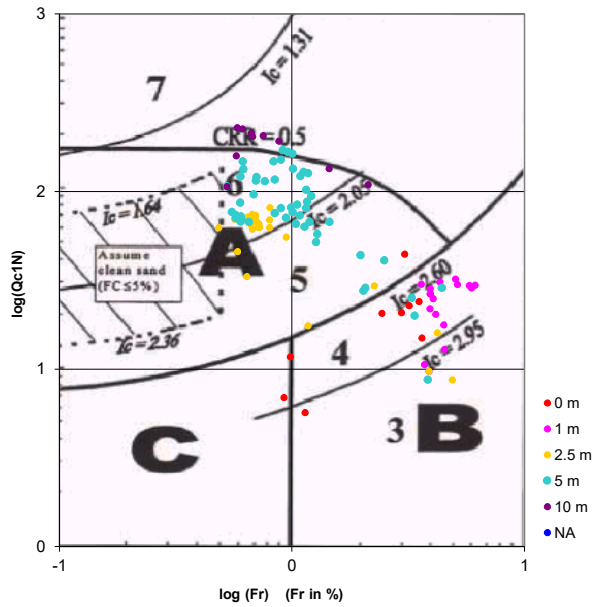
**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)**



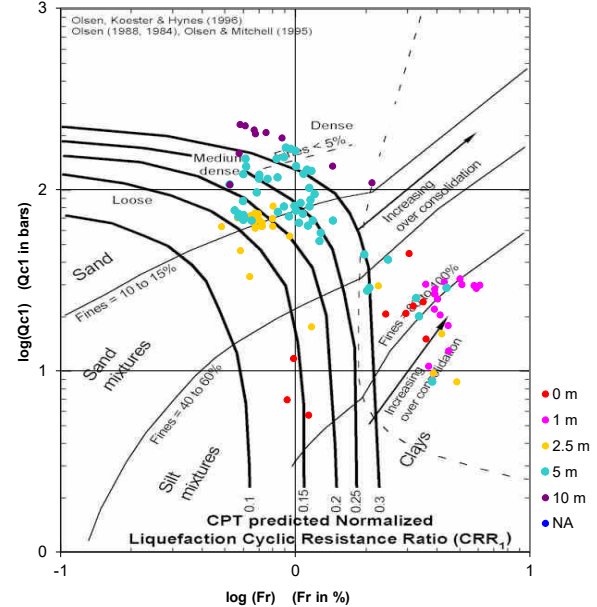
**Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

**ALLEGATO 2:  
INDAGINE SISMICA**

# COMUNE di BAGNOLI DI SOPRA

(Provincia di Padova)

---

## MASW (Multichannel Analysis Surface Waves) E MISURA DIGITALE DEL RUMORE SISMICO

---

IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
VIALE EUROPA

---

Committente: SERVIN

---

Marzo, 2022

**SGT** Società di  
Geologia  
Territoriale

S.G.T. sas.  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
[www.geo55.com](http://www.geo55.com)



A handwritten signature in blue ink, written over the bottom right portion of the geologist's stamp.



# 1 Misure MASW attiva e HVSR

Per la valutazione della  $V_{seq}$  e dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse si è provveduto a realizzare uno stendimento SASW-MASW in combinazione con una misura HVSR. Le misure sono state realizzate utilizzando il "Tromino engineering", uno strumento in grado di misurare sia i microtremori sia le onde attivate da una sorgente sismica artificiale.

## 1.1 Metodo dei microtremori HVSR

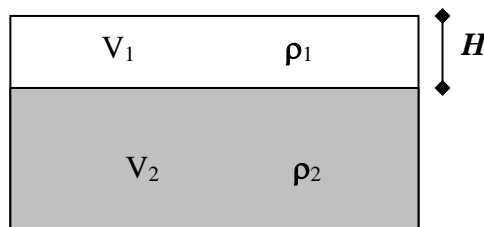
Il tremore sismico, comunemente definito "rumore sismico", esiste ovunque sulla superficie della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione della velocità di queste ultime.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le diverse velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ). Un'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4 * H}$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione.



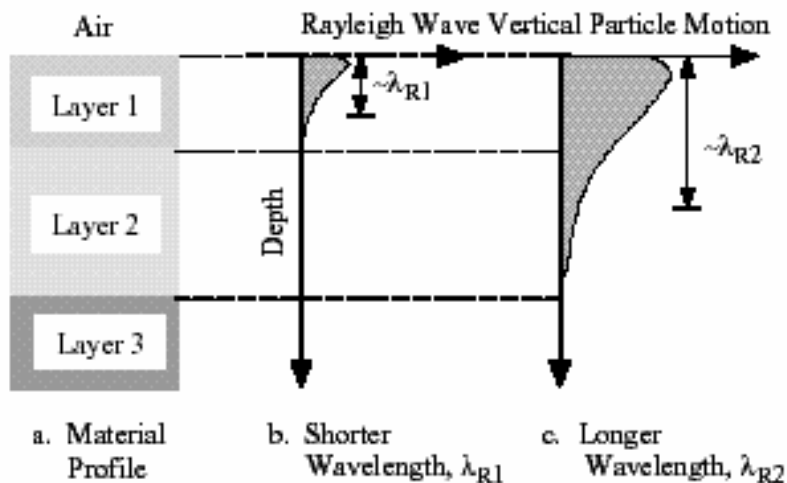
L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) in contenuto di frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore.

Questo risulta molto importante a livello ingegneristico perché se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

## 1.2 Metodo MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.



Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo SASW-MASW si mantiene fisso il sensore di misura e si sposta a intervalli regolari il punto di generazione delle onde.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente circa 8÷15 m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002): (1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, (2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, (3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson  $\mu$ ), la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva

di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

### 1.3 Combinazione del metodo HVSR e MASW e risultati.

La combinazione tra le misure HVSR e quelle MASW permettono di ottimizzare la ricostruzione del modello di velocità delle onde di taglio Vs30.

Infatti, le MASW permettono di ottenere le misure di velocità di taglio nei primi metri che servono da base per interpretare gli strati più profondi osservabili solo dalle misure HVSR.

Inoltre, si è provveduto ad eseguire anche la calibrazione delle misure HVSR e MASW in base alle indagini geognostiche eseguite sul sito di indagine.

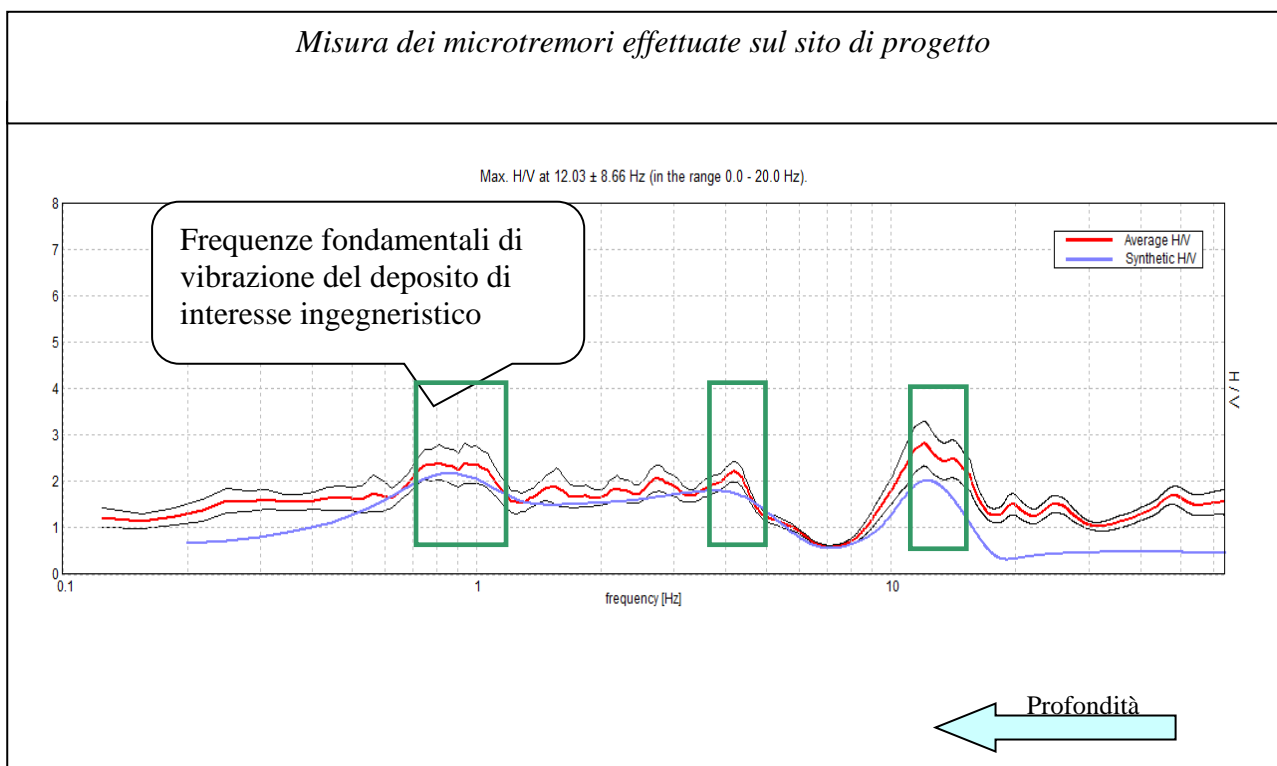
La prova eseguita impiegando la suddetta metodologia dei microtremori, combinata con la MASW, utilizzando l'inversione H/V con il metodo proposto da Nakamura, secondo la teoria descritta da Aki (1964) e Ben-Menahem & Sing (1981), ha evidenziato una **Vs\_eq(0.0-30.0)=220 m/s**.

L'analisi delle frequenze fondamentali di amplificazione del sito evidenzia l'amplificazione di risonanza tipica del terreno e, di conseguenza, l'altezza critica degli edifici che in caso di sisma possono entrare in risonanza con il terreno.

Nel caso specifico è possibile individuare, in prima analisi, la sottostante frequenza fondamentale per il deposito esaminato.

<b>Frequenze fondamentali di vibrazione del deposito</b>	
Frequenza - f (Hz)	Periodo - T (sec)
0.73÷1.07	1.36÷0.93
4.21	0.23
12.04÷15.04	0.08÷0.066

Le verifiche del modello sismico delle opere in esame potranno essere utilmente confrontate con la frequenza fondamentale del sito indagato.



## 2 VALORI DELLE $V_{S,eq}$ CARATTERISTICHE DEL SITO: CATEGORIA DEL SUOLO

Il D.M. 17-01-2018, Norme tecniche per le costruzioni, stabilisce delle categorie del suolo ai fini di valutare l'amplificazione sismica del sito in esame.

Considerando la geologia della zona, osservando che il substrato sismico si trova a profondità superiore a 30 m, facendo quindi riferimento alla velocità nei primi trenta metri di profondità del substrato indagato come richiesto dalle NTC2018 per il metodo semplificato, visto che dalle misure geofisiche risulta una  $V_{S,30} = 220$  m/s, si può affermare che il sottosuolo del sito di interesse appartiene alla categoria **C**.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s.</i>
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente a quelle definite per le categorie C o D, con spessore del substrato non superiore a 30 m.</i>

I valori di  $V_S$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

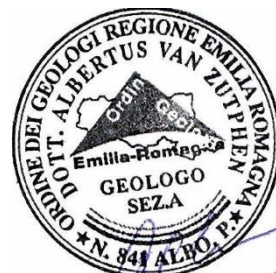
Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

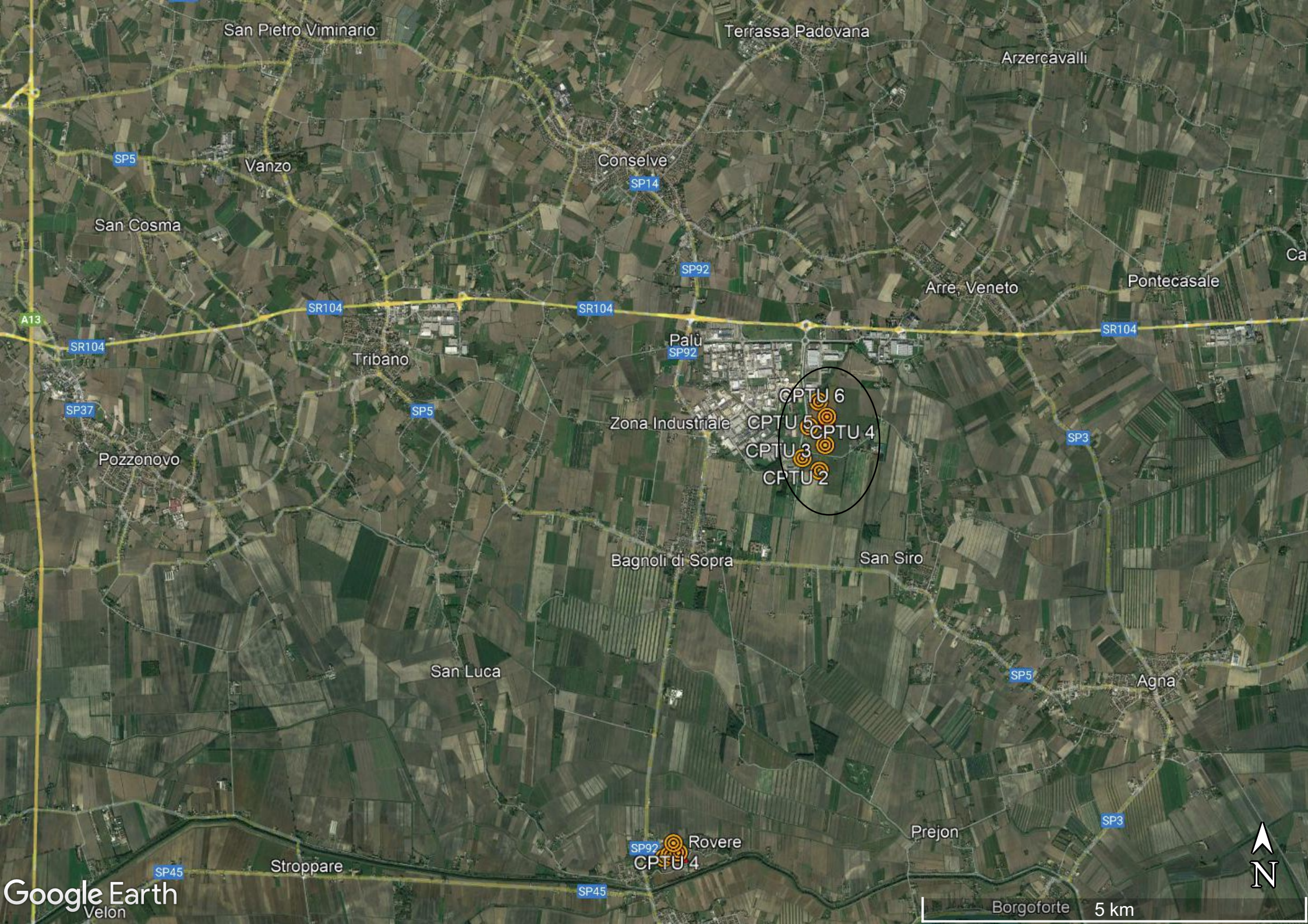
**Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.**

---

Marzo, 2022



**ALLEGATI**



San Pietro Viminario

Terrassa Padovana

Arzercavalli

SP5

Vanzo

Conselve

SP14

San Cosma

SP92

Arre Veneto

Pontecasale

A13

SR104

SR104

SR104

SR104

Tribano

Palù

SP92

CPTU 6

CPTU 5

CPTU 4

CPTU 3

CPTU 2

Zona Industriale

SP3

Pozzonovo

Bagnoli di Sopra

San Siro

San Luca

SP5

Agna

SP45

Stroppare

SP92

Rovere

CPTU 4

SP45

Prejon

SP3

Borgoforte

5 km





Via Terza Strada

Via Dell'Artigianato

Via Quinta  
Via Dell'Artigianato

Via Svezia

Viale Europa

San Massimo

Via Str. Settima

CPTU 6

CPTU 5  
MASW + TROMINO

CPTU 4

CPTU 3

CPTU 2

CPTU 1

Via Goffredo Mameli

Sant'Apollonia

Via Goffredo Mameli

Via Goffredo Mameli





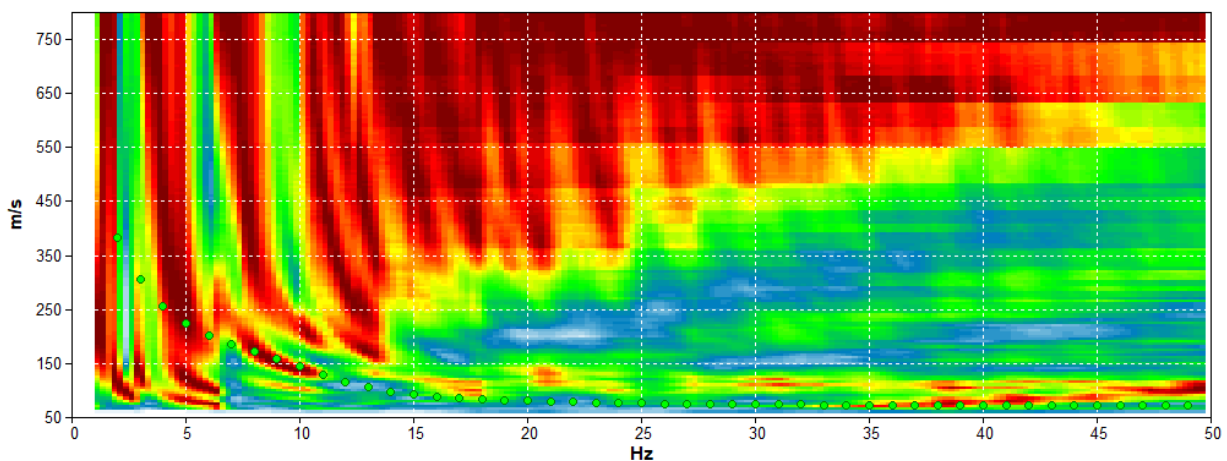
**PADOVA VLE EUROPA BAGNOLI DI SOPRA, [Z] SERVIN MASW**

Start recording: 17/03/22 13:38:12      End recording: 17/03/22 13:46:15  
Trace length: 0h00'02".      Analyzed 68% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9  
; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16 ; B17 ; B18 ;  
B19 ; B20 ; B21 ; B22 ; B23 ; B24 ; B25 ; B26 ; B27 ; B28  
; B29 ; B30

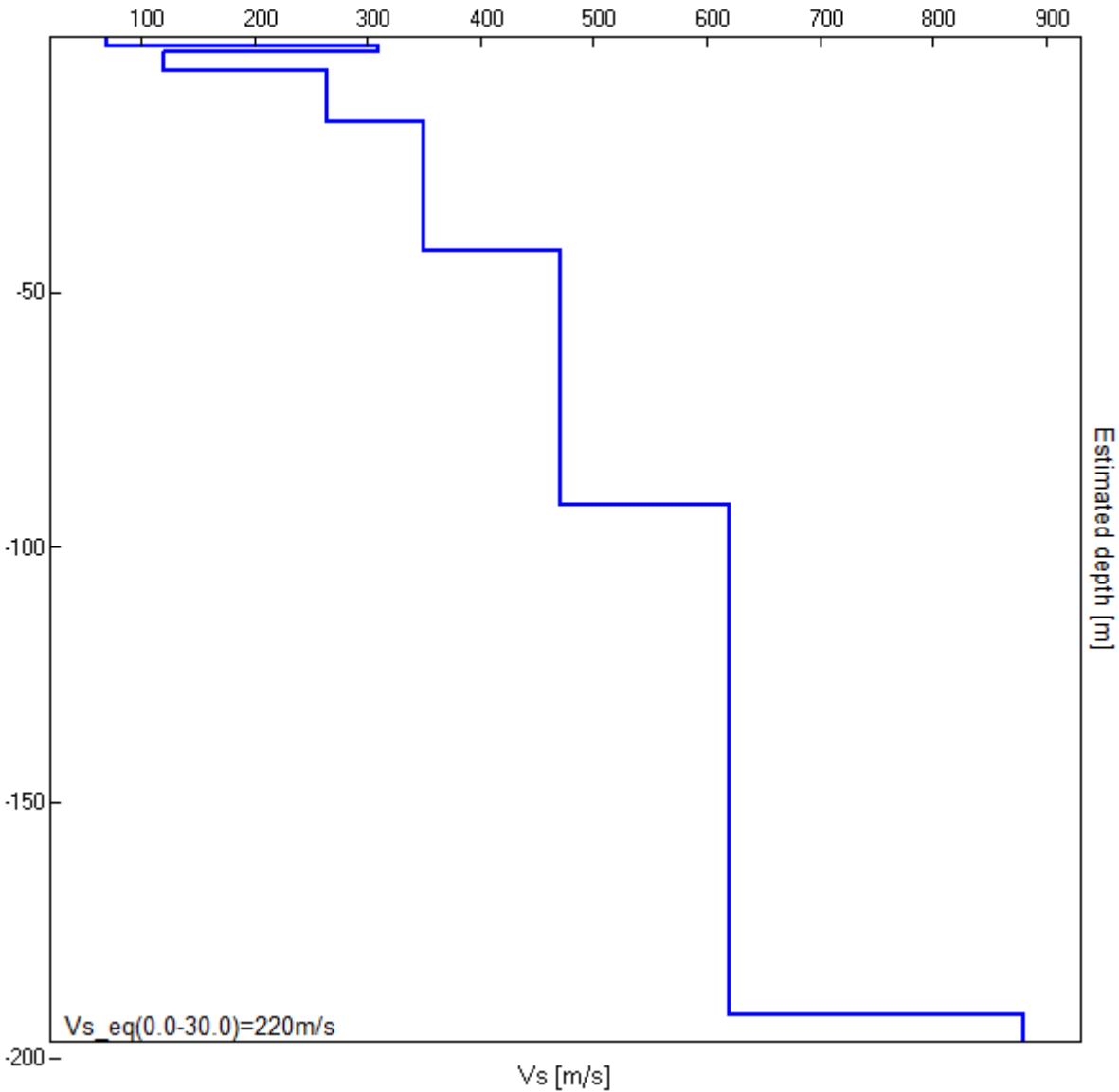
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0  
38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 48.0 50.0 52.0 54.0 56.0 58.0 m.

**MODELLED LOVE WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE**



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.70	1.70	70	0.35
2.70	1.00	310	0.35
6.70	4.00	120	0.40
16.70	10.00	265	0.35
41.70	25.00	350	0.35
91.70	50.00	470	0.35
191.70	100.00	620	0.35
inf.	inf.	880	0.35

Vs\_eq(0.0-30.0)=220m/s

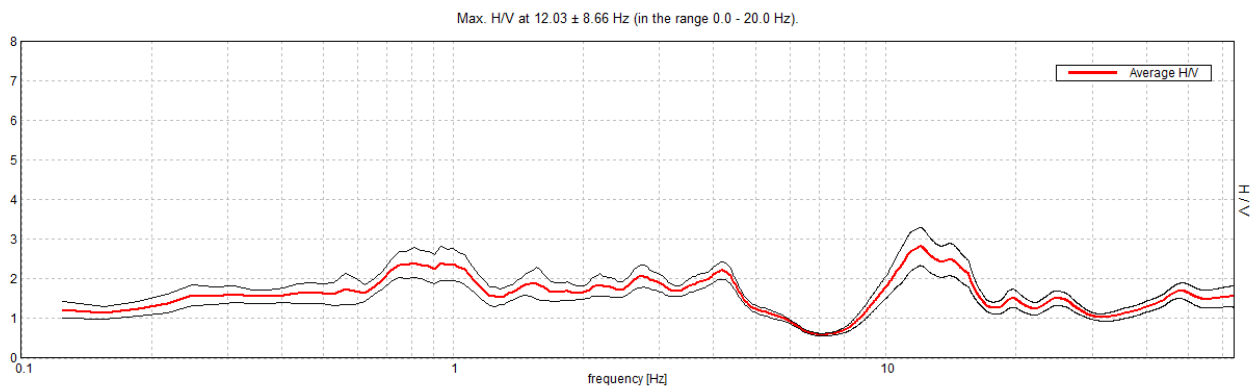


## PADOVA VIALE EUROPA BAGNOLI DI SOPRA, SERVIN T1

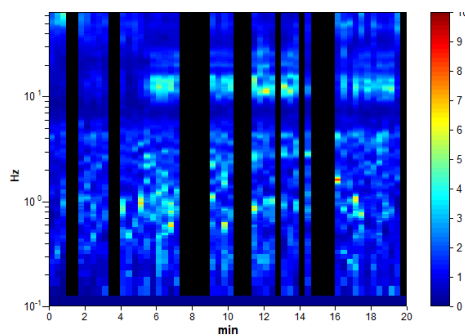
Instrument: TEN-0017/01-07  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: 51  
 Start recording: 17/03/22 13:14:58      End recording: 17/03/22 13:34:59  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 68% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

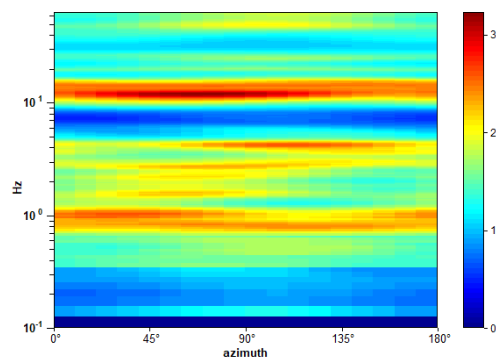
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



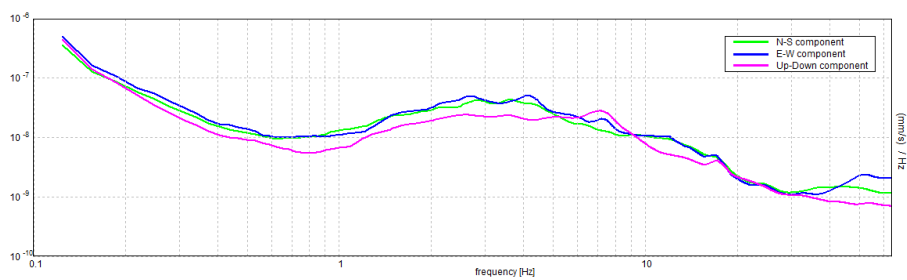
### H/V TIME HISTORY



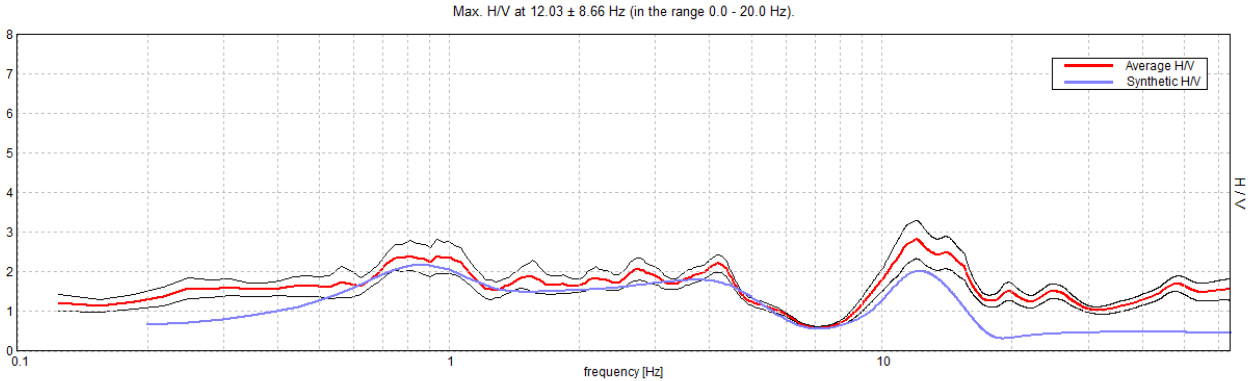
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

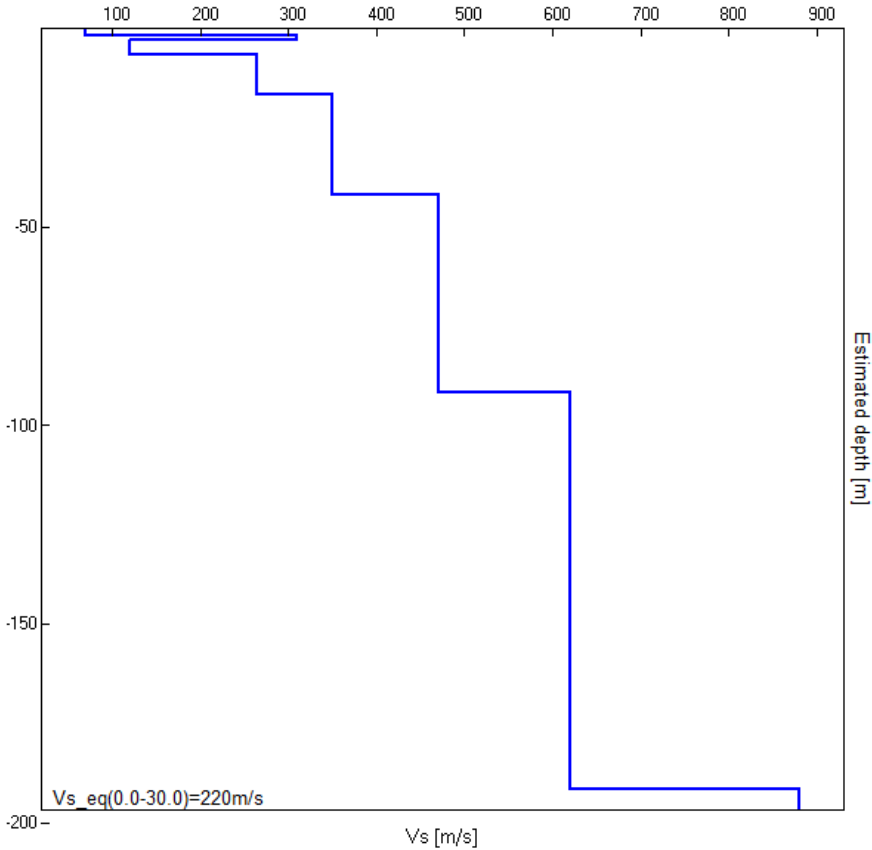


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.70	1.70	70	0.35
2.70	1.00	310	0.35
6.70	4.00	120	0.40
16.70	10.00	265	0.35
41.70	25.00	350	0.35
91.70	50.00	470	0.35
191.70	100.00	620	0.35
inf.	inf.	880	0.35

Vs\_eq(0.0-30.0)=220m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 12.03 ± 8.66 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	12.03 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	9865.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 578 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.344 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.82 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.71997  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	8.66212 < 0.60156		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.482 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [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 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**ALLEGATO 3:  
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI  
LIQUEFAZIONE DEI TERRENI**

Comune Bagnoli di Sopra  
 Via Viale Europa  
 Localita' Zona Industriale  
 Committente SERVIN  
 Data 17/03/2022

**CPT 1**

Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018

latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	0.560
longitudine 11.906678°		
tipo di suolo	fattore amplificazione	1.500
	C	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	0.840
	1.000	
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine	6.140

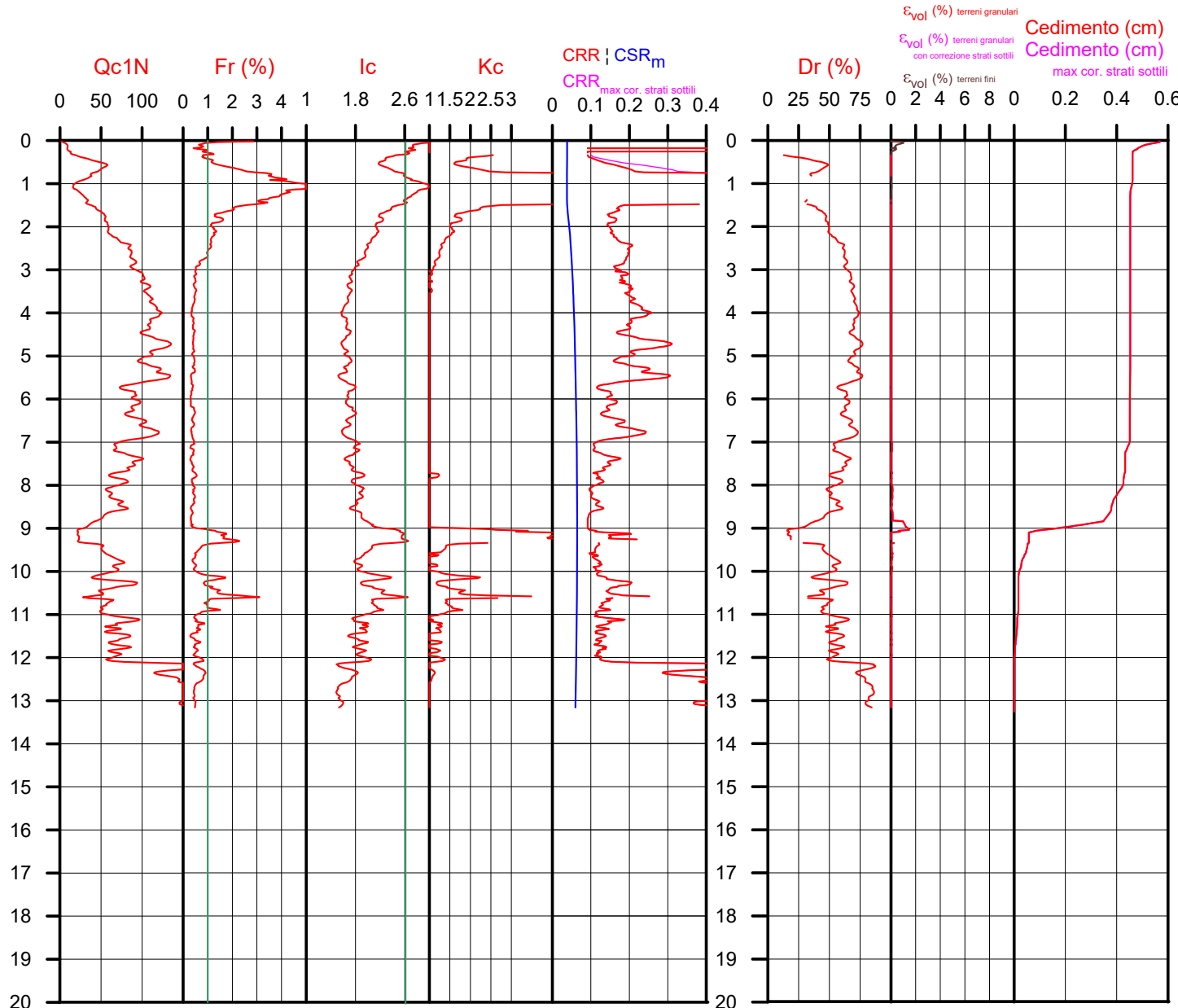
DGR Emilia-Romagna 476 / 2021

latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	0.613
longitudine 11.906678°		
Suolo di riferimento	fattore amplificazione	1.700
	Pianura 2	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	1.042
	1.000	
	magnitudine	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009 PER TR = 332 ANN

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR / CSR$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	0.5	0.8
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	0.5	0.8

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento dei terreni fini calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	0.1	0.6
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	0.1	0.6

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità,

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 2	BASSO
0.0	0.0	2 < IL <= 5	MODERATO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17-mar-22

**CPT 2**

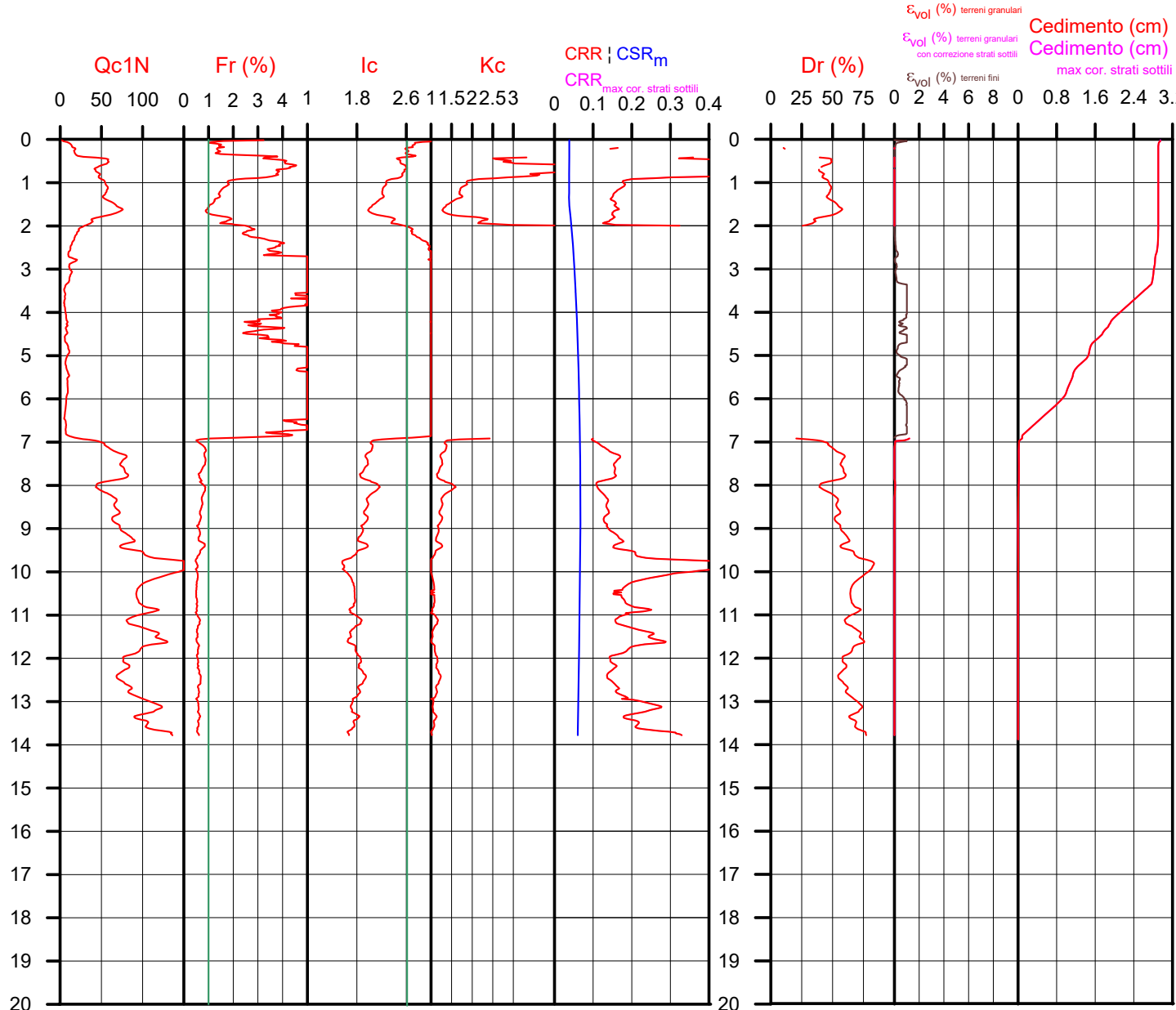
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 476 / 2021	
latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.906678°	0.560	longitudine 11.906678°	0.613
tipo di suolo	fattore amplificazione	Suolo di riferimento	fattore amplificazione
C	1.500	Pianura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	0.840	1.000	1.042
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo	magnitudo	6.140
	6.140		6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009 PER TR = 332 ANN

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR / CSR$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento dei terreni fini calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	<b>2.9</b>	<b>2.9</b>
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	<b>2.9</b>	<b>2.9</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità,

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 2	BASSO
<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	2 < IL <= 5	MODERATO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO



Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17-mar-22

# CPT 3

Falda presunta 1.5 metri

## NTC 2018

latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	0.560
longitudine 11.906678°		
tipo di suolo	fattore amplificazione	1.500
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	0.840
1.000		
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine	6.140

## DGR Emilia-Romagna 476 / 2021

latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	0.613
longitudine 11.906678°		
Suolo di riferimento	fattore amplificazione	1.700
Pianura 2		
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	1.042
1.000		
	magnitudine	6.140

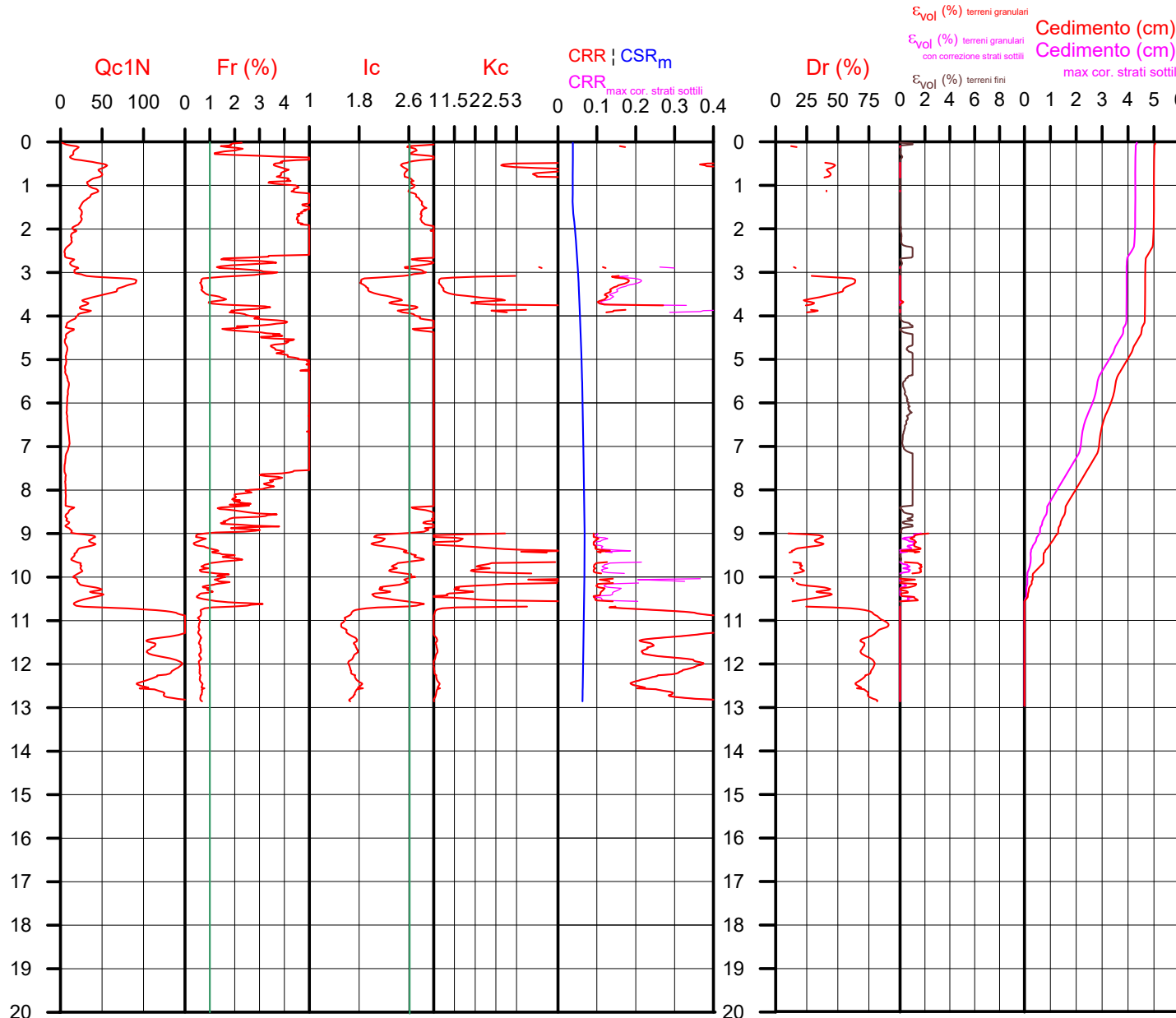


**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009 PER TR = 332 ANN

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR / CSR$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	1.3	1.6
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	0.6	0.8

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento dei terreni fini calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	3.8	5.1
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	3.8	4.3

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità,

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 2	BASSO
0.0	0.0	2 < IL <= 5	MODERATO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17-mar-22

**CPT 4**

Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018

latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	0.560
longitudine 11.906678°		
tipo di suolo C	fattore amplificazione	1.500
amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2)		1.000
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine	6.140

DGR Emilia-Romagna 476 / 2021

latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	0.613
longitudine 11.906678°		
Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione	1.700
amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2)		1.000
	magnitudine	6.140

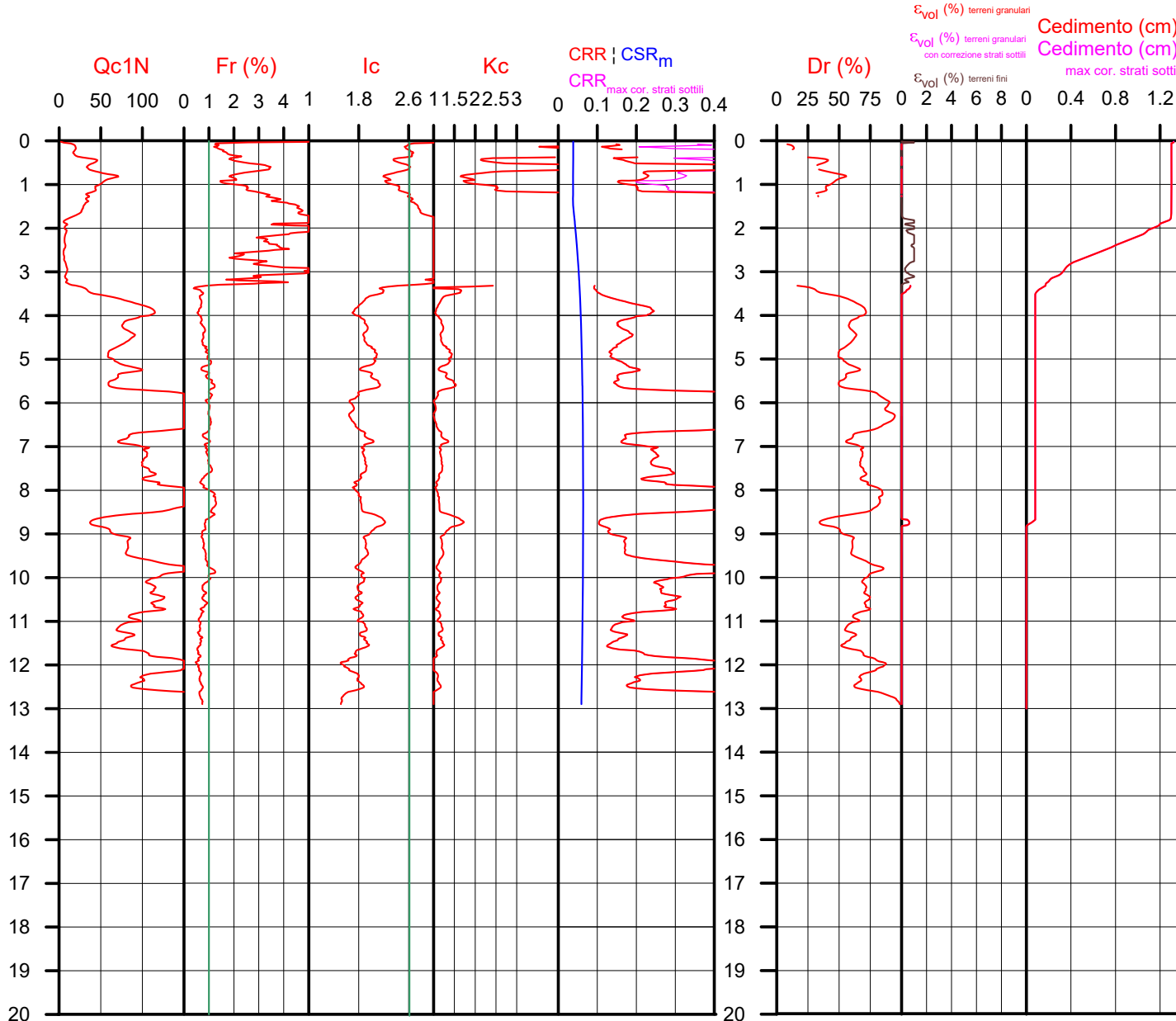


**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009 PER TR = 332 ANN

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR / CSR$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	0.2	0.3
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	0.2	0.3

CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento dei terreni fini calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	1.2	1.3
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	1.2	1.3

VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F<sub>slq</sub> e la profondità,

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 2	BASSO
0.0	0.0	2 < IL <= 5	MODERATO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17-mar-22

**CPT 5**

Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018

latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	0.560
longitudine 11.906678°		
tipo di suolo C	fattore amplificazione	1.500
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	0.840
1.000		
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine	6.140

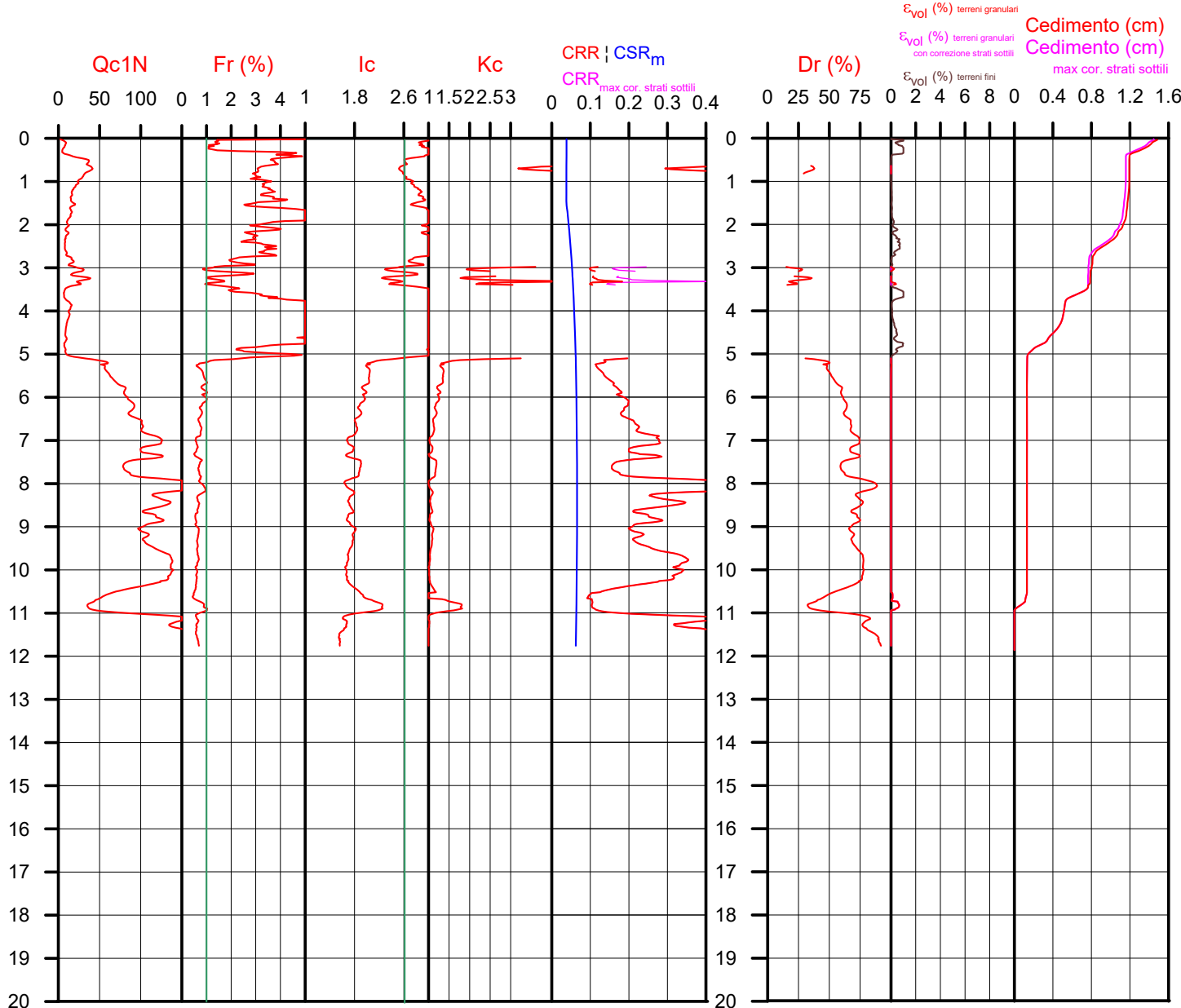
DGR Emilia-Romagna 476 / 2021

latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	0.613
longitudine 11.906678°		
Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	1.042
1.000		
	magnitudine	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009 PER TR = 332 ANN

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR / CSR$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento dei terreni fini calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	<b>1.3</b>	<b>1.5</b>
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità,

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL <= 2	BASSO
<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	2 < IL <= 5	MODERATO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17-mar-22

**CPT 6**

Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018

latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	0.560
longitudine 11.906678°		
tipo di suolo C	fattore amplificazione	1.500
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	0.840
1.000		
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine	6.140

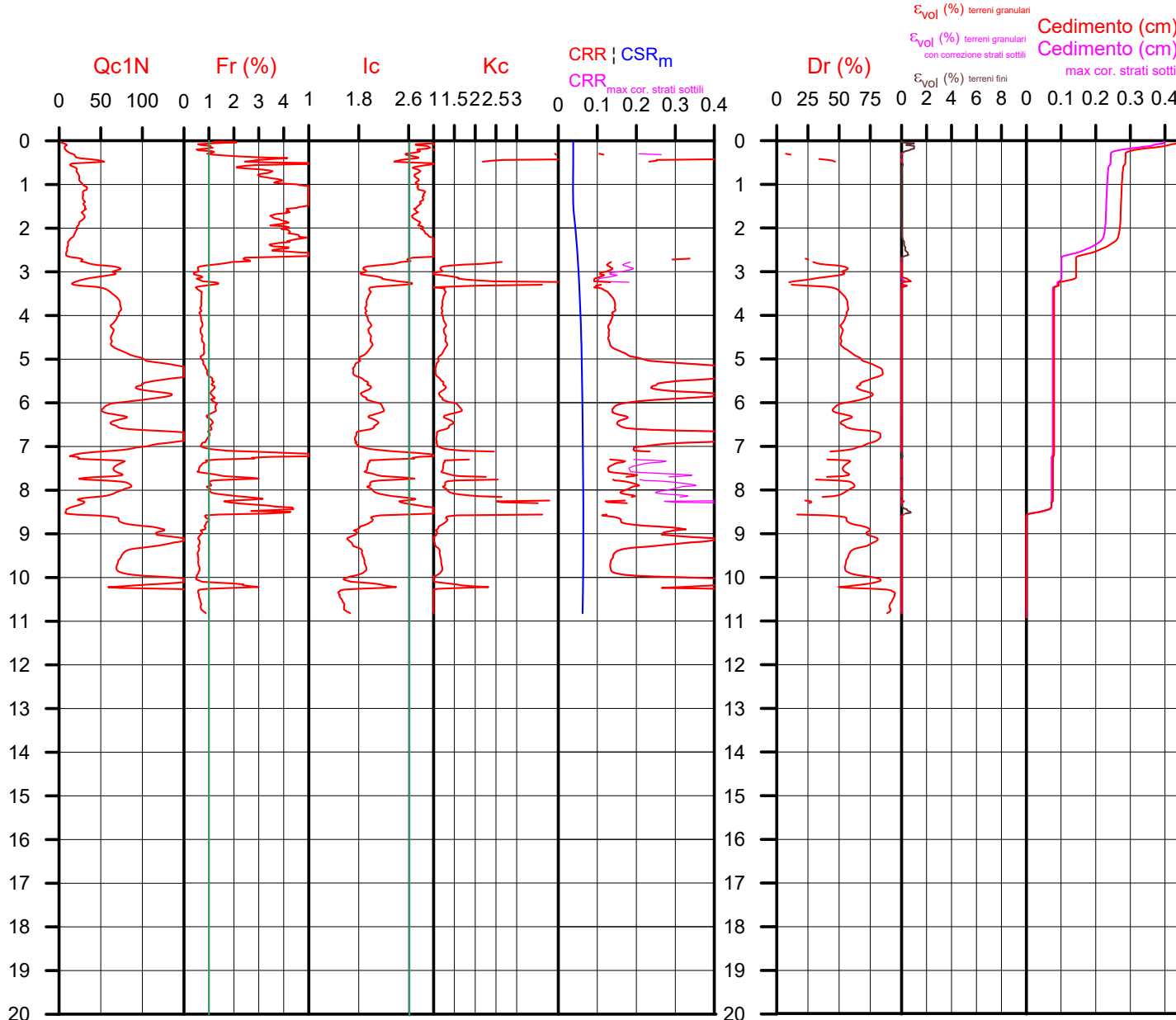
DGR Emilia-Romagna 476 / 2021

latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	0.613
longitudine 11.906678°		
Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	1.042
1.000		
	magnitudine	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009 PER TR = 332 ANN

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 calcolato MSF secondo Idriss & Boulanger 2004 (correzione per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR / CSR$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	0.1	0.1
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	0.0	0.0

CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento dei terreni fini calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	0.4	0.4
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	0.4	0.4

VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F<sub>slq</sub> e la profondità,

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL	
0.0	0.0	IL ≤ 2	BASSO
		2 < IL ≤ 5	MODERATO
		5 < IL ≤ 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17/03/2022

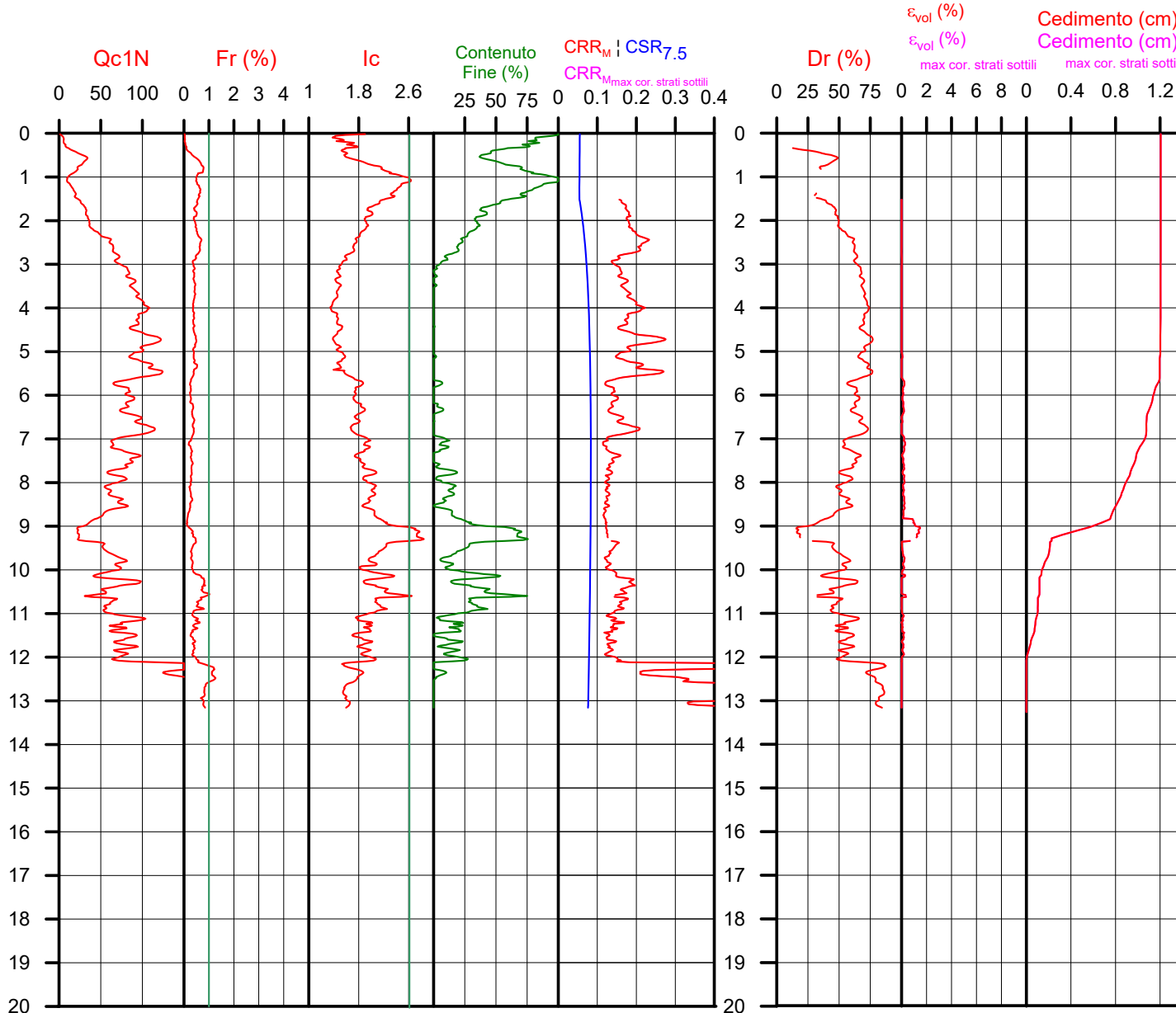
**CPT** 1  
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 476 / 2021	
latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.906678°	0.560	longitudine 11.906678°	0.613
tipo di suolo	fattore amplificazione	Suolo di riferimento	fattore amplificazione
	C	Pianura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	0.840	1.000	1.042
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo		magnitudo
	6.140		6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014 PER TR = 332 ANNI

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudo 7.5)
- \* CRR<sub>M</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudo 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* **Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl<sub>iq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>s</sub> / CSR<sub>7.5</sub>**

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>1.2</b>	<b>2.5</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>1.2</b>	<b>2.5</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>iq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
0.0	0.0	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbi (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbi DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
7	7	PPbi <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbi <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbi <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
		65 < PPbi <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
		PPbi > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17-mar-22

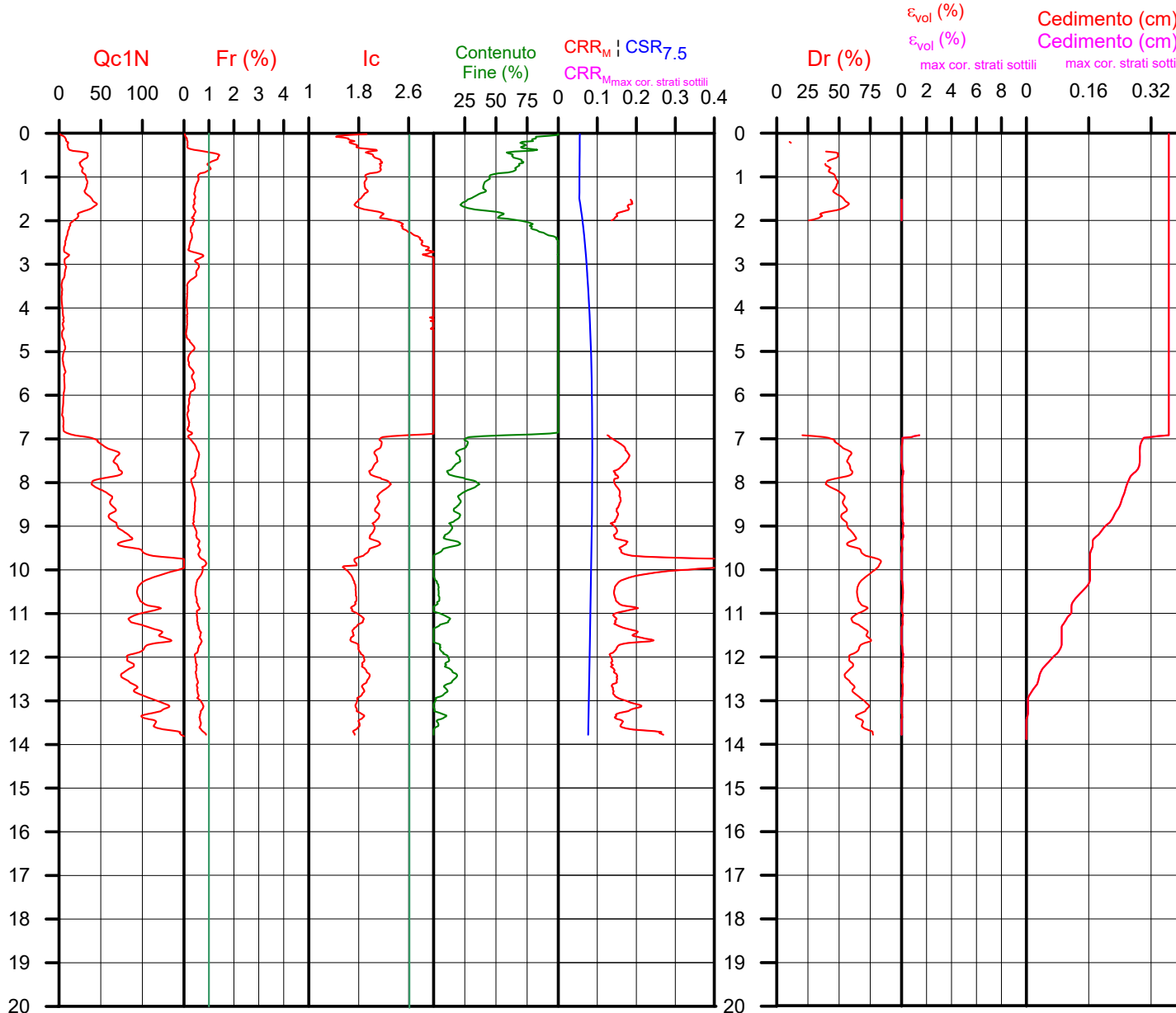
**CPT 2**  
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 476 / 2021	
latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.906678°	0.560	longitudine 11.906678°	0.613
tipo di suolo	fattore amplificazione	Suolo di riferimento	fattore amplificazione
	1.500	Pianura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	0.840	1.000	1.042
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitude		magnitude
	6.140		6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014 PER TR = 332 ANNI

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudo 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Wride 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* **Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl<sub>iq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>s</sub> / CSR<sub>7.5</sub>**

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

- Parametri utilizzati:
- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
  - \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>0.4</b>	<b>1.0</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>0.4</b>	<b>1.0</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>iq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
0.0	0.0	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbi (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbi DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
4	4	PPbi <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbi <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbi <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbi <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbi > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17-mar-22

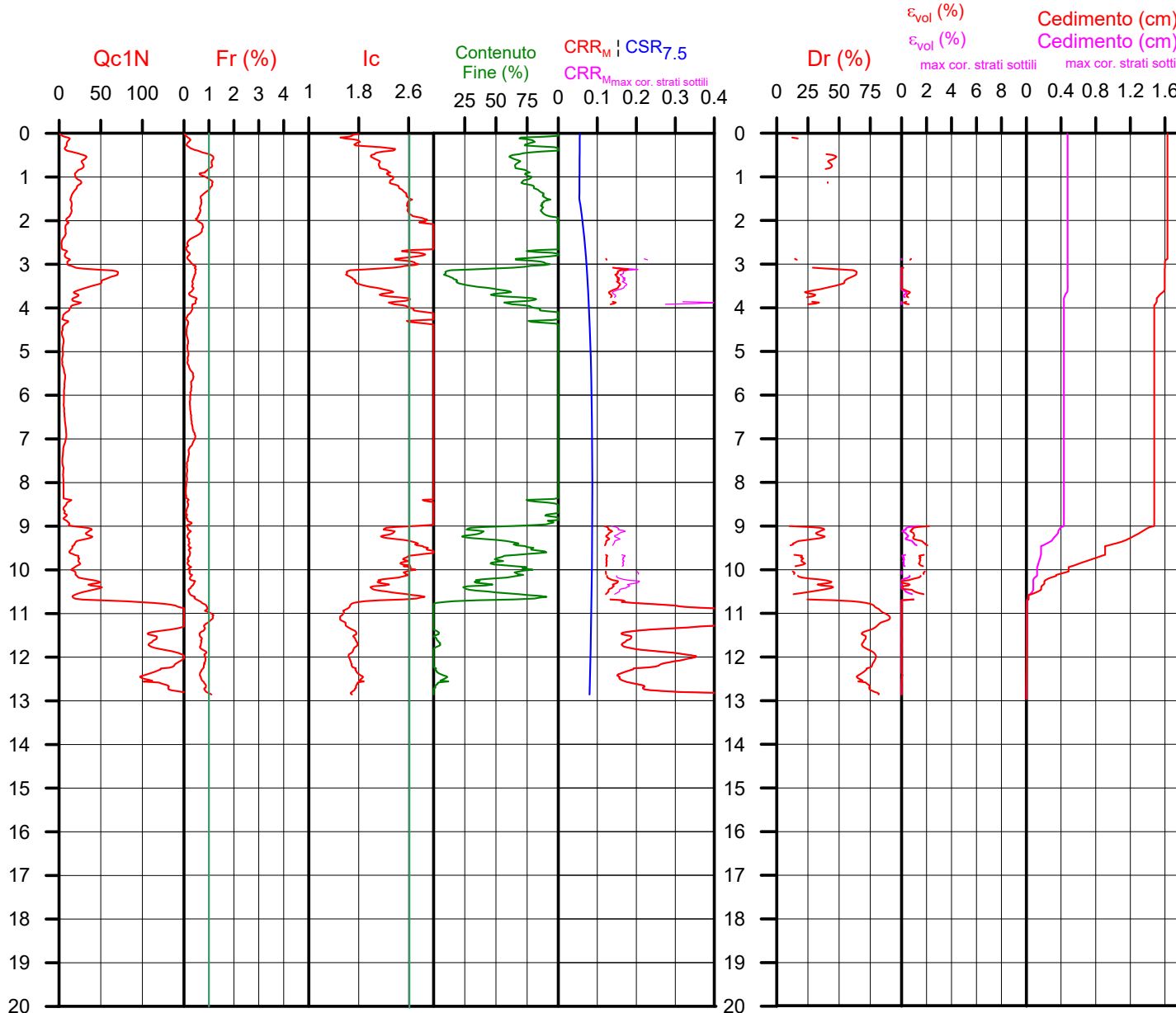
**CPT 3**  
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 476 / 2021	
latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2) 0.560	latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2) 0.613
longitudine 11.906678°	fattore amplificazione 1.500	longitudine 11.906678°	fattore amplificazione 1.700
tipo di suolo C	amax al p.c. (m/sec2) 0.840	Suolo di riferimento Pianura 2	amax al p.c. (m/sec2) 1.042
amplificazione topografica 1.000	magnitude 6.140	amplificazione topografica 1.000	magnitude 6.140
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA			



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014 PER TR = 332 ANNI

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- \* CRR<sub>M</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Boulanger & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* **Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl<sub>iq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>s</sub> / CSR<sub>7.5</sub>**

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>1.6</b>	<b>1.9</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>0.5</b>	<b>0.6</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>iq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
0.0	0.0	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbi (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbi DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
2	2	PPbi <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbi <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbi <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbi <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbi > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17-mar-22

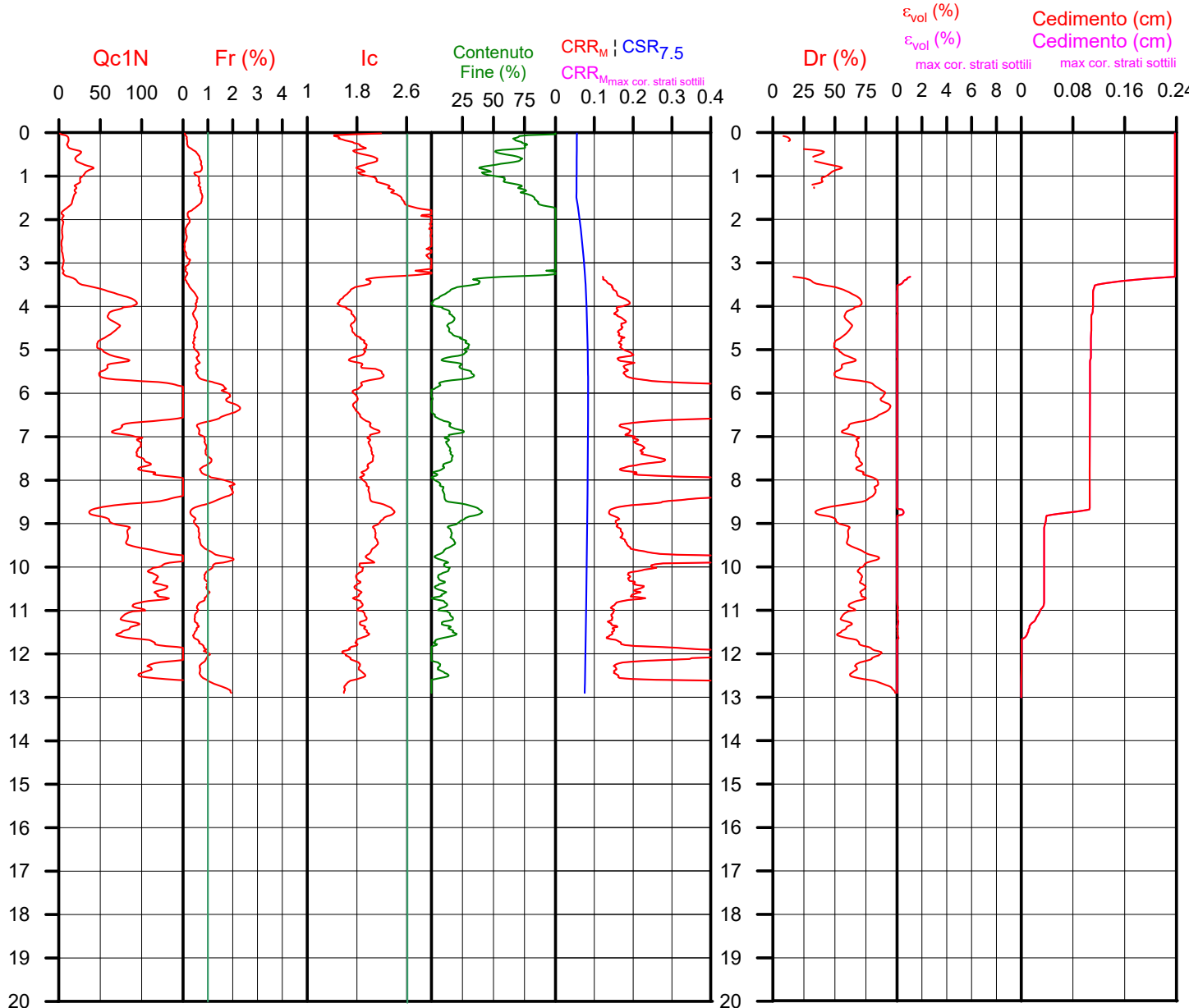
**CPT** **4**  
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 476 / 2021	
latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)	latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 11.906678°	0.560	longitudine 11.906678°	0.613
tipo di suolo	fattore amplificazione	Suolo di riferimento	fattore amplificazione
	C	Planura 2	1.700
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	0.840	1.000	1.042
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo		magnitudo
	6.140		6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014 PER TR = 332 ANNI

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudo 7.5)
- \* CRR<sub>M</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudo 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* **Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl<sub>iq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>s</sub> / CSR<sub>7.5</sub>**

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>0.2</b>	<b>0.4</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>0.2</b>	<b>0.4</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>iq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
0.0	0.0	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbi (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbi DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
3	3	PPbi <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbi <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbi <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbi <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbi > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA



Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17-mar-22

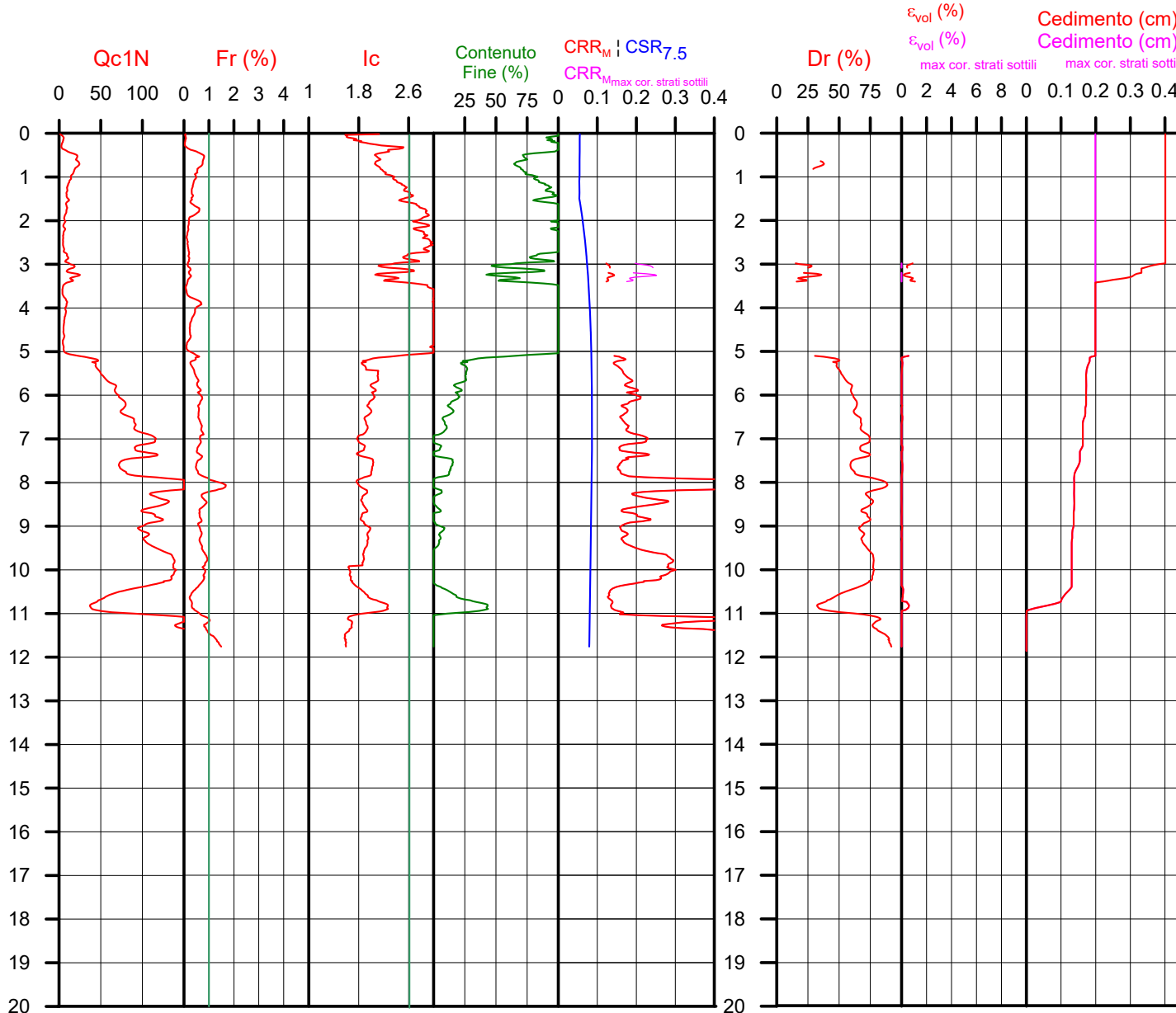
**CPT 5**  
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 476 / 2021	
latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2) 0.560	latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2) 0.613
longitudine 11.906678°	fattore amplificazione 1.500	longitudine 11.906678°	fattore amplificazione 1.700
tipo di suolo C	ammax al p.c. (m/sec2) 0.840	Suolo di riferimento Pianura 2	ammax al p.c. (m/sec2) 1.042
amplificazione topografica 1.000	magnitude 6.140	amplificazione topografica 1.000	magnitude 6.140
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA			



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014 PER TR = 332 ANNI

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudo 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* **Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl<sub>iq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>s</sub> / CSR<sub>7.5</sub>**

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>0.4</b>	<b>0.7</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>0.2</b>	<b>0.4</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>iq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
0.0	0.0	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbi (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbi DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
3	3	PPbi <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbi <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbi <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbi <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbi > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnoli di Sopra  
Via Viale Europa  
Localita' Zona Industriale  
Committente SERVIN  
Data 17-mar-22

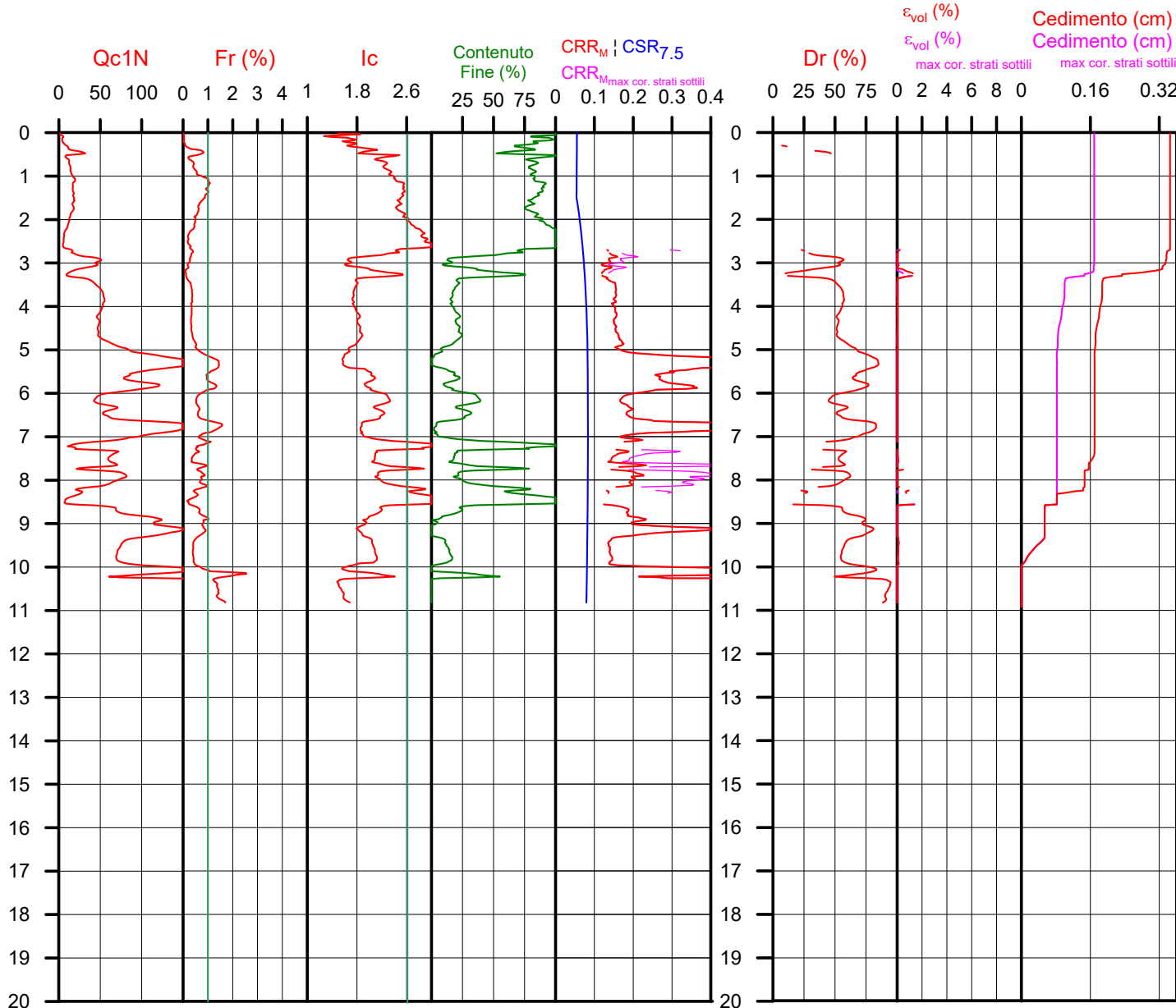
**CPT 6**  
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		DGR Emilia-Romagna 476 / 2021	
latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2) 0.560	latitudine 45.201478°	amax substrato (m/sec2) 0.613
longitudine 11.906678°	fattore amplificazione 1.500	longitudine 11.906678°	fattore amplificazione 1.700
tipo di suolo C	amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2) 1.000	Suolo di riferimento Pianura 2	amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2) 1.042
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo 6.140		magnitudo 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRIS 2014 PER TR = 332 ANNI

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudo 7.5)
- \* CRR<sub>M</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudo 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* **Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl<sub>iq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>s</sub> / CSR<sub>7.5</sub>**

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>0.3</b>	<b>0.6</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>iq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
0.0	0.0	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbi (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbi DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
4	3	PPbi <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbi <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbi <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbi <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbi > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA