REGIONE PIEMONTE

COMUNE di CHIERI
Città Metropolitana di Torino

PIANO DI RECUPERO PER LA RISTRUTTURAZIONE DI EDIFICIO INDUSTRIALE E CAMBIO DI DESTINAZIONE D'USO

Vicolo dell'Imbuto n. 13

RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

(D.M. 17 Gennaio 2018)

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Autorizzazione	Modifica
0	**Ottobre 2025**	Tuberga S.			

Committente:

Sig. CASALE Michele
Via Martini e Rossi n. 49 - Pessione
10123 Torino

Professionista incaricato:

Dott. Geol. Stefano TUBERGA
Via Edoardo Giordanino n. 4
10040, La Cassa (TO)
Tel/Fax 011.9842043
geo.sgt@tiscali.it

ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE
STEFANO TUBERGA GEOLOGO A.P. SEZ. A N. 534
ALBO PROFESSIONALE

Riservato all'Ente:

Archivio file:	Elaborato:	Scala:
Relazione geologico-geotecnica_Chieri_Vicolo dell'Imbuto n. 13.docx		

SOMMARIO

1 PREMESSA 3

2 VINCOLI E COMPATIBILITÀ DELLE OPERE IN PROGETTO 5

3 MODELLAZIONE SISMICA 9

3.1 – PERIODI DI RIFERIMENTO E DI RITORNO PER L'AZIONE SISMICA 9
3.2 – CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA 10
3.3 – STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE 13

4 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA GENERALE E LOCALE 14

4.1 – ASPETTI GEOLOGICO-MORFOLOGICI 14
4.2 – ASSETTO IDROGEOLOGICO 15

5 INDAGINI IN SITO E MODELLO LITOSTRATIGRAFICO 17

5.1 – INDAGINI IN SITO 17
5.2 – MODELLO LITOSTRATIGRAFICO 19

6 MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRI FISICO-MECCANICI 20

6.1 – MODELLAZIONE GEOTECNICA 20

7 CONCLUSIONI 24

ALLEGATI 26

- PROFILO LITOTECNICO INTERPRETATIVO;
- RISULTANZE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DPSH;
- REPORT INDAGINE SISMICA MASW.

1 PREMESSA

La presente relazione di caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica è stata redatta in riferimento al *Piano di recupero per la ristrutturazione di edificio industriale e cambio di destinazione d'uso* del fabbricato sito in Vicolo dell'Imbuto n. 13, Comune di Chieri (TO) con coordinate medie (WGS84): *Figura 1* e *Figura 2.*

- Latitudine: 45,013872° N;
- Longitudine: 7,828300° E;
- Quota: 301 m s.l.m.

La relazione è rivolta alla caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica dei terreni interessati dalle opere ed è finalizzata inoltre alla verifica della compatibilità degli interventi in progetto con l'assetto geologico ed idrogeologico delle aree di interesse. Gli aspetti geologici e geotecnici riportati nei capitoli successivi si riferiscono al solo progetto architettonico delle opere e pertanto sono stati redatti in ottemperanza a quanto indicato dal D.M. 17/01/2018 *"Norme tecniche per le costruzioni"* al § 6.2.1 *"Caratterizzazione e modellazione geologica del sito"* ed al § 6.2.2 *"Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica"*.

Per la stesura della relazione sono state eseguite le seguenti attività:

- analisi degli studi geologici a supporto degli elaborati tecnici relativi al P.R.G.C.;
- ricerca bibliografica delle pubblicazioni tecnico-scientifiche riguardanti il territorio di Chieri;
- consultazione ed acquisizione della documentazione pubblicata in archivi, in particolare:
  - Arpa Piemonte – Banca Dati Geotecnica;
  - Arpa Piemonte – Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)
  - Geoportale Regione Piemonte – Quadro dei dissesti del Piano Assetto Idrogeologico (PAI);
  - Sistema Informativo Frane in Piemonte (SIFraP);
- indagini in sito (ubicate come da planimetria in *Figura 6*):
  - n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH;
  - n. 1 indagine sismica tipo MASW.

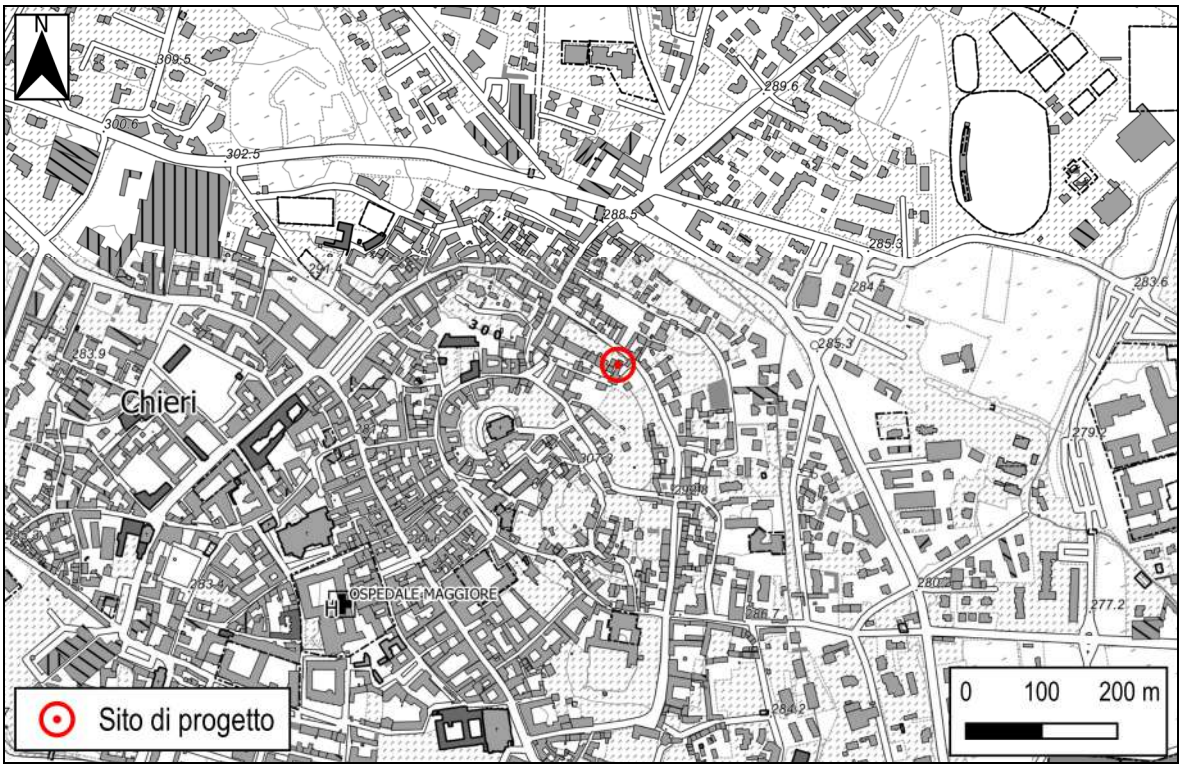


Figura 1: ubicazione del sito di progetto su stralcio della Base cartografica di riferimento della Regione Piemonte (BDTRE2024), scala 1:10.000.



Figura 2: ubicazione del sito di progetto (rettangolo rosso) su stralcio dell'Ortofoto AGEA 2024 (Regione Piemonte), scala 1:2.000.

2 VINCOLI E COMPATIBILITÀ DELLE OPERE IN PROGETTO

Il presente paragrafo descrive i vincoli insistenti nel settore comunale interessato dalle opere in oggetto e la compatibilità degli interventi in riferimento alla situazione geo-idrologica locale.

Il sito di progetto risulta ubicato esternamente ad aree soggette a vincolo idrogeologico, di cui al R.D. n. 3267/1923 e alla L.R. 45/89.

Per quanto attiene agli aspetti connessi con le pericolosità geologico-geomorfologiche, si riassume quanto segue:

- in base alla cartografia del Piano Assetto Idrogeologico (PAI), il sito risulta ubicato esternamente alle aree di esondazione e alle fasce fluviali cartografate e non risultano interferenze tra il sito e aree in frana o aree potenzialmente soggette a fenomeni franosi censiti;
- in base alla cartografia del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), la medesima area risulta esterna alle aree allagabili considerate;
- in base alla Carta di sintesi disponibile sul Geoportale del Comune di Chieri, il sito risulta inserito in Classe II, sottoclasse IIb di pericolosità geomorfologica e di idoneità all'utilizzazione urbanistica, definita come segue dall'articolo 25.2 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PRGC:

  *"**25.2 - Interventi edilizi ricadenti in classe II***

  La realizzazione degli interventi edilizi è subordinata all'effettuazione di accurate indagini in ottemperanza alle vigenti Norme Tecniche delle Costruzioni, con le quali si dovrà caratterizzare adeguatamente l'area di intervento in rapporto alle opere in progetto.

  La relazione geologica-geotecnica a corredo delle indagini e la relazione ideologico-idraulica, ove richiesta, dovranno illustrare: le metodologie adottate, i risultati ottenuti e la loro affidabilità, indicare eventuali interventi di sistemazione idrogeologica locale, tipologie e caratteristiche fondazionali, verificare la compatibilità dei cedimenti, definire le condizioni di stabilità a breve e a lungo termine, ed indicare eventuali prescrizioni (monitoraggi, manutenzioni), o limitazioni cui dovrà sottostare il progetto.

Sottoclasse IIb

Nella sottoclasse IIb la realizzazione degli interventi edilizi è subordinata alla realizzazione delle medesime indagini previste per la sottoclasse IIa[1]*. Inoltre, la verifica delle condizioni di stabilità deve essere estesa sia alle coperture che al substrato roccioso laddove le condizioni geostrutturali lo richiedano (versanti a franapoggio, intensa fratturazione, scadenti caratteristiche geomeccaniche, ecc.).*

Per gli interventi di scavo e nuova costruzione ricadenti in ambiti prossimali a porzioni già edificate o parzialmente edificate, dovranno essere verificate altresì i possibili effetti derivanti dalla realizzazione delle nuove opere in rapporto al perimetro edificato limitrofo. Laddove le indagini evidenzino possibili interferenze negative con l'esistente, ovvero le nuove opere in progetto (scavi) possano generare condizioni di instabilità di versante occorrerà predisporre relative opere di sostegno e/o svolgere attività di consolidamento a difesa dell'esistente prima di realizzare le nuove opere".



Figura 3: ubicazione del sito di progetto (particella catastale evidenziata in rosso) su stralcio della Carta di sintesi (Geoportale del Comune di Chieri). Fuori scala.

[1] NTA: *"Sottoclasse IIa:* […] *la realizzazione degli interventi edilizi dovrà essere subordinata a indagini ai sensi delle vigenti Norme Tecniche delle Costruzioni mirate alla caratterizzazione di dettaglio del terreno di fondazione, natura delle coperture e del substrato e loro parametri geotecnici-geomeccanici, in rapporto alle condizioni di falda idrica (piezometria, soggiacenza) nelle varie fasi di intervento (scavo, costruzione, sistemazione finale)"*

Si può pertanto concludere, sulla base dei dati finora citati, la compatibilità delle opere in progetto con i vincoli di carattere geologico definiti per l'area in esame e con gli assetti urbanistico e territoriali vigenti, non contrastando quindi con quanto indicato dalla normativa di settore.

Col fine di caratterizzare e modellizzare dal punto di vista geologico e geotecnico i terreni interessati dalle opere, sono state inoltre condotte indagini dirette ed indirette in sito, come dettagliato nei capitoli che seguono.

Per quanto attiene alle prescrizioni inerenti alle fasi di scavo, si ritiene sempre necessario il rispetto delle seguenti norme sulla sicurezza:

- D. Lgs. 81/2008, art. 119: nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 1,50 m, quanto la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.
- D. Lgs. 81/2008, art. 120: è vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.
- D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche sulle costruzioni", 6.8.6.2. (fronti di scavo, criteri generali di progetto e verifiche di sicurezza): Il progetto deve definire un profilo di scavo tale che risultino rispettate le prescrizioni di cui al punto 6.2.4. e la verifica di sicurezza deve essere condotta con modalità analoga a quella indicata per i manufatti di materiali sciolti. Il progetto deve tener conto dell'esistenza di opere e sovraccarichi in prossimità dello scavo, deve esaminare l'influenza dello scavo sul regime delle pressioni interstiziali e deve garantire la stabilità e la funzionalità delle costruzioni preesistenti nell'area interessata dallo scavo. Per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2,0 m, nei quali sia prevista la permanenza di personale, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una struttura di sostegno delle pareti di scavo. Le verifiche devono essere svolte nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) e nei confronti degli stati limite di servizio (SLE), quando pertinenti. Le azioni dovute al terreno, all'acqua e ai sovraccarichi anche transitori devono essere calcolate in modo da prevenire, di volta

in volta, alle condizioni più sfavorevoli. Le ipotesi per il calcolo delle azioni del terreno e delle sollecitazioni della struttura di sostegno devono essere giustificate portando in conto la deformabilità relativa del terreno-struttura di sostegno, le modalità esecutive dello scavo, le caratteristiche meccaniche del terreno e il tempo di permanenza dello scavo.

3 MODELLAZIONE SISMICA

La Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6-887 *"Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)"* classifica il territorio del Comune di Chieri in Zona sismica 4, a pericolosità sismica bassa con un valore di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni inferiore a 0,05 g. Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 e s.m.i., la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio di tipo "sito dipendente" e non più per mezzo di un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

3.1 – Periodi di riferimento e di ritorno per l'azione sismica

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" V_R e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{VR}.
Considerando, per il caso in esame, una vita nominale pari a 50 anni ed una classe d'uso II si ottiene:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \text{ anni}$$

I valori (anni) del periodo di ritorno T_R in funzione di V_R per lo Stato Limite di Esercizio (SLO, SLD) e per lo Stato Limite Ultimo (SLV, SLC) possono essere determinati con la seguente espressione:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Adottando come probabilità di superamento P_{VR} per i vari stati limite i valori di 81%, 63%, 10% e 5% si ottengono i seguenti periodi di ritorno T_R:

Stati Limite		Valori in anni del periodo di ritorno T_R
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	30
	SLD	50
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	475
	SLC	975

Tabella 1: da tabella 3.2.I NTC

3.2 – Categoria di sottosuolo e valutazione dell'azione sismica

Si definisce "risposta sismica locale" l'azione sismica quale emerge in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. Le modifiche sono dovute ad:

- ✓ effetti stratigrafici: legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- ✓ effetti topografici: legati alla configurazione topografica del piano campagna.

I dati ricavati dall'esame della documentazione bibliografica reperita e dall'indagine sismica di tipo MASW realizzata in sito in data 18/09/2025, possono essere messi in relazione con le indicazioni contenute nel testo integrato dell'Allegato 2 all'Ordinanza n. 3274, come modificato dall'O.P.C.M. 3519/2006, e nel § 3.2.2 delle NTC. In tal modo è possibile associare, ai siti in esame, una categoria di sottosuolo di tipo C.

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

Tabella 2: da tabella 3.2.II delle NTC

Il sito può essere classificato in categoria topografica T1, di cui alle NTC2018:

T1	*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°.*

Tabella 3: da tabella 3.2.III delle NTC.

Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata P_{VR}, si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione. Ai fini della valutazione dello spettro di risposta elastico in accelerazione vengono di seguito calcolati, per ciascuno dei quattro stati limite (SLO, SLD, SLV, SLC), i valori corrispondenti ad a_g (accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale), S (coefficiente che comprende gli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica), F_0 (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale) e C_C (coefficiente dipendente dalla categoria di sottosuolo).

Viene inoltre fornito il valore di T^*_C ricavabile dalla Tabella 1 dell'Allegato B alle NTC e necessario, in associazione con C_C, per il calcolo del periodo T_C di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico di risposta.

Il sito in esame risulta identificabile con coordinate geografiche medie corrispondenti ai seguenti valori di latitudine e longitudine (WGS84):

- <u>Chieri, vicolo dell'Imbuto n. 13:</u>
  - Latitudine: 45,013872° N;
  - Longitudine: 7,828300° E.

In base ai valori del periodo di ritorno T_R precedentemente calcolati, relativi ai diversi stati limite, si sono ottenuti i parametri spettrali riportati nella tabella che segue.

SLO T_R = 30 anni			SLD T_R = 50 anni			SLV T_R = 475 anni			SLC T_R = 975 anni		
a_g [g]	F_0 [-]	T^*_C [s]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_C [s]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_C [s]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_C [s]
0,020	2,613	0,164	0,025	2,608	0,189	0,048	2,753	0,273	0,056	2,802	0,294

Tabella 4: da Tabella 1 dell'Allegato B NTC (calcolati con GeoStru PS)

Il coefficiente S, che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, è rappresentato mediante la seguente relazione:

$$S = S_S \cdot S_T$$

dove:

S_S= coefficiente che comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafiche;

S_T= coefficiente che comprende gli effetti delle amplificazioni topografiche.

I coefficienti S_S e C_C risultano:

Categoria sottosuolo	S_S *(SLO)*	C_C *(SLO)*	S_S *(SLD)*	C_C *(SLD)*	S_S *(SLV)*	C_C *(SLV)*	S_S *(SLC)*	C_C *(SLC)*
C	1,50	1,91	1,50	1,82	1,50	1,61	1,50	1,57

Tabella 5: valori dei coefficienti S_S e C_C

Considerando che il valore relativo ad S_T per la categoria topografica T1 è pari ad 1, il coefficiente finale S risulta uguale a:

Categoria sottosuolo	S *(SLO)*	S *(SLD)*	S *(SLV)*	S *(SLC)*
C	1,5	1,5	1,5	1,5

Tabella 6: valori del coefficiente S

L'accelerazione massima (a_{max}) attesa sul sito in oggetto può essere determinata facendo riferimento all'accelerazione massima attesa su sito di riferimento rigido (a_g) ed al coefficiente S di amplificazione stratigrafica e topografica:

$$a_{max} = a_g \cdot S$$

Categoria sottosuolo	a_{max} *[m/s²] (SLO)*	a_{max} *[m/s²] (SLD)*	a_{max} *[m/s²] (SLV)*	a_{max} *[m/s²] (SLC)*
C	0,299	0,371	0,704	0,826

Tabella 7: valori dell'accelerazione massima a_{max}

I valori relativi ai coefficienti sismici orizzontale e verticale, nel caso dell'SLD e dell'SLV, sono:

$$\text{SLD:} \quad k_h = \beta_S \left(\frac{a_{max}}{g} \right) = 0{,}008 \quad \text{e} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0{,}004$$

$$\text{SLV:} \quad k_h = \beta_S \left(\frac{a_{max}}{g} \right) = 0{,}014 \quad \text{e} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0{,}007$$

e dove:
k_h = coefficiente sismico orizzontale;
k_v = coefficiente sismico verticale;
β_S = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (0,200).

3.3 – Stabilità nei confronti della liquefazione

Secondo quanto indicato al cap. 7 (punto 7.11.3.4.2) del D.M. 17/01/18 (N.T.C.) la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;*
2. *profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
3. *depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}$ > 30 oppure q_{c1N} > 180 dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} 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 in Fig. A nel caso di terreni con coeff. di uniformità U_C < 3,5 ed in Fig. B nel caso di terreni con coeff. di uniformità U_C > 3,5.*

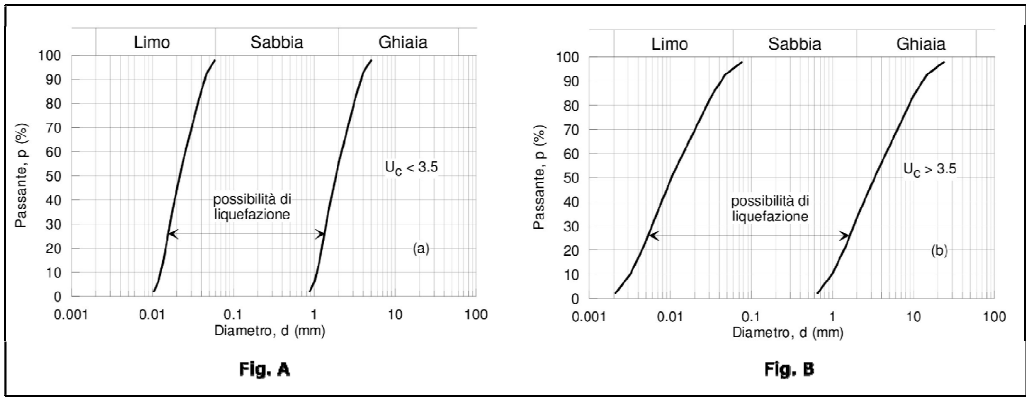


Figura 4: fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (rif. Fig. 7.11.1 del D.M. 17/01/2018).

In relazione al § 7.11.3.4.2 delle NTC la verifica a liquefazione, nel caso in esame, può essere omessa in quanto risultano soddisfatti i punti n. 1 e n. 2 precedentemente descritti.

4 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA GENERALE E LOCALE

4.1 – Aspetti geologico-morfologici

Il sito di progetto è ubicato nel concentrico di Chieri, caratterizzato dalla presenza di un rilievo con modesto sviluppo altimetrico (circa 25 – 30 m rispetto alla pianura circostante), posto in corrispondenza delle propaggini sud-orientali della Collina di Torino.

Sulla base di quanto rappresentato nel Foglio 156 *"Torino est"* della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, tale rilievo risulta modellato entro i depositi riferiti alle Sabbie di Asti (Pliocene inferiore; *Figura 5*), in particolare al Membro sabbioso, così descritto:

> *"sabbie medio-fini, omogenee, di colore giallo con un notevole grado di addensamento e una localizzata cementazione carbonatica, caratterizzate da una stratificazione poco evidente riconducibile a una blanda stratificazione piano-parallela e da strutture da moto ondoso (ripples simmetrici).* […] *Complessivamente mostrano una giacitura suborizzontale o blandamente inclinata verso S, SE, e SW e poggiano con passaggio di natura erosionale sui sedimenti riferibili alla formazione delle Argille Azzurre. I sedimenti sono spesso interessati da un'evidente bioturbazione che oblitera le superfici di stratificazione".*

Sui depositi pliocenici poggiano in discordanza depositi fluviali olocenici e attuali, affioranti diffusamente in corrispondenza del settore di pianura circostante i rilievi. La presenza di un ridotto lembo di depositi fluviali a tessitura ghiaiosa è inoltre riportata in corrispondenza della cima del rilievo di Chieri, riconducibile ad antiche linee di drenaggio attualmente abbandonate (paleo-collettori).

I versanti risultano interessati da fenomeni di degradazione del substrato per ruscellamento, che hanno comportato lo sviluppo di diffuse coperture eluvio-colluviali di spessore variabile.

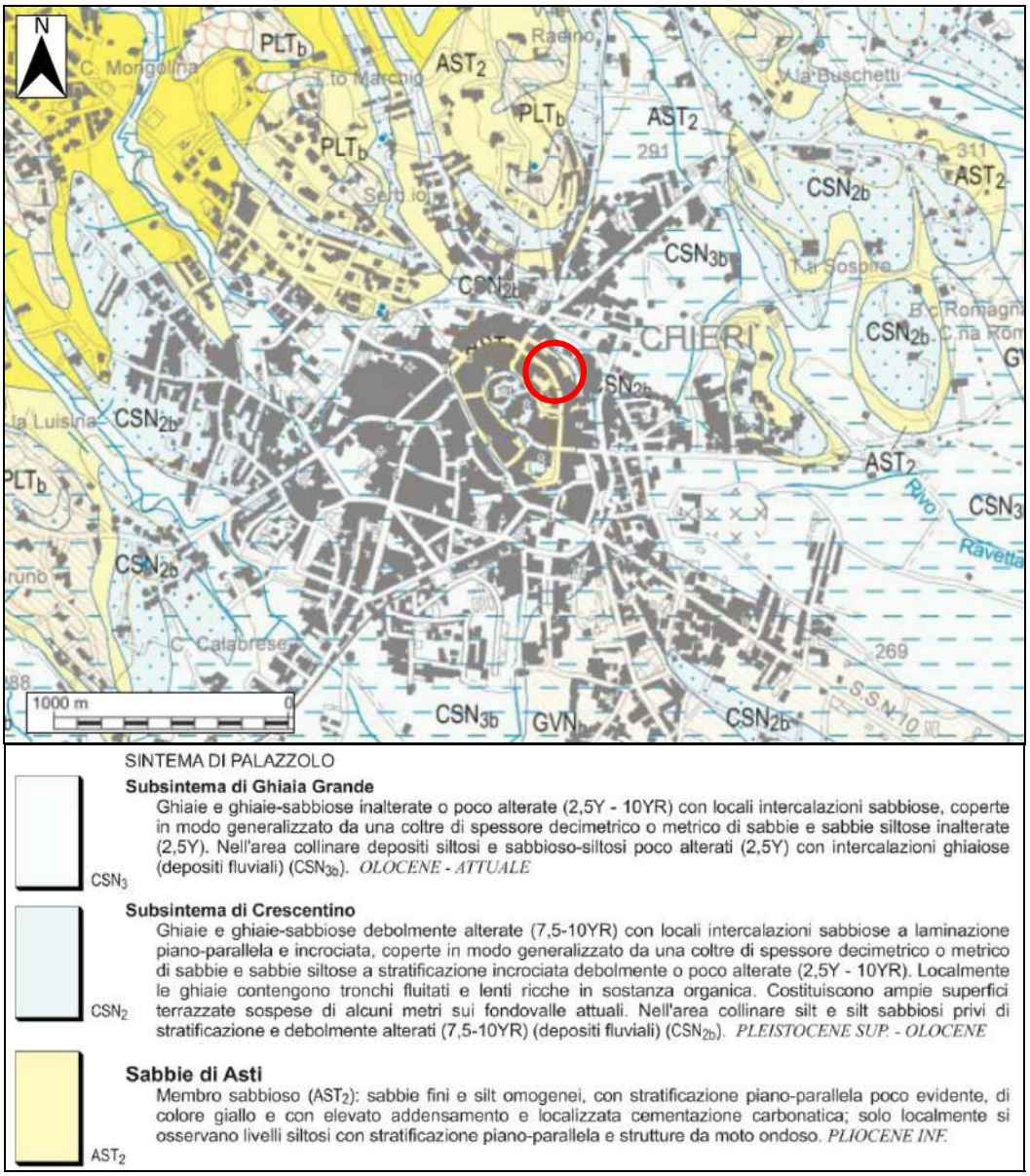


Figura 5: ubicazione dell'area in esame (circonferenza rossa) su stralcio della Carta Geologica di Italia in scala 1:50.000, Foglio 156 "Torino Est". Scala grafica.

4.2 – Assetto idrogeologico

Alla luce dei dati esaminati, è stato possibile riscostruire l'assetto idrogeologico generale dell'area di interesse, la quale risulta caratterizzata dalla presenza di depositi superficiali con permeabilità da mediocre a buona, in funzione della percentuale di sedimenti limosi.

Un buon acquifero può essere, inoltre, rappresentato dai depositi pliocenici sabbiosi, qualora non cementati, caratterizzati da buona permeabilità.

Contestualmente all'esecuzione delle prove in sito, non è stata riscontrata la presenza di falda fino a una profondità massima di 9,2 m dal p.c..

Data la presenza di depositi superficiali a permeabilità localmente scarsa, il drenaggio delle acque di infiltrazione potrebbe risultare difficoltoso, favorendo la formazione di ristagni in superficie e di falde sospese, sebbene di modesta entità. Tale evenienza dovrà essere tenuta in debita considerazione durante l'eventuale esecuzione di scavi, specie in seguito a eventi di pioggia intensi o duraturi.

5 INDAGINI IN SITO E MODELLO LITOSTRATIGRAFICO

5.1 – Indagini in sito

Il modello litostratigrafico e la caratterizzazione geotecnica del volume di terreno significativo sono stati ricavati tramite:

- analisi dei dati geologici presenti nella Banca Dati Geologica dell'Arpa Piemonte, in particolare nella Banca Dati Geotecnica;
- l'esame delle risultanze delle indagini in sito, in particolare:
  - n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH;
  - n. 1 indagine sismica tipo MASW;
- il riferimento a dati noti nella letteratura tecnica di settore e validi per litotipi aventi caratteristiche analoghe.

Le indagini geognostiche in sito, ubicate come da planimetria che segue, hanno permesso la ricostruzione del modello litostratigrafico di sottosuolo, come rappresentato nel profilo litotecnico interpretativo riportato in *allegato*.

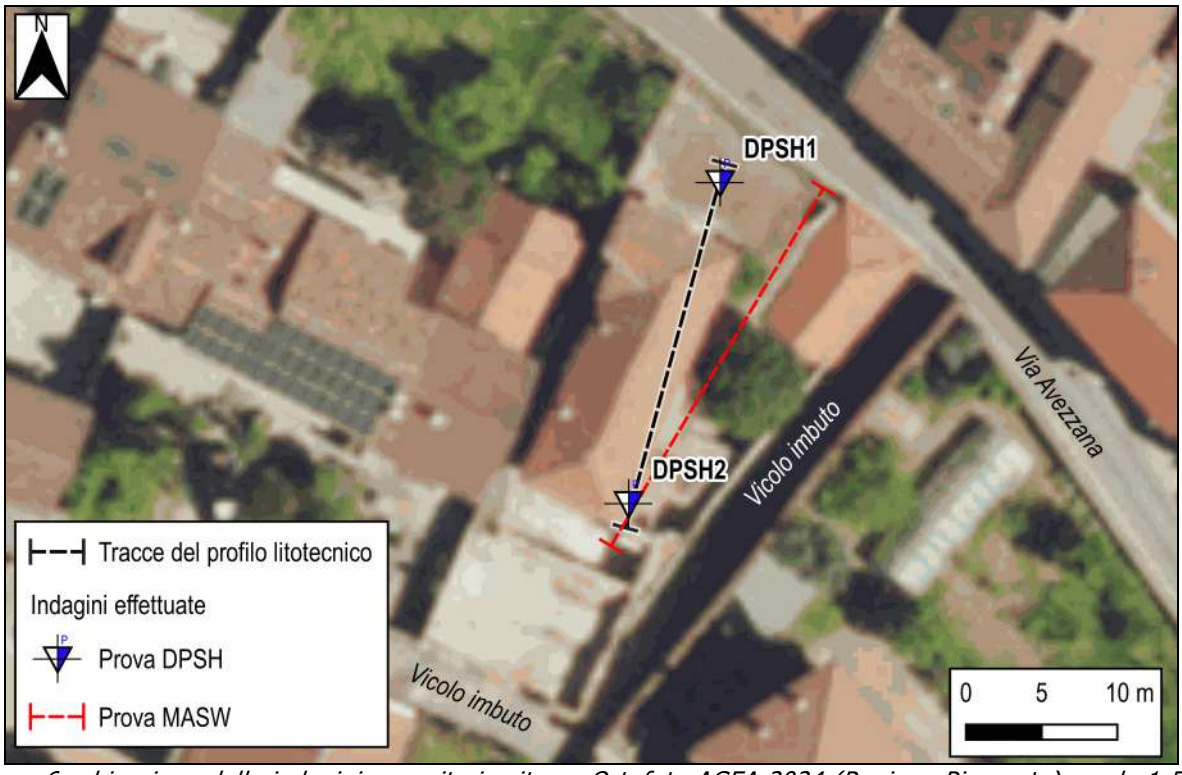


Figura 6: ubicazione delle indagini eseguite in sito su Ortofoto AGEA 2024 (Regione Piemonte); scala 1:500.



Figura 7: esecuzione dell'indagine in sito DPSH1 in data 18/09/2025.



Figura 8: esecuzione dell'indagine in sito DPSH2 in data 18/09/2025.



Figura 9: esecuzione dell'indagine sismica MASW in sito in data 18/09/2025.

5.2 – Modello litostratigrafico

Sulla base delle informazioni ottenute dalle indagini in sito (le cui risultanze sono riportate in *allegato*), è stato possibile distinguere 2 unità litostratigrafiche, caratterizzate da corpi geologici a geometria complessivamente piano-parallela, con contatti tra i corpi subparalleli alla giacitura del piano campagna o suborizzontali. Su queste unità è stata distinta una unità superficiale costituita da materiali di riempimento sciolti per il rimodellamento topografico locale.

Assetto litostratigrafico – Vicolo dell'Imbuto n. 13, Chieri (TO)		
da (m)	**a (m)**	**Descrizione**
0,0	3,8	Materiale sabbioso-limoso sciolto di riempimento a tergo del muro di sostegno. Unità distinta unicamente in corrispondenza della verticale DPSH1. *Unità litostratigrafica 1*
0,0	6,8	Coltre superficiale costituita da sabbie limose e limi sabbiosi poco addensati. *Unità litostratigrafica 2*
6,8	9,2	Sabbie limose e limi sabbiosi moderatamente addensati. *Unità litostratigrafica 3a*

Tabella 8: assetto litostratigrafico dell'area di intervento dedotto dalle indagini in sito.

Una rappresentazione schematica del sottosuolo nell'area di progetto è fornita dal profilo litotecnico interpretativo, riportato in *allegato*.

6 MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRI FISICO-MECCANICI

6.1 – Modellazione geotecnica

Sulla scorta delle indagini effettuate e delle informazioni acquisite, è stato possibile definire il modello litotecnico e caratterizzare i terreni rilevati da un punto di vista fisico-meccanico.

I valori medi ed i valori caratteristici dei parametri geotecnici, di seguito riportati, derivano dall'analisi delle risultanze delle prove di tipo DPSH eseguite in sito.

Le prove DPSH (*Dynamic Probing Super Heavy*) consistono nell'infissione di una punta o di un campionatore nel terreno, in assenza di un pre-foro, secondo un avanzamento prestabilito e proprio della strumentazione impiegata (generalmente pari a 20 o 30 cm). Il numero di colpi necessario al singolo avanzamento è genericamente denominato N (o N_{DP}).

Dal momento che, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo è rappresentato dalle prove penetrometriche standard in foro (SPT), la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{SPT} ottenuto con la suddetta; si presenta quindi la necessità di rapportare il numero di colpi delle prove dinamiche eseguite in sito (N) con N_{SPT}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta \cdot N$$

dove

$$\beta = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M peso massa battente.
M' peso aste.
H altezza di caduta.
A area base punta conica.
δ passo di avanzamento.

In base alle caratteristiche della strumentazione utilizzata in sito (DPSH TG 63-200 PAGANI) con passo di avanzamento ogni 20 cm e come riportato nel report delle indagini in *allegato*, il coefficiente β risulta pari a:

$\beta = 1,48$

Il valore di resistenza alla penetrazione dinamica N_{SPT} è stato "corretto" in funzione del tipo di attrezzatura utilizzata, della profondità e del diametro di perforazione adottando la seguente equazione (*Skempton, 1986*):

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R$$

dove

C_E = rapporto energetico, in funzione delle caratteristiche dell'attrezzatura (1,22);
C_B = fattore di correzione in funzione del diametro del foro (1,0);
C_R = fattore di correzione in funzione della lunghezza delle aste (variabile).

Il valore di N_{60} così ottenuto è stato infine normalizzato tenendo conto della pressione litostatica efficace agente alla profondità indagata *(Liao & Whitman, 1986)*:

$$N_{1(60)} = N_{60} \cdot C_N$$

e

$$C_N = \sqrt{\frac{98,1}{\sigma'_v}}$$

dove

C_N = fattore di correzione in funzione della profondità di prova;
σ'_v = tensione litostatica efficace.

Con riferimento alla suddivisione litostratigrafica riportata in *Tabella 8* e delle risultanze delle prove DPSH, è stato possibile operare una suddivisione litotecnica dei depositi di interesse. *Tabella 9*.

Unità litotecniche	N_{SPT} medio	$N_{1(60)}$ medio
Unità 1 (0,0 / 3,8)	1,9	2,5
Unità 2 (0,0 / 6,8)	5,7	6,7
Unità 3 (6,8 / 9,2)	12,3	12,0

Tabella 9: tabella relativa ai valori NSPT ed N1(60) medi.

Come si evince dalla sovrastante tabella, la suddivisione litotecnica ricalca la suddivisione litostratigrafica.

I parametri geotecnici dei terreni sono stati stimati per correlazione con i risultati delle prove DPSH mediante le seguenti relazioni:

il dato di densità relativa è stato ricavato dalla relazione proposta da *Terzaghi & Peck (1967)*:

$$D_R = 100\sqrt{\frac{N_{1(60)}}{60}} \quad (\%)$$

L'angolo di resistenza al taglio efficace dei depositi indagati è stato valutato attraverso la relazione di *Shioi-Fukuni (1982) – Road Bridge Specification*:

$$\varphi' = 15 + (15 \cdot N_{1(60)})^{0,5} \quad (°)$$

Il valore relativo al modulo di deformazione E_S è stato anch'esso ricavato dalle prove di tipo DPSH, facendo riferimento alla correlazione di *AASHTO (1996*):

$$E_S = 0,4 \cdot N_{1(60)} \quad (MPa)$$

Il rapporto di Poisson ν è stato stimato mediante la seguente correlazione A.G.I.:

$$\nu = [1 - \sin(\phi)] / [2 - \sin(\phi)]$$

I pesi di volume sono stati stimati sulla base delle caratteristiche litologiche.

La coesione non drenata delle Unità 1 e 2 è stata valutata sulla base dei valori proposti da Terzaghi-Peck (1948).

Parametri geotecnici – Vicolo dell'Imbuto n. 13, Chieri (TO)			
Parametri (valori medi)	**Unità 1** (0,0 / 3,8)	**Unità 2** (0,0 / 6,8)	**Unità 3a** (6,8 / 9,2)
Peso di volume secco (γ_d)	17 kN/m^3	17 kN/m^3	17 kN/m^3
Coesione non drenata (c_u)	16 kPa	44 kPa	79 kPa
Coesione efficace (c')	Non considerata	Non considerata	Non considerata
Densità relativa (Dr)	20 %	35 %	45 %
Modulo di deformazione (E)	1,0 MPa	2,7 MPa	4,8 MPa
Angolo di attrito efficace (φ')	21°	29°	31°
Coefficiente di Poisson (ν)	0,39	0,37	0,34

Tabella 10: valori medi dei parametri geotecnici.

Parametri geotecnici – Vicolo dell'Imbuto n. 13, Chieri (TO)			
Parametri (valori caratteristici)	**Unità 1** (0,0 / 3,8)	**Unità 2** (0,0 / 6,8)	**Unità 3a** (6,8 / 9,2)
Peso di volume secco (γ_k)	17 kN/m^3	17 kN/m^3	17 kN/m^3
Coesione non drenata (c_{uk})	8 kPa	28 kPa	50 kPa
Coesione efficace (c')	Non considerata	Non considerata	Non considerata
Angolo di attrito efficace (φ'_k)	20°	26°	27°

Tabella 11: valori caratteristici dei parametri geotecnici.

7 CONCLUSIONI

La presente relazione tecnica fornisce le risultanze della caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica del sito interessato dal *Piano di recupero per la ristrutturazione di edificio industriale e cambio di destinazione d'uso* del fabbricato ubicato in Vicolo dell'Imbuto n. 13, Chieri (TO).

Per quanto riguarda la definizione del modello geologico locale, sulla base dei dati acquisiti dalle indagini condotte, è possibile porre in evidenza quanto segue:

- la categoria di sottosuolo appartiene al tipo C;
- le caratteristiche litostratigrafiche delle aree indagate evidenziano la presenza di una unità superficiale costituita da depositi poco addensati (Unità 2) si circa 7 m di spessore, poggiante su depositi moderatamente addensati. In corrispondenza del cortile lato nord (via Avezzana) è stata individuata una unità costituita da depositi sciolti con mediocri caratteristiche meccaniche, con uno spessore di circa 4 m, rappresentata verosimilmente dai materiali di riempimento a tergo del muro di sostegno esistente.
- La presenza di depositi superficiali con scarse caratteristiche litotecniche dovrà essere tenuta in debita considerazione in caso di realizzazione di strutture che interferiscano con essi; dovrà essere inoltre valutata la capacità portante dei depositi di sottofondazione e la compatibilità dei cedimenti con la stabilità delle strutture in elevazione.
- In seguito alle indagini eseguite in situ non è stata rilevata la presenza della falda entro 9,2 m da p.c.; si segnala comunque la possibile saturazione temporanea dei terreni superficiali ad opera delle acque di infiltrazione, la cui presenza dovrà essere tenuta in debita considerazione durante l'eventuale esecuzione di scavi, specie a seguito di eventi piovosi prolungati o intensi.

Con riferimento alla normativa in vigore (D.M. 17/01/2018) si specifica inoltre quanto segue:

- in merito all'apertura dei fronti di scavo, funzionali alla realizzazione di opere in sotterraneo, si ribadisce che, ai sensi del punto 6.8.6.2 delle NTC, per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 metri, nei quali sia prevista la permanenza di

personale, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una struttura di sostegno delle pareti di scavo. In prossimità del bordo di scavo non dovranno essere posizionate attrezzature né accumulati materiali (compreso il terreno rimosso), neppure temporaneamente e si dovrà evitare la circolazione e la sosta dei mezzi d'opera e del personale addetto alla costruzione non direttamente impegnati nella realizzazione degli scavi;

- in corso d'opera dovrà essere verificata la rispondenza fra il modello geologico di riferimento, assunto in questa fase progettuale, e la situazione effettiva (desumibile dai lavori di posa delle strutture di fondazione previste).

Si conferma infine la fattibilità geologico-tecnica degli interventi in progetto, nel rispetto delle indicazioni contenute nella presente relazione.

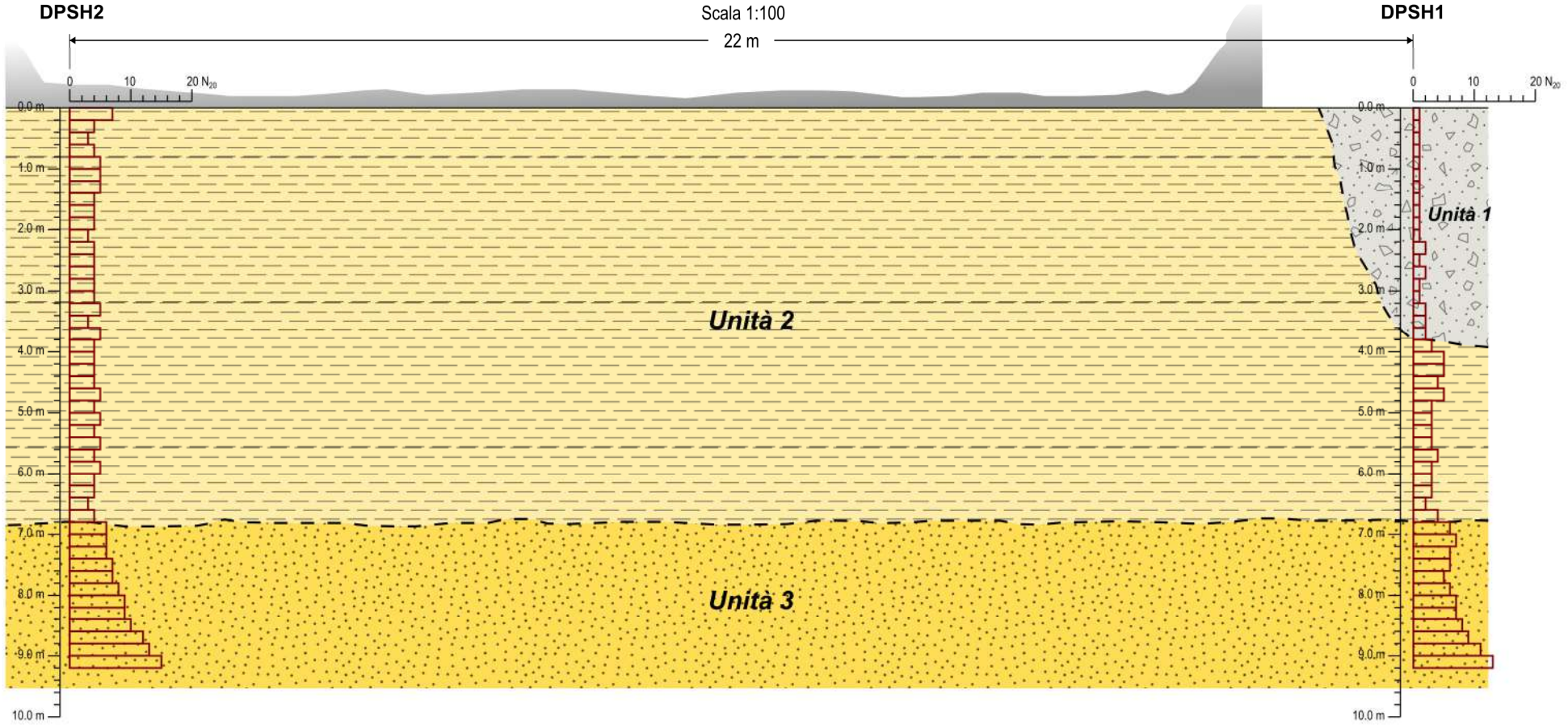
La Cassa, 3 ottobre 2025

Il geologo
dott. Stefano Tuberga



A L L E G A T I

PROFILO LITOTECNICO INTERPRETATIVO



LEGENDA

- Limite tra unità litotecniche
- Impronta dell' edificio esistente

Unità litotecniche

- ***Unità 1***: materiale sabbioso-limoso sciolto di riempimento a tergo del muro di sostegno
- ***Unità 2***: coltre superficiale costituita da sabbie limose e limi sabbiosi poco addensati
- ***Unità 3***: sabbie limose e limi sabbiosi moderatamente addensati

Parametri geotecnici – Vicolo dell'imbuto, Chieri (TO)

Parametri (valori caratteristici)	**Unità 1** (0,0 / 3,8)	**Unità 2** (0,0 / 6,8)	**Unità 3a** (6,8 / 9,2)
Peso di volume secco (γ_k)	17 kN/m^3	17 kN/m^3	17 kN/m^3
Coesione non drenata (c_{uk})	8 kPa	28 kPa	50 kPa
Coesione efficace (c')	Non considerata	Non considerata	Non considerata
Angolo di attrito efficace (ϕ'_k)	20°	26°	27°

RISULTANZE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DPSH

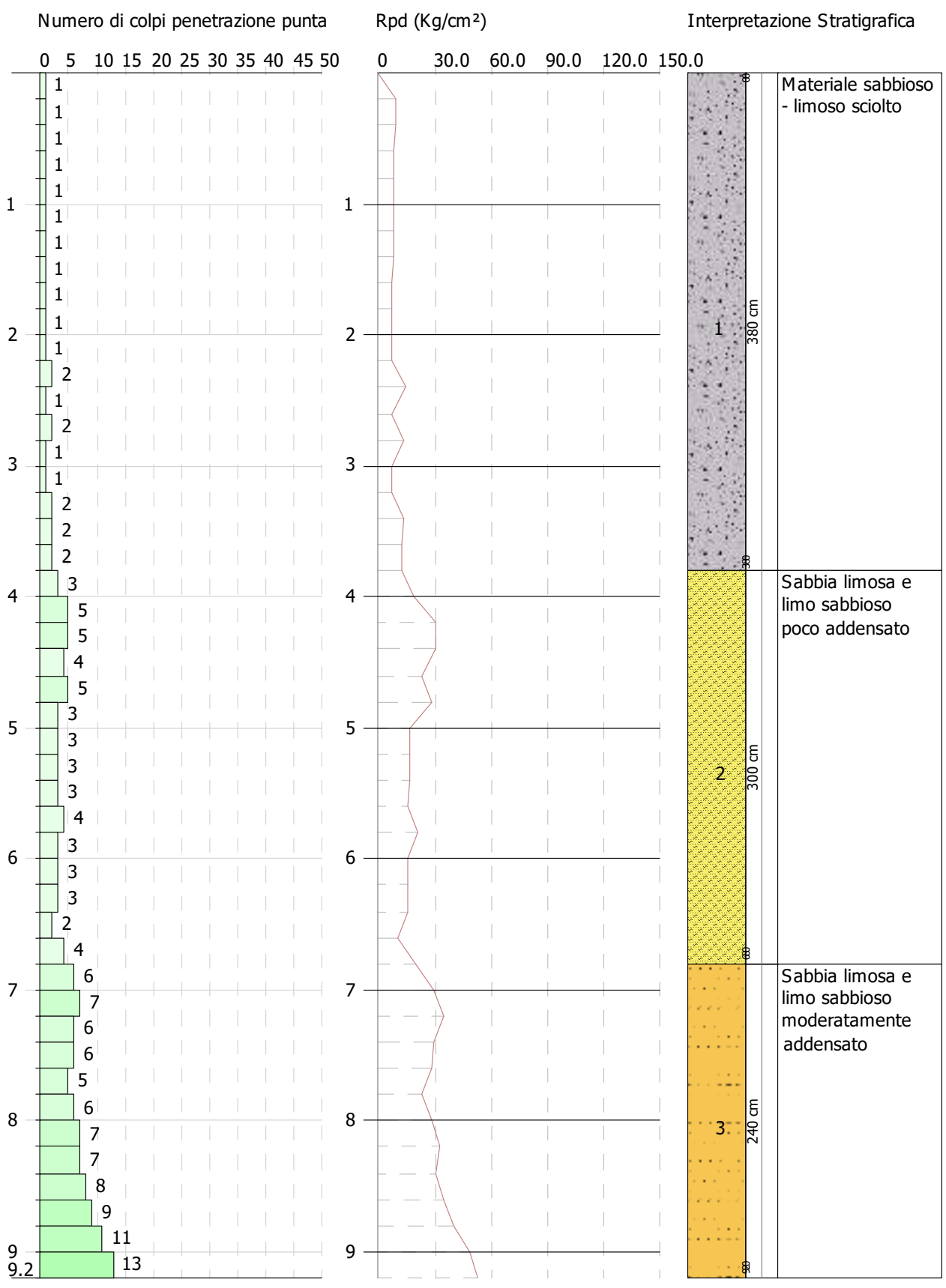
Dott. Geol. Stefano TUBERGA

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI

Committente: Sig. Casale Michele
Descrizione: Ristrutturazione con cambio di destinazione d'uso
Localita': Chieri - vicolo dell'Imbuto n. 13

18/09/2025

Scala 1:43



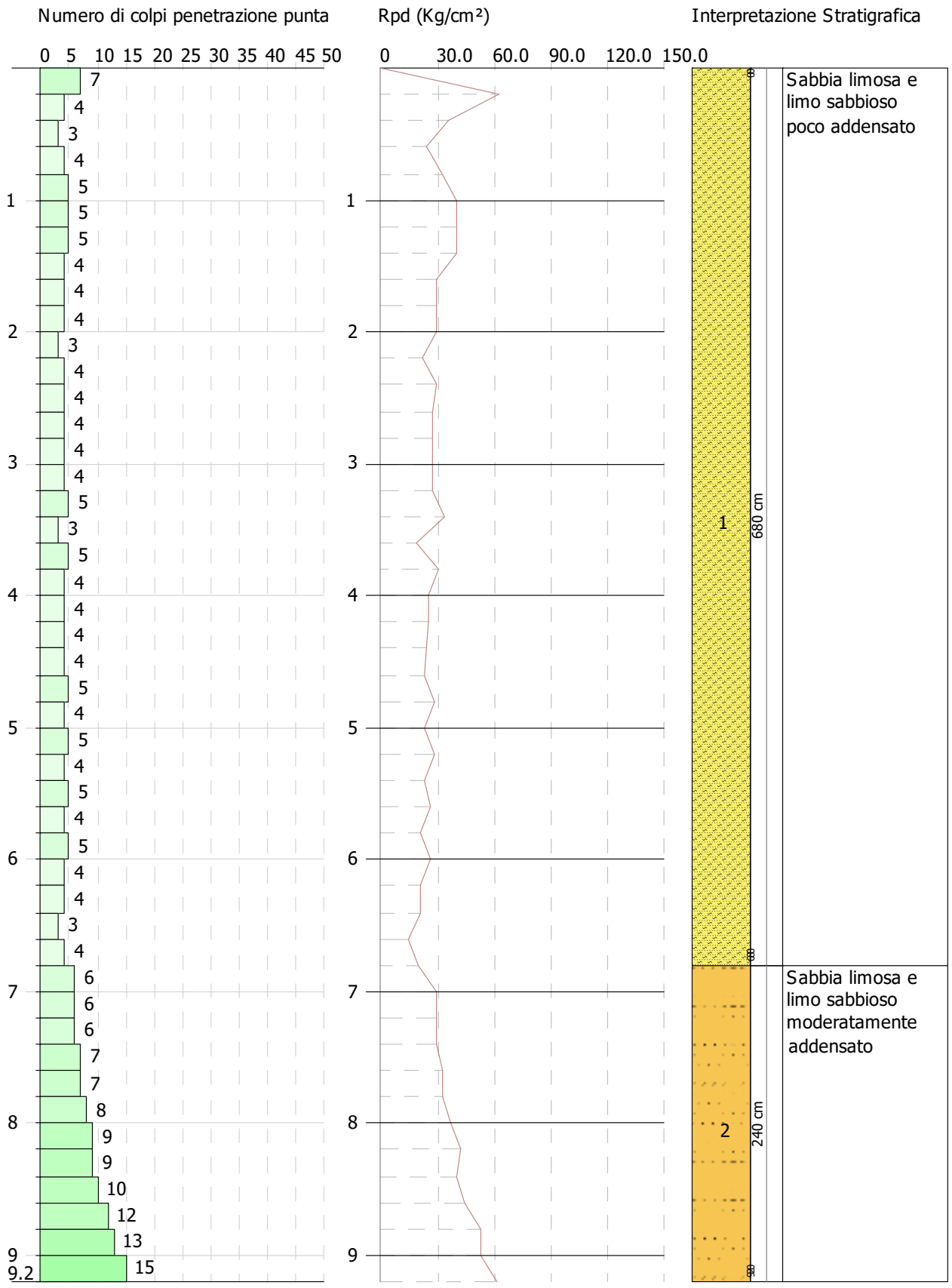
Dott. Geol. Stefano TUBERGA

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI

Committente: Sig. Casale Michele
Descrizione: Ristrutturazione con cambio di destinazione d'uso
Localita': Chieri - vicolo dell'Imbuto n. 13

18/09/2025

Scala 1:43



REPORT INDAGINE SISMICA MASW

Regione Piemonte

CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

COMUNE DI CHIERI

Progetto:

Indagine sismica

Ubicazione:

Vicolo dell'Imbuto n. 13

Oggetto:

REPORT DI INDAGINE SISMICA MASW

Committente:	Data	Elaborato
Sig. CASALE Michele **Via Martini e Rossi n. 49 – Pessione - Torino**	**18.09.2025**	**R.I.S.**

Il tecnico:
Dott. Geol. Stefano TUBERGA
Via Edoardo Giordanino n. 4
10040, La Cassa (TO)
Tel. 011.9842043
geo.sgt@tiscali.it

INDICE

1. PREMESSA **3**

2. INDAGINE SISMICA MASW **4**

3. DATI GENERALI E TRACCE **6**

4. ANALISI SPETTRALE **7**

5. CURVA DI DISPERSIONE **8**

6. INVERSIONE **9**

7. RISULTATI **11**

1. PREMESSA

In data 18/09/2025 è stata eseguita un'indagine indiretta di tipo MASW, per determinare la categoria di sottosuolo, a fini sismici, presso la proprietà sita in Comune di Chieri, Vicolo dell'Imbuto n. 13. *Figura 1*.



Figura 1: ubicazione dell'indagine sismica effettuata, su stralcio immagine satellitare Google Earth Pro. Sono indicate le posizioni del geofono n. 1 ed il geofono n. 24. Scala grafica.

2. INDAGINE SISMICA MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc..

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel

dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità-frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

3. DATI GENERALI E TRACCE

Dati Generali	
Operatori	Dott. Geol. Stefano Tuberga
Data	18/09/2025
Tracce	
N. tracce	24
Durata acquisizione (msec)	1500.0
Interdistanza geofoni (m)	1.0
Periodo di campionamento (msec)	1.0

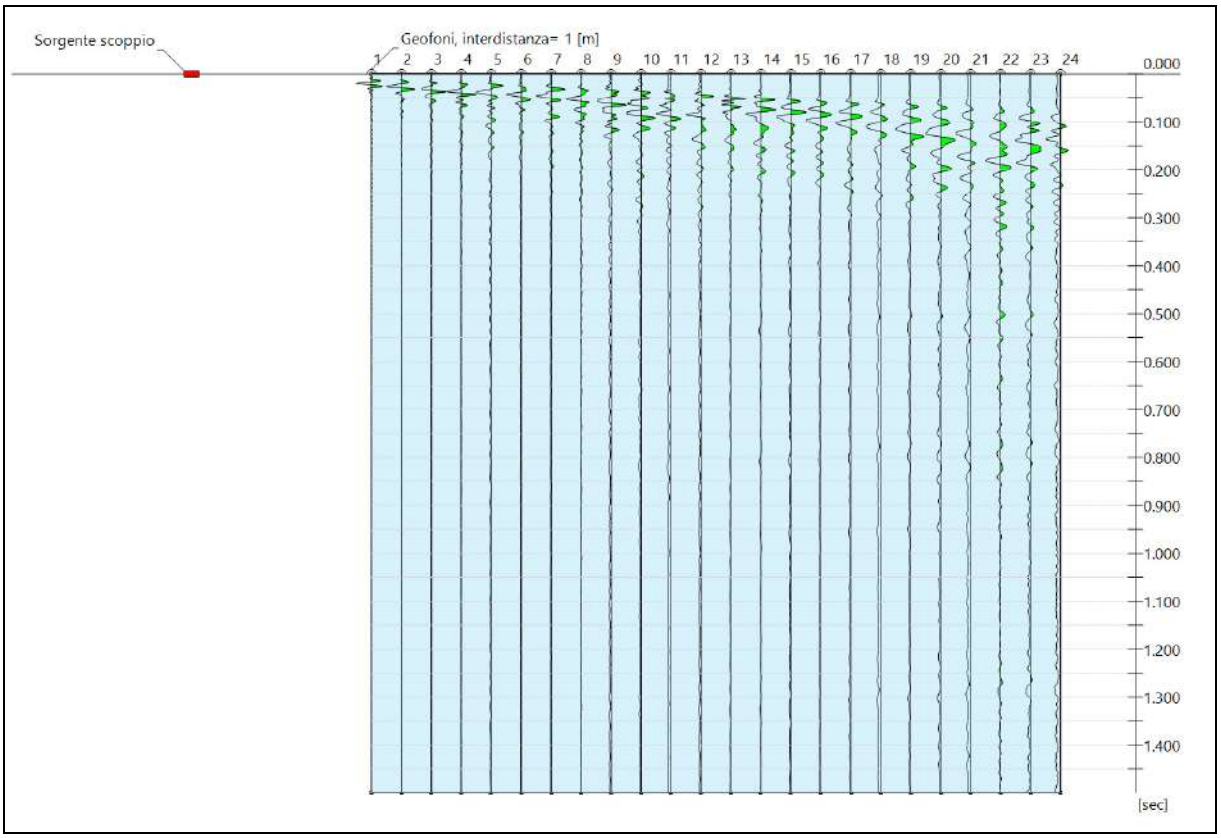


Figura 2: rappresentazione delle tracce registrate adottando lo stendimento a 24 geofoni. Sorgente sismica posta a -2,0 e a -5,0 m dal geofono G1.

4. ANALISI SPETTRALE

Analisi spettrale	
Frequenza minima di elaborazione (Hz)	5
Frequenza massima di elaborazione (Hz)	60
Velocità minima di elaborazione (m/sec)	1
Velocità massima di elaborazione (m/sec)	800
Intervallo velocità (m/sec)	1

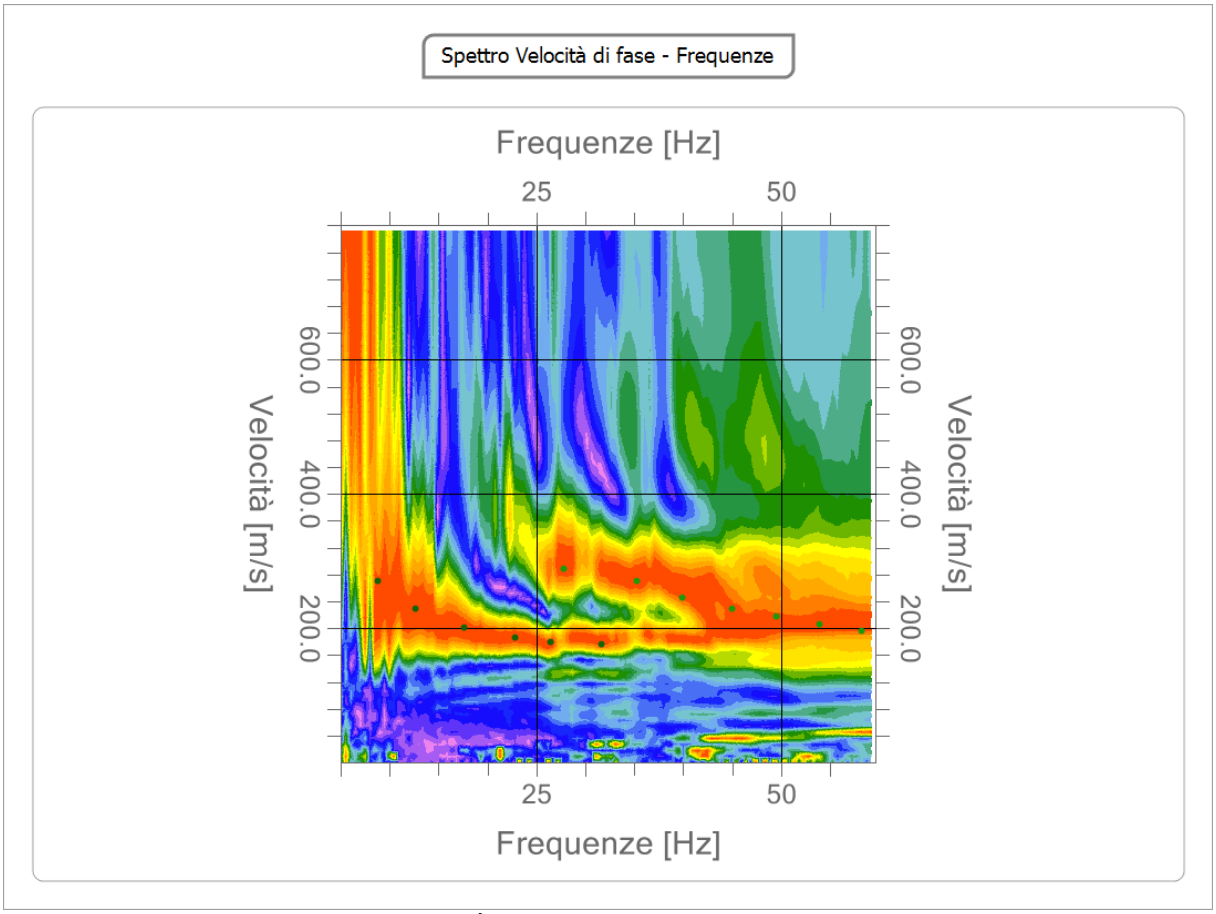


Figura 3: immagine dello spettro "Velocità di fase – Frequenze" con rappresentazione del picking effettuato.

5. CURVA DI DISPERSIONE

N.	Frequenza (Hz)	Velocità (m/sec)	Modo
1	8.7	270.6	0
2	12.6	229.3	0
3	17.6	201.2	0
4	22.8	186.3	0
5	26.4	179.7	0
6	27.7	288.8	1
7	31.6	176.3	0
8	35.2	270.6	1
9	39.8	245.8	1
10	44.9	229.3	1
11	49.5	217.7	1
12	53.9	206.1	1
13	58.2	196.2	1

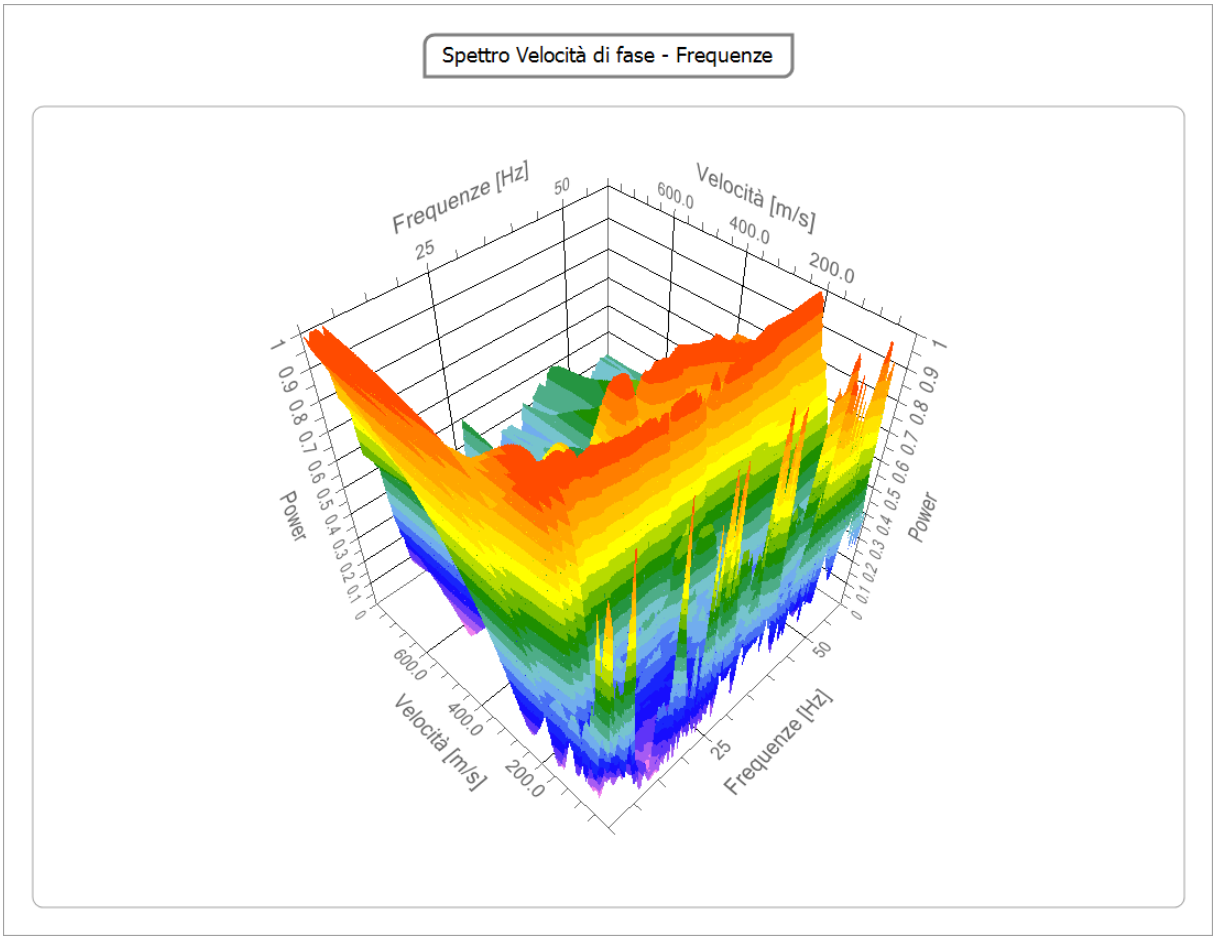


Figura 4: vista 3D dello spettro "Velocità di fase – Frequenze".

6. INVERSIONE

n.	Profondità (m)	Spessore (m)	Peso unità volume (kg/m³)	Coefficiente Poisson	Falda	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1	5.00	5.00	1700.0	0.35	No	379.5	182.3
2	9.09	4.09	1700.0	0.30	No	571.7	305.6
3	16.09	7.00	1700.0	0.30	No	596.0	318.6
4	24.06	7.96	1800.0	0.30	No	601.9	321.7
5	31.13	7.07	1800.0	0.30	No	645.7	345.2
6	∞	∞	1800.0	0.30	No	826.2	441.6

Percentuale di errore: 0.076 %

Fattore di disadattamento della soluzione: 0.027

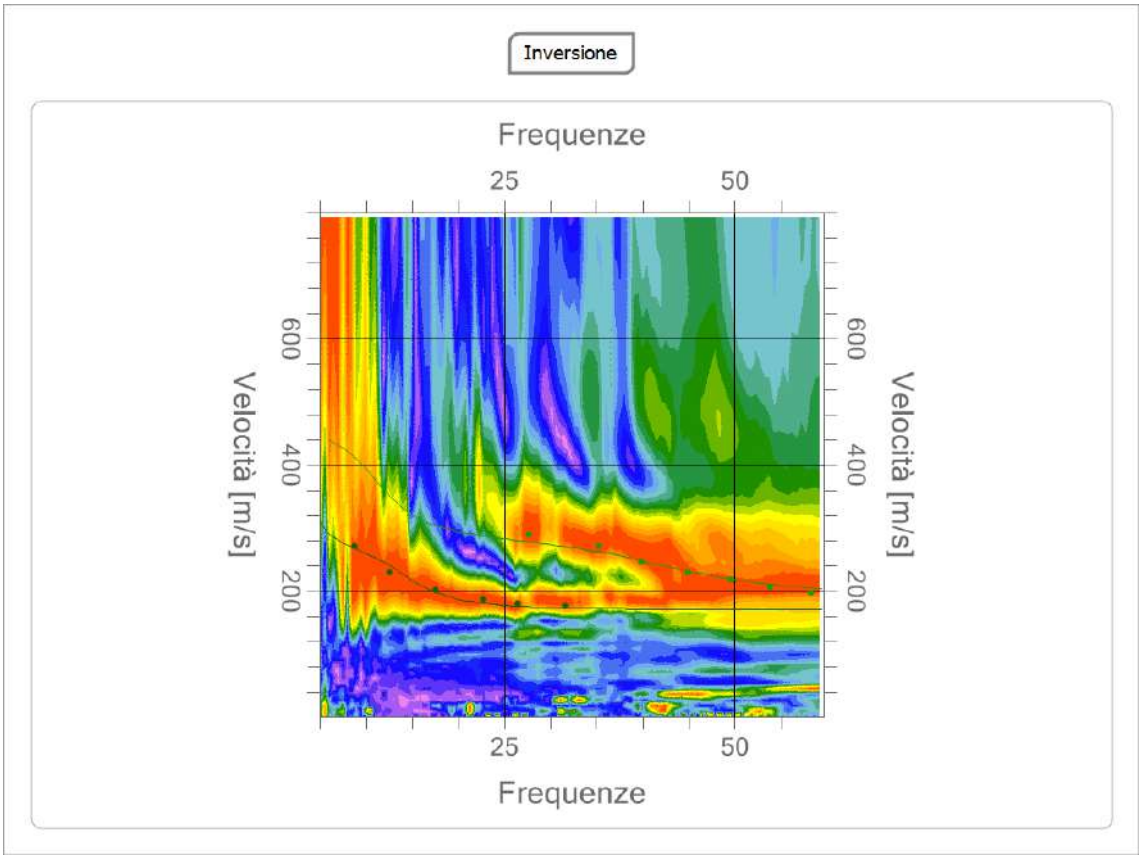


Figura 5: rappresentazione dell'inversione elaborata.

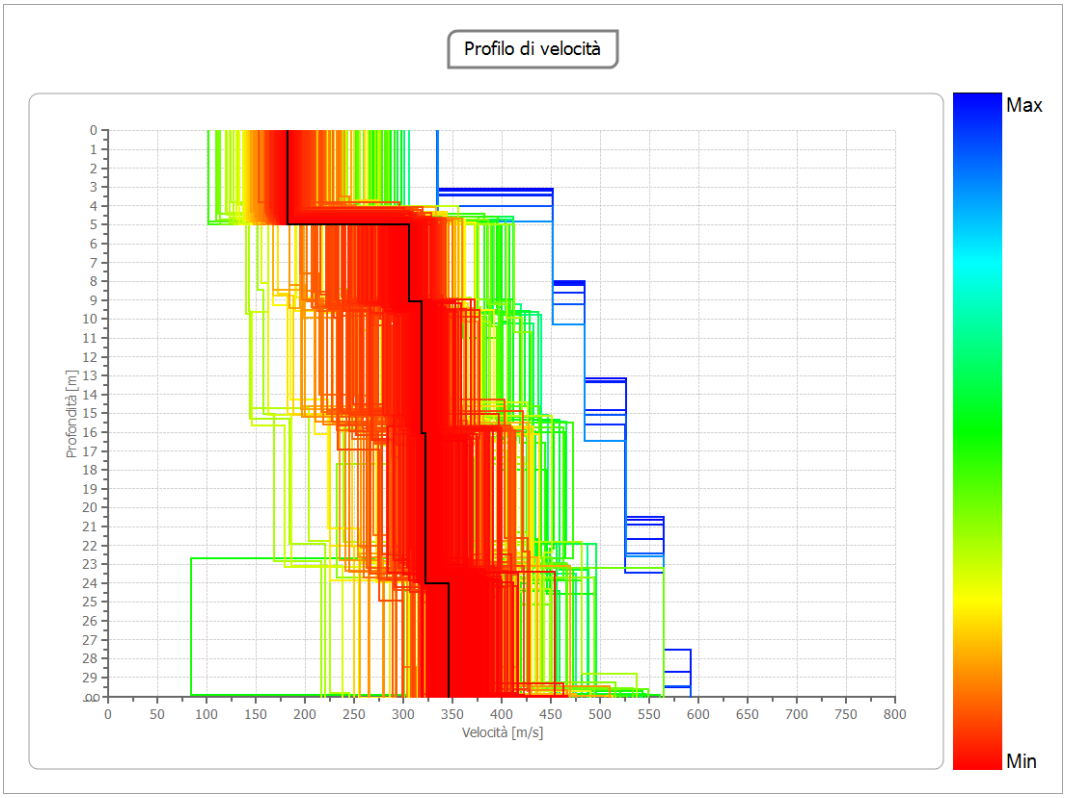


Figura 6: rappresentazione dei profili di velocità elaborati (in nero il profilo con il fattore minimo di disadattamento).

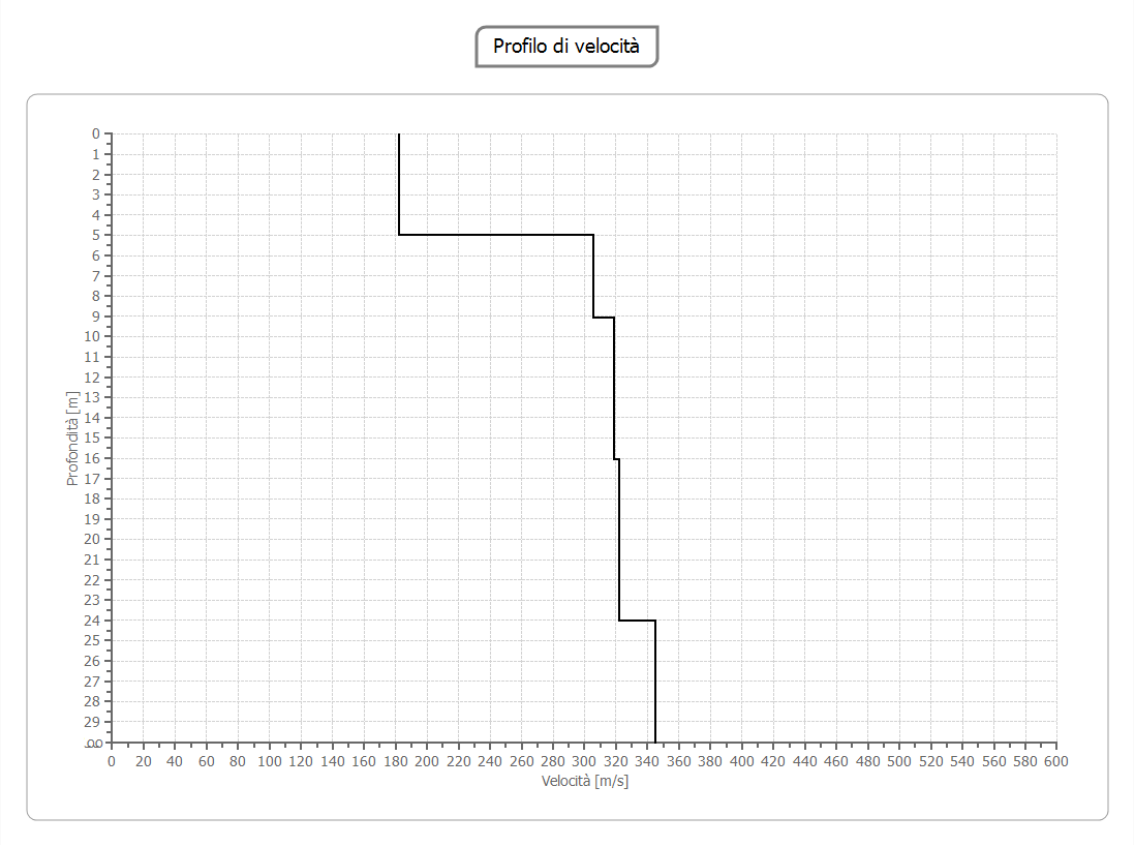


Figura 7: rappresentazione del profilo di velocità ottenuto.

7. RISULTATI

Profondità (m)	1.0
Vs_{30} (m/sec)	294
Categoria del suolo	C

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



Foto 1: stendimento sismico effettuato.