

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

COMMITTENTE SCR Piemonte		COMUNE Città di TORINO			
LIVELLO PROGETTUALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
CUP C14E21001220001	TITOLO INTERVENTO TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO' REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO				
CODICE OPERA 22044D02					
ELABORATO N. 001	TITOLO ELABORATO Relazione specialistica geologica				
DATA Novembre 2022	SCALA -	AREA PROGETTUALE Geologia			
FORMATO DI STAMPA A4	CODICE GENERALE ELABORATO 22044D02_1_0_P_GG_00_CG_001_0		NOME FILE SyncIENydrionLAVORI2022\38_22_SCR_TO\consegna\GEOLOGIA\consegna_18_11_22		
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	DIS.	CONTR	APPR.
0	Novembre 2022	Prima emissione	Quaranta	Cogo	Quaranta
PROGETTISTA INCARICATO  ENydrion STP S.r.l. Corso Duca degli Abruzzi 42 10129 Torino		TIMBRI - FIRME Dott. Geol. Elena Cogo Dott. Geol. Nicola Quaranta			
ORGANISMO DI CONTROLLO CONTECO S.p.A. Responsabile di Commessa: Ing. Daniele Baldi		SCR PIEMONTE S.p.A. Responsabile del Procedimento: Arch. Sergio Manto			

Sommario

1	Premessa.....	3
2	Riferimenti normativi.....	3
3	Inquadramento geografico.....	4
4	Inquadramento geomorfologico.....	5
5	Inquadramento geologico.....	9
5.1	Assetto geologico a scala di area vasta.....	9
5.2	Assetto geologico a scala urbana e unità stratigrafiche di interesse.....	10
6	Indagini geognostiche ed interpretazione dei risultati.....	14
6.1	Sondaggi geognostici.....	14
6.2	Analisi dei dati sedimentologici.....	16
7	Caratterizzazione geotecnica.....	17
7.1	Parametrizzazione geotecnica.....	17
7.2	Unità 1: terreni di riporto.....	18
7.2.1	Parametrizzazione riferita a siti limitrofi.....	18
	<i>Densità relativa D_r (%)</i>	18
	<i>Peso dell'unità di volume γ</i>	18
	<i>Angolo di resistenza al taglio ϕ</i>	19
	<i>Modulo elastico E</i>	19
	<i>Modulo di Poisson ν</i>	19
7.2.2	Parametrizzazione riferita a correlazioni con le indagini geofisiche di superficie.....	19
7.3	Unità 2 – Depositi alluvionali.....	20
7.3.1	Modalità esecutive e risultati delle prove SPT.....	21
7.3.2	Parametri geotecnici desunti dalle prove penetrometriche SPT.....	27
7.4	Unità 3 – Substrato argilloso - marnoso.....	28
8	Caratterizzazione idrogeologica.....	29
8.1	Caratteristiche idrogeologiche generali.....	29
8.2	Base dell'acquifero superficiale.....	32
8.3	Parametri idrodinamici.....	34
8.3.1	Determinazioni precedenti.....	34
8.3.2	Prove sperimentali sito-specifiche.....	36
8.3.3	Rassegna di parametri idrodinamici desumibili da pozzi esistenti.....	37
9	Assetto piezometrico.....	38
9.1	Piezometria.....	38
9.2	Soggiacenza.....	45
9.3	Escursioni del livello di falda.....	47
9.3.1	Escursioni pluriennali.....	47
9.3.2	Escursioni stagionali.....	51
10	Modello sismico del sito.....	52
10.1	Classificazione sismica.....	52
10.2	Sismicità storica.....	54
10.3	Inquadramento sismotettonico.....	56

10.4	Pericolosità sismica	57
10.5	Indagini sismiche.....	61
10.6	Categorie di sottosuolo e topografiche	62
11	Vincoli territoriali.....	64
12	Conclusioni.....	67

Indice degli allegati

- ALLEGATO 1 – CARTA GEOLOGICA SCHEMATICA
- ALLEGATO 2 – SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA
- ALLEGATO 3 – REPORT DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE
- ALLEGATO 4 – REPORT DELLE INDAGINI GEOFISICHE
- ALLEGATO 5 – REPORT DELLE ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO

1 Premessa

La presente relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica e sismica è redatta da ENydrion STP S.r.l. per incarico conferito da S.C.R. Piemonte S.p.A. in data 28.09.2022 con Protocollo nr. 7386 ed è riferita al Progetto "*Torino, il suo parco, il suo fiume: memoria e futuro*" - Realizzazione della Biblioteca Civica e riqualificazione del Teatro Nuovo (CUP C14E21001220001).

In particolare, l'elaborato costituisce la Relazione geologica e geotecnica della nuova Biblioteca Civica di Torino ai sensi del DM 11/03/88 e 17/01/18 con caratterizzazione sismica del sedime come da NTC 2018 e analizza i seguenti aspetti:

- la localizzazione geografica;
- il quadro geologico generale;
- gli allegati geologici al P.R.G.C. vigente;
- la caratterizzazione geologico-geomorfologica;
- il quadro idrogeologico;
- le indagini geognostiche e l'interpretazione dei risultati;
- il modello geologico;
- la caratterizzazione geotecnica;
- l'indagine sismica;
- il modello sismico del sito.

2 Riferimenti normativi

Variante al P.R.G.C. n. 100 del comune di Torino, approvata dalla Regione Piemonte con D.G.R. N. 21-9903 del 27/10/2008, pubblicata sul B.U.R. n. 45 del 6/11/2008).

Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGR), approvato nella seduta di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po del 3 marzo 2016, con deliberazione n.2/2016 e adottato con deliberazione n.4/2015.

Autorità di Bacino del F. Po, Piano di Assetto Idrogeologico approvato con DPCM 24 maggio 2001 e s.m.i.

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale

“Deliberazione della Giunta Regionale n. 10-4161 del 26 novembre 2021 - procedure di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico, allineate con la nuova classificazione sismica individuata con D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 6-887” e “Determinazione dirigenziale 12 gennaio 2022, n. 29 che ne approva le relative modalità attuative”.

“Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6- 887 “Presenza d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656”

Regione Piemonte L.R. n. 22 del 30 aprile 1996. Ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee.

Regione Piemonte L.R. n. 6 del 7 aprile 2003. Disposizioni in materia di autorizzazione agli scarichi delle acque reflue domestiche e modifiche alla legge regionale 30 aprile 1996, n. 22 (Ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee).

Regione Piemonte, Regolamento regionale 29 luglio 2003, n. 10/R: Disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica (Legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61).

Regione Piemonte - D.G.R. 3 Giugno 2009, n. 34-11524 “Legge regionale 30 aprile 1996 n. 22, articolo 2, comma 7. Criteri tecnici per l'identificazione della base dell'acquifero superficiale e aggiornamento della cartografia contenuta nelle "Monografie delle macroaree idrogeologiche di riferimento dell'acquifero superficiale" del Piano di Tutela delle Acque, approvato con D.C.R. 117-10731 del 13/03/2007” – Testo e Allegati.

Regione Piemonte D.G.R. 2 Febbraio 2018, n. 12-6441. Aree di ricarica degli acquiferi profondi - Disciplina regionale ai sensi dell'articolo 24, comma 6 delle Norme di piano del Piano di Tutela delle Acque approvato con D.C.R. n. 117-10731 del 13 marzo 2017.

Regione Piemonte D.C.R. n. 179 - 18293, a seguito della D.G.R. n. 8-3089 del 16 aprile 2021 - Aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque (PTA 2021).

Regione Piemonte D.D. 4 Aprile 2022, n. 140. Codice A1604B. D.G.R. n. 34-11524 del 3/06/2009 - Aggiornamento della cartografia della base dell'acquifero superficiale alla scala 1:50.000 del Comune di Torino e di una porzione limitata dei Comuni di Borgaro T.se, Venaria Reale, Collegno, Rivoli, Orbassano, Beinasco e Moncalieri estesa in un intorno di cinque chilometri lungo il tracciato della Linea 2 della Metropolitana di Torino del lotto funzionale Politecnico – Rebaudengo.

3 Inquadramento geografico

In accordo con quanto prescritto nell' Allegato B del Regolamento regionale 29 luglio 2003, n. 10/R, il presente studio descrive l'assetto geologico-strutturale nel quale si inserisce il progetto in esame e fornisce indicazioni sugli aspetti geologici, sedimentologico-stratigrafici, tettonici, idrogeologico-geomorfologici e sismici del territorio perfluviale.

Tale studio interessa un'area avente indicativamente dimensioni di oltre un'ordine di grandezza superiori rispetto all'impronta dell'area interessata dal progetto, e comunque tale da consentire le caratterizzazioni richieste. Nella valutazione preliminare sull'estensione dell'area da investigare, sono prioritariamente considerati i limiti geologici e strutturali presenti. Gli elaborati cartografici sono presentati a scala adeguata ai tematismi rappresentati e riportati su stralci della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.

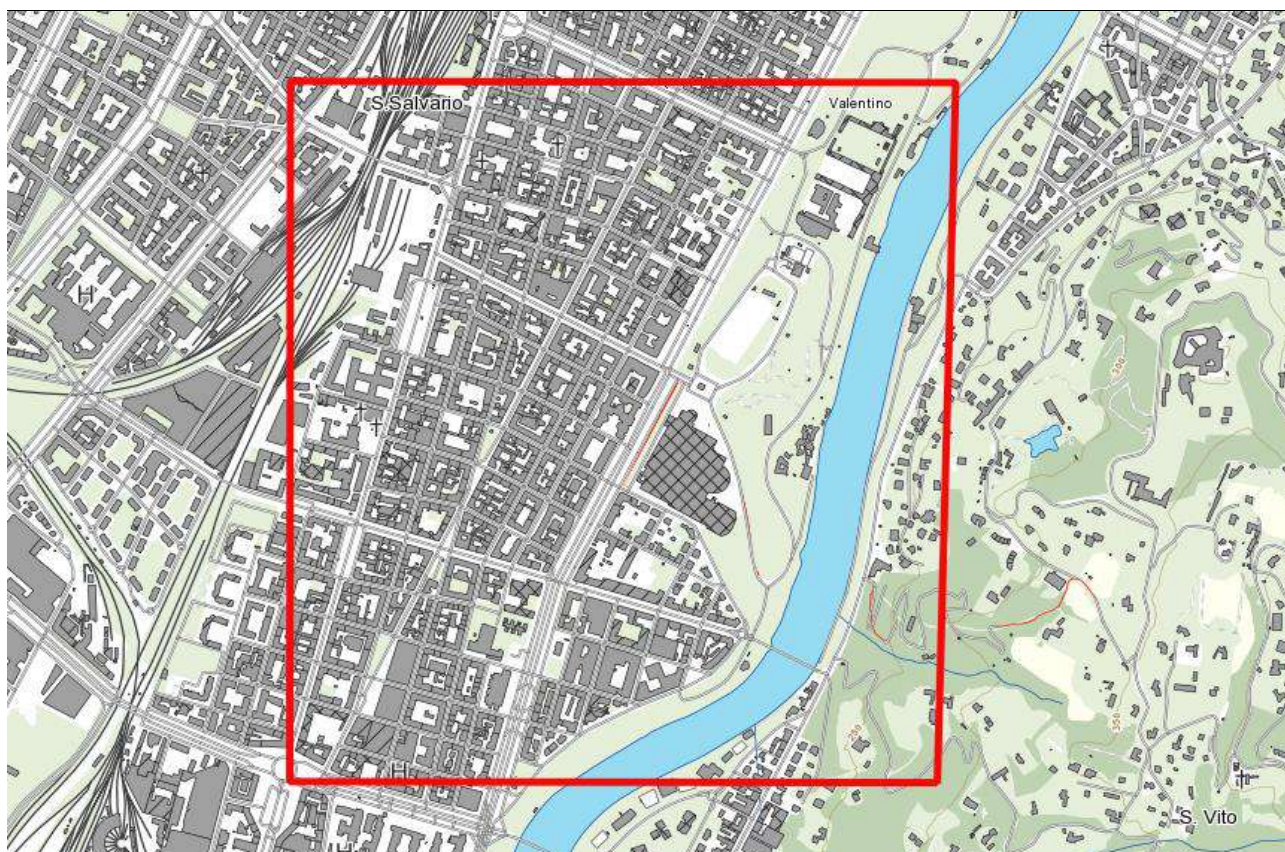


Figura 1: ambito di studio geologico di dettaglio, perimetrato entro 1 km dal sito di progetto su sfondo base cartografica BD3 2022 – Regione Piemonte.

I limiti dell'area di studio geologico comprendono:

- a Nord, l'area urbana compresa tra Largo Marconi e il Castello del Valentino (Facoltà di Architettura)
- ad Est, il versante collinare in sponda destra idrografica del F. Po
- a Sud, Corso Bramante e il tratto fluviale tra Ponte Isabella e Ponte Balbis
- ad Ovest, il sedime ferroviario presso vil "Bivio Crocetta" e Via Nizza sino a Largo Carducci.

Nell'area di studio sono ben distinguibili, demarcati dall'asse viario di C.so Massimo d'Azeglio, un settore occidentale e meridionale, ad elevato tasso di urbanizzazione, ed un settore orientale con prevalenza di aree verdi limitrofe alla regione fluviale del z, rispetto alle aree edificate più rade.

4 Inquadramento geomorfologico

L'assetto geomorfologico del sito in esame è connotato dal modellamento del territorio da parte del reticolo idrografico principale, costituito dall'alveo del F. Po, nonché dalla rielaborazione antropica delle originarie e preesistenti morfologie fluviali. L'evoluzione paleogeografica dell'alveo del F. Po nel contesto torinese è stata oggetto di recenti ed approfonditi studi basati sull'analisi degli affioramenti, della morfometria e della pedologia dei depositi alluvionali, dei lembi terrazzati nel settore collinare e delle deformazioni degli stessi per effetto del progressivo sollevamento della Collina Torinese. Ad oggi è accertata la progressiva migrazione verso Nord-Ovest del margine collinare torinese e lo spostamento del collettore fluviale del bacino meridionale piemontese ("Paleo-Po") dal settore orientale-chierese al versante occidentale-torinese della Collina, nel quadro della marcata asimmetria morfologica della Collina stessa, che presenta il fianco torinese segnatamente più acclive e corto rispetto al fianco chierese allungato e meno acclive.



Figura 3: cartografia del PGRA – Piano di Gestione Rischio Alluvioni - Fonte: *Ministero Ambiente, GEOportale.*

Nell’ambito della ricostruzione della cartografia storica del sito, è possibile porre a confronto lo stato attuale dei luoghi con quello antecedente all’urbanizzazione dell’area del Valentino.

Le forme naturali, riprese dal modellamento antropico dell’area urbana nell’intorno del sito di progetto, si connotano per la presenza di direttrici di drenaggio superficiale, sottolineate da moderati impluvi secondari, ubicati rispettivamente a Sud e a Nord, lungo l’attuale sede di Corso Dante e Corso Marconi.

Situato poco a Nord del sito di progetto, nei primi decenni del secolo XX (da 1872 al 1933) fu realizzato un bacino lacustre di estensione pluri-ettometrica, nella depressione situata immediatamente ad Est di C.so Massimo d’Azeglio. Fonte: *Torino Storia; Valentino dimenticato: sul lago che non c’è più.*

Nessun angolo di Torino fu costruito e ricostruito tante volte nel giro di pochi decenni come il Parco del Valentino: a cavallo fra Ottocento e Novecento l’aspetto di questo grande polmone verde sulla riva del Po, fatto di prati e fontane, vide paradossalmente più cambiamenti, ravvicinati fra loro, di tutte le altre porzioni di città. Ebbero sede qui le spettacolari Esposizioni del 1884, 1898, 1902, 1911 e 1928, con fastosi allestimenti, monumenti e padiglioni che ogni volta venivano smontati, spostati, rimontati, rottamati, trasformati. Di quella stagione resta molto poco: il Borgo Medievale, la Fontana dei 12 Mesi e poco altro.

Gli archivi fotografici registrano trasformazioni di allestimenti edilizi nelle immediate adiacenze del sito dell’intervento in progetto, che inducono a ritenere probabile la presenza al suolo e nel sottosuolo di significativi spessori di terreni di riporto di origine antropica, riferibili a materiali edili. Si veda a tale proposito il caso del contesto adiacente alla Fontana dei Dodici Mesi.

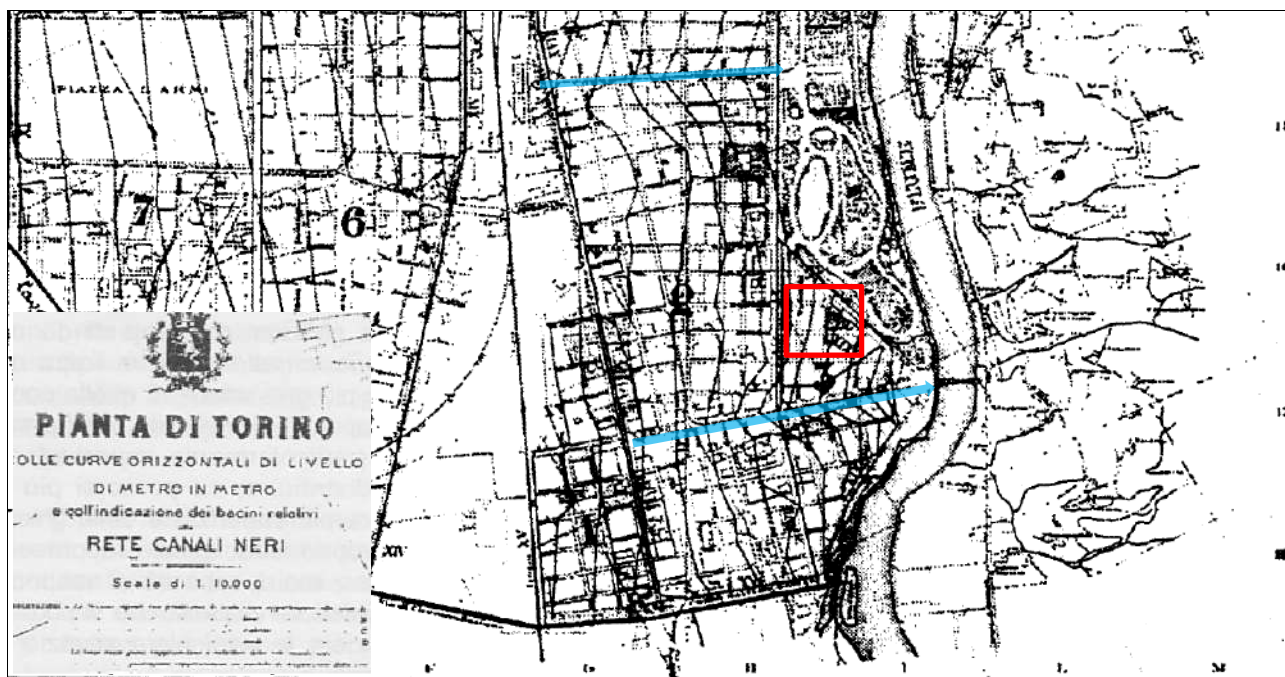


Figura 4: cartografia storica della città, 1893



Figura 5: fotografia d’epoca che ritrae il bacino lacustre artificiale a Nord del sito di progetto. Fonte: *Torino Storia (Periodico Settimanale)*



Figura 6: fotografia d’epoca che ritrae la fontana dei 12 mesi, con allestimenti architettonici. Fonte: *Torino Storia (Periodico Settimanale)*

5 Inquadramento geologico

5.1 Assetto geologico a scala di area vasta

Il sito di intervento in esame si colloca in un settore di contatto tra unità geologiche a scala regionali distintamente connotate nel quadro evolutivo orogenico e deposizionale piemontese, qui sottolineato dal rilievo orogenico della Collina di Torino (in rapporto di svincolo tettonico con l'arco del Monferrato), il cui limite Nord-Occidentale è sottolineato da un'importante direttrice di deformazione strutturale – FSP o Fronte di Sovrascorrimento Padano, a Nord e Nord-Ovest del quale si sviluppa il Bacino Pliocenico Padano, al margine orientale del quale sorge l'area metropolitana Torinese.

Oltre la prosecuzione sepolta del FSP si sviluppa a Sud il bacino Pliocenico subsidente di Savigliano, con i due depocentri di Racconigi (DR) e di Fossano (DF), separati da un altro fronte di sovrascorrimento sepolto profondo identificato come “Saluzzo - Sommariva Bosco”.

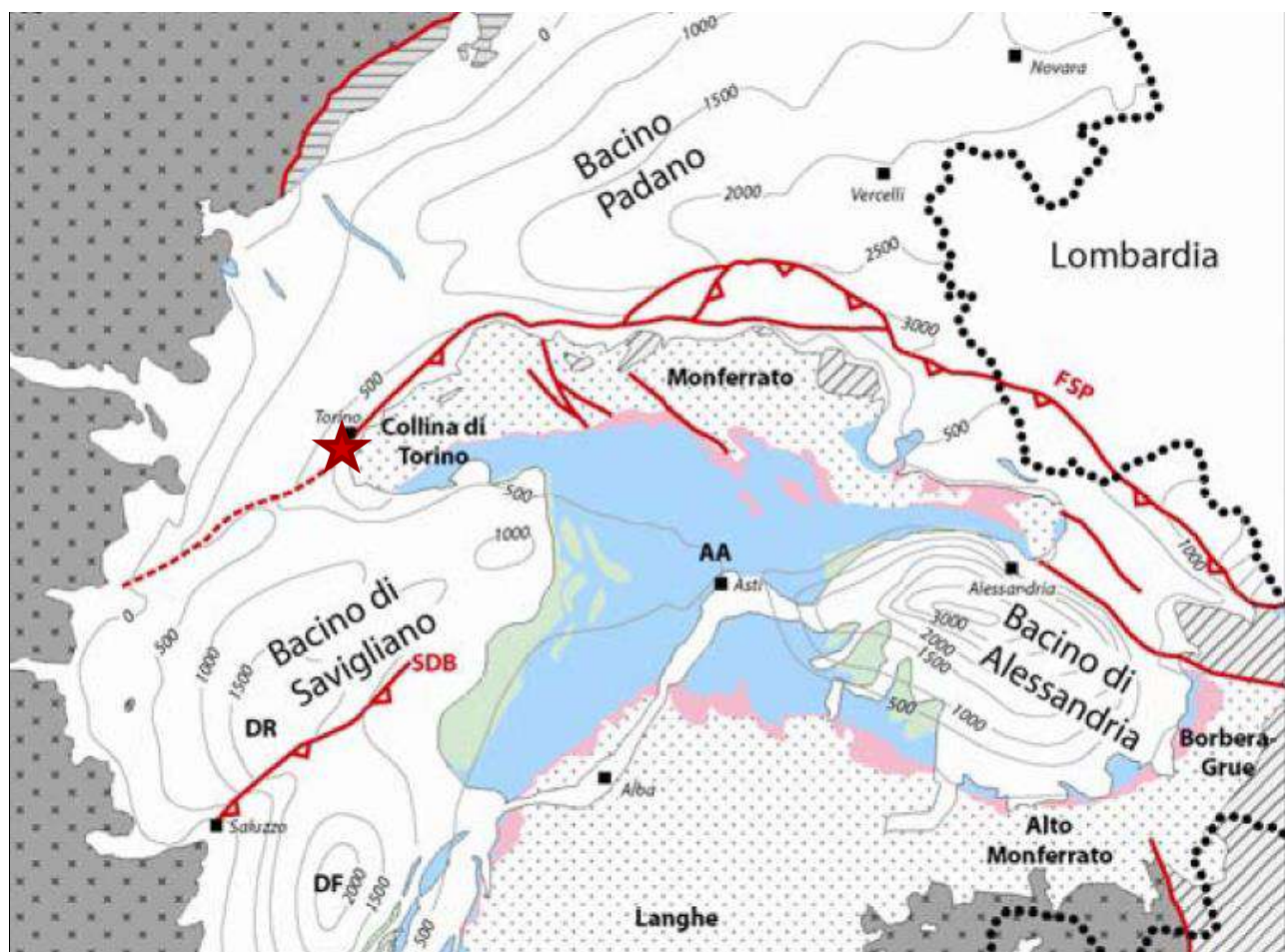


Figura 7: inquadramento del sito di intervento nel contesto geologico e deposizionale regionale. Fonte: *Irace et alii, 2009 "Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale". "Geology and deep hydro-stratigraphic pattern of West Po Plain". © La Nuova LitoFirenze 2009 ISBN 978-88-904554-0-7*
 Le linee quotate rappresentano le isobate del bacino Pliocenico.

Nella cartografia geologica del Piemonte alla scala 1:250.000 è quindi possibile percepire la distribuzione dei diversi domini che interagiscono con la dinamica geologica del sito di Torino Esposizioni, riferibili quindi:

- Al vasto conoide di deposizione esterno all'anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana, pertinente alla serie deposizionale Pleistocenica del Bacino Padano, estesa nel tavoliere torinese e a Nord dello stesso.
- All'unità tettonico-metamorfica delle Alpi Occidentali (UTM), che ne rappresenta il substrato roccioso.
- Alla serie deposizionale Pleistocenica del Bacino Cuneese, estesa a Sud di Moncalieri.
- Alla successione deformata dei depositi del Bacino Terziario Piemontese costituenti la struttura antiforme della Collina di Torino e l'adiacente arco strutturale del Monferrato.

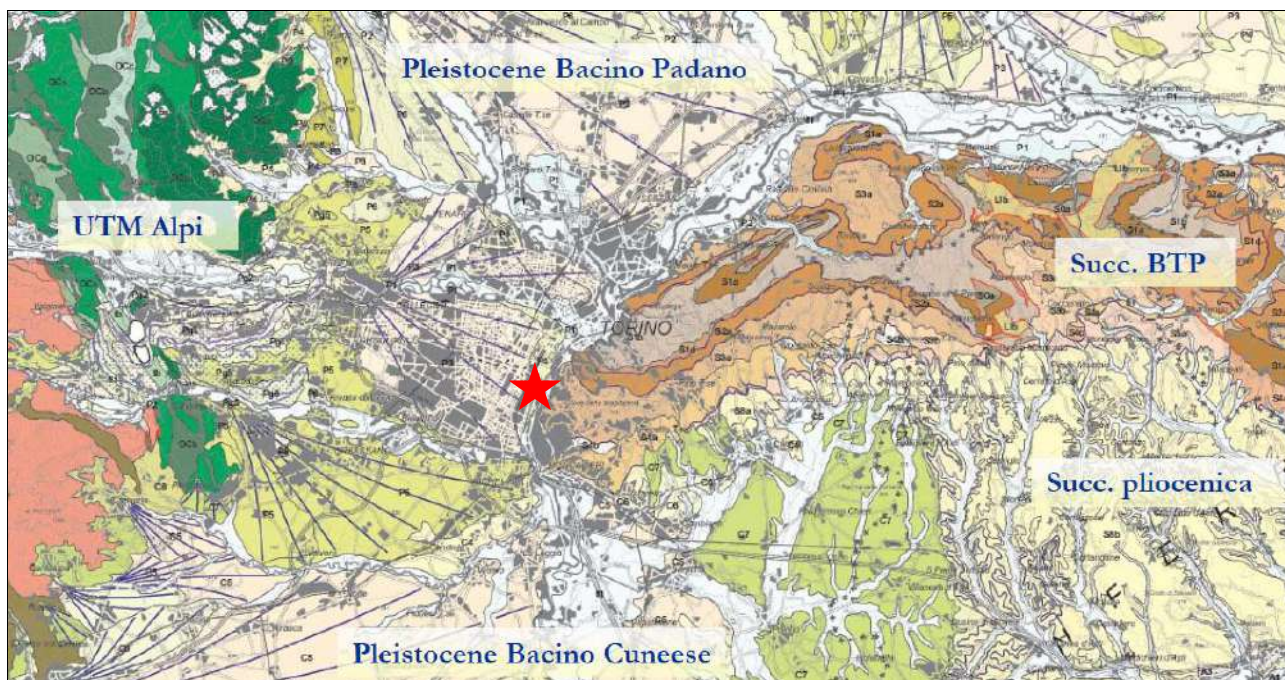


Figura 8: carta geologica del Piemonte alla scala 1:250.000. Fonte: Piana et alii, 2017: Geology of Piemonte region (NW Italy, Alps–Apennines interference zone). <https://doi.org/10.1080/17445647.2017.1316218>

5.2 Assetto geologico a scala urbana e unità stratigrafiche di interesse

Nel contesto bordiero orientale del vasto tavoliere torinese degradante verso il F. Po, il sito di intervento può essere descritto con riferimento alla Cartografia Geologica del Progetto CARG – scala 1: 50.000, Foglio Torino Est n°156, della quale viene riportato uno stralcio nel seguito.

In accordo a tale rappresentazione, la superficie deposizionale sulla quale si è accresciuta la città e più in particolare C.so Massimo d’Azeglio, risulta di pertinenza del vasto paleo-conoide della Dora Riparia e più in particolare del Sintema di Frassinere, Subsintema di Col Giansesco (AFR_{2b}), costituito da “*ghiaie sabbiose grossolane debolmente alterate (7.5-10 YR) con clasti eterometrici di quarziti, serpentiniti, gneiss e subordinatamente di “pietre verdi”, calcescisti e marmi grigi; ricoperti da una sottile copertura di silt sabbiosi e loess s.l.. Questa superficie risulta terrazzata di circa 10 metri rispetto all’alveo del F.Po. Pleistocene superiore*”.

Al piede della scarpata di terrazzo estesa ad Est di Corso Massimo d’Azeglio, la cui forma risulta parzialmente mascherata, ondulata e rimodellata per effetto di interventi di riconfigurazione morfologica di origine antropica, si riscontrano i depositi fluviali (non distinti in base al bacino di pertinenza) del “Sintema di

Palazzolo”, Subsistema di Ghiaia Grande (CSN₃), raccordati con l’alveo del F.Po e costituiti da “ghiaie e ghiaie sabbiose inalterate o poco alterate (2.5Y-10YR) con locali intercalazioni sabbiose e coperte in modo generalizzato da una coltre di spessore decimetrico o metrico di sabbie e sabbie siltose inalterate (2.5Y). Olocene-Attuale”.

L’edificio oggetto del presente intervento progettuale si colloca nel contesto della prima unità geologica sopra descritta, rispetto alla quale la seconda viene a trovarsi disposta a valle di Viale Boiardo, intagliato lungo la scarpata di separazione morfologica delle due unità deposizionali.

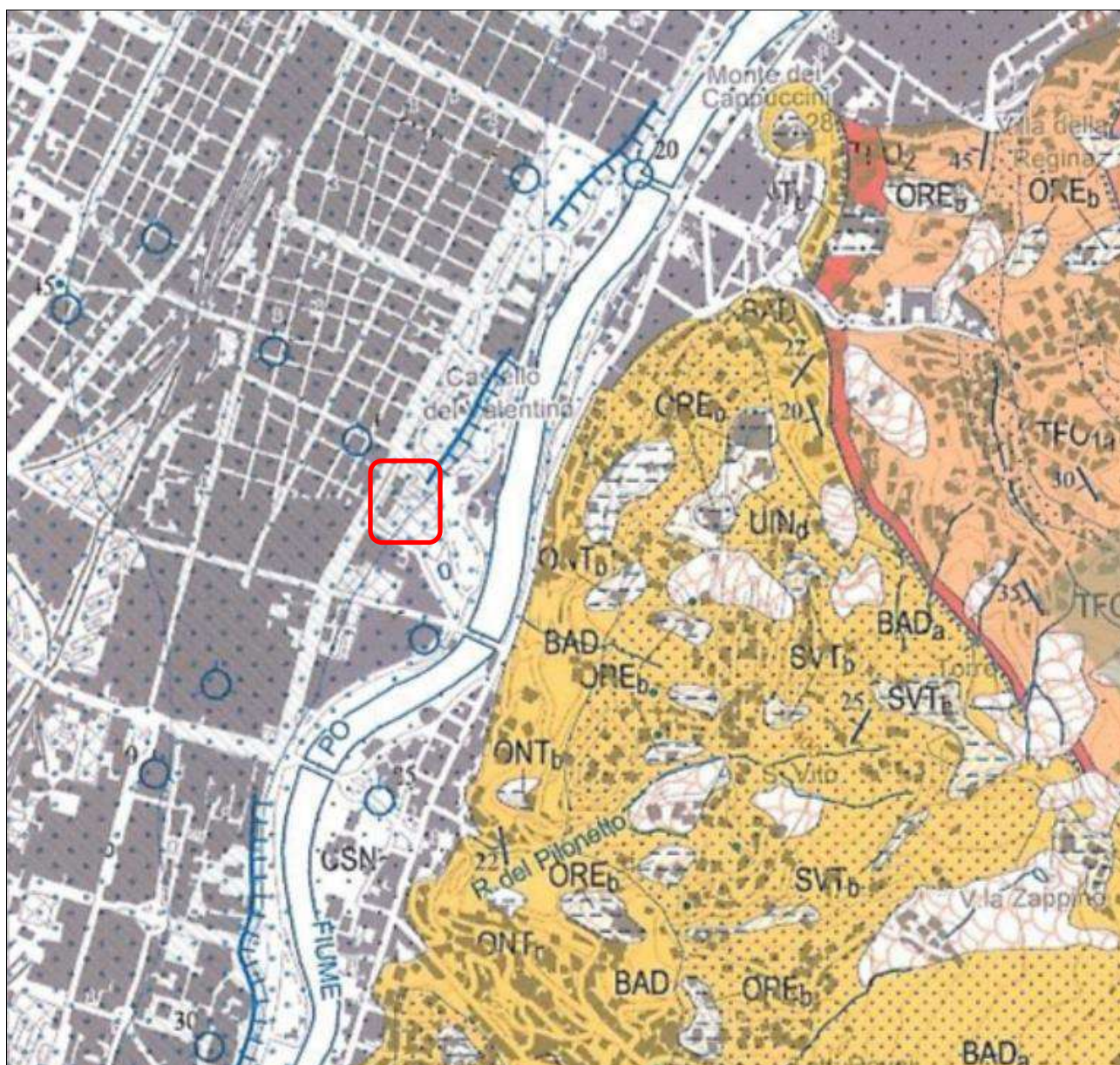
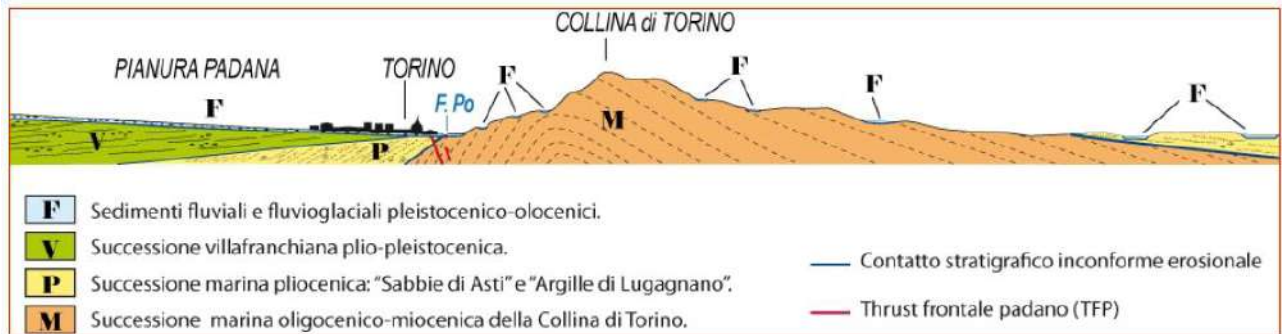


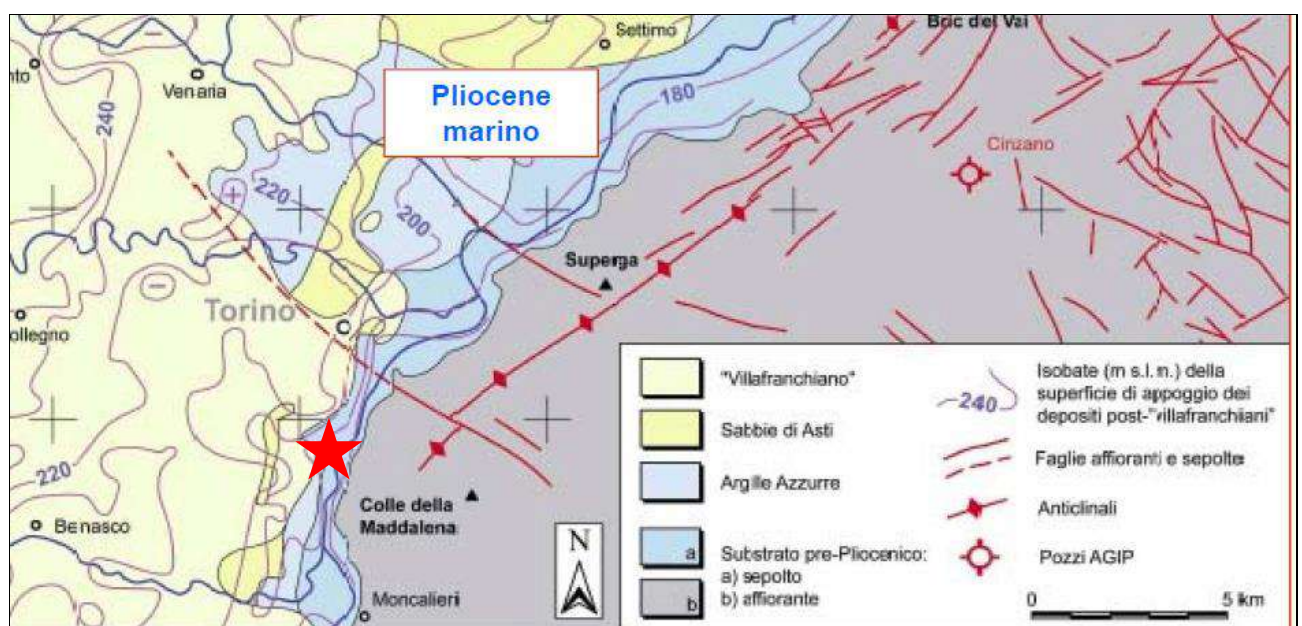
Figura 9: inquadramento geologico del sito di intervento su base Foglio 156 – Torino Est del Progetto CARG Carta Geologica d’Italia scala 1:50.000 (riproduzione fuori scala)

Assume specifico interesse geologico ai fini del presente progetto l’individuazione della superficie basale di appoggio delle due unità deposizionali suddette; la sezione riportata nella figura seguente evidenzia la disposizione inclinata degli strati sedimentari riferibili alla serie del B.T.P. – Bacino Terziario Piemontese, affioranti sul lato occidentale della struttura antiforale della Collina di Torino, asimmetricamente immergenti verso Nord-Ovest (con angolo elevato) e Sud-Est (con minore inclinazione).

Particolare interesse assume l'evidenza della faglia inversa riferibile al "thrust frontale padano" (o Fronte di Sovracorrimento Padano – FSP).



In linea generale, per effetto del "Thrust frontale padano", le formazioni del B.T.P. pre-Plioceniche risultano sollevate per effetto della dinamica orogenica, venendosi quindi a trovare in contatto con i termini più recenti della serie sedimentaria Pliocenica. Recenti pubblicazioni scientifiche hanno fornito un decisivo contributo alla ricostruzione del sottosuolo profondo torinese, basandosi sull'analisi di una serie di sondaggi che hanno consentito di definire la natura stratigrafica delle superfici basali nelle diverse aree della città.



In corrispondenza del sito di intervento in progetto la superficie basale dei depositi quaternari fluviali pleistocenici sui quali è edificato Torino Esposizioni, è riferibile alle Argille Piacenziane (oppure al substrato pre-Pliocenico della Collina di Torino).

Nella più recente cartografia prodotta da ARPA Piemonte (GeoPiemonte Map 2021), vengono distinte nell'area di studio le seguenti unità (in ordine decrescente di età).

- P14a = Depositi fluviali; Depositi fluvioglaciali. Pleistocene medio - superiore
- P13 = Depositi fluviali; Depositi fluvioglaciali. Parte terminale del Pleistocene medio
- P11 = Depositi fluviali attuali. Olocene - Attuale

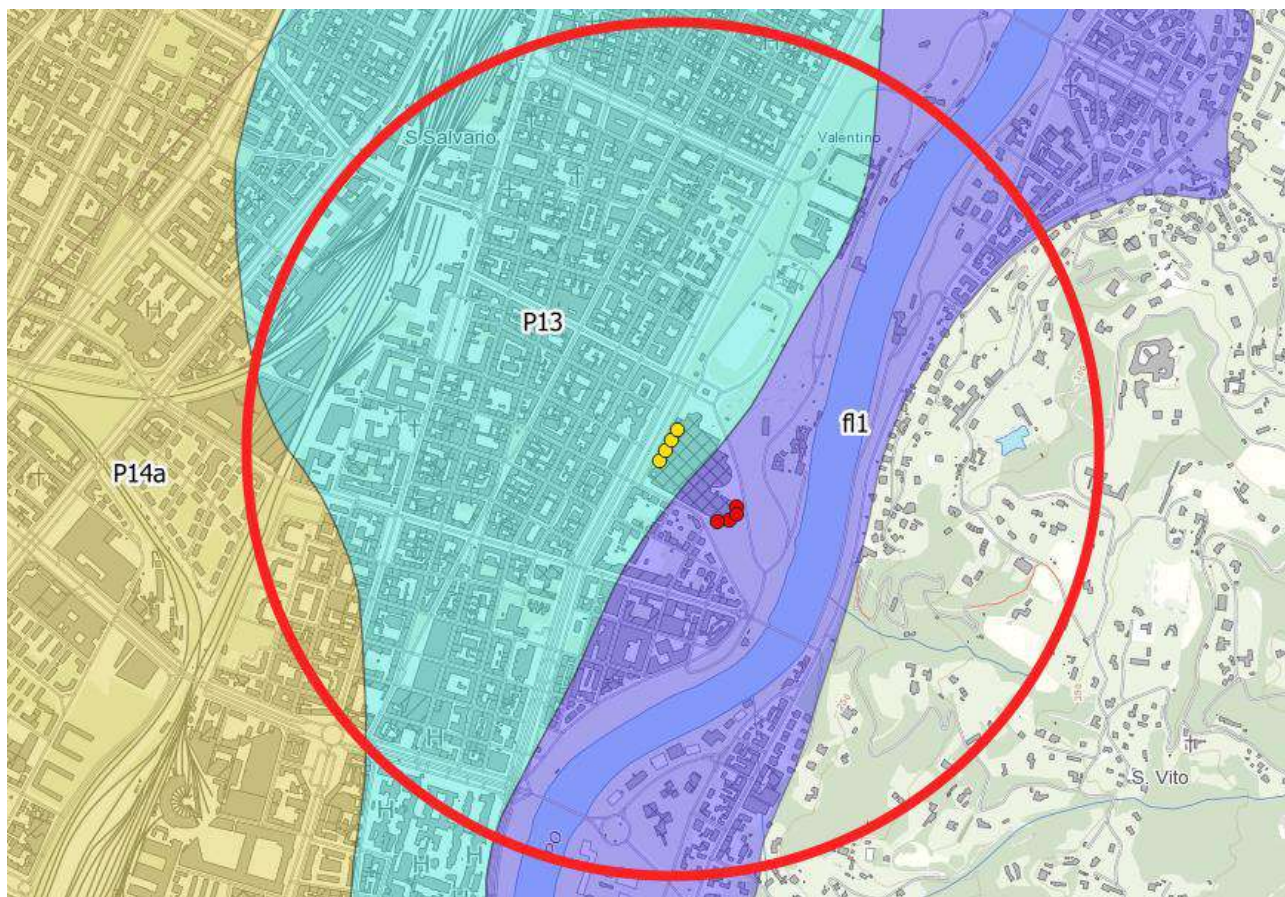


Figura 12: unità litologiche quaternarie in affioramento - Fonte: ARPA Piemonte GeoPiemonte Map 2021

In sintesi, pertanto la serie stratigrafica di riferimento locale per il sito di progetto è rappresentata da:

- un substrato argilloso Pliocenico (sepolto, non affiorante);
- i depositi alluvionali terrazzati Pleistocenici sui quali sorge il lato occidentale del Padiglione 2 di Torino Esposizioni;
- i depositi alluvionali Olocenici estesi a valle di Viale Boiardo, sino all'alveo del F. Po.

L'assetto geologico profondo del sito si caratterizza pertanto per la presenza di significative discontinuità sia di natura stratigrafica, sia per la presenza di un disturbo tettonico regionale costituito dal TFP – Thrust frontale padano (o FSP – Fronte di Sovrascorrimento padano), la cui posizione è identificata in sponda sinistra idrografica del F. Po.

In allegato 1 si riporta la “Carta geologica” in un intorno dell'area in esame, desunta dalla Cartografia del Progetto Geo Piemonte Map di Arpa Piemonte, CNR, Università degli Studi di Torino, Politecnico di Torino ed ENI S.p.A.

6 Indagini geognostiche ed interpretazione dei risultati

6.1 Sondaggi geognostici

Nell'ambito della progettazione in oggetto, sono state eseguite indagini geognostiche sito specifiche. Per quanto riguarda le indagini dirette, sono stati realizzati n. 5 sondaggi a carotaggio continuo, spinti ad una profondità variabile tra i 10 m e i 35 m, la cui ubicazione è riportata nella Carta geologica in allegato 1.

Su ciascuna verticale sono state eseguite le seguenti attività:

- redazione di stratigrafia dei terreni attraversati;
- esecuzione di prove dinamiche in foro tipo S.P.T. (Standard Penetration Test);
- prelievo di campioni.

Nella tabella seguente si riporta un riepilogo dei sondaggi eseguiti e le relative informazioni caratteristiche:

- codice identificativo;
- tipologia di indagine, distinta in
 - sondaggio a carotaggio continuo;
 - sondaggio a carotaggio continuo adibito a piezometro;
- profondità raggiunta dal sondaggio (in m da p.c.);
- quota di testa tubo (in m s.l.m.);
- coordinate piane della verticale di indagine (EPSG 32632).

Codice identificativo	Tipologia	Profondità raggiunta (in m da p.c.)	Quota testa tubo	Coordinate piane	
				x	y
S1	Sondaggio/piezometro	35.30	232.5	396189.63	4989249.86
S2	Sondaggio	20	232.5	396171.38	4989199.85
S3	Sondaggio	20	232.5	396223.04	4989231.28
S4	Sondaggio	36	228.4	396262.67	4989059.31
S5	Sondaggio	18	227.6	396303.05	4989144.48

I risultati dei sondaggi sono sintetizzati nelle tabelle seguenti e riportati in allegato 3.

Profondità (in m da p.c.)	Descrizione
0-3	Terreno di riporto eterogeneo
3-13.10	Ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli in matrice sabbioso limosa e limoso sabbiosa, a tratti addensata e a tratti abbondante; colore bruno chiaro
13.10-16	Sabbia fine e medio fine da sciolta a mediamente addensata, a tratti debolmente limosa; colore bruno giallastro
16-24.30	Sabbia eterometrica sciolta, con ghiaietto fine sparso e sottili orizzonti sabbioso limosi; colore variabile da bruno a bruno giallastro
24.30-31.30	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa eterometrica sciolta, a tratti debolmente limosa; colore variabile da bruno a bruno grigiastro a giallo rossiccio. Presenza di rari piccoli ciottoli (diam. max. 6-8 cm)
31.30-35.30	Argilla marnosa, debolmente alterata ed ossidata; di colore da giallo rossiccio a grigio plumbeo

Tabella 1: descrizione stratigrafica del sondaggio S1

Profondità (in m da p.c.)	Descrizione
0-3	Terreno di riporto eterogeneo
3-8	Ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli in matrice sabbioso limosa e limoso sabbiosa, a tratti addensata e a tratti abbondante; colore bruno chiaro
8-12.60	Ghiaia medio fine in matrice limoso sabbiosa, addensata, con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm); colore bruno chiaro grigiastro
12.60-14	Ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli in matrice sabbioso limosa e limoso sabbiosa, a tratti addensata e a tratti abbondante; colore bruno chiaro
14-16.80	Sabbia medio fine, sciolta, a tratti debolmente limosa, con rara ghiaia fine; colore bruno
16.80-17.40	Sabbia fine e molto fine, sciolta; colore bruno chiaro giallastro.
17.40-19	Sabbia eterometrica, sciolta, a tratti debolmente limosa, con rara ghiaia fine; colore bruno.
19-20	Sabbia medio grossolana, sciolta, con ghiaia eterometrica; colore bruno

Profondità (in m da p.c.)	Descrizione
0-4	Terreno di riporto eterogeneo
4-13.80	Ghiaia eterometrica con sporadici piccoli ciottoli (diam. max. 8-10 cm) in matrice limoso sabbiosa e sabbioso limosa addensata; colore bruno chiaro
13.80-16.20	Sabbia fine e molto fine, da sciolta a poco addensata; colore bruno.
16.20-20	Sabbia eterometrica sciolta, con ghiaietto fine sparso e sottili orizzonti sabbioso limosi; colore variabile da bruno a bruno giallastro

Tabella 2: descrizione stratigrafica del sondaggio S3

Profondità (in m da p.c.)	Descrizione
0-3.6	Terreno di riporto eterogeneo
3.60-10.50	Ghiaia eterometrica con ciottoli in matrice sabbioso limosa e limoso sabbiosa, molto addensata; colore bruno chiaro
10.50-13.50	Sabbia fine e medio fine da sciolta a poco addensata; colore bruno chiaro
13.50-32.00	Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa eterometrica sciolta, a tratti debolmente limosa; colore variabile da bruno a bruno grigiastro a giallo rossiccio. Presenza di rari piccoli ciottoli (diam. max. 6-8 cm)
32.00-34.40	Sabbia media e sabbia limosa, addensata, con ghiaia medio fine; colore bruno chiaro
34.40-36.0	Argilla limosa, limo argilloso e sabbia fine limosa, fittamente stratificate; colore bruno chiaro. Marne argillose e siltiti marnose a fondo foro

Tabella 3: descrizione stratigrafica del sondaggio S4

Profondità (in m da p.c.)	Descrizione
0-1	Terreno di riporto eterogeneo
1-8.50	Ghiaia eterometrica con sporadici piccoli ciottoli in matrice sabbiosa fine, a tratti debolmente limosa, da sciolta a moderatamente addensata; colore bruno chiaro
8.50-14.60	Sabbia da media a molto fine, da sciolta a poco addensata, con sporadico ghiaietto fine e rarissimi ciottoli; colore da bruno a verdognolo
14.60-17.70	Sabbia medio grossolana con ghiaia eterometrica e sporadici piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm); colore bruno
17.70-18	Sabbia da media a molto fine, da sciolta a poco addensata, con sporadico ghiaietto fine e rarissimi ciottoli; colore da bruno a verdognolo

Tabella 4: descrizione stratigrafica del sondaggio S5

In allegato 2 si riporta una sezione geologica in cui si sintetizza l'assetto litostratigrafico del sottosuolo dell'area oggetto di approfondimento, ricostruita a partire dalle risultanze dei sondaggi geognostici di cui sopra.

In linea generale, il sottosuolo dell'area in esame è costituito da un primo orizzonte rappresentato dai terreni antropici di riporto, il cui spessore varia da 1 a 4 m dal piano campagna (*R*).

A seguire si rinvencono i depositi fluviali quaternari, che possono essere distinti, a partire dall'alto verso il basso, nei seguenti orizzonti.

- Un primo orizzonte costituito da ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli in matrice sabbioso limosa e limoso sabbiosa, a tratti addensata e a tratti abbondante, di colore bruno chiaro, che presenta uno spessore fra 7 e 10 metri (*GCS*)
- Una lente costituita da sabbia fine e molto fine, da sciolta a poco addensata, di colore bruno, il cui spessore medio è pari a 2 metri. Essa è lateralmente discontinua, in quanto non è stata rinvenuta nei sondaggi verso Est (*FS*).
- Un terzo orizzonte costituito da sabbia eterometrica sciolta, con ghiaietto fine sparso e sottili orizzonti sabbioso limosi; colore variabile da bruno a bruno giallastro, di spessore fra i 3 e gli 8 metri.
- Un quarto orizzonte nuovamente costituito da ghiaia eterometrica, con sporadici ciottoli in matrice sabbioso limosa e limoso sabbiosa, a tratti addensata e a tratti abbondante, di colore bruno chiaro, che presenta uno spessore medio di 6/7 metri.

La base della suddetta successione è rappresentata da argilla marnosa, debolmente alterata ed ossidata, di colore da giallo rossiccio a grigio plumbeo, afferente al substrato terziario.

6.2 Analisi dei dati sedimentologici

In corrispondenza di alcuni sondaggi sono stati prelevati campioni, da sottoporre:

- ad analisi ambientale (*CA*)
- ad analisi granulometriche (*CR*)

Nel seguito si ricapitolano le profondità e le codifiche di prelievo per le diverse verticali.

Codifica sondaggio	Profondità di prelievo (in m da p.c.)
CA1	0.20-1.50
CA2	1.50-3.00
CA3	4.50-5.00
CR1	20.10-20.40
CR2	25.10-25.50
CR3	29.40-29.90

Tabella 5: codifica e profondità di prelievo dei campioni nel sondaggio S1

Codifica sondaggio	Profondità di prelievo (in m da p.c.)
CA1	0.20-1.50
CA2	1.50-3.00
CA3	4.50-5.00

Tabella 6: codifica e profondità di prelievo dei campioni nel sondaggio S2

Codifica sondaggio	Profondità di prelievo (in m da p.c.)
CR1	12.00-13.00
CR2	17.00-18.00
CR3	22.00-23.00
	35.60-35.80

Tabella 7: codifica e profondità di prelievo dei campioni nel sondaggio S4

Codifica sondaggio	Profondità di prelievo (in m da p.c.)
CA1	0.20-1.50
CA2	1.50-3.00
CA3	4.50-5.00

Tabella 8: codifica e profondità di prelievo dei campioni nel sondaggio S5

I dati delle singole prove granulometriche sono riportati in allegato 5 alla presente relazione.

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Tipo di terreno (AGI)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo +argilla %	D ₅₀ mm
S1	CR1	20.1-20.4	Sabbia con limo argilla ghiaiosa	13.3	54.4	32.3	0.3
S1	CR2	25.1-25.5	Ghiaia con sabbia limo-argillosa	47.8	35.2	17.0	2.0
S1	CR3	29.4-29.9	Sabbia con ghiaia limo-argillosa	37.2	41.3	21.5	0.7
S4	CR1	12.0-13.0	Sabbia limo-argillosa	1.5	83.3	15.2	0.5
S4	CR2	17.0-18.0	Sabbia con ghiaia limo-argillosa	29.8	50.1	20.1	0.8
S4	CR3	22.0-23.0	Sabbia con ghiaia limo-argillosa	39.6	42.6	17.8	1.0
S4	CR4	35.60-35.80	Limo con argilla sabbioso	0.4	11.9	61.2	26.5

Tabella 9: sintesi delle prove granulometriche di laboratorio

7 Caratterizzazione geotecnica

7.1 Parametrizzazione geotecnica

Sulla base delle indagini e delle prove di laboratorio descritte nel capitolo precedente, è possibile associare alle differenti unità della successione stratigrafica distinte unità geotecniche di interesse per l'opera in oggetto.

Unità stratigrafica	Unità geotecnica	Spessore medio (in m)	Falda idrica
Terreno di riporto eterogeneo	Unità 1	3	Insaturo
Ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli in matrice sabbioso limosa e limoso sabbiosa, a tratti addensata e a tratti abbondante	Unità 2a	10	Insaturo
Sabbia fine e medio fine da sciolta a mediamente addensata, a tratti debolmente limosa	Unità 2b	3	Insaturo
Sabbia eterometrica sciolta, con ghiaietto fine sparso e sottili orizzonti sabbioso limosi	Unità 2b	9	Parzialmente saturo
Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa eterometrica sciolta, a tratti debolmente limosa, con presenza di rari piccoli ciottoli	Unità 2a	6	Saturo
Argilla marnosa, debolmente alterata ed ossidata; di colore da giallo rossiccio a grigio plumbeo	Unità 3	-	-

Tabella 10: tabella di correlazione tra unità stratigrafiche e geotecniche

Sulla base delle indagini e delle prove di laboratorio, sono state riconosciute differenti unità stratigrafiche traducibili in distinte unità geotecniche di interesse per l'opera in oggetto.

Nel seguito viene fornita la descrizione delle unità riconosciute e la parametrizzazione di quelle rilevanti ai fini progettuali, in particolare:

1. Unità 1: Terreno superficiale (riporto antropico)
2. Unità 2a: Sequenza alluvionale ghiaiosa
3. Unità 2b: Sequenza alluvionale sabbiosa
4. Unità 3: substrato argilloso-marnoso

La parametrizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere in progetto è riferita a modelli interpretativi del comportamento geotecnico dei terreni, basati sulle correlazioni empiriche tra risultati delle prove dirette o, laddove non del tutto rappresentative, delle prove indirette (geofisiche).

7.2 Unità 1: terreni di riporto

Si tratta di terreni di origine antropica, costituiti, oltre che da pavimentazione in piastrelle su soletta in calcestruzzo, da terreno eterogeneo, limoso sabbioso, con abbondanti ciottoli, macerie edili, frammenti di ferri di armatura e laterizi.

Per la parametrizzazione geotecnica di questo tipo di terreni non è possibile efficacemente riferirsi ai risultati delle prove penetrometriche, per la scarsa (o nulla) adattabilità delle prove rispetto alla tipologia di materiale riscontrato in fase di sondaggio.

Per questo motivo, è stato sviluppato un duplice approccio metodologico, sia consultando la bibliografia specialistica di settore, riportando dati relativi a prove meccaniche eseguite su materiali simili in altri siti prossimi alla zona di studio (dai quali sono desumibili i valori dei parametri fisico-meccanici, variabili in funzione del grado di consolidamento dei materiali), sia prendendo in esame le correlazioni tra i dati di velocità delle onde sismiche di taglio ed alcuni parametri geotecnici dei terreni.

7.2.1 Parametrizzazione riferita a siti limitrofi

Ci si riferisce in questa sede ai parametri assunti per la caratterizzazione dei terreni di fondazione delle opere del Palazzo delle Regione, di un parcheggio pubblico interrato in Piazza Bengasi e della riqualificazione di un edificio scolastico in zona "Lingotto", nei quali le unità litotecniche di superficie si connotano per caratteristiche geotecniche assimilabili a quelle interessate dalle opere in progetto.

Si riportano nel seguito degli intervalli di parametrizzazione caratteristici per queste unità.

Densità relativa D_r (%)

Le determinazioni mostrano valori generalmente compresi nell'intervallo fra 55% e 70%, localmente più scadenti.

Peso dell'unità di volume γ

Le determinazioni mostrano valori generalmente compresi nell'intervallo fra 16 kN/m³ e 19 kN/m³.

Angolo di resistenza al taglio ϕ

Le determinazioni mostrano valori generalmente compresi nell'intervallo fra 28° e 34 ° (valori di picco)

Modulo elastico E

Le determinazioni mostrano valori generalmente compresi nell'intervallo fra 8 MPa e 17 MPa.

Modulo di Poisson ν

Le determinazioni mostrano valori generalmente compresi nell'intervallo fra 0.2 e 0.3.

7.2.2 Parametrizzazione riferita a correlazioni con le indagini geofisiche di superficie

In prossimità del perimetro delle opere in progetto sono state eseguite due prove geofisiche di superficie di tipo MASW, i cui risultati sono riportati in allegato 4 alla presente relazione.

I profili sismici rilevati attraverso le prove geofisiche in situ (MASW nel caso specifico) consentono di identificare lo spessore di orizzonti con valori di velocità delle onde sismiche di taglio - Vs - a diversa rigidità.

Nel seguito viene riportato il risultato dell'interpretazione delle due prove MASW, eseguite rispettivamente sul lato di C.so Massimo d'Azeglio (MASW1) e di Via F. Petrarca (MASW2) in adiacenza al perimetro della struttura di progetto.

MODELLO Vs A 10 STRATI				MODELLO Vs A 10 STRATI			
Strato	Profondità [m]		Vs [m/s]	Strato	Profondità [m]		Vs [m/s]
	da	a			da	a	
1	0.0	-0.7	278	1	0.0	-1.0	192
2	-0.7	-1.7	175	2	-1.0	-2.2	175
3	-1.7	-2.8	240	3	-2.2	-3.6	363
4	-2.8	-4.3	406	4	-3.6	-5.5	378
5	-4.3	-6.1	402	5	-5.5	-7.9	565
6	-6.1	-8.3	434	6	-7.9	-10.8	596
7	-8.3	-11.1	510	7	-10.8	-14.4	402
8	-11.1	-14.6	511	8	-14.4	-19.0	299
9	-14.6	-19.0	424	9	-19.0	-24.7	427
10	-19.0	-30.0	610	10	-24.7	-30.0	592

Figura 13: interpretazione delle prove geofisiche MASW e profili di velocità delle onde di taglio Vs

Come è possibile osservare, in corrispondenza dei terreni di riporto riscontrati nei primi 3-4 metri di profondità dei sondaggi nel sito di progetto, sono state determinate velocità delle onde di taglio Vs inferiori ai 200 m/s, caratteristiche di “terreni soffici” nell’accezione di Lew e Campbell (1985), passanti a “terreni intermedi” con Vs sino a 400 m/s (sino a 4-5 metri di profondità).

Sono proposte da alcuni autori relazioni tra la velocità delle onde di taglio, distintamente per terreni soffici e rigidi, con i parametri geotecnici di capacità portante delle fondazioni superficiali (Imai e Yoshimura, 1976), e il coefficiente di sottofondazione di Winkler (Keceli, 2012).

$$K \text{ (kN/m}^3\text{)} = 0,025 \cdot V_s^{2,4}$$

Ne deriva che la capacità portante delle fondazioni superficiali per i terreni di riporto soffici entro i primi 4 metri di profondità può essere valutata nell'intervallo 100-200 kN/m²; il coefficiente di Winkler può variare tra 8.3 – 43.9 MN/m³ nell'intervallo di Vs compreso tra 200-400 m/s (tra 2 e 4 metri circa di profondità).

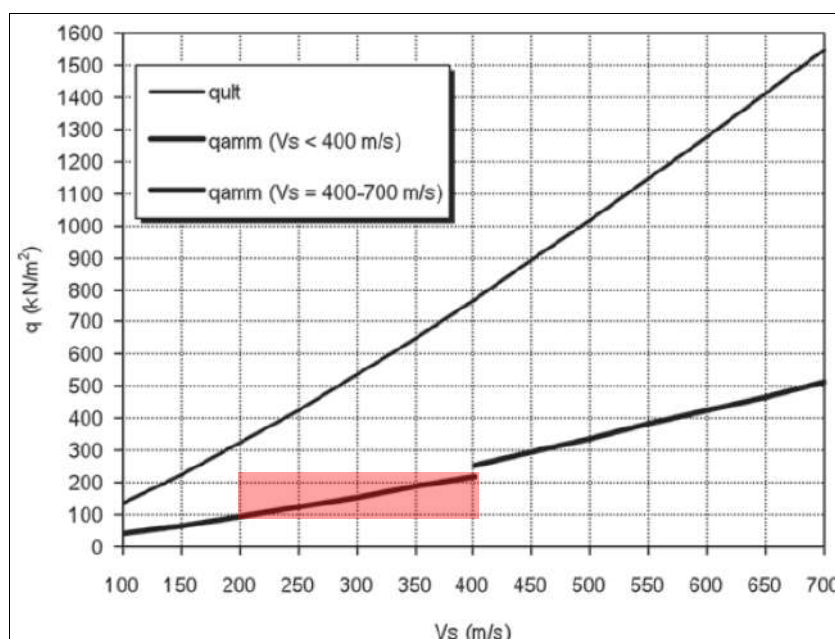


Figura 14: diagramma di correlazione tra i profili di velocità delle onde di taglio Vs e i parametri di capacità portante delle fondazioni superficiali

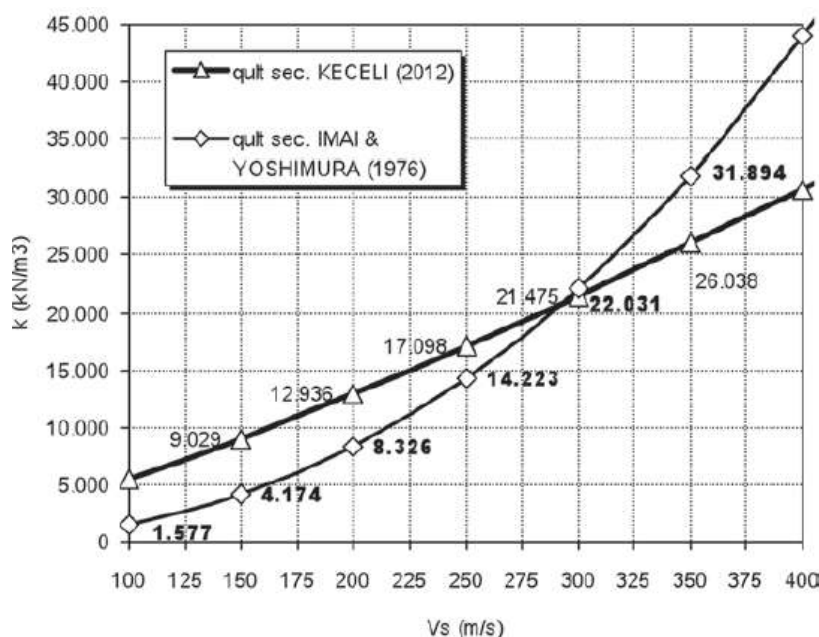


Figura 15: diagramma di correlazione tra i profili di velocità delle onde di taglio Vs e il coefficiente di Winkler

7.3 Unità 2 – Depositi alluvionali

Si tratta di depositi fluviali, composti da sabbie eterometriche e ghiaie, con presenza di ciottoli piuttosto frequente in determinati orizzonti, generalmente in matrice sabbiosa, a luoghi sabbioso-limoso.

All'interno di questa unità si riscontra la presenza di lenti e livelli a granulometria variabile, in particolare:

- Unità 2a: ghiaie e/o sabbie eterometriche, con sporadici ciottoli, in matrice sabbioso limosa e limoso sabbiosa, a tratti addensata e a tratti abbondante;
- Unità 2b: sabbie fini e molto fini, da sciolte a poco addensate, di colore bruno, lateralmente discontinua entro l'areale di indagine.

Per queste unità è proponibile una parametrizzazione geotecnica basata sui risultati delle indagini di tipo diretto, soprattutto prove SPT in foro, se si eccettua l'intervallo di profondità sino ai primi 10 metri dal piano-campagna, nel quale la particolare tessitura "clast-supported" dei depositi alluvionali ghiaioso-ciottolosi ha frequentemente determinato condizioni di rifiuto all'infissione dell'utensile di prova.

7.3.1 Modalità esecutive e risultati delle prove SPT

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione delle opere in progetto è stata eseguita considerando i risultati delle prove penetrometriche di tipo S.P.T. eseguite in fase di avanzamento di ciascuno dei 5 sondaggi a carotaggio continuo.

La prova penetrometrica dinamica S.P.T. (Standard Penetration Test) consente di determinare la resistenza che un terreno offre all'infissione dinamica di un campionatore dal fondo di un foro di sondaggio, permettendo di ricavare empiricamente informazioni sul grado di addensamento e sulla consistenza dei terreni attraversati.

Consiste nell'infissione di un campionatore di dimensioni standard, a partire dal fondo del foro raggiunto, facendo cadere periodicamente un maglio di peso pari a 63,5 kg da un'altezza di 76 cm su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste, contando il numero di colpi necessari per la penetrazione nel terreno di 45 cm.

Durante la penetrazione viene registrato:

- 1) il numero di colpi N_0 necessario per l'infissione nel c.d. "tratto di avviamento" nei primi 15 cm, inclusa l'eventuale penetrazione iniziale per gravità;
- 2) il numero di colpi N_1 necessario per l'infissione di un secondo tratto di 15 cm;
- 3) il numero di colpi N_2 necessario per la penetrazione di ulteriori 15 cm.

Si assume quale resistenza alla penetrazione nel terreno il valore: $N_{SPT} = N_1 + N_2$

La procedura suddetta è riassunta nella figura seguente.

Quando le prove sono state eseguite sottofalda si è introdotta la correzione (valida limitatamente al caso di $N_{SPT} > 15$):

$$N_{SPT} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{SPT} - 15)$$

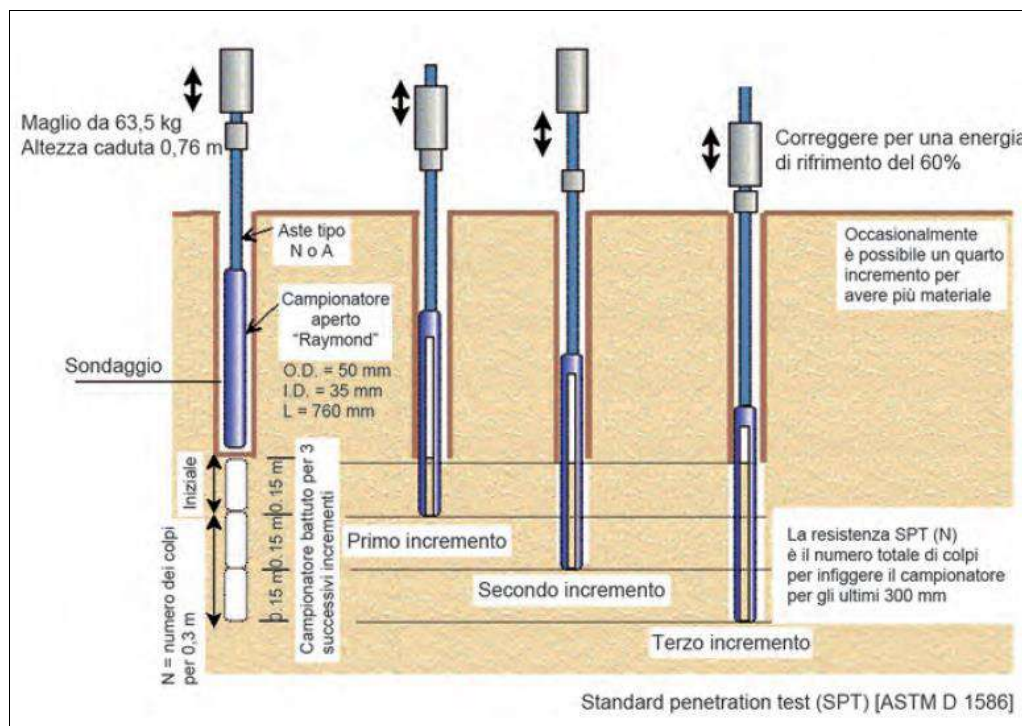


Figura 16: illustrazione grafica della procedura di prova SPT

Per uniformare e rendere confrontabili i risultati, vengono introdotte ulteriori correzioni per riportare il valore di N ad un'energia di riferimento standardizzata al 60% mediante le relazioni:

$$N_{60} = N * C_E * C_B * C_S * C_R$$

$$C_E = E_R / 60$$

in cui

N= numero dei colpi per l'affondamento di 30 cm misurato nella prova

N₆₀ = valore di N corretto per un'efficienza del 60%

C_E = correzione per il rapporto di energia

C_B = correzione per il diametro del foro

C_S = correzione per il metodo di campionamento

C_R = correzione per la lunghezza delle aste

E_R = rendimento del sistema di battitura secondo la norma ASTM D-4633-86 (assunto al 60%)

Nel seguito vengono riportate le tabelle di correzione per i parametri suddetti

Diametro del sondaggio (mm)	C _B
65 ÷ 115	1,00
150	1,05
200	1,15

Campionatore	C _S
Standard	1,00
Con portacampioni (sabbie dense)	0,8
Con portacampioni (sabbie sciolte)	0,9

Lunghezza delle aste sotto la testa di battuta (m)	C _R
--	----------------

3 ÷ 4	0,75
4 ÷ 6	0,85
6 ÷ 10	0,95
>10	1,00

Il valore di N_{60} determinato introducendo i fattori correttivi di cui sopra viene infine normalizzato per la pressione litostatica efficace alla profondità di esecuzione della prova.

Si considera infatti, in accordo a Liao e Whitman (1985), esprimendo la tensione litostatica efficace σ'_v in kPa:

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

Tale correzione si applica nella stima dei parametri di densità relativa e angolo di attrito, non va applicata invece per i parametri di deformabilità.

La resistenza normalizzata finale risulta quindi

$$N_{1(60)} = C_N * N_{60}$$

in cui

$N_{1(60)}$ = valore di $N_{(60)}$ corretto per la tensione litostatica alla profondità di esecuzione della prova.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i risultati delle prove, con i valori di N_{SPT} opportunamente corretti come sopra descritto, suddivise per ciascun foro di sondaggio.

Profondità della prova	Risultati	N_{SPT}	Falda	N_{SPT} corretto in falda	$N_{1(60)}$
5	48-R (6 cm)	50	Assente	50	50
10.6	R (12 cm)	50	Assente	50	50
16.2	19-49-30	79	Assente	79	46
20	14-27-27	54	Presente	35	19
25	19-40-R	50	Presente	50	50
30	13-17-27	44	Presente	30	14

Tabella 11: riepilogo delle prove SPT in foro di sondaggio S1 (livello falda 17.65 da p.c.)

Profondità della prova	Risultati	N_{SPT}	Falda	N_{SPT} corretto in falda	$N_{1(60)}$
5.30	47-R (6 cm)	50	Assente	50	50
10	41-R (9cm)	50	Assente	50	50
15	20-20-17	37	Assente	21	22
20	19-31-35	66	Presente	21	22

Tabella 12: riepilogo delle prove SPT in foro di sondaggio S2 (livello falda 17.7 da p.c.)

Profondità della prova	Risultati	N_{SPT}	Falda	N_{SPT} corretto in falda	$N_{1(60)}$
5	R (9 cm)	50	Assente	50	50
10.10	38-43-R (4 cm)	50	Assente	50	50
15.50	16-24-28	52	Assente	52	31

Tabella 13: riepilogo delle prove SPT in foro di sondaggio S3 (livello falda 17.9 da p.c.)

Profondità della prova	Risultati	N _{SPT}	Falda	N _{SPT} corretto in falda	N ₁₍₆₀₎
5.0	R (14 cm)	50	Assente	50	50
10.0	46-R (6 cm)	50	Assente	50	50
15.0	14-19-26	45	Assente	45	27
20.0	14-13-23	36	Presente	26	14
24.0	6-18-28	46	Presente	31	16
30.0	11-19-31	50	Presente	33	16

Tabella 14: riepilogo delle prove SPT in foro di sondaggio S4 (livello falda 15.3 da p.c.)

Profondità della prova	Risultati	N _{SPT}	Falda	N _{SPT} corretto in falda	N ₁₍₆₀₎
4.2	34-R (10 cm)	50	Assente	50	50
7.9	R (14 cm)	50	Assente	50	50
11.9	15-17-21	38	Assente	38	26

Tabella 15: riepilogo delle prove SPT in foro di sondaggio S5 (livello falda 13.8 da p.c.)

Nella figura seguente si riportano i valori corretti di N_{SPT}, graficati sulla base della profondità di prova. Nell'elaborazione dei dati delle prove S.P.T. è stato indicato convenzionalmente un numero di colpi N_{SPT} pari a 50 in caso di rifiuto, al fine di fornire valori indicativi dei parametri geotecnici stimati.

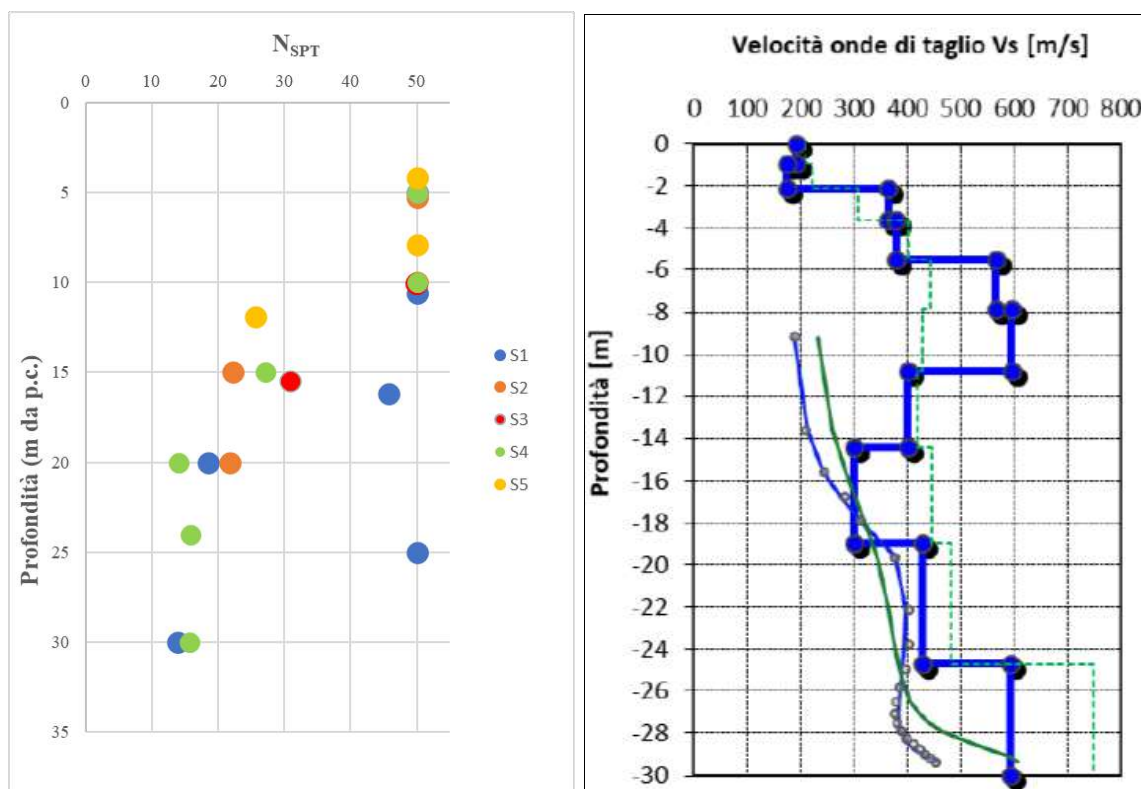


Figura 17: andamento di N_{SPT} con la profondità per tutte le prove effettuate e confronto con i dati della prova geofisica MASW n°2

L'andamento dei valori N_{SPT} permette di effettuare le seguenti considerazioni.

- Entro i primi 10/11 m di profondità, questi restituiscono valori di N_{SPT} oltre i 50. Trattandosi di terreni eterometrici di tipo “clast supported”, quindi con elevata presenza di ghiaia/ciottoli in scarsa matrice, l'avanzamento alla punta del penetrometro risulta difficoltosa, portando quindi facilmente a rifiuto.
- Fra gli 11 e i 15 m i valori N_{SPT} corretti si attestano fra i 20 e i 30 colpi.

- Per profondità maggiori, fino ai 30 m massimi raggiunti, essi presentano invece una resistenza inferiore, con N_{SPT} corretti mediamente fra 15 e 20.

E' stata altresì analizzata la velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio rilevata dalle prove geofisiche MASW (riportate anche nei successivi capitoli): a fronte di valori superiori ai 500 m/s tra i 5-11 metri di profondità da piano-campagna, si osserva una riduzione dei medesimi sino a 300 m/s intorno ai 14-18 metri ed un successivo incremento sino a 600 m/s a 30 metri da p.c.

Per i depositi alluvionali a profondità superiori ai 10 metri da piano-campagna, a partire dai dati di misura standardizzati come sopra descritto, si è fatto ricorso a consolidate relazioni empiriche di letteratura per la stima dei seguenti parametri geotecnici

- Densità relativa D_r (%)
- Peso dell'unità di volume γ
- Angolo di resistenza al taglio di picco ϕ'
- Angolo di resistenza al taglio a volume costante ϕ_{cv}
- Modulo di deformazione elastico E
- Modulo di Poisson ν

In particolare, per la stima della densità relativa D_r (%) si è fatto riferimento alla formula di Meyerhof (1957)

$$D_r = 21 \sqrt{\frac{N_{spt}}{\sigma'_v + 0,7}}$$

In cui

σ'_v : tensione verticale efficace (espressa in kg/cm²)

Per la stima del peso dell'unità di volume γ (t/m³) si è fatto riferimento alla formula di Meyerhof (in assenza di falda)

$$\gamma = 1.29968 + 0.05291 \cdot NSPT_{corr} - 0.00106 \cdot (NSPT_{corr}^2 + 7.58E - 06 \cdot NSPT_{corr}^3)$$

e di Terzaghi (in presenza di falda)

$$\gamma = a + b \cdot NSPT_{corr}$$

Per la stima dell'angolo di resistenza al taglio di picco ϕ' si è fatto riferimento alla formula di Schmertmann (1978) riferita ad una miscela granulometrica di sabbia, ghiaia poco limosa, ghiaietto.

$$\phi = a + b \cdot D_r$$

con i coefficienti attribuiti in accordo al grafico riportato nella figura seguente.

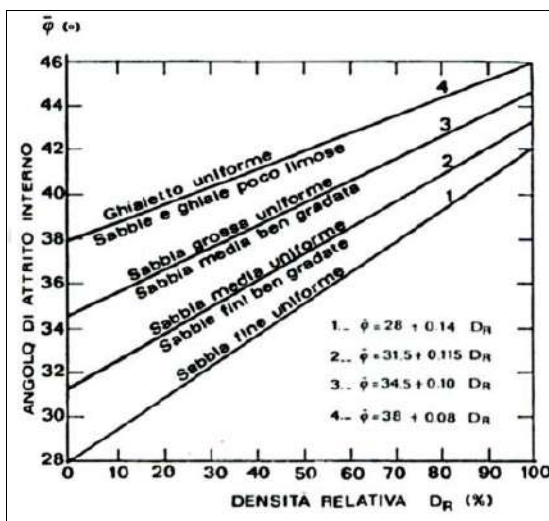


Figura 18: correlazione di Schmertmann (1978) per la stima dell'angolo di attrito correlata con la densità relativa, per diverse miscele granulometriche

La resistenza al taglio di picco è mobilitabile in problemi che implicano un basso livello di deformazione. Per problematiche che implicano elevate deformazioni si fa riferimento al valore dell'angolo resistenza al taglio a volume costante ϕ_{cv} . La stima di tale parametro è possibile dall'esame del diagramma proposto da Bolton (1986), riportato nella figura seguente.

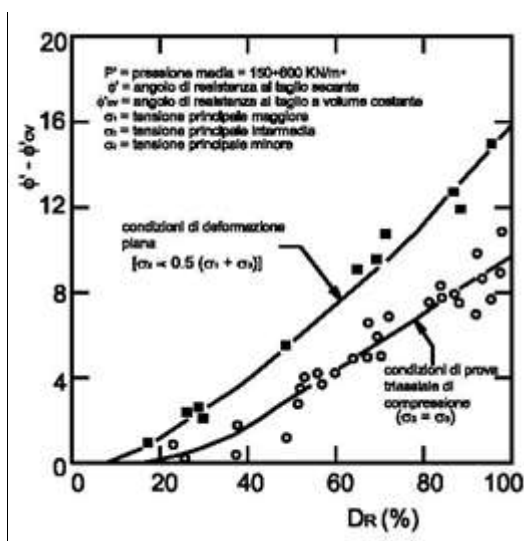


Figura 19: correlazioni di Bolton (1986) per la stima di ϕ_{cv}

Per la stima del modulo elastico E (MPa) si è fatto riferimento alla formula di D'Appolonia (1970) valida per sabbia e ghiaia:

$$E = 0.759 N_{SPT} + 18.75$$

Il modulo di Poisson ν (-) è dato dal rapporto

$$\nu = \frac{1 - \sin \phi}{2 - \sin \phi}$$

7.3.2 Parametri geotecnici desunti dalle prove penetrometriche SPT

Viene nel seguito riportata la parametrizzazione ottenuta in base ai risultati delle prove SPT nei vari intervalli di profondità in ciascuna verticale.

In linea generale, i valori medio-elevati sono rappresentativi dell'unità 2a, i valori inferiori dell'unità 2b.

Sondaggio	H	D _r	γ	φ'	φ _{cv}	E	v
	(m da p.c.)	%	kN/m ³	°	°	MPa	-
S1	16.2	74	17	44	38	54	0.23
S1	20.0	44	20	42	36	33	0.25
S1	25.0	69	16	43	37	57	0.24
S1	30.0	34	19	41	35	29	0.26

Sondaggio	H	D _r	γ	φ'	φ _{cv}	E	v
	(m da p.c.)	%	kN/m ³	°	°	MPa	-
S2	15.0	53	20	42	36	36	0.25
S2	20.0	48	20	42	36	35	0.25

Sondaggio	H	D _r	γ	φ'	φ _{cv}	E	v
	(m da p.c.)	%	kN/m ³	°	°	MPa	-
S3	15.5	62	21	43	37	42	0.24

Sondaggio	H	D _r	γ	φ'	φ _{cv}	E	v
	(m da p.c.)	%	kN/m ³	°	°	MPa	-
S4	15.0	59	21	43	37	39	0.24
S4	20.0	40	19	41	35	29	0.25
S4	24.0	40	19	41	35	31	0.25
S4	30.0	37	19	41	35	31	0.26

Sondaggio	H	D _r	γ	φ'	φ _{cv}	E	v
	(m da p.c.)	%	kN/m ³	°	°	MPa	-
S5	11.9	63	21	43	37	38	0.24

Tabella 16: riepilogo dei parametri geotecnici stimati a partire dalle prove SPT in ciascun foro di sondaggio a carotaggio continuo

	D_r	γ	ϕ'	ϕ_{cv}	E	ν
media	%	kN/m ³	°	°	MPa	kN/m ³
dev.st	52	19	42	36	38	0.25
coeff. var.	13	1.5	1.1	1.1	9.1	0.01

Tabella 17: sintesi dei parametri geotecnici dei depositi alluvionali, stimati a partire dalle prove SPT

7.4 Unità 3 – Substrato argilloso - marnoso

L'unità geotecnica basale, riferibile al substrato terziario sepolto della collina di Torino, che rappresenta la superficie di discontinuità stratigrafica sulla quale poggia l'unità 2 dei depositi alluvionali sopra descritta, è stata raggiunta nei due sondaggi S1 e S4, riportati in allegato 3 alla presente relazione.

Si tratta di terreni fini a comportamento da coesivo a pseudo-coesivo, in dipendenza del contenuto in sabbie, costituiti da argille marnose, argilla limose, limi argillosi e sabbie fini limose, fittamente stratificate, di colore bruno chiaro; i livelli più competenti sono costituiti da marne argillose e siltiti marnose.

E' stata eseguita una prova di caratterizzazione del grado di plasticità su un campione prelevato in S4 alla profondità di 35.60 metri da piano-campagna, mediante determinazione dei limiti di Atterberg, ottenendo i seguenti risultati:

limite liquido - w_l (%) = 37,80

limite plastico - w_p (%) = 24,26

indice di plasticità - IP = 13,54

Nella Carta di Plasticità del diagramma di Casagrande, il campione si posiziona lungo la retta divisoria tra i terreni coesivi con differenti caratteristiche, in particolare tra le argille inorganiche di bassa plasticità (CL) e i limi di media compressibilità (ML-OL, inorganici e organici).

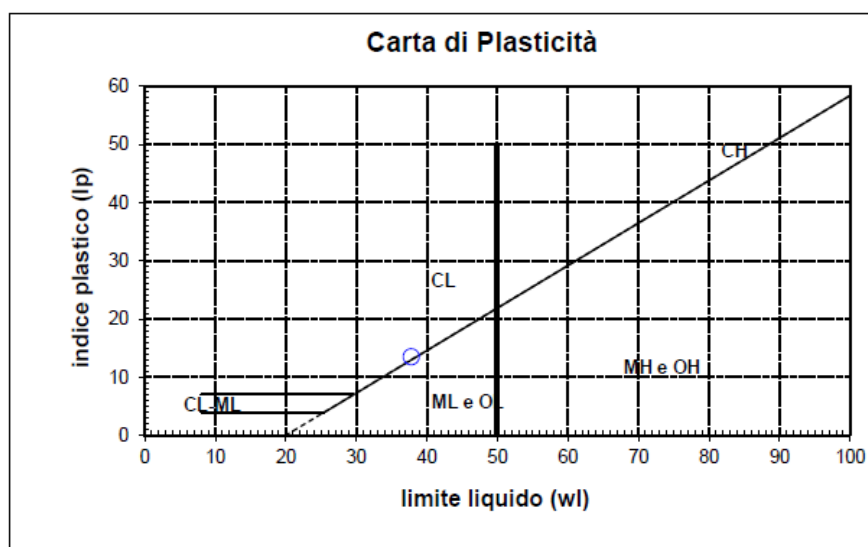


Figura 20: Diagramma di plasticità di Casagrande riferito al campione prelevato in S4 a 35.60 metri da p.c.

E' stato inoltre possibile definire i parametri geotecnici caratterizzanti la resistenza al taglio, mediante una prova di taglio diretto con apparecchio di Casagrande, acquisendo i seguenti risultati.

- Angolo di resistenza al taglio (ϕ): 24,2 °
- Coesione (c'): 44,6 kPa

Il peso dell'unità di volume γ può essere assunto nell'intervallo fra 19 kN/m³ e 20 kN/m³.

8 Caratterizzazione idrogeologica

8.1 Caratteristiche idrogeologiche generali

Per un inquadramento del contesto idrogeologico di riferimento, è proponibile riferirsi da un punto di vista terminologico e concettuale alla schematizzazione introdotta dalla pubblicazione di Irace et alii: “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale” (AA.VV., Firenze, La Nuova Lito, 2009). Questo testo rappresenta infatti il documento concettualmente più rigoroso da un punto di vista scientifico, ed è sintetizzato nello schema di correlazione tra elementi stratigrafico-deposizionali e sistemi acquiferi corrispondenti.

Scala cronostatigrafica		UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI	UNITA' IDROGEOLOGICHE DI GRUPPO ACQUIFERO
OLOCENE	0-0,1 Ma					
	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO-GLACIALI		Q2	A	A I A II A IV
PLEISTOCENE	medio	VILLAFRANCHIANO SUPERIORE		Q1	B	B I B II B III
	inferiore 1-8 Ma					
PLIOCENE	superiore 2-6 Ma	VILLAFRANCHIANO INFERIORE		P3	C	C I C II C III
	medio 2-6 Ma	ASTIANO		P2	D	D I D II D III D IV
	inferiore	VILLAFR. ASTIANO PIAC.		P1	E	E I E II E III E IV
	3-3 Ma	PIACENZIANO	M/P			
MIOCENE	Messiniano superiore	CASSANO-SPINOLA MESSINIANO		M2	F	F II F III
MIOCENE		LA GESSOSO-BOLE		M1	G	G IV

Figura 21: tabella di correlazione tra unità stratigrafiche e gruppi acquiferi. Fonte: Irace et alii, 2009 “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale”. “Geology and deep hydro-stratigraphic pattern of West Po Plain”. © La Nuova Lito Firenze 2009 ISBN 978-88-904554-0-7

Tenuto conto dello stato delle conoscenze attuali, nel settore torinese si rinvengono i gruppi acquiferi da A ad E della tabella di cui sopra, residenti nei Sintemi da Q2 a P1; in particolare si sottolineano le seguenti corrispondenze idrogeologico-stratigrafiche:

- Gruppo Acquifero A, riferibile al sintema Q2 Pleistocene superiore (depositi fluvio-glaciali e fluviali)
- Gruppo Acquifero B, riferibile al sintema Q1 Villafranchiano superiore (“complesso delle alternanze”)
- Gruppo Acquifero C, riferibile al sintema P3 Villafranchiano inferiore, in eteropia con il Pliocene medio in facies di “Astiano”
- Gruppo Acquifero D, riferibile al sintema P2 Villafranchiano inferiore in eteropia con il Pliocene inferiore in facies di “Astiano” e con il “Piacenziano”

- Gruppo Acquifero E, riferibile al sintema P1 Piacenziano inferiore -> Pliocene inferiore in facies di Piacenziano.

Il sintema P1 è considerato, per le proprie caratteristiche sedimentologiche, il livello impermeabile basale locale (Pliocene inferiore in facies argillosa di “Piacenziano”, in transizione verso Ovest P2 con i depositi in facies “Astiana”).

Nel sintema Q2, che ospita il gruppo acquifero A, risiedono gli acquiferi a superficie libera direttamente alimentati dalla superficie topografica e, come tali, in grado di trasferire i flussi idrici superficiali verso i sistemi acquiferi più profondi, di tipo semi-confinato, per drenanza attraverso setti semipermeabili.

Con riferimento specifico all’area di studio, è possibile desumere che i sintemi basali sviluppati inferiormente agli acquiferi superficiali torinesi orientali (Gruppi A-B-C) sono riferibili ai P1-P2, ovvero alle serie Plioceniche in facies di “Astiano” e “Piacenziano”.

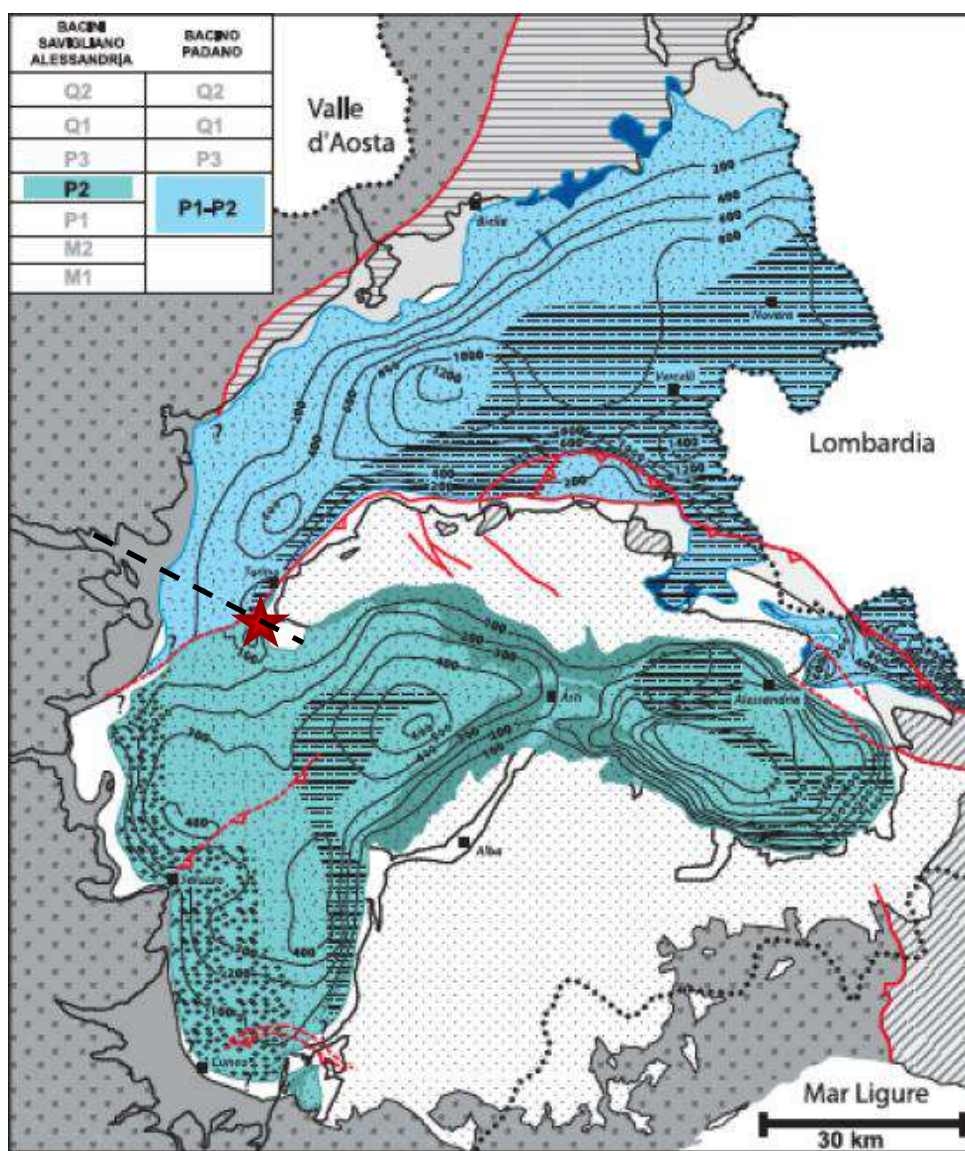


Figura 22: sintemi profondi basali, sviluppati inferiormente agli acquiferi superficiali. L’asterisco indica l’area di studio. Fonte: *Irace et alii, 2009 “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale”. “Geology and deep hydro-stratigraphic pattern of West Po Plain”*. © La Nuova LitoFirenze 2009 ISBN 978-88-904554-0-7. La linea nera tratteggiata riporta la traccia della sezione schematica riportata nelle figure seguenti.

Nella sezione schematica seguente, riferita ad una traccia ortogonale al F.Po passante per l'area metropolitana, è possibile cogliere lo sviluppo in profondità e gli spessori relativi dei gruppi acquiferi A-B-C, nonché la posizione del sito di progetto in tale contesto, al margine collinare, corrispondente con la chiusura laterale del bacino.

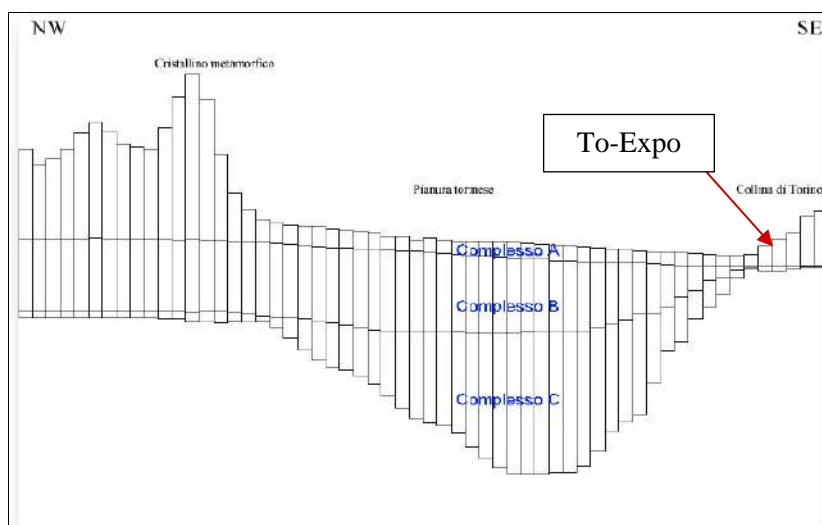


Figura 23: sezione idrogeologica profonda del tavoliere torinese, con indicazione dello sviluppo dei Gruppi Acquiferi A, B, C. Fonte: De Luca, Ossella 2012 "Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland". Geologia dell'Ambiente Supplemento al n. 1/2014

Lo schema generale di deflusso idrico sotterraneo dell'areale metropolitano torinese rappresenta la sovrapposizione dei circuiti idrici a diversa profondità, che si sviluppano dalle aree di ricarica nell'Anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana, sino al piede dei rilievi collinari, che rappresentano la chiusura laterale del bacino idrogeologico Pliocenico.

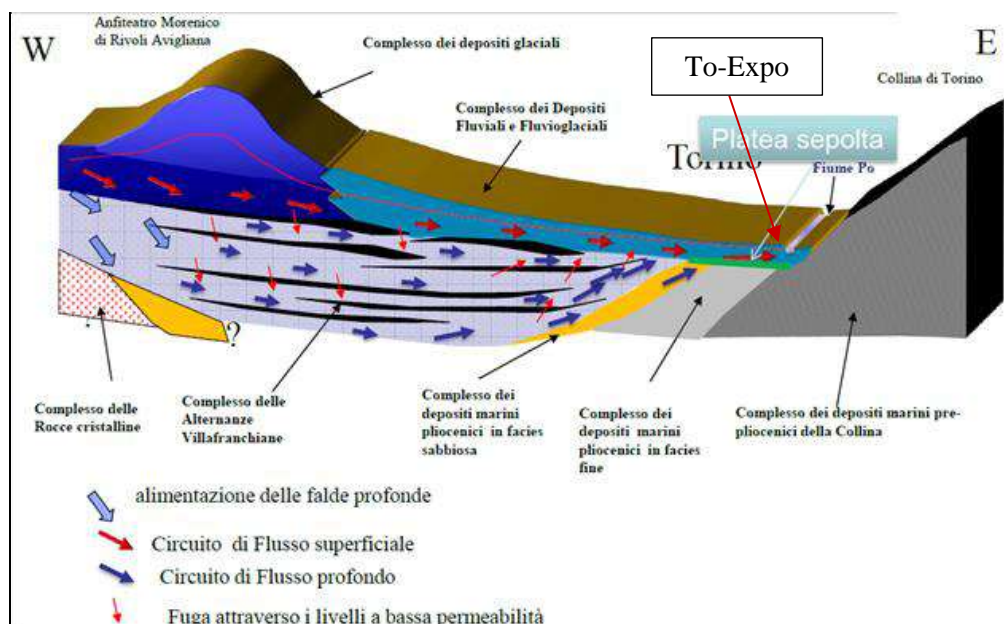


Figura 24: schema generale di deflusso idrico sotterraneo, riferito alla sezione del tavoliere torinese. Fonte: De Luca, Ossella 2012 "Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland". Geologia dell'Ambiente Supplemento al n. 1/2014

Il flusso idrico sotterraneo nel settore di progetto si connota per un marcato gradiente idraulico verticale positivo (flusso di fuga ascendente), per effetto della chiusura laterale dell’acquifero e del drenaggio nel F. Po.

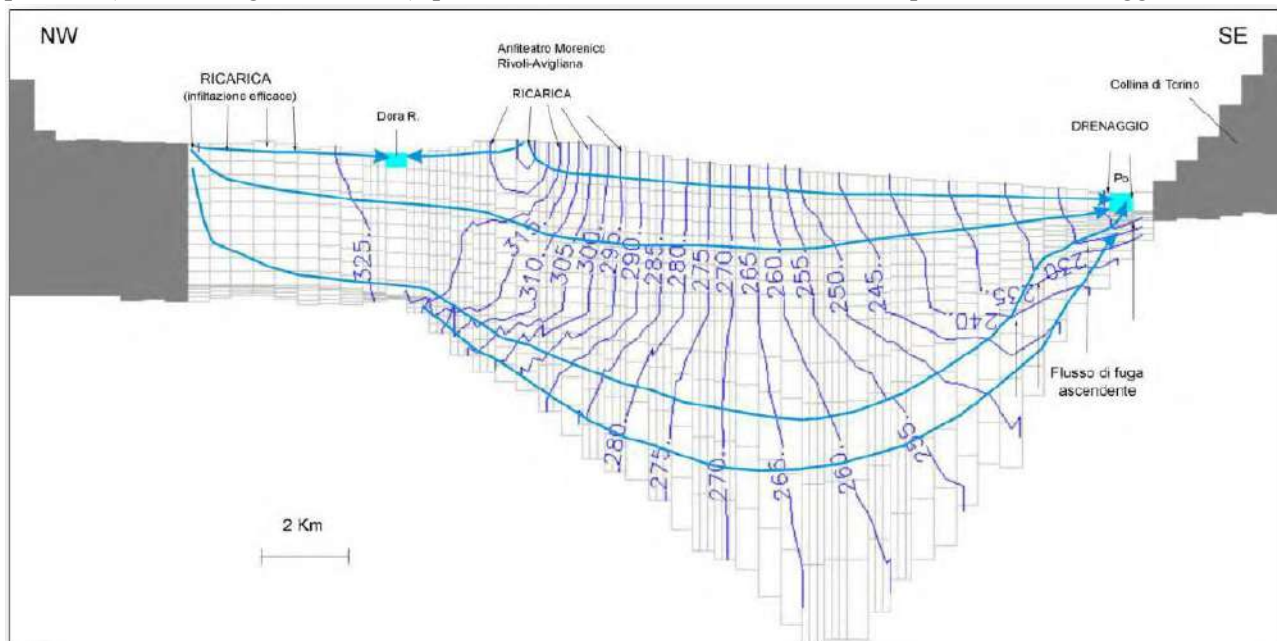


Figura 25: schema piezometrico verticale, riferito alla sezione del tavoliere torinese. Fonte: De Luca, Ossella 2012 “Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland”. *Geologia dell’Ambiente Supplemento al n. 1/2014*

Nel sito in esame il modello concettuale di circolazione idrica sotterranea desumibile dall’analisi idrostratigrafica è riferibile ad un acquifero a superficie libera (freatico) ospitato nei depositi alluvionali Pleistocenici ed Olocenici, con drenaggio nel F. Po.

Tale acquifero (identificato nella tassonomia regionale come Q2), poggia sull’impermeabile di base costituito dai depositi Pliocenici a bassa permeabilità (P1-P2), in rapporto di continuità idraulica con l’adiacente alveo del F. Po, che assume il livello drenante di base del reticolo idrografico.

A questo proposito si rimanda ai capitoli seguenti, dedicati all’analisi delle escursioni dei livelli di falda, per quanto attiene alle dinamiche relative alle fasi di piena fluviale.

8.2 Base dell’acquifero superficiale

La Regione Piemonte, nell’ambito degli approfondimenti successivi al Piano di Tutela delle Acque, ha predisposto uno strumento normativo di disciplina delle utenze idriche da acque sotterranee (D.G.R. n. 34-11524 del 3/06/2009 - Cartografia della base dell’acquifero superficiale – B.A.S. - alla scala 1: 50.000), successivamente aggiornato per tenere conto del miglioramento delle conoscenze relative al sottosuolo di areali specifici.

Tra questi, significativi per l’area metropolitana torinese, si cita la D.D. 4 Aprile 2022, n. 140. Codice A1604B, che ha portato all’aggiornamento della Base dell’Acquifero Superficiale estesa in un intorno di cinque chilometri lungo il tracciato della Linea 2 della Metropolitana di Torino del lotto funzionale Politecnico – Rebaudengo.

Oltre a questa infrastruttura di trasporto, l'incremento delle conoscenze stratigrafiche è derivato anche dal progetto del Collettore Mediano promosso da SMAT, il cui tracciato lambisce il sito di progetto, come è possibile evincere dalla figura seguente.



Figura 26: ubicazione dei sondaggi considerati per l'aggiornamento della cartografia della B.A.S. nel comune di Torino, presso il sito di progetto.

Nel sito di intervento, come è possibile dedurre dalla figura seguente, le quote ricostruite per tale superficie sono posizionate tra 200 e 205 metri sul livello del mare.

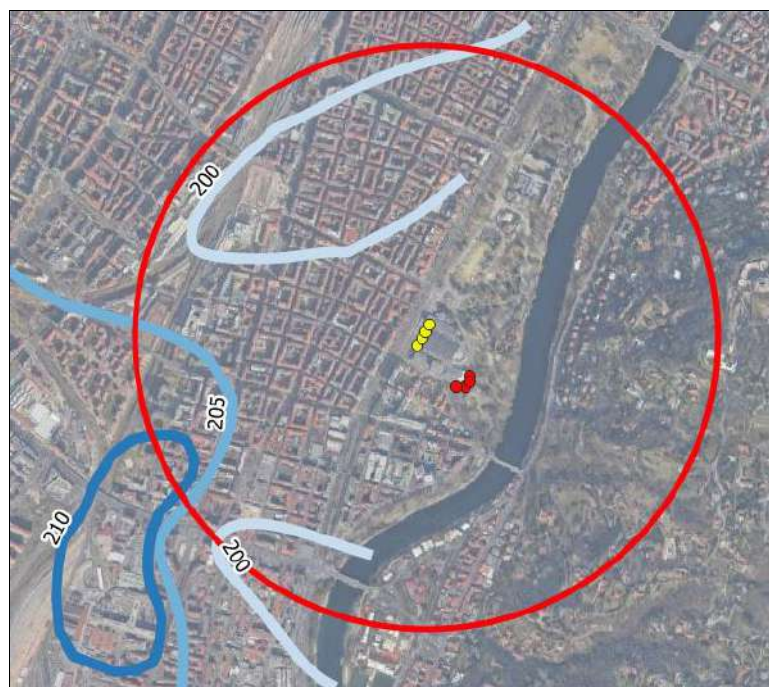


Figura 27: quote assolute della superficie B.A.S. – Base dell'acquifero superficiale (in metri s.l.m.). Fonte: Regione Piemonte, Geoportale

Un ulteriore contributo fornito dagli studi per l’aggiornamento della B.A.S. consiste nell’individuazione della natura litologica, stratigrafica, formazionale della medesima; i dati provenienti dai sondaggi considerati attribuiscono le unità stratigrafiche rinvenute alla base della serie alluvionale Pleistocenica in cui risiede l’acquifero superficiale alle “Marne di Sant’Agata Fossili”, nel settore compreso tra la sponda destra idrografica del F. Po presso il ponte di C.so Dante “Principessa Isabella”, l’asse viario di Corso Unità d’Italia presso le Molinette e Corso Massimo d’Azeglio.

A breve distanza, tuttavia, sono segnalate litologie riferibili alle “Argille azzurre”, immediatamente più a Sud in Corso Unità d’Italia e nei sondaggi della linea metropolitana (2 - in progetto) compresi tra i Giardini Reali e Porta Nuova; i litotipi riferibili al “Villafranchiano” sono invece rinvenuti nel quartiere Crocetta, più ad Ovest del sedime ferroviario da Porta Nuova verso Piazza d’Armi.

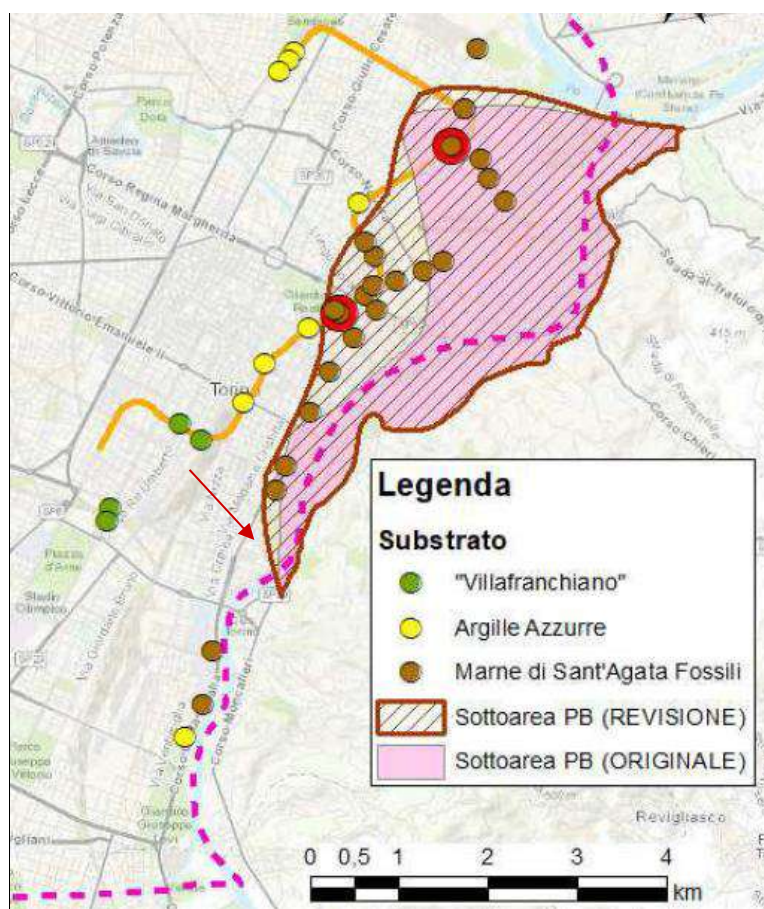


Figura 28: litologie della superficie B.A.S. – Fonte: Regione Piemonte DD 140/A1600A/2022 del 04/04/2022

8.3 Parametri idrodinamici

8.3.1 Determinazioni precedenti

Ai fini della parametrizzazione idrodinamica dell’acquifero freatico ospitato nei depositi alluvionali, è possibile riferirsi ad alcune determinazioni sperimentali affini eseguite da Autori Precedenti, nel contesto della realizzazione di importanti strutture nel sottosuolo dell’area perfluviale torinese, verificando inoltre i dati di portata specifica noti, in pozzi adiacenti perforati nel medesimo contesto idro-strutturale.

Tra queste, le più pertinenti risultano costituite da prove di pompaggio di lunga durata eseguite nel 2003 su pozzi di prova realizzati per i progetti delle Stazioni della Linea Metropolitana 1 nel tratto “Marconi” e “Spezia”, riferibili all’asse di percorrenza di Via Nizza.

In questo contesto progettuale, lungo tale asse furono eseguite anche numerose prove di assorbimento in foro, che tuttavia fornirono risultati sistematicamente inferiori anche di più di un ordine di grandezza rispetto alle prove di pompaggio (attribuito all’effetto di compattazione del terreno sulle pareti dei sondaggi in fase di avanzamento).

I risultati di queste prove sono riassunti nella tabella seguente.

Ubicazione, anno	Durata (h)	Q emunta (l/s)	K (m/s)	T (m ² /s)	n _e (%)	Sy	K _v /k _h
C.so Marconi, 2003	15	68	3E-03	0.0547	20	0.095	0.17
C.so Spezia, P. zza Bozzolo (2003)	24	56	1E-03	0.0472	15	0.258	0.01

Tabella 18: risultati delle prove di pompaggio di lunga durata e stima dei principali parametri idrodinamici

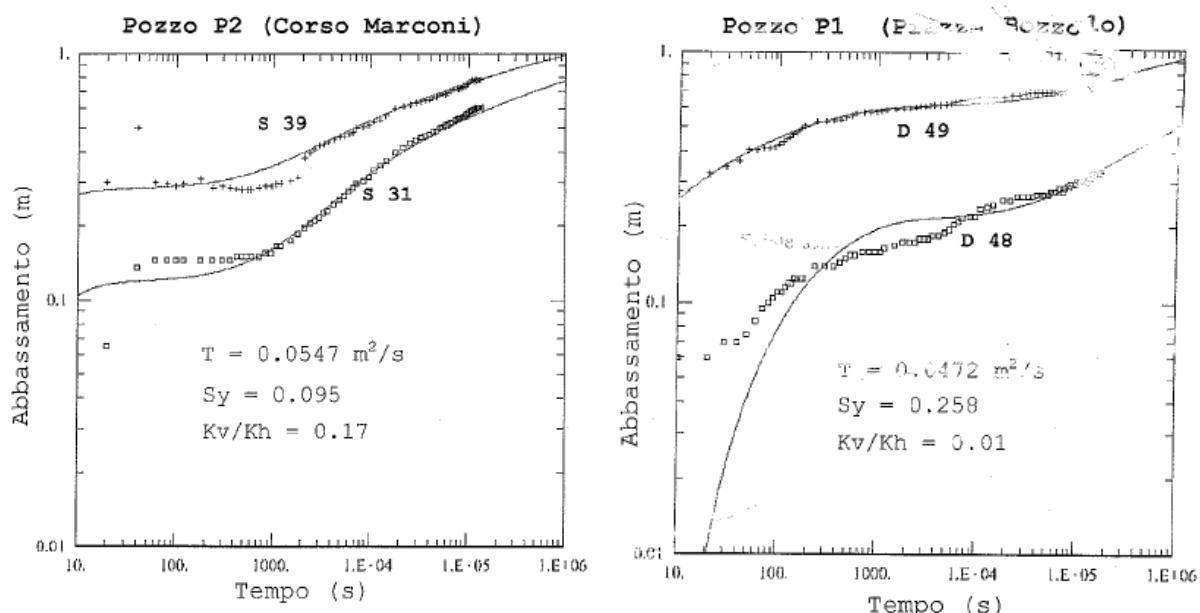


Figura 29: parametri idrodinamici definiti nel corso degli studi per la progettazione della Linea 1 della Metro tra le stazioni “Marconi” (sx.) e “Spezia” - P.za Bozzolo (dx.), e valori medi per l’unità acquifera ghiaioso-sabbiosa alluvionale, ricavati a seguito di prove di pompaggio di lunga durata. Fonte: Città di Torino, GTT-SATTI S.p.A. Tratta Porta Nuova-Lingotto, Progetto Esecutivo, Relazione Geologica e Idrogeologica, dicembre 2004.

Nell’ambito della Tesi di Laurea del Politecnico di Torino, Sannino A.R., 2020, sono state eseguite nell’intorno dell’adiacente Padiglione Morandi sia prove sperimentali di tipo “slug test” su fori attrezzati a piezometro, sia calibrazioni dei parametri idrodinamici così desunti nell’ambito di un modello di simulazione del flusso in falda in regime transitorio.

Nelle tabelle seguenti si riporta un quadro riassuntivo delle determinazioni eseguite in tale contesto, paragonato con i valori finali ottenuti al termine del processo di calibrazione in regime transitorio, risultati più elevati (i piezometri oggetto di slug test si inseriscono nella litozona 2, più prossima alla regione fluviale del F. Po).

Conducibilità idraulica K (m/s)				
Piezometro	1	2	3	Media
P1	2.57E-04	2.80E-04	2.62E-04	2.66E-04
P2	2.04E-04	2.14E-04	2.10E-04	2.09E-04
P3	1.67E-04	2.30E-04	2.01E-04	1.99E-04
P4	2.27E-04	2.30E-04	2.26E-04	2.28E-04
P5	1.03E-03	8.15E-04	5.94E-04	8.13E-04
P6	1.70E-04	2.29E-04	1.88E-04	1.96E-04
P7	2.68E-04	2.51E-04	2.70E-04	2.63E-04
P8	3.10E-04	3.30E-04	2.71E-04	3.04E-04

Coefficiente di immagazzinamento specifico Ss (1/m)				
Piezometro	1	2	3	Media
P5	2.84E-04	7.82E-04	1.47E-04	4.04E-04
P6	3.70E-05	1.77E-04	1.73E-05	7.71E-05
P7	1.84E-04	7.06E-05	1.30E-04	1.28E-04

Tabella 19: risultati delle prove in foro tipo “Slug Test”, 2 Maggio 2019. Fonte: *Tesi di Laurea del Politecnico di Torino, Sannino A.R., 2020*

Parametri idraulici di input			Parametri stimati dalla calibrazione		
K1	1.00E-04	[m/s]	K1	5.08E-04	[m/s]
K2	2.00E-04	[m/s]	K2	9.43E-04	[m/s]
Ss 1	1.00E-05	[1/m]	Ss 1	1.00E-05	[1/m]
Ss 2	1.00E-06	[1/m]	Ss 2	2.26E-06	[1/m]
n1	2.00E-01	[-]	n1	1.11E-01	[-]
n2	2.00E-01	[-]	n2	1.37E-01	[-]

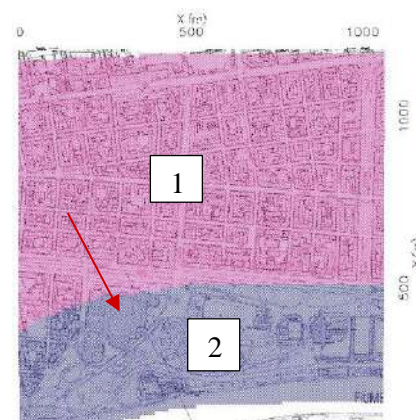


Figura 30: parametri idrodinamici introdotti nel modello di simulazione del flusso e revisione dei medesimi al termine della calibrazione in regime transitorio. 1 e 2 indicano le due litozone omogenee discretizzate nel dominio di calcolo e riportate nelle tabelle. Fonte: *Tesi di Laurea del Politecnico di Torino, Sannino A.R., 2020*

8.3.2 Prove sperimentali sito-specifiche

Nei fori di sondaggio attrezzati a piezometro durante la campagna di indagini geognostiche per il Padiglione 2 di Torino Esposizioni sono state eseguite prove idrauliche di assorbimento in foro, previa valutazione preventiva di una portata di immissione sostenibile per un intervallo di tempo sufficiente, mediante allestimento di una stazione di prova, costituita da una tubazione sotto-falda sommersa e di un sistema di misura dei livelli idrici tramite sondino centimetrato elettroacustico e delle portate emunte tramite recipiente volumetrico graduato. L'interpretazione della prova è avvenuta riferendosi ad una condizione di non-equilibrio in un acquifero freatico, nella soluzione di approssimazione logaritmica di Jacob (linearizzazione), seppur riferita ad una prova di breve durata, purtuttavia con un basso rapporto tra variazione di livello dinamico e spessore totale dell'acquifero.

Riportando sull'asse delle ordinate gli abbassamenti dinamici e in ascissa i tempi di pompaggio in scala semi-logaritmica, trascorso un intervallo di tempo di durata adeguata, i punti di misura sono estrapolabili ad una retta di cui è possibile calcolare il coefficiente angolare C, calcolabile tramite l'accrescimento piezometrico caratteristico di un ciclo logaritmico.

$$C = \tan \beta = \frac{0,183 Q}{T}$$

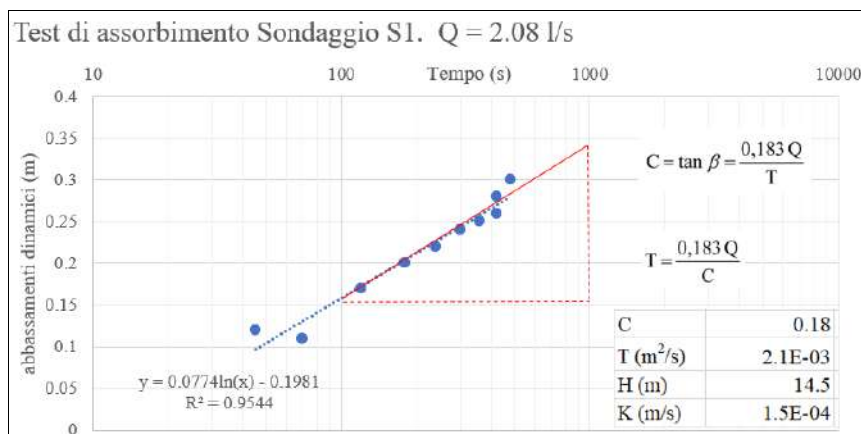


Figura 31: prova di assorbimento in foro di sondaggio attrezzato a piezometro – S1

Più specificamente, è possibile stimare la trasmissività del mezzo filtrante attraverso la relazione:

$$T = \frac{0,183 Q}{C}$$

Considerando, in un ciclo logaritmico, un valore di innalzamento di 18 centimetri riferito ad un ciclo di immissione di 1m³ a portata costante per la durata di 480", si ottiene, per la portata di prova di 2.08 l/s, una stima di trasmissività T = 2.1E-03 m²/s, che, riferita ad uno spessore saturo di 14.5 metri, fornisce una stima di permeabilità K = 1.5E-04 m/s, congruente con le determinazioni degli slug-test svolti per la Tesi di Laurea del Politecnico di Torino presso l'adiacente Padiglione "Morandi" e con i valori iniziali di conducibilità idraulica medi iniziali inseriti nel modello di simulazione numerica.

8.3.3 Rassegna di parametri idrodinamici desumibili da pozzi esistenti

È stata eseguita una ricerca delle caratteristiche idrodinamiche desumibili da altri pozzi per acqua assentiti dalla P.A., in un intorno significativo e confrontabile sotto il profilo del tipo di acquifero captato, ovvero l'acquifero freatico alluvionale.

Procedendo dai punti più prossimi, i progettisti del pozzo del Ristorante San Giorgio presso il Castello del Valentino, situato un centinaio di metri a valle del sito di Torino Esposizioni – Padiglione 2 - hanno assunto per il suo dimensionamento idraulico i seguenti parametri (non sono noti i parametri determinati in sede di collaudo):

- Profondità = 27 metri
- Conducibilità idraulica K = 5*10⁻⁴ m/s (ghiaia sabbiosa) ovvero 1*10⁻³ m/s (ghiaia pulita)
- Livello statico = 10 metri da p.c.
- Portata estraibile Q = 30 l/s
- Abbassamento dinamico s = 2-3 m
- Portata specifica Qs = 10-15 l/s*m
- Raggio di influenza R = 134-285 m

Per il pozzo con derivazione assentita n° TOP5466, situato circa 300 metri ad Ovest-Nord Ovest rispetto al Padiglione 2 di Torino Esposizioni, sono riportati i seguenti parametri operativi di collaudo del perforatore

- Profondità = 45 metri
- Livello statico = 17.50 m da p.c.
- Portata Q = 10 l/s
- Livello dinamico – 17.70 m da p.c.
- Abbassamento s = 0.20 m
- Portata specifica Qs = 50 l/s*m

Per il pozzo con derivazione assentita n° TOP5475, situato circa 420 metri a Sud-Sud Ovest rispetto al Padiglione 2 di Torino Esposizioni, sono riportati i seguenti parametri operativi di collaudo del perforatore

- Profondità 48.5 metri
- Livello statico – 13. 0 m da p.c.
- Livello dinamico – 15.00 m da p.c.
- Abbassamento $s = 2.0$ m

Per il pozzo con derivazione assentita n° TOP 5502, situato in P. zza Carducci (lato Molinette), sono riportati i seguenti parametri operativi di collaudo del perforatore

- Profondità 30.0 metri
- Livello statico – 6.80 m da p.c.
- Portata $Q = 16.7$ l/s
- Livello dinamico – 8.50 m da p.c.
- Abbassamento $s = 1.7$ m
- Portata specifica $Q_s = 9.8$ l/s*m

In sintesi, per le caratteristiche note di queste opere di captazione, filtrate selettivamente nell’acquifero freatico sino alla base impermeabile dello stesso, è possibile desumere portate specifiche caratteristiche variabili tra 10 e 50 l/s per metro di abbassamento, indicatrici di un’elevata permeabilità del mezzo poroso.

9 Assetto piezometrico

9.1 Piezometria

Il campo di moto a scala di area vasta dell’areale torinese, compreso tra il settore esterno dell’Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana e il F.Po, si connota per una distribuzione di quote freatiche variabili da un massimo di oltre 260 m s.l.m. sino ad un minimo prossimo ai 215 m s.l.m. in prossimità dell’alveo fluviale.

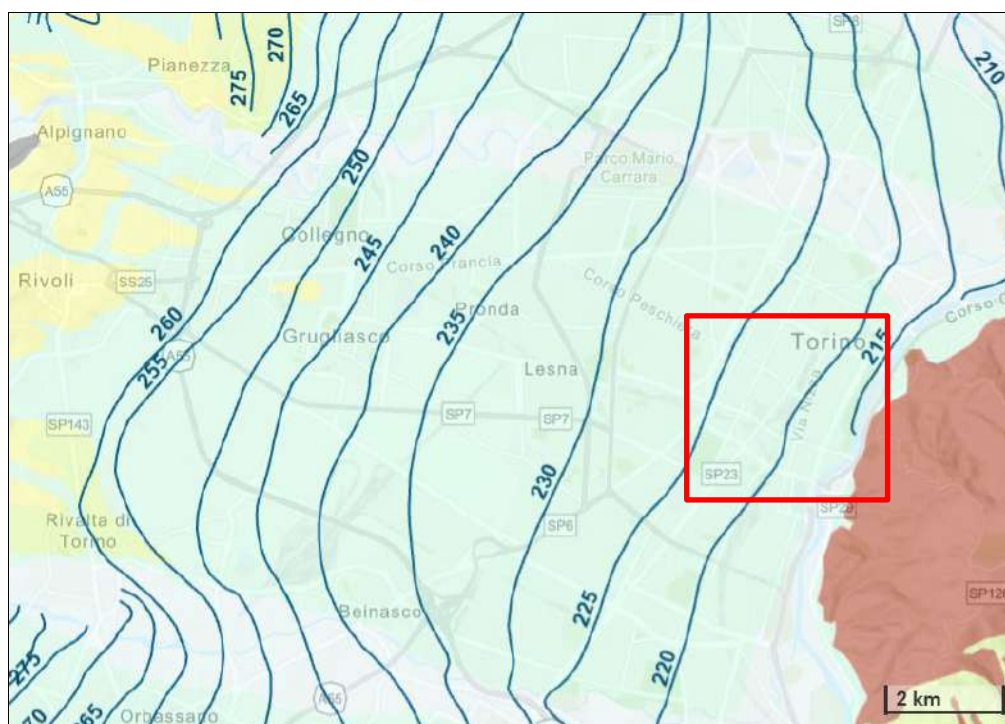




Figura 32: campo di moto della falda superficiale, città di Torino. Fonte: *GEOportale ARPA Piemonte, idrogeologia*. Inquadramento a scala di area vasta (sopra) e, nel riquadro, dettaglio relativo all'intorno del sito

Il gradiente idraulico si presenta più elevato nelle aree di ricarica, per distendersi nell'area metropolitana ed aumentare nuovamente nei pressi della regione fluviale del Po.

In linea generale, la disposizione delle curve isofreatiche nel settore di progetto risulta pressoché parallela all'asse fluviale, che rappresenta il livello drenante di base, con quote comprese tra 215 e 220 metri s.l.m.

Nell'ambito di importanti progetti strutturali e infrastrutturali relativi al settore torinese prossimo al F. Po, sono disponibili ulteriori elaborazioni piezometriche, basate su altrettante campagne di indagine geognostica.

È possibile citare tra questi:

- il progetto della nuova sede della Regione Piemonte;
- progetti delle opere annesse alla linea metropolitana 1 e relative stazioni (Marconi, Dante e Carducci).

Relativamente al primo, il pannello piezometrico ricostruito indica nel sito di progetto di Torino-Esposizioni una quota di falda di 216 metri s.l.m.

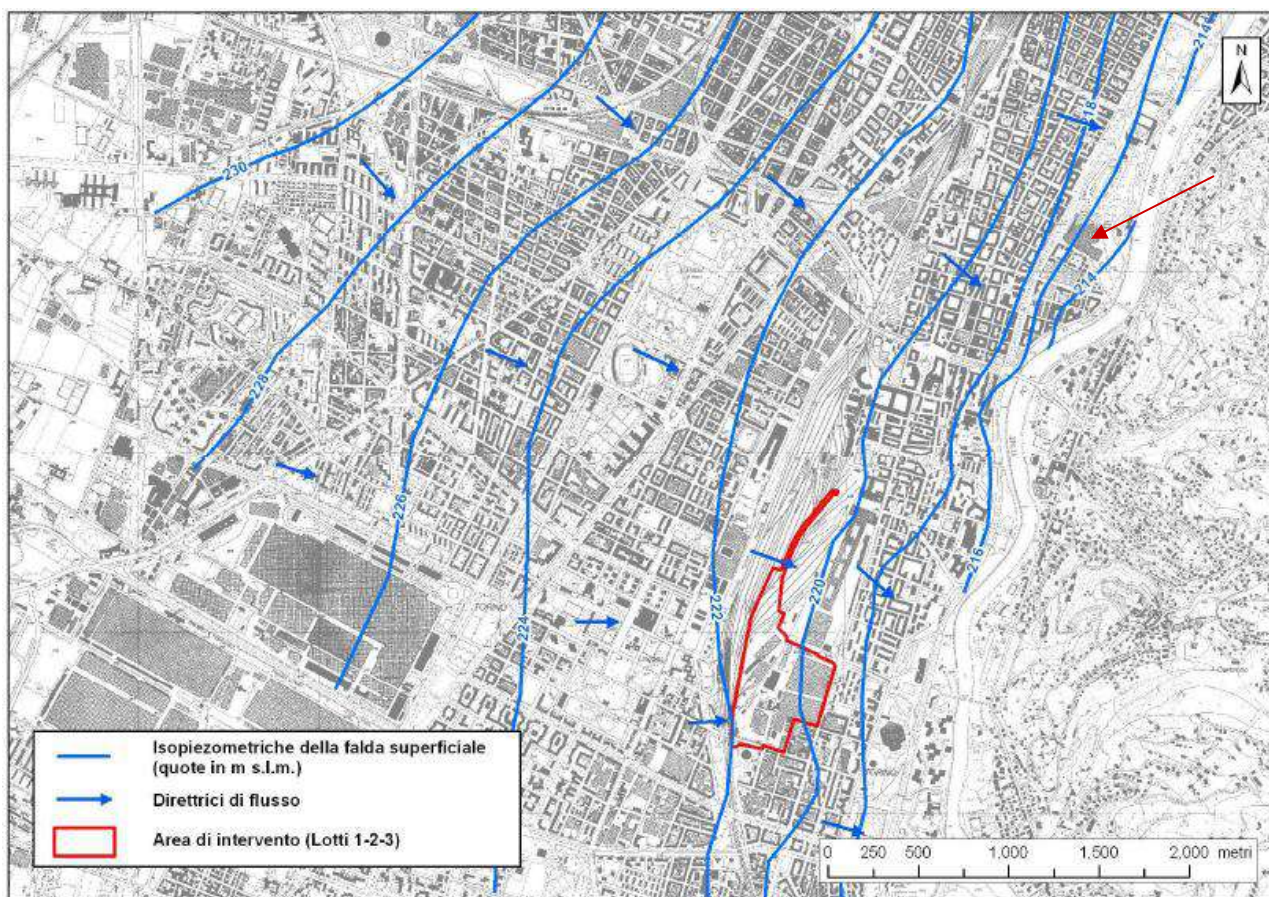


Figura 33: campo di moto della falda superficiale, città di Torino. Fonte: *Progetto Definitivo Nuovo Palazzo per Uffici Regione Piemonte, 2008.*

Relativamente al secondo, è disponibile una mappatura dei livelli di falda rilevati nel corso di una campagna del 2000-2001, avente quindi un significato di raffronto antecedente su scala ventennale, riportata negli elaborati idrogeologici per il progetto di un parcheggio interrato.

Anche nella cartografia allegata a questo progetto viene riportata, per il sito di Torino Esposizioni, una quota di falda di 216 m s.l.m.



Figura 34: campo di moto della falda superficiale, città di Torino. (Fonte: *Città di Torino, Progetto Preliminare. Realizzazione di parcheggio pubblico interrato di Porta Nuova – lato via Nizza e relativa riqualificazione superficiale. Allegato relazione geologico-geotecnica Giugno 2013*).

L'area oggetto di studio è altresì ricompresa nelle elaborazioni piezometriche eseguite nell'ambito di una tesi di Laurea del Politecnico di Torino, centrata nell'areale situato tra Corso Vittorio Emanuele (a Nord), via Nizza (ad Ovest), Corso Bramante (a Sud) e il F. Po (ad Est).

In questa ricostruzione, basata su un rilievo eseguito in data 16.09.2020, per il sito in progetto è individuabile una quota piezometrica situata circa a 215.5 metri s.l.m., alla quale corrisponde una soggiacenza di circa 17 metri dal piano-campagna.

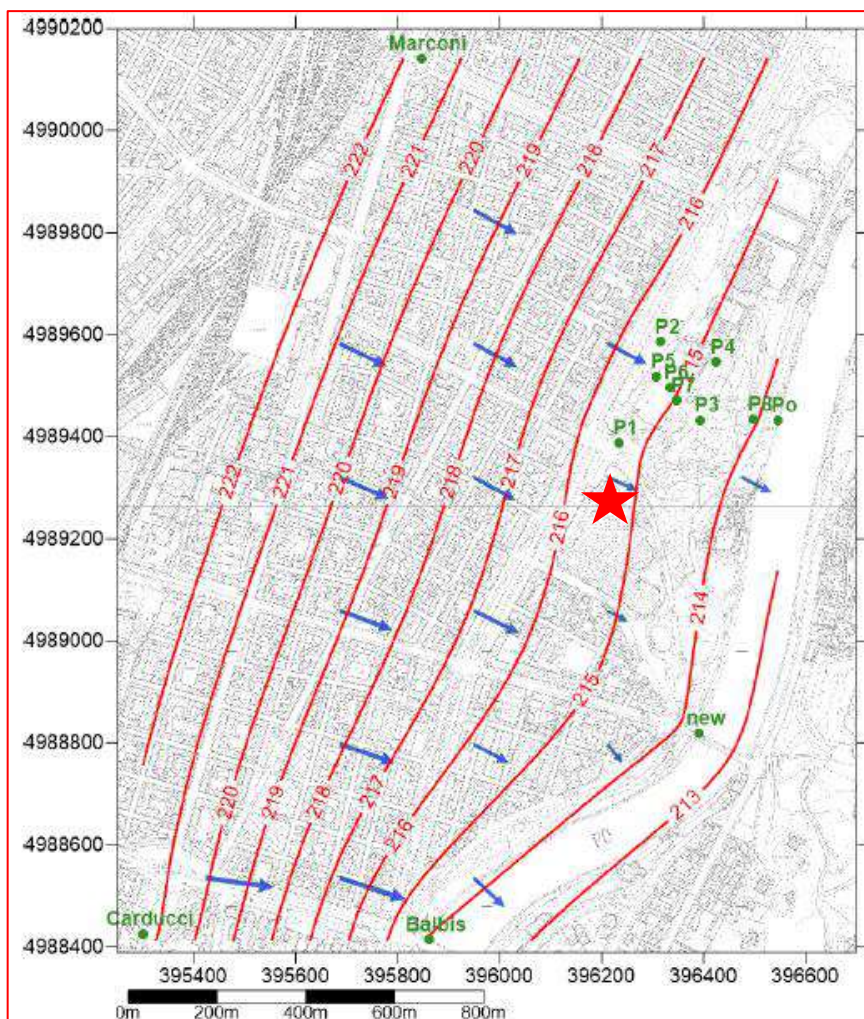


Figura 35: pannello piezometrico ricostruito alla data del 16.09.2020. Fonte: Politecnico di Torino, Tesi di Laurea 2020 Sannino A. R.

	Est (m)	Nord (m)	quota (m)	misura soggiacenza (m)	livello piezometrico (m)
P1	396233.748	4989387.554	231.715	16.460	215.255
P2	396315.642	4989585.246	231.901	16.555	215.346
P3	396393.138	4989432.234	230.008	15.415	214.593
P4	396425.006	4989545.759	230.450	15.635	214.815
P5	396307.564	4989517.747	223.581	8.325	215.256
P6	396333.806	4989496.084	223.570	8.475	215.095
P7	396347.394	4989470.542	223.568	8.595	214.973
P8	396498.128	4989433.474	218.272	4.200	214.072
Marconi	395846.230	4990140.380	236.790	15.095	221.695
Carducci	395301.200	4988424.800	234.100	12.710	221.390

Tabella 20: misure di soggiacenza e piezometria alla data del 16.09.2020. Fonte: Politecnico di Torino, Tesi di Laurea 2000 Sannino A. R.

Con la finalità di ottenere elementi di caratterizzazione puntuale in un intorno significativo dell'area di progetto, sono state consultate le basi dati disponibili presso ARPA Piemonte, con specifico riferimento alla Rete piezometrica del Comune di Torino, che, come descritto nelle schede meta-documentali, è contraddistinta dai seguenti connotati.

“I punti della rete piezometrica sono stati selezionati tra piezometri esistenti realizzati durante le attività di bonifica di siti industriali dismessi, nella progettazione di opere sotterranee e di impianti geotermici del territorio comunale di Torino e comuni limitrofi. Per ogni piezometro sono disponibili informazioni

anagrafiche e dati tecnici relativi alla perforazione, all'ubicazione e allo stato dello strumento. Le campagne di misura piezometrica hanno origine dal 2012 e sono aggiornate con cadenza semestrale, ove disponibili sono presenti dati in continuo e campagne di misura precedenti al 2012” (Fonte: ARPA Piemonte)

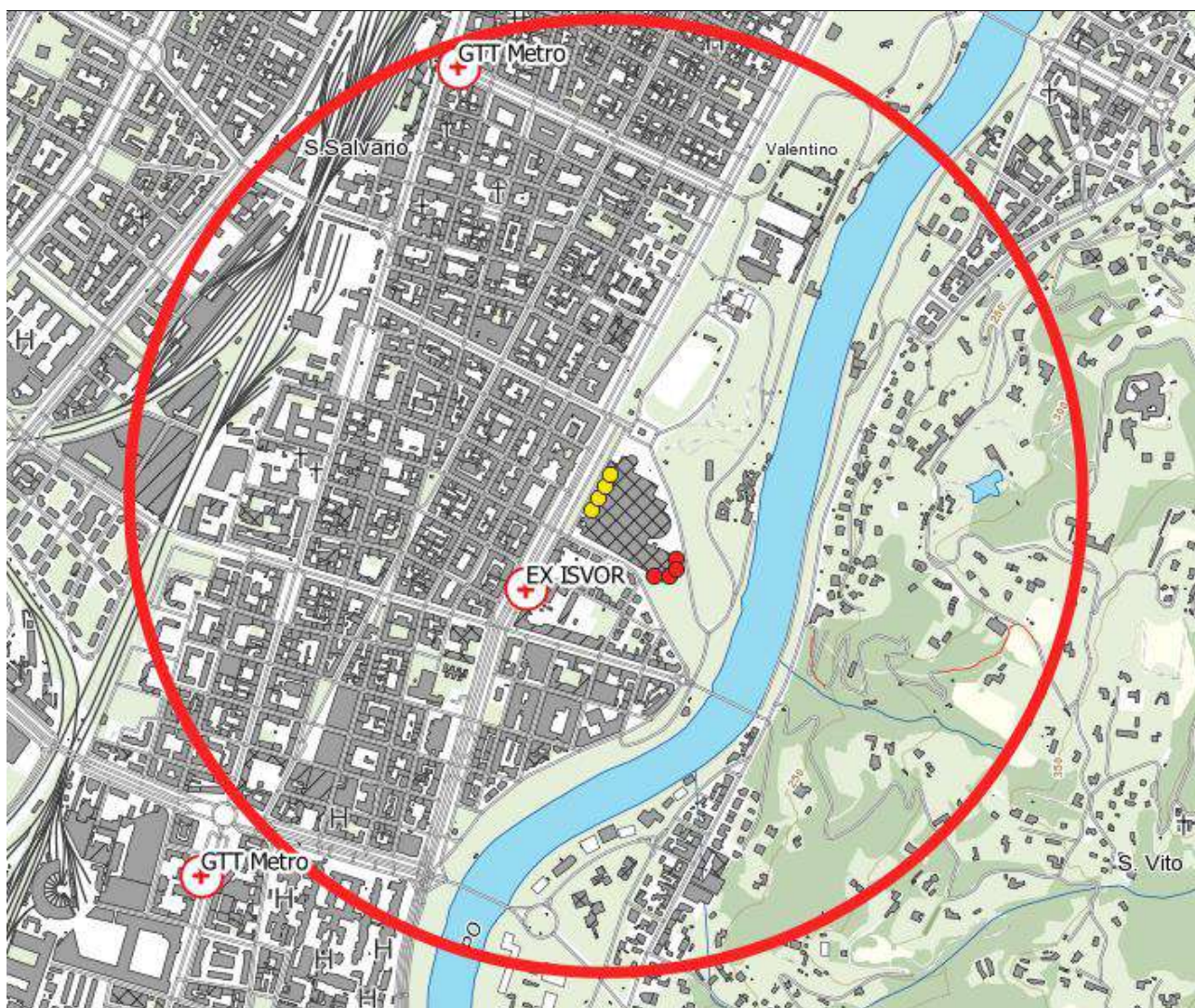


Figura 36: rete piezometrica ARPA della città di Torino. Fonte: GEOportale ARPA Piemonte

Sono inoltre stati considerati alcuni piezometri accessibili, pertinenti alla rete di controllo dei livelli di falda gestita dal Politecnico di Torino nell’ambito di verifiche idrogeologiche per la progettazione del Padiglione V.

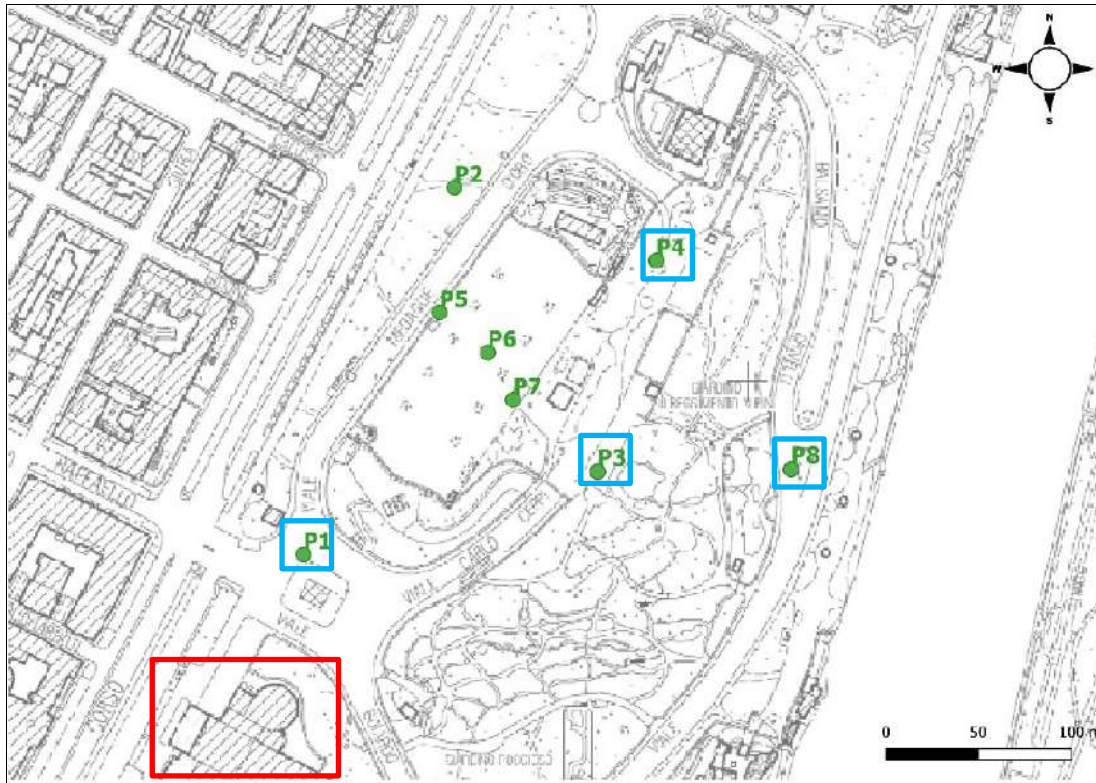


Figura 37: rete piezometrica Politecnico di Torino – Padiglione V. Fonte: Anna Rosa Sannino, 2020, Politecnico di Torino. Relatore Prof. T. Tosco: “Effetto di eventi di piena sull’interazione tra acquifero e corso d’acqua: simulazione della falda superficiale nell’area metropolitana di Torino”

Per le finalità suddette, nel corso del presente incarico, nel mese di ottobre 2022 è stata eseguita una campagna di misure con sondino elettroacustico centimetrato dei livelli di falda; da un punto di vista idrologico, essa rappresenta una condizione-limite particolare, risultante dal prolungato periodo siccitoso antecedente, che si connota pertanto rappresentativo di un ciclo di esaurimento.

Si riportano nel seguito i fotogrammi dei piezometri oggetto della campagna di misure eseguita in data 12.10.2022, e, a seguire, una tabella identificativa dei punti considerati.



Figura 38: rete piezometrica ARPA della città di Torino. Fonte: GEOportale ARPA Piemonte. A sx. GTT Metro P. Carducci, al centro ex ISVOR – C.so Massimo d’Azeglio, a dx. GTT Metro Largo Marconi.



Figura 39: rete piezometrica Politecnico di Torino – Padiglione V. Da sx. a dx: P1, P3, P4, P8. Fonte: Anna Rosa Sannino, 2020, Politecnico di Torino. Relatore Prof. T. Tosco: “Effetto di eventi di piena sull’interazione tra acquifero e corso d’acqua: simulazione della falda superficiale nell’area metropolitana di Torino”

Punto di misura	Est (m)	Nord (m)	Quota (m)	Profondità (m da p.c.)	Soggiacenza (m)	Diametro	Livello statico (m s.l.m.)
P1 - Poli pad V	396233	4989387	231.72	30.0	17.15	3”	214.57
P3 - Poli pad V	396393	4989432	230.01	30.0	15.80	3”	214.21
P4 - Poli pad V	396425	4989545	230.45	30.0	16.15	3”	214.30
P8 - Poli pad V	396498	4989433	218.27	18.0	4.50	3”	213.77
GTT Marconi	395847	4990141	237.00	21.0	16.05	4”	220.95
GTT Carducci	395302	4988429	234.00	25.0	13.80	3”	220.20
ex Isvor	395991	4989035	231.00	36.0	17.00	64”	214.00

Tabella 4: esito della campagna di misure di livelli di falda nella falda freatica – 12.10.2022

9.2 Soggiacenza

Le carte della soggiacenza della falda acquifera superficiale, elaborate dagli Autori Precedenti, evidenziano una progressiva riduzione dei valori procedendo da Ovest verso Est, nel settore dell’intervento in progetto.

Ai valori massimi, che contraddistinguono le aree di ricarica della falda freatica della pianura torinese, fanno seguito valori in progressiva diminuzione, raggiungendo i minimi in prossimità della regione fluviale del Po, così come delle altre aree fluviali metropolitane della Dora Riparia, Stura di Lanzo e Sangone.

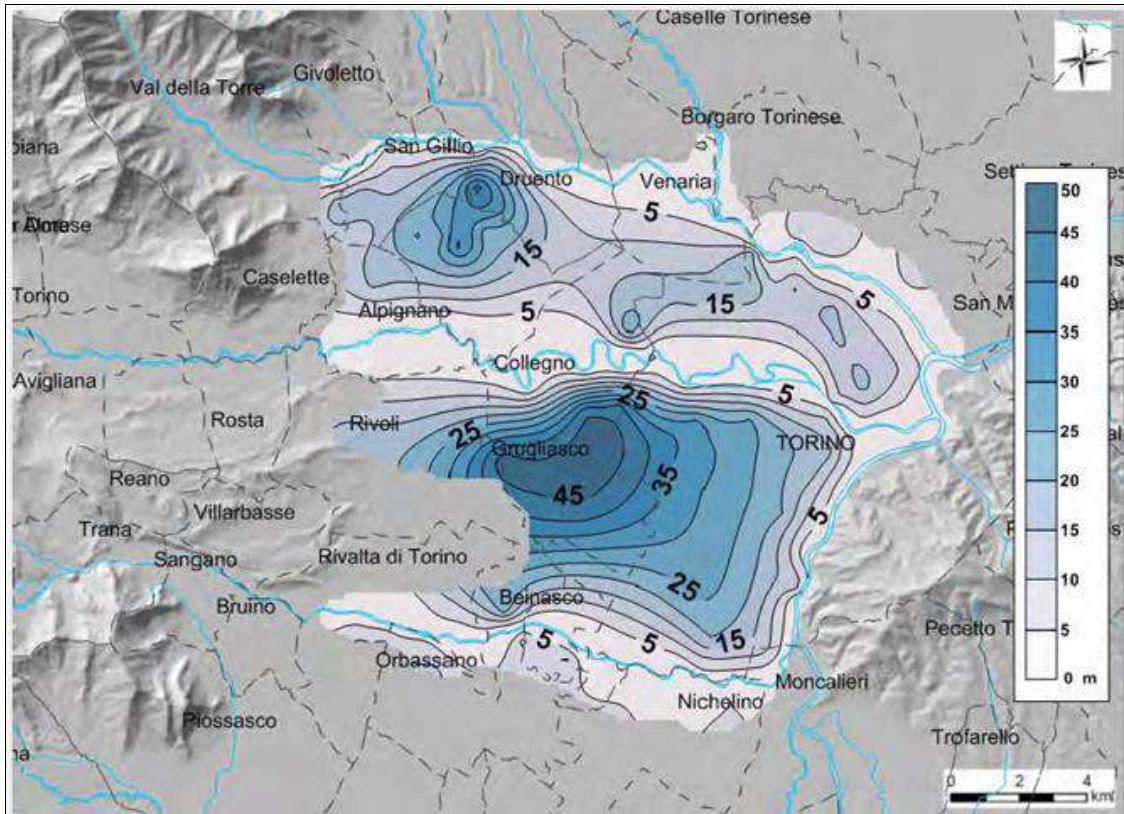


Figura 40: carta della soggiacenza della falda superficiale. Fonte: De Luca, 2012

Questo assetto è ripreso nell’analisi a scala di maggiore dettaglio, reso disponibile nel sistema informativo regionale di ARPA Piemonte, di cui è tratto uno stralcio nella figura seguente, relativo all’area adiacente all’intervento in progetto, ricadente nell’area con classe di soggiacenza variabile tra 10-20 metri, rapidamente decrescente tra meno di 10 e meno di 5 metri in prossimità della sponda fluviale sinistra del Po.

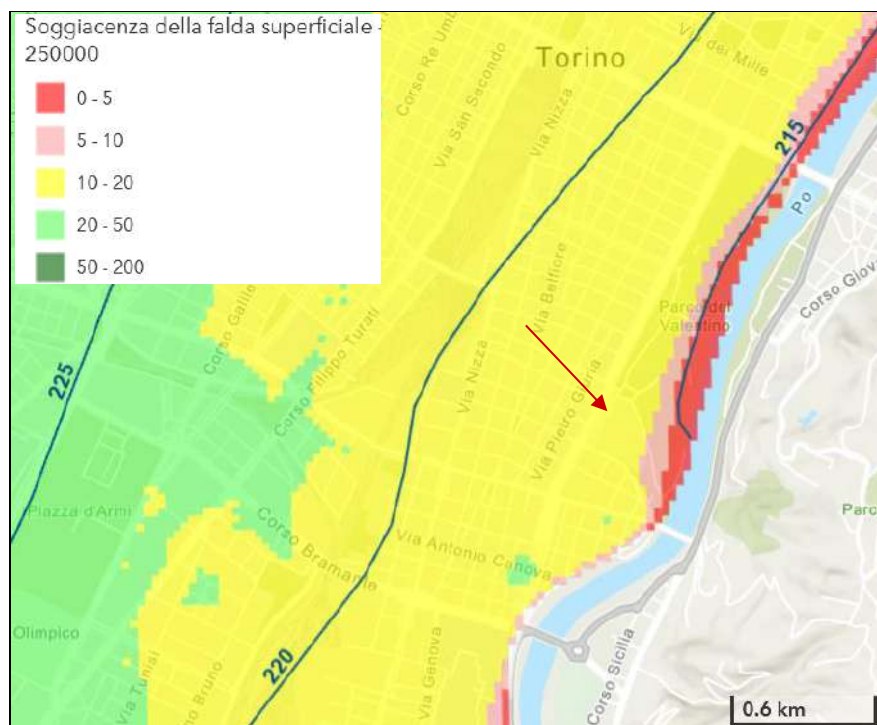


Figura 41: carta della soggiacenza della falda superficiale. Fonte: ARPA Piemonte, GEOportale. Soggiacenza della falda superficiale

A conferma del quadro generale riferito all'area in esame, nei sondaggi eseguiti in corrispondenza del sito di intervento in progetto del Padiglione 2 di Torino Esposizioni nel corso della campagna di ottobre 2022, le cui monografie sono riportate in allegato 3 alla presente relazione, sono stati individuati i seguenti livelli di falda.

Punto di misura	Est (m)	Nord (m)	Quota (m)	Profondità (m da p.c.)	Soggiacenza (m)	Livello statico (m s.l.m.)
S1 - Padiglione 2	396189.63	4989249.86	232.5	35.0	17.57	214.93
S2 - Padiglione 2	396171.38	4989199.85	232.5	20.0	17.70	214.80
S3 - Padiglione 2	396223.04	4989231.28	232.5	20.0	17.90	214.60
S4 – esterno Sud	396262.67	4989059.31	228.4	36.0	15.30	213.10
S5 – esterno Est	396303.05	4989144.48	227.6	18.0	13.80	213.80

Tabella 5: – Dati campagna geognostica Padiglione 2: livelli di falda nella falda freatica – 15.11.2022

Rispetto a questi ultimi dati, si ribadisce che si tratta di valori inseriti nel prolungato periodo siccitoso di durata annuale che interessa il bacino padano, e, come tali, rappresentano una marcata anomalia negativa.

Pertanto, si tratta di dati sicuramente sottostimati rispetto alle medie caratteristiche del sito e del periodo, anche in ragione di quanto illustrato per analogia con le recenti misure eseguite in piezometri di controllo nel medesimo acquifero nelle adiacenze.

9.3 Escursioni del livello di falda

9.3.1 Escursioni pluriennali

Approfonditi studi relativi alle tendenze evolutive dei livelli di falda su base pluriennale nell'area metropolitana torinese (GEAM, Dic. 2001) portarono ad una zonizzazione preliminare, rivedibile alla luce dei dati più recenti, di aree con tendenze ad incremento o riduzione dei livelli di falda, distribuite nel territorio comunale. Gran parte della fascia prossima al F.Po non evidenzia particolari tendenze in atto; locali zone si connotano per trend debolmente negativi, tra Torino centro e Torino Nord, la zona lungo la Dora Riparia per un debole trend positivo.

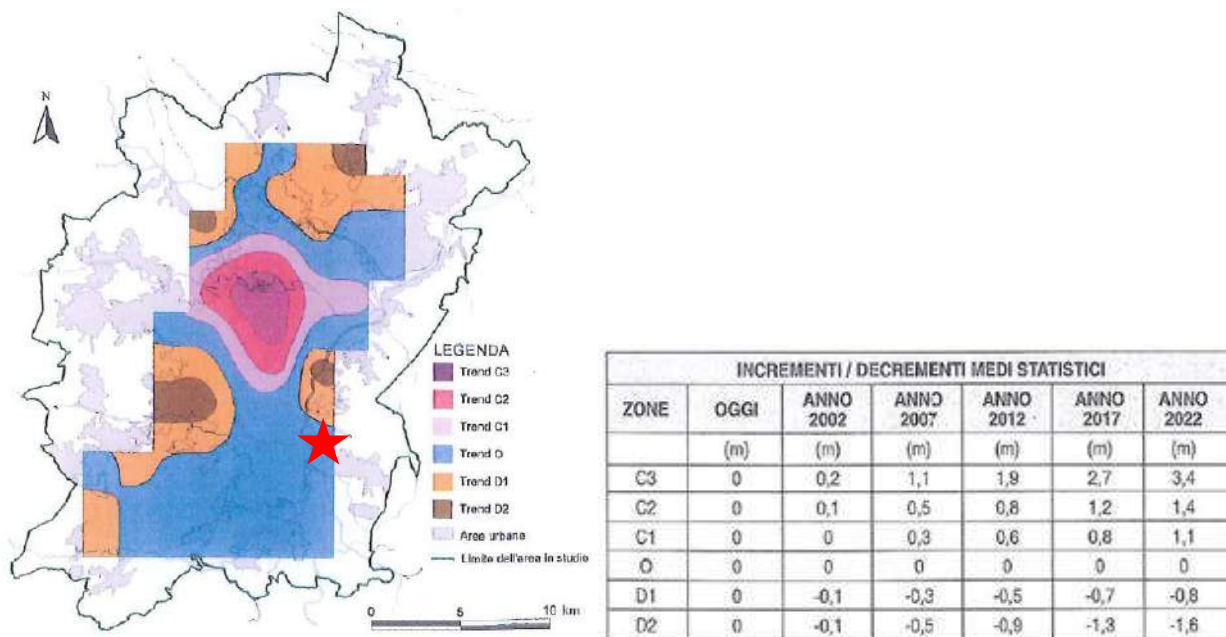


Figura 42: aree con tendenze piezometriche pluriennali omogenee (a sinistra) ed assetto previsionale ipotizzato a partire dal 2001. Fonte: M. Civita, S. Pizzo, GEAM 2001, pp. 271-287

Successivamente agli anni 2000, con la rete di monitoraggio regionale dei livelli di falda, è possibile riferirsi alla serie freatimetrica del piezometro registratore automatico più prossimo, e idrogeologicamente a monte, rispetto al sito di studio, collocato a Piazza d’Armi, ad una distanza di circa 2 km, terebrato in falda superficiale alla profondità di 41.7 metri da p.c.

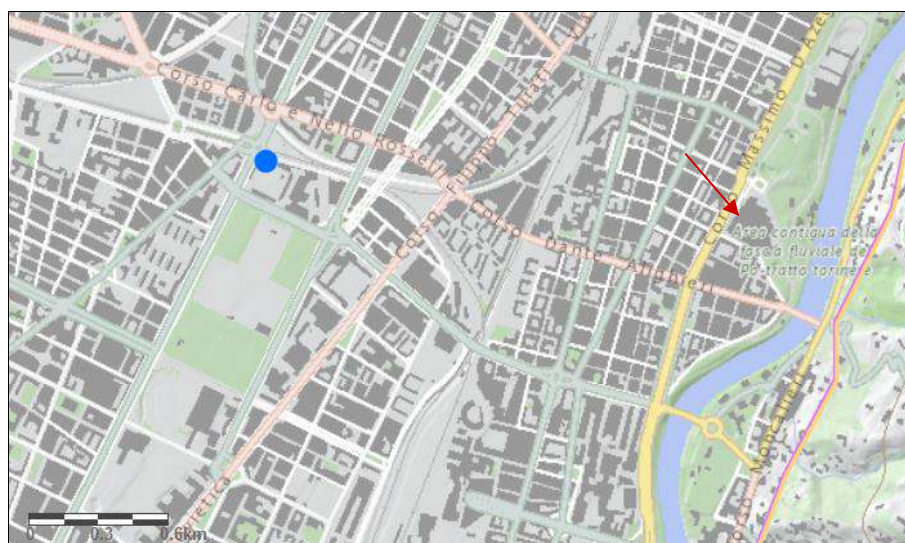


Figura 43: ubicazione della stazione freatimetrica automatica di P. za D’Armi (in blu). Fonte: ARPA Piemonte, GEOPortale Acque

I grafici sotto riportati evidenziano le variazioni pluriennali connesse con i cicli di ricarica ed esaurimento, con valori stagionali caratteristici di norma tra 50 cm e 1 metro; è significativa la risposta piezometrica alla fase di ricarica (pluvio-nivale) del dicembre 2008, che ha determinato un’inversione di tendenza pluriennale, alla quale sono seguite fasi di esaurimento significative nel 2013, 2017 e 2021.



Figura 44: serie freaticometrica al piezometro registratore di Torino – P. zza d’Armi; periodo 2004-2011

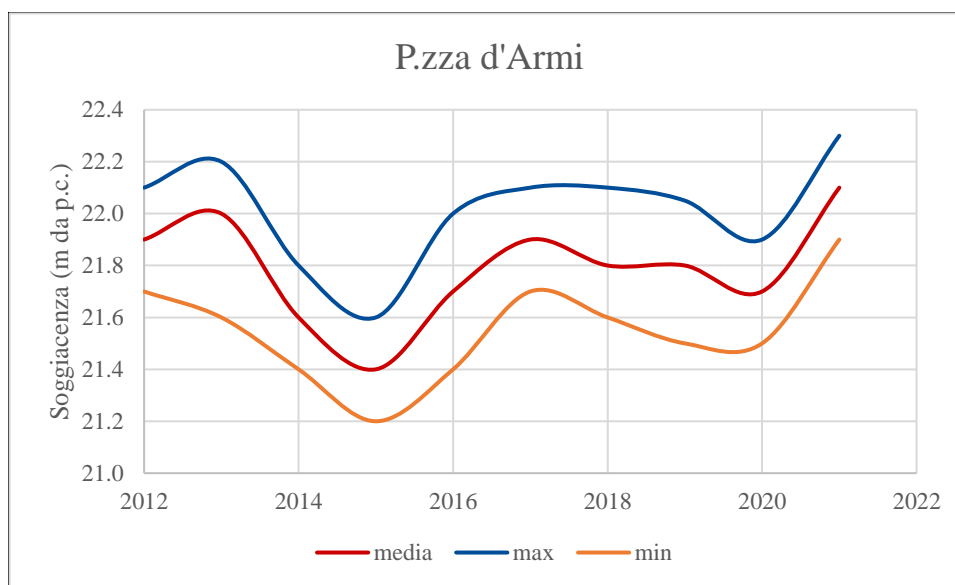


Figura 45: serie freaticometrica al piezometro registratore di Torino – P. zza d’Armi; periodo 2012-2021

Per confronto tra le misure freaticometriche eseguite nella campagna del 12.10.2022 nelle reti di controllo esistenti e i valori pregressi disponibili, è stato possibile accertare e quantificare il marcato impatto del prolungato periodo siccitoso che ha connotato l’anno 2022 a scala regionale e di bacino.

Si riportano nel seguito i grafici sintetici relativi ai tre siti gestiti da ARPA Piemonte – Rete Piezometrica della Città di Torino. Si osserva che gli impatti più significativi, in termini di valori assoluti, connotano i punti di controllo più distanti dal F. Po.

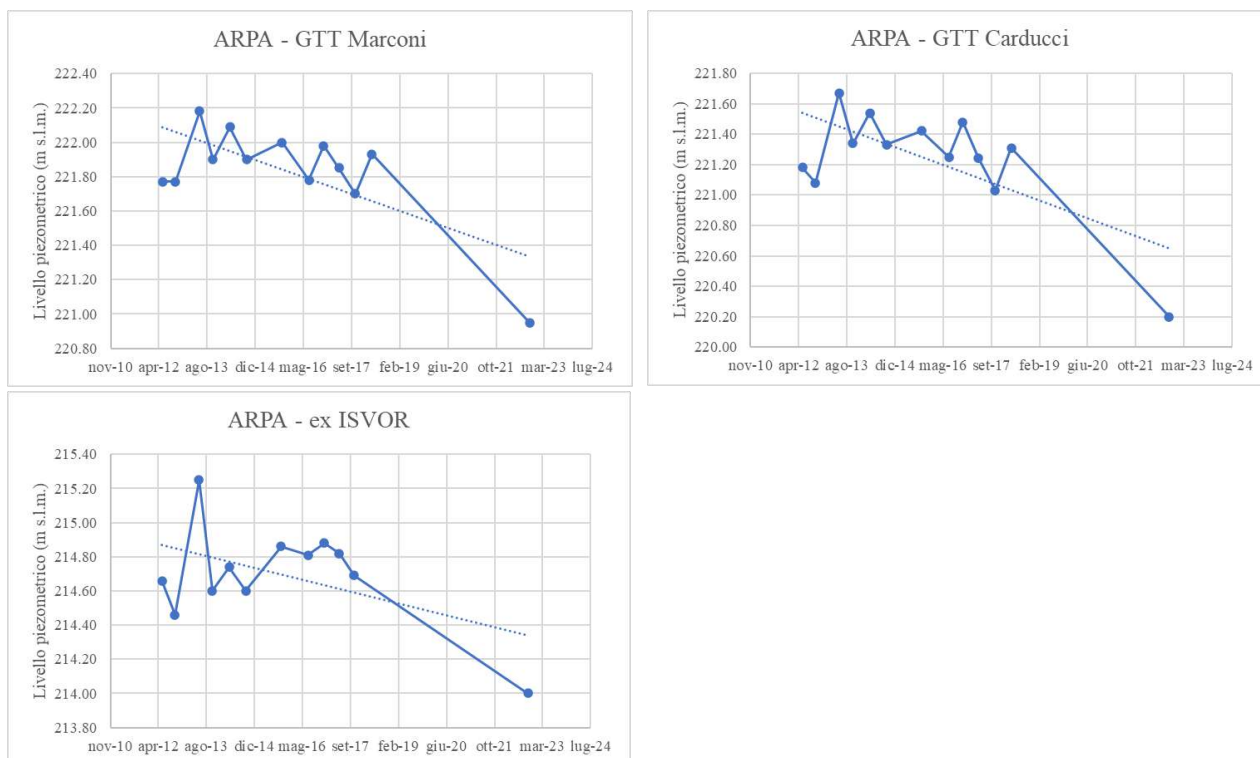


Figura 46: aggiornamento dei dati piezometrici della rete di controllo ARPA – Città di Torino.

In accordo ai bollettini idrologici emessi da ARPA Piemonte su base mensile, la situazione riscontrata ad ottobre 2022 si inquadra in un contesto regionale nel quale gli abbassamenti della falda rispetto alla media storica di riferimento denotano una tendenza ad un aumento costante della soggiacenza, superiore al 75° percentile della media della serie storica.

Dietro specifica richiesta autorizzata dalla Committente è stata acquisita dal Politecnico di Torino la serie piezometrica dei dati registrati in automatico nel punto di osservazione denominato P1 nelle precedenti fig. 29 e 31, a partire dal 02.05.2019, che, in quanto tali, coprono un triennio di osservazione con significativi eventi idrologici sia di piena, sia di magra prolungata.

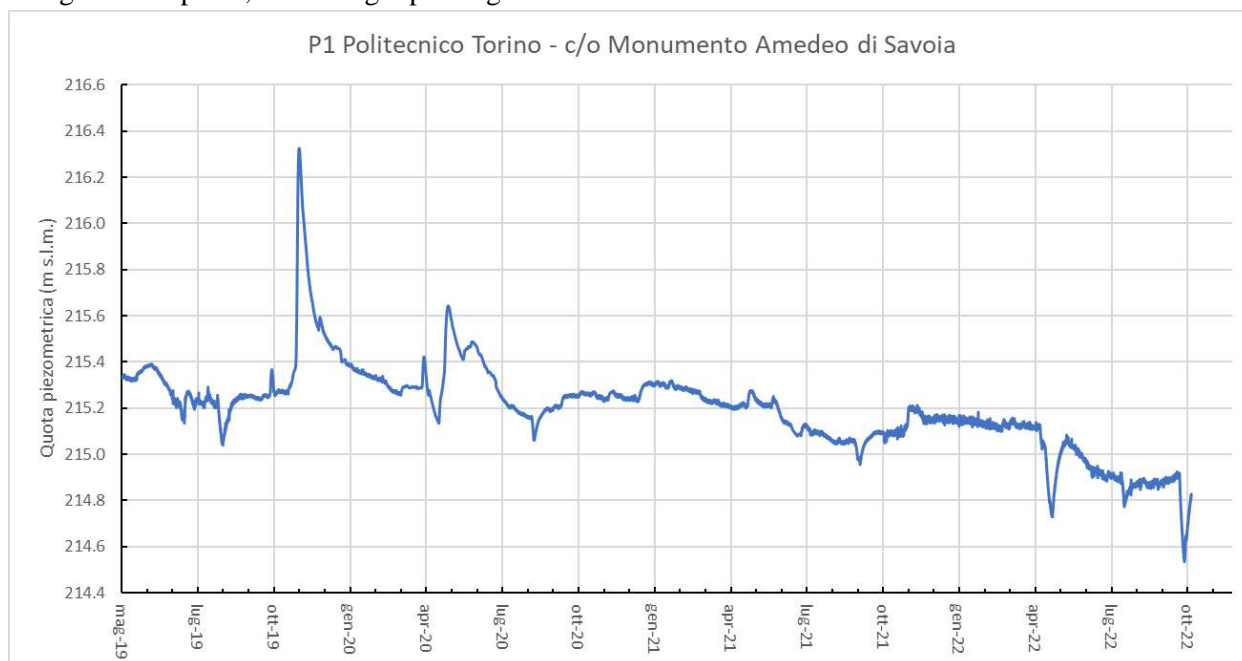


Figura 47: serie freaticometrica acquisita dal piezometro automatico P1 (Fonte: Politecnico di Torino). La quota media nel triennio è risultata pari a 215.20 cm s.l.m., in progressivo declino da novembre 2021.

9.3.2 Escursioni stagionali

Nei capitoli e paragrafi precedenti, è stato illustrato, mediante i grafici delle escursioni freaticometriche misurate nei punti di controllo ARPA nella Città di Torino, che tali escursioni assumono valori caratteristici annui di circa 40 - 60 cm, congruenti con quelli rilevabili nel piezometro automatico di Piazza d'Armi, gestito da ARPA Piemonte.

Tenuto conto della peculiare collocazione del tracciato in progetto nel quadro del sistema di deflusso idrico sotterraneo sopra delineato, assume particolare interesse la valutazione delle possibili quote piezometriche massime di riferimento, connesse con gli stati idrometrici di piena del F.Po. In tali condizioni, l'effetto drenante del corso d'acqua viene invertito, e sostituito da un effetto disperdente (temporaneo e reversibile nell'arco di alcuni giorni), contrastato dalla natura prevalentemente impermeabile dei terreni presenti in sponda destra idrografica al piede del rilievo collinare, ed invece più importante nell'acquifero alluvionale in sponda sinistra idrografica, per effetto della maggiore permeabilità.

Un approfondito studio di tali relazioni è stato eseguito nel contesto delle verifiche idrogeologiche preliminari relative al progetto di fattibilità tecnico-economica (Fonte: *SCR Piemonte, Città di Torino. Relazione specialistica idrogeologica. Settembre 2022. Ing. V. Anselmo*).

In tale studio, è definita la quota di massima piena di riferimento duecentennale in corrispondenza delle sezioni fluviali adiacenti al sito, assunta a 219.11 m s.l.m. in corrispondenza del padiglione Morandi.

Mediante l'applicazione di un modello di simulazione idrogeologica del flusso in falda (Modflow), tenendo conto delle condizioni al contorno e interne relative alle quote idrometriche, è stata effettuata una calibrazione con riferimento al regime ordinario di deflusso e verificando la risposta dell'acquifero contermine alle condizioni di massima piena, assumendo un idrogramma della piena del 14-17.10.2000.

Nelle condizioni di falda relative al regime ordinario, la quota piezometrica calcolata presso il Padiglione Morandi è di circa 215.0 m s.l.m., mentre l'escursione dovuta al transito dell'onda di piena nel F. Po determinerebbe un innalzamento di 1 metro, sino alla quota di circa 216.0 m s.l.m.

Una recente Tesi di Laurea del Politecnico di Torino ha preso in considerazione le relazioni dinamiche evidenziate nella rete piezometrica allestita per il progetto di ristrutturazione del Padiglione V di Torino-Esposizioni e i livelli idrometrici del F. Po (*Anna Rosa Sannino, 2020, Politecnico di Torino. Relatore Prof. T. Tosco: "Effetto di eventi di piena sull'interazione tra acquifero e corso d'acqua: simulazione della falda superficiale nell'area metropolitana di Torino"*).

In particolare, per la calibrazione in regime transitorio del modello di simulazione, è stata studiata (mediante comparazione tra dati osservati e simulati) la risposta dei livelli piezometrici registrati in continuo, a distanze crescenti dalla sponda sinistra del F. Po, durante il transito dell'onda di piena dell'evento del 25.09.2019.

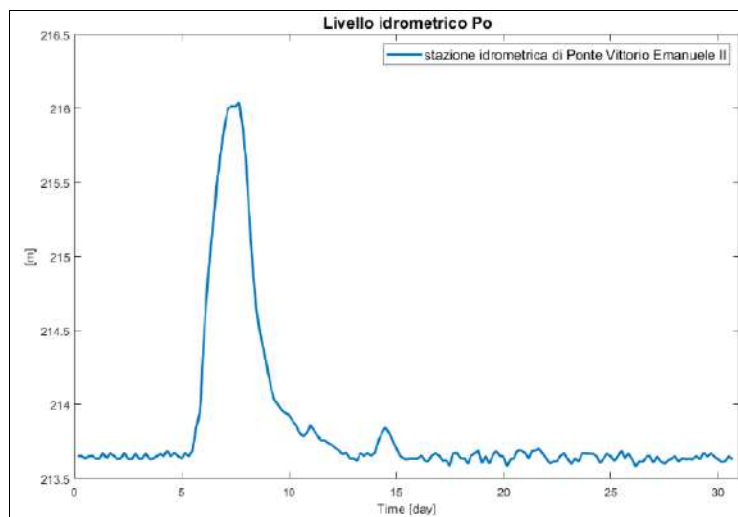


Figura 48: registrazione idrometrica dell’evento di piena del 25.11.2019 al Ponte Vittorio Emanuele II

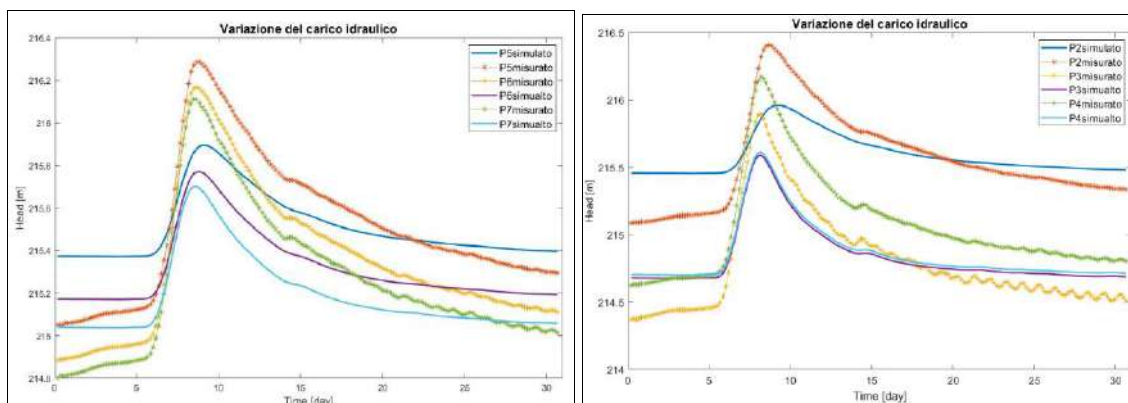


Figura 49: risposte piezometriche all’evento di piena del 25.11.2019 nel F.Po. Fonte: Politecnico di Torino, Tesi di Laurea 2020 Sannino A. R.

Come è possibile osservare dal confronto delle figure sopra riportato, a fronte di un incremento idrometrico in alveo superiore a 2 metri, si stima una risalita piezometrica pressoché concomitante, nell’ordine di grandezza superiore a 1 metro. Il fiume determina pertanto la condizione al contorno “dinamica” di valle del sistema di deflusso nella falda freatica.

Da un punto di vista della durata degli effetti transitori, è rilevante sottolineare che, in considerazione dell’elevata trasmissività dei depositi alluvionali in contatto idraulico con il F. Po, il ripristino dei livelli di falda antecedenti il colmo di piena si verifica in massima parte nella settimana seguente, per completarsi entro una ventina di giorni.

10 Modello sismico del sito

10.1 Classificazione sismica

Nell’ambito delle valutazioni di tipo sismico si fa riferimento alla normativa di settore più recente, in particolare:

- “Deliberazione della Giunta Regionale n. 10-4161 del 26 novembre 2021 - procedure di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico, allineate con la nuova classificazione sismica individuata con D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 6-887” e “Determinazione dirigenziale 12 gennaio 2022, n. 29 che ne approva le relative modalità attuative”.

- “Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6- 887 “Presenza d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656”
- “Deliberazione della Giunta Regionale 12 dicembre 2011, n. 4-3084 - D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese”.
- “Deliberazione della Giunta Regionale 3 febbraio 2012, n. 7-3340 - Modifiche e integrazioni alle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011”.
- “Determinazione Dirigenziale n. 540/DB1400 del 09.03.2012 – approvazione delle modalità per la predisposizione degli studi finalizzati alla prevenzione del rischio sismico a supporto degli strumenti urbanistici generali e loro varianti generali e strutturali dei Comuni compresi nelle zone sismiche 3S e 3”.
- “Deliberazione della Giunta Regionale 21 maggio 2014, n. 65-7656 -individuazione dell'Ufficio Tecnico Regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084”.

Il livello di sismicità del sito in esame nel comune di Torino viene ascritto alla zona 3.

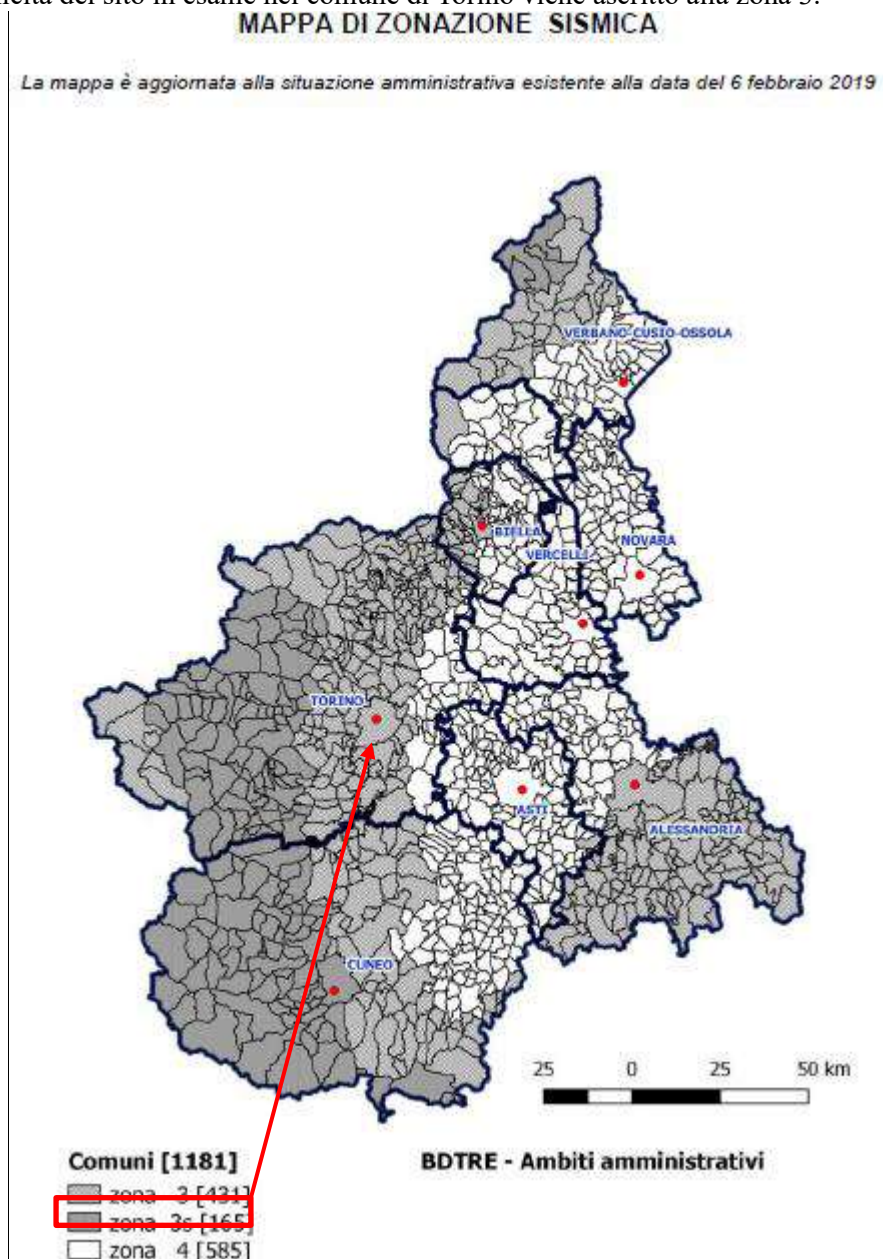


Figura 50: zonazione sismica dei comuni ex DGR 30 dicembre 2019, n. 6- 887

10.2 Sismicità storica

Le registrazioni della sismicità storica possono essere dedotte dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (INGV), v. DBMI15, del quale viene riprodotto uno stralcio relativo ad un intorno significativo dell'area di intervento.

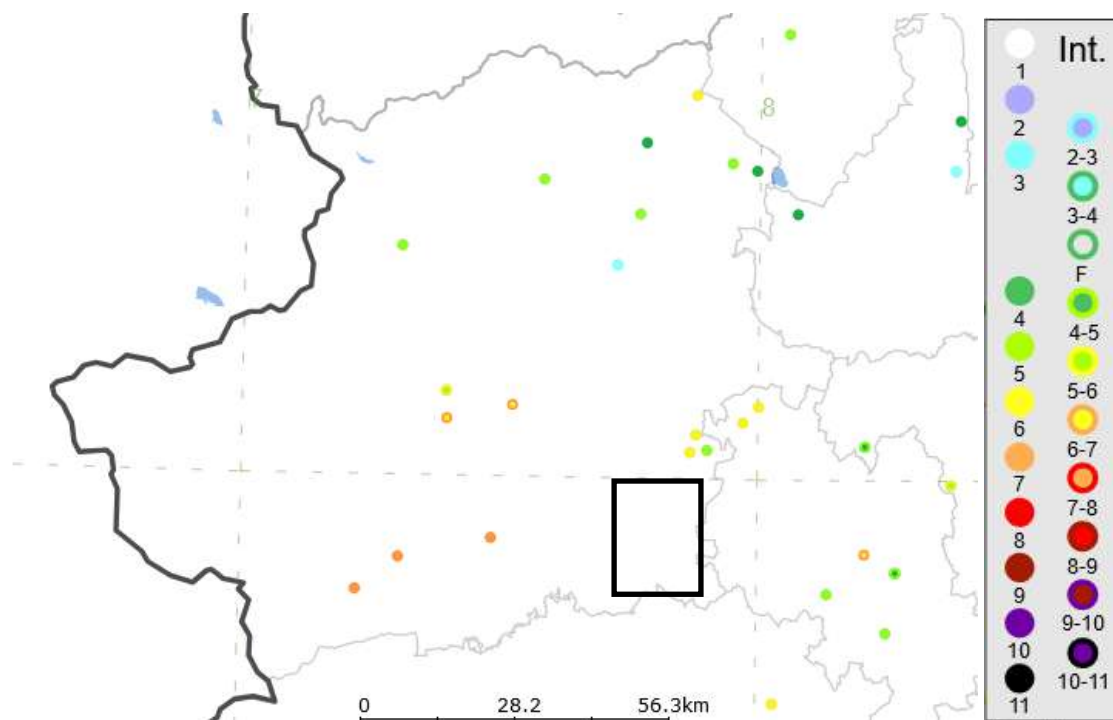


Figura 51: stralcio del CTPI - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani riferito al settore limitrofo all'area di intervento. Fonte INGV

Si presenta nel seguito una raccolta delle serie temporali tratte dal CPTI testimonianti la sismicità storica riferita ai comuni lungo il tracciato in progetto (Fonte: <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>).

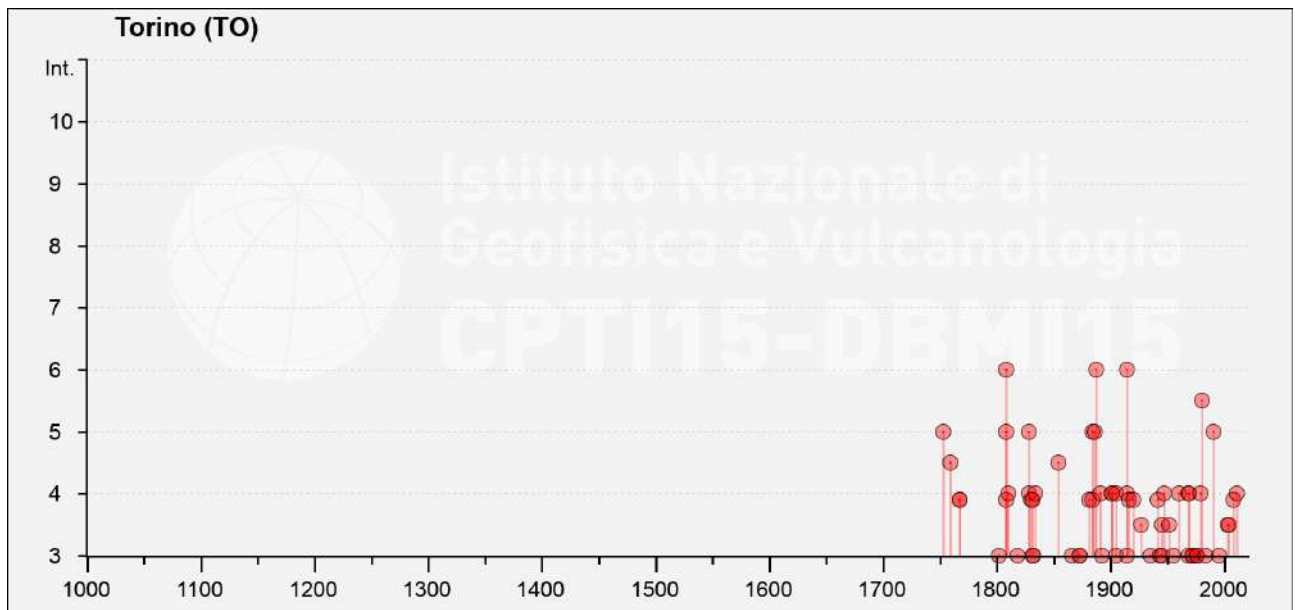


Figura 52: stralcio del CTPI - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani riferito al comune di Torino. Fonte INGV

Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
3-4	1927	12	11	15	49		Val di Susa	13	5	4.36
3	1935	03	19	07	27	1	Embrunais	254	7	5.25
2-3	1938	12	23	17	37	4	Canavese	28	5	4.22
F	1941	02	23	20	12	4	Cuneese	5		
3	1943	05	22	19	03		Val di Susa	3	4	3.70
2-3	1945	06	14	05	03	4	Oltrepò Pavese	6	6-7	4.78
3-4	1945	06	29	15	37	1	Oltrepò Pavese	31	7-8	5.10
3	1945	12	15	05	27		Oltrepò Pavese	12	6	4.72
4	1947	02	17	00	12	3	Alpi Cozie	283	5-6	4.74
3-4	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
2	1955	05	12	14	15		Cuneese	39	6-7	4.66
3	1955	06	20	04	47		Cuneese	104	6	4.77
4	1960	03	23	23	10		Vallese	178	7	5.00
2	1966	04	07	19	38	5	Cuneese	101	6	4.51
3	1968	04	18	19	38	1	Liguria occidentale	51	7-8	4.93
4	1968	06	18	05	27		Valle d'Aosta	60	6	4.86
4	1969	10	09	03	31	3	Val di Susa	36	5	4.25

RELAZIONE SPECIALISTICA GEOLOGICA

2-3	1970	12	31	22	04	4	Liguria occidentale	79	6	4.62
3	1972	01	18	23	26		Liguria occidentale	41	6-7	4.60
3	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
3	1976	05	06	20	00	1	Friuli	770	9-10	6.45
3	1976	09	15	09	21	1	Friuli	54	8-9	5.95
4	1979	02	09	14	44		Bergamasco	73	6	4.78
5-6	1980	01	05	14	32	2	Torinese	120	6-7	4.82
2	1980	12	23	12	01	0	Piacentino	69	6-7	4.57
3	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
5	1990	02	11	07	00	3	Torinese	201	6	4.69
3	1995	11	21	04	04	3	Torinese	64	5-6	4.07
3-4	2003	04	11	09	26	5	Valle Scrivia	78	6-7	4.81
3-4	2004	11	24	22	59	3	Garda occidentale	176	7-8	4.99
NF	2005	06	12	21	16	1	Val di Susa	102	5	3.79
F	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36
4	2011	07	25	12	31	2	Torinese	105	5	4.67
NF	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379		6.61

10.3 Inquadramento sismotettonico

Ai fini di un inquadramento sismotettonico dell'area di studio, si riporta nel seguito uno stralcio della mappa delle zone sismogenetiche tratta dal progetto DISS 3.3.0 (Database of Individual Seismogenic Sources, INGV).

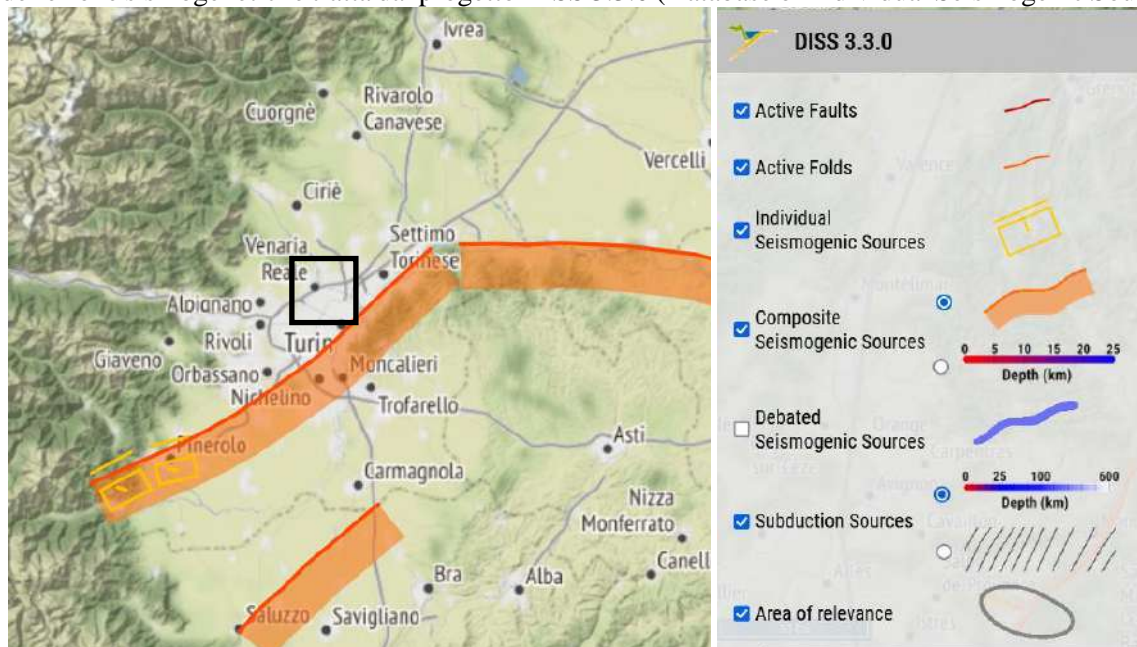


Figura 53: stralcio dell'inventario delle zone sismogenetiche italiane – DISS 3.3.0 (Fonte: INGV)

Come è possibile evincere dall'analisi della mappa di cui sopra, le zone sismogenetiche più prossime al settore di intervento corrispondono con il fronte di sovrascorrimento del Monferrato e Collina di Torino e con le strutture deformative del bacino di Savigliano.

L'area sismogenetica più prossima al sito di studio (ITCS023-Piemonte occidentale) si connota per i requisiti sotto riportati.

PARAMETRIC INFORMATION			
Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	OD	Based on inference from intensity data of the 1808 earthquakes.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on the maximum depth of the individual seismogenic sources.
Strike [deg] min... max	45...80	LD	Based on geological observations.
Dip [deg] min... max	40...50	EJ	Inferred from geological considerations.
Rake [deg] min... max	130...155	EJ	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1400... 0.2000	OD	Based on modeling of subsurface geological data.
Max Magnitude [Mw]	7.1	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement			

10.4 Pericolosità sismica

A scala regionale il recente aggiornamento normativo della Regione Piemonte ha portato alla zonazione di pericolosità ripresa nella DGR 30 dicembre 2019, n. 6- 887, che viene riportata nel seguito in termini di PGA – Peak Ground Acceleration (accelerazione di picco sul suolo rigido), espressa come frazione dell'accelerazione di gravità.

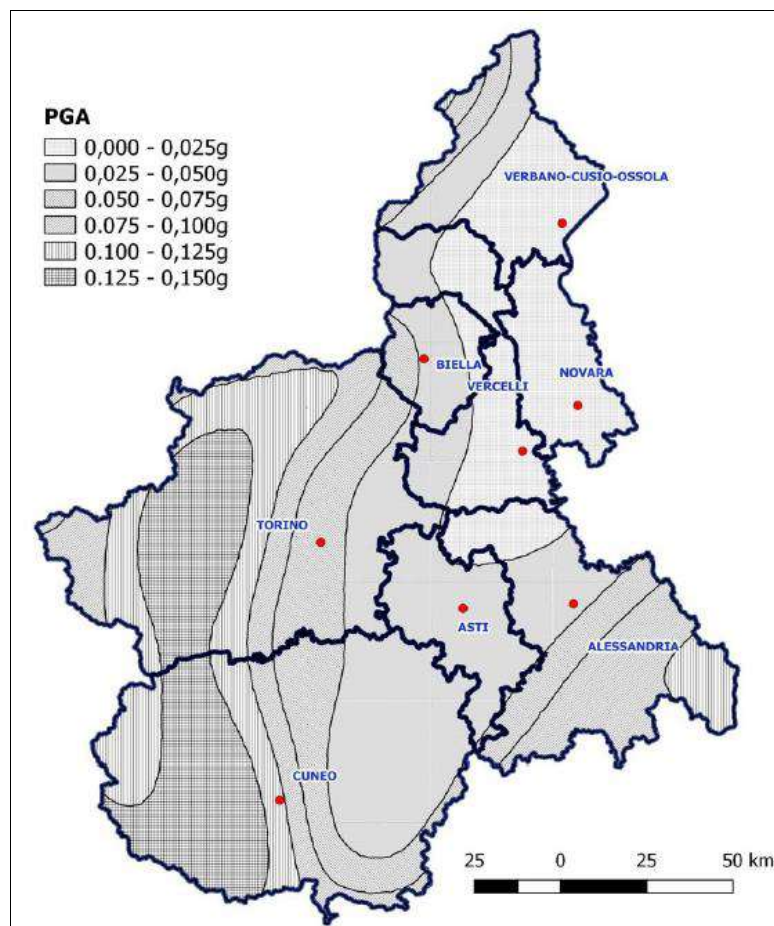


Figura 54: zonazione sismica dei comuni ex DGR 30 dicembre 2019, n. 6- 887

La definizione della pericolosità sismica di base del territorio nazionale trae le sue origini dalla Carta delle Zone Sismogenetiche ZS9, elaborata dal Gruppo di Lavoro 2004, nella quale sono individuate le zone caratterizzate da diversi valori della Magnitudo momento massima M_{wmax} . Sulla base di tale modello è stata elaborata la Mappa di pericolosità sismica MPS04-S1 del territorio nazionale approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, recepita dalla O.P.C.M. n° 3519 del 28 Aprile 2006 e divenuta infine la Mappa di riferimento prevista dal D.M. 14 Gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni.

È possibile stimare la magnitudo M , relativa agli eventi sismici attesi per il sito in oggetto, con il processo di disaggregazione desunto dal sito internet dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (2007), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Si riportano nel seguito stralci delle mappe di pericolosità sismica riferiti al comune di Torino.

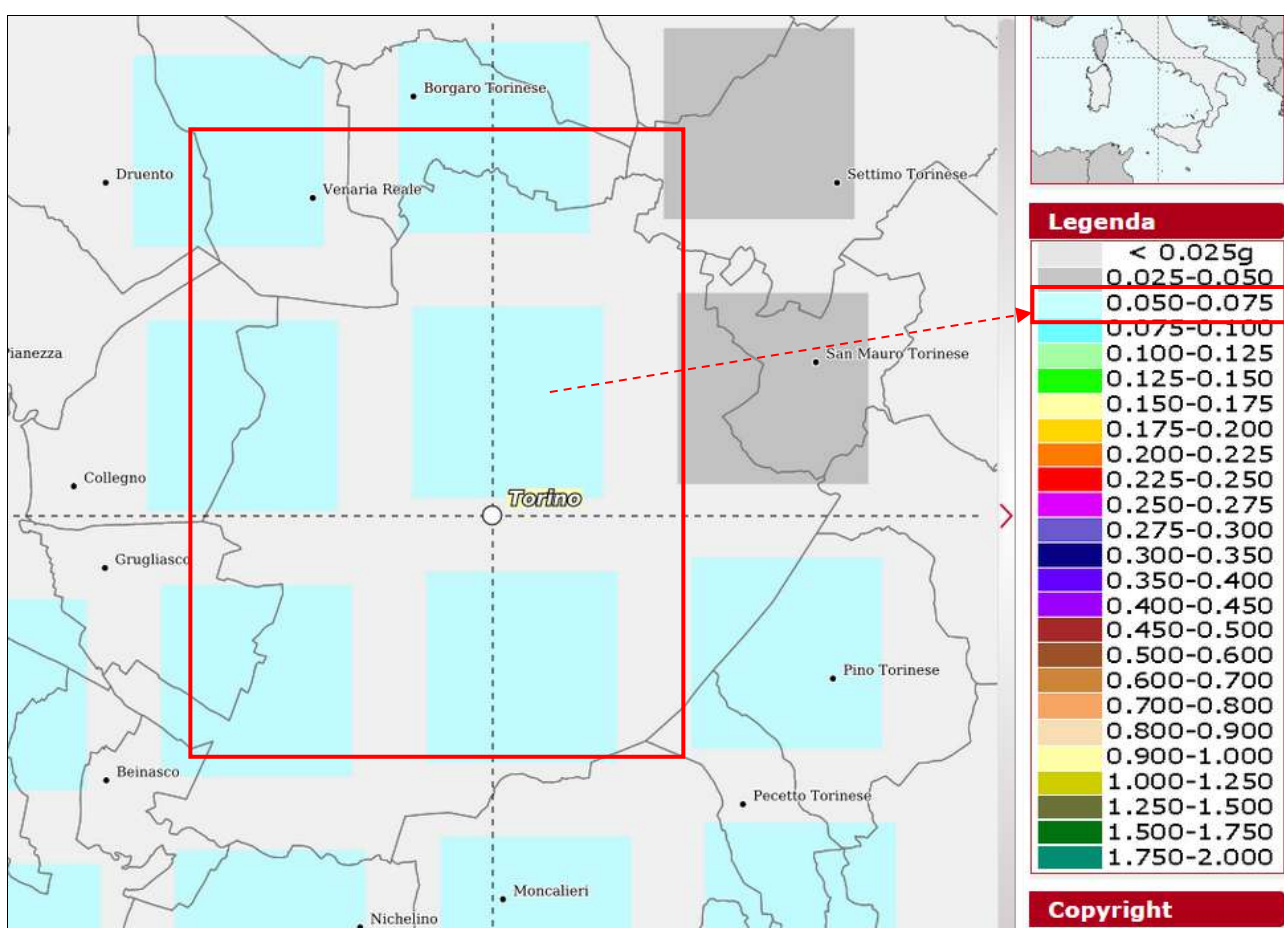


Figura 55: stralcio tratto dalla mappa interattiva della pericolosità sismica per l'area di studio (Fonte: INGV)

Da questa mappa si evince che, nell'area in studio, i valori dell'accelerazione massima del suolo sono compresi nell'intervallo fra 0.050 e 0.075.

“Il sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°. Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T , in accelerazione); l'unità di misura è g. Le mappe in $a(g)$ sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime. Le mappe in $Se(T)$ sono state pure calcolate per le stesse probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%) e per differenti periodi (in totale 10, da 0.1 a 2 secondi). Anche in questo caso per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime. L'analisi della disaggregazione dei valori di $a(g)$ riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza; questa informazione è riportata sia in forma grafica sia in forma tabellare. Per ogni nodo della griglia sono anche riportati, dopo la tabella, i valori medi di $M-D-e$. Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile in analisi di microzonazione” (INGV, 2007).

Vengono riportati, i nodi significativi della griglia di calcolo suddetta nel seguito elencati, i grafici e le tabelle di disaggregazione derivati mediante l'applicazione della procedura suddetta.

Lat 45.095 Long 7.684 (ID 13571)

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
 (Coordinate del punto: lat. 45.095 lon. 7.684 - id 13571)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	6.4700	10.5000	4.6500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	7.7700	14.6000	7.7400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	3.9600	9.0400	5.9200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	1.5100	4.8500	3.9700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.1830	1.7100	2.0900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.3660	1.0600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0711	0.6300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0468	0.5370	0.4370	0.3760	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0781	0.8930	1.6700	1.3500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0108	0.5430	1.3600	1.1500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.3050	1.0900	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.1030	0.6380	0.5860	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0228	0.2930	0.2770	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0260	0.0198	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0097	0.0230	0.0067	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0158	0.0053	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0101	0.0041	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0084	0.0036	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi

Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.94	49.4	1.74

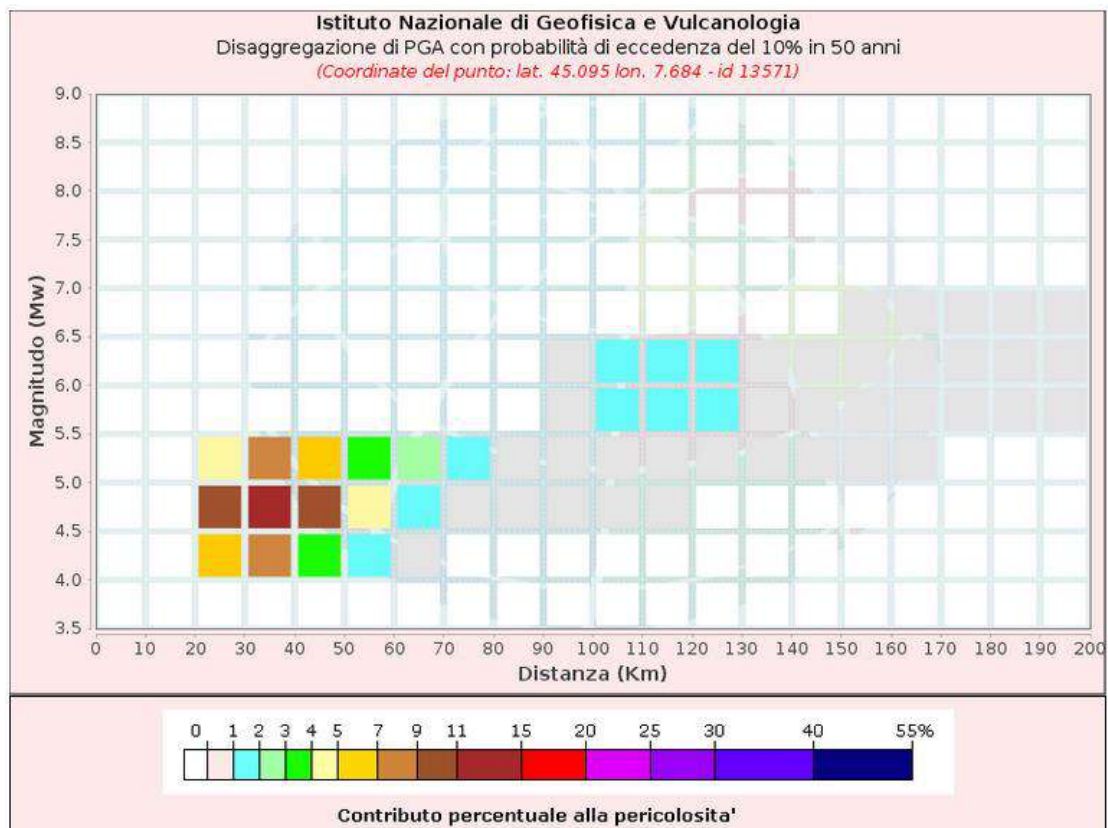


Figura 56: valori di magnitudo ottenuti con il processo di disaggregazione, riferiti al punto della griglia nel selezionato (tabella tratta dal sito internet dell'INGV.)

In sintesi, l'analisi sopra eseguita evidenzia che le magnitudo di progetto attese lungo il tracciato sono nell'ordine di Mw = 4.9, riferite a sismi generati a distanze medie superiori ai 30 km.

10.5 Indagini sismiche

Nel mese di Novembre 2022, sono state eseguite indagini di tipo geofisico, in particolare:

- 2 stendimenti ERT,
- 2 prove MASW,
- 1 prova HVSr

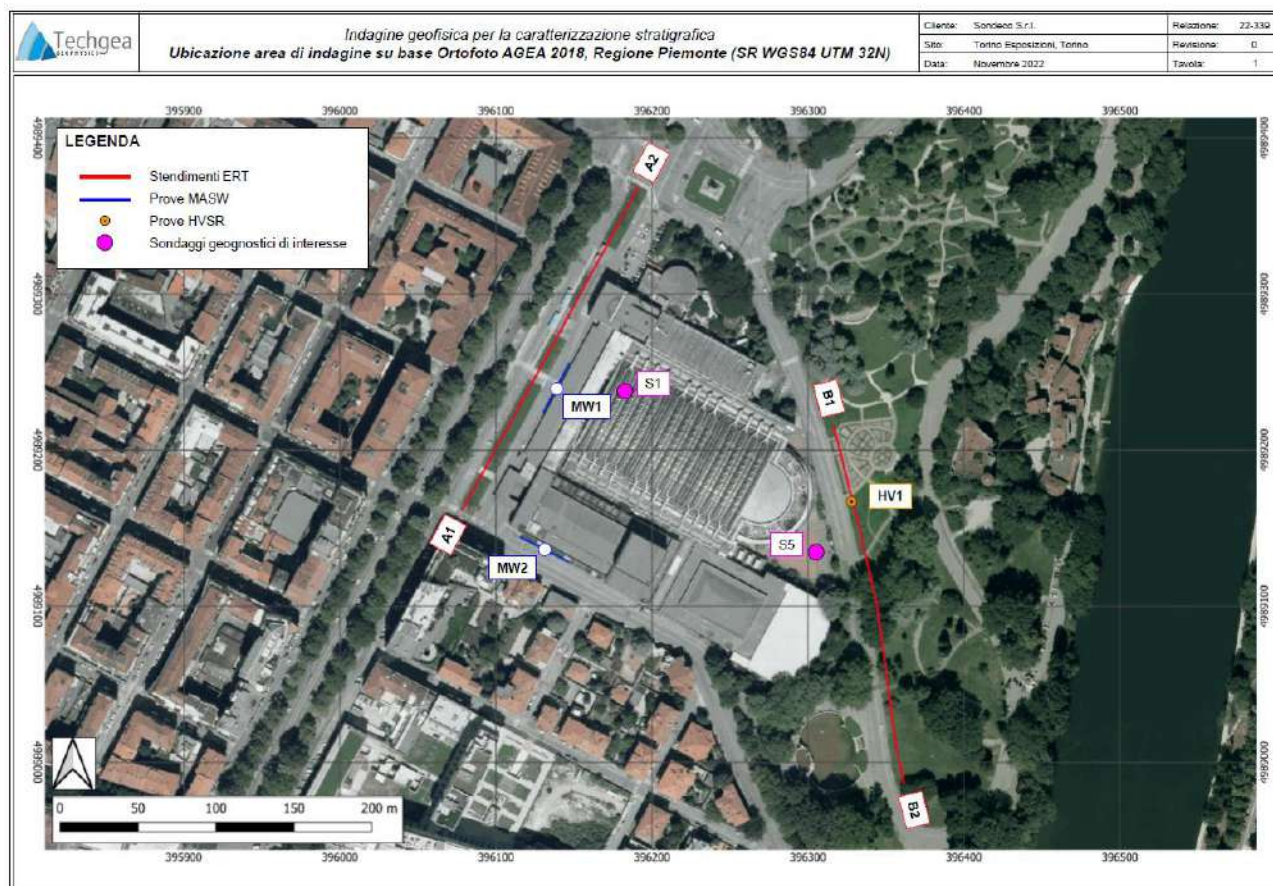


Figura 57: ubicazione delle prove geofisiche eseguite nel Novembre 2022

Il report completo delle prove geofisiche di cui sopra è riportato in allegato alla presente relazione.

Nelle figure seguenti si riportano le sezioni tomografiche A1-A2 e la B1-B2.

Esse sono state poste a confronto con i sondaggi più prossimi, rispettivamente S1 ed S5, al fine di effettuare una taratura dei valori di resistività del terreno e distinguere le diverse unità litologiche.

In entrambe le sezioni è ben evidenziato il passaggio di resistività fra la successione dei “*depositi alluvionali insaturi*” e quelli “*saturi*”, a circa 17 m da p.c., come misurato nel foro di sondaggio.

Nella seconda sezione, è stato riconosciuto il passaggio di resistività fra i depositi alluvionali ed il substrato marnoso.

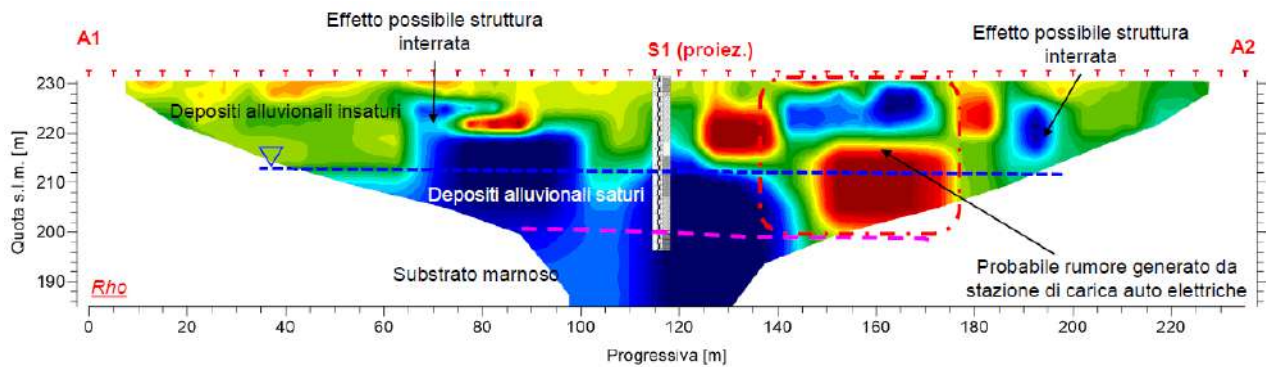


Figura 58: modello tomografico di resistività elettrica (Rho) - Stendimento ERT1 (A1-A2)

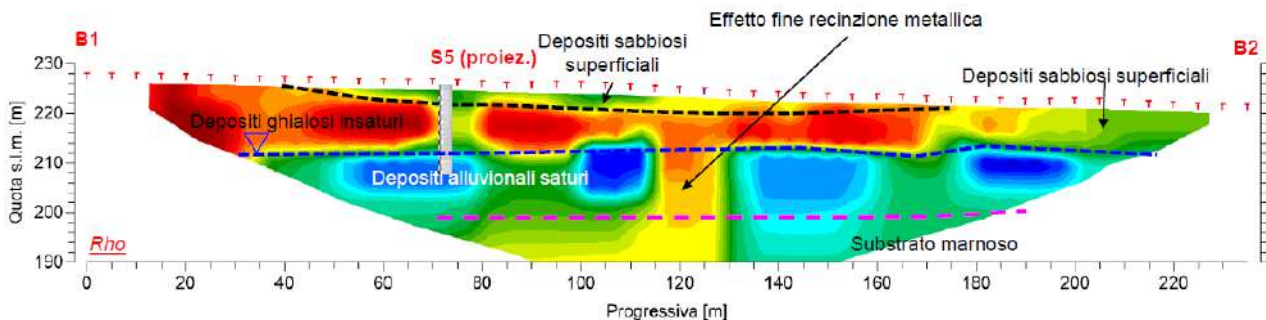


Figura 59: modello tomografico di resistività elettrica (Rho) - Stendimento ERT2 (B1-B2)

Dai risultati delle indagini MASW, si evince che i terreni investigati sono ascrivibili alla categoria di sottosuolo B della normativa, in quanto i valori di $V_{S,30}$ ottenuti sono pari a 450 m/s e 392 m/s, rispettivamente per i profili sismici MASW1 e MASW2.

10.6 Categorie di sottosuolo e topografiche

Nel seguito si riportano le indicazioni tratte dall'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» approvate con Decreto Ministeriale delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/1/2018, in vigore dal 22/3/2018 e dalla Circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP., riportante le «Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle «norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. «Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § C.7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § C.6.2.2. I valori di VS 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:

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

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".

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
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.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 60: Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato contenute nel DM 14/1/2018 e nella circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL. PP

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § C.3.2.3 delle norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione della tabella seguente.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 61: categorie caratteristiche della superficie topografica contenute nel DM 14/1/2018 e nella circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL. PP

In riferimento ai tipi e alle classi d'uso delle costruzioni di cui al D.M. 14/01/2018 e alla circolare n. 7 C.S.LL. PP 21/01/2019, gli interventi vengono classificati come nelle tabelle seguenti.

- Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Figura 62: classi d'uso delle costruzioni contenute nel DM 14/1/2018 e nella circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL. PP

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 63: tipi di costruzione e relativa vita contenute nel DM 14/1/2018 e nella circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL. PP.

Sulla base delle risultanze delle indagini sismiche di cui al paragrafo precedente, si ascrive pertanto l'area ad una categoria di sottosuolo B.

Per quanto concerne le caratteristiche topografiche, si associa l'area in esame alla categoria T1.

In via preliminare si può affermare che gli interventi in progetto ricadano rispettivamente nella classe III e nel tipo 2.

11 Vincoli territoriali

Per quanto concerne gli strumenti di pianificazione sovregionale, sono stati consultati gli elaborati predisposti dall'Autorità di Bacino del Fiume del Po, in particolare il "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)". Secondo questa tavola, parte dell'area di intervento ricade in Fascia Fluviale C.



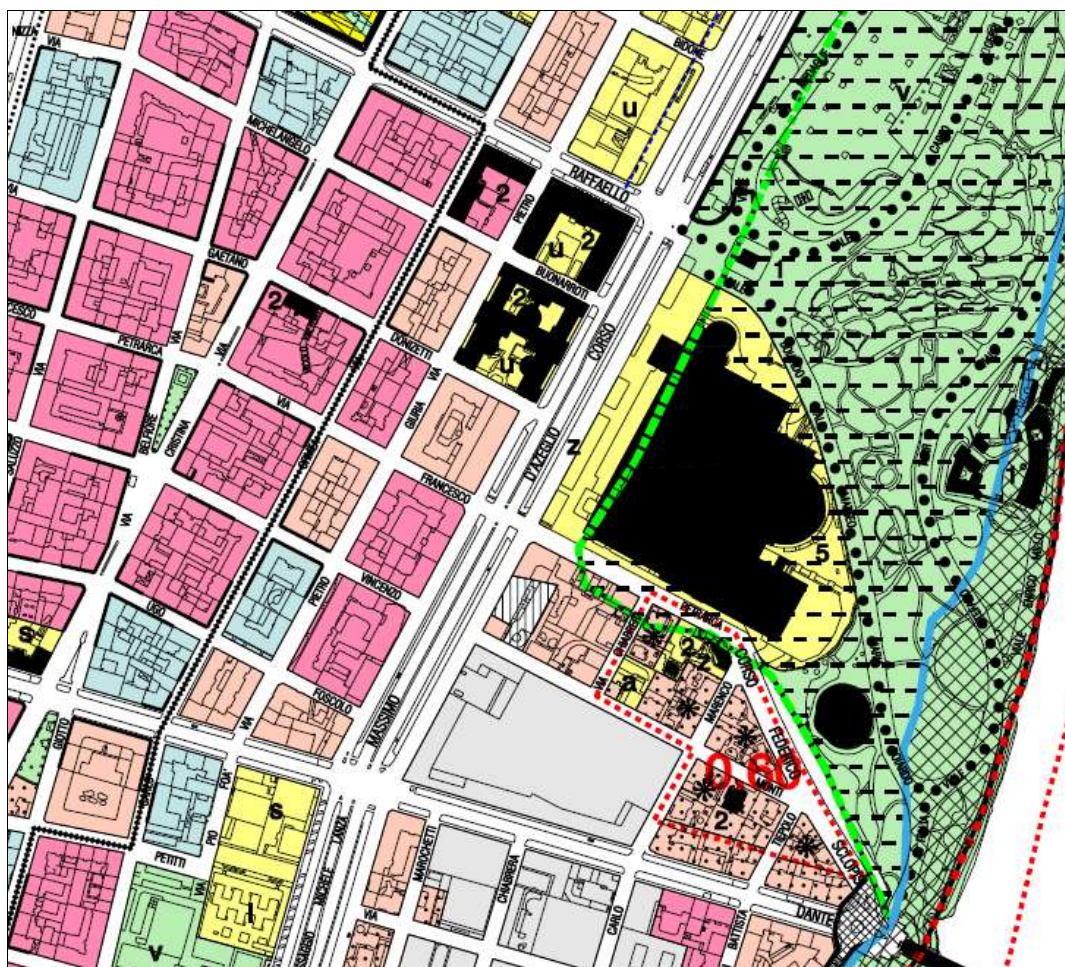
Figura 64: sovrapposizione del progetto in esame al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

Il comune di Torino è dotato di P.R.G.C. approvato con deliberazione della Giunta Regionale n.3-45091 del 21 Aprile 1995 sul B.U.R. n.21 del 24 Maggio 1995.

Nella figura seguente si riporta uno stralcio della Tavola n.1bis “di azzonamento” – Foglio 13, da cui emerge che l’area in esame sia classificata come “Aree a servizi pubblici ed a servizi assoggettati all’uso pubblico” e si inserisce in una Zona Urbana Consolidata Residenziale mista”.

Il Padiglione di Torino Esposizioni è classificato come “edificio di interesse storico – edificio speciale di valore documentario”.

Da un punto di vista della “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzo urbanistico”, l’area in esame ricade in classe I.



Z Altre attrezzature di interesse generale

Edifici di interesse storico



Edifici di particolare interesse storico
con segnalazione del gruppo di appartenenza:

- 1 Edifici di gran prestigio
- 2 Edifici di rilevante valore storico
- 3 Edifici di valore storico ambientale
- 4 Edifici di valore documentario
- 5 Edifici e manufatti speciali di valore documentario

Figura 65: stralcio del PRG approvato con deliberazione della Giunta Regionale n.3-45091 del 21 Aprile 1995 sul B.U.R. n.21 del 24 Maggio 1995, nell'intorno dell'area in esame

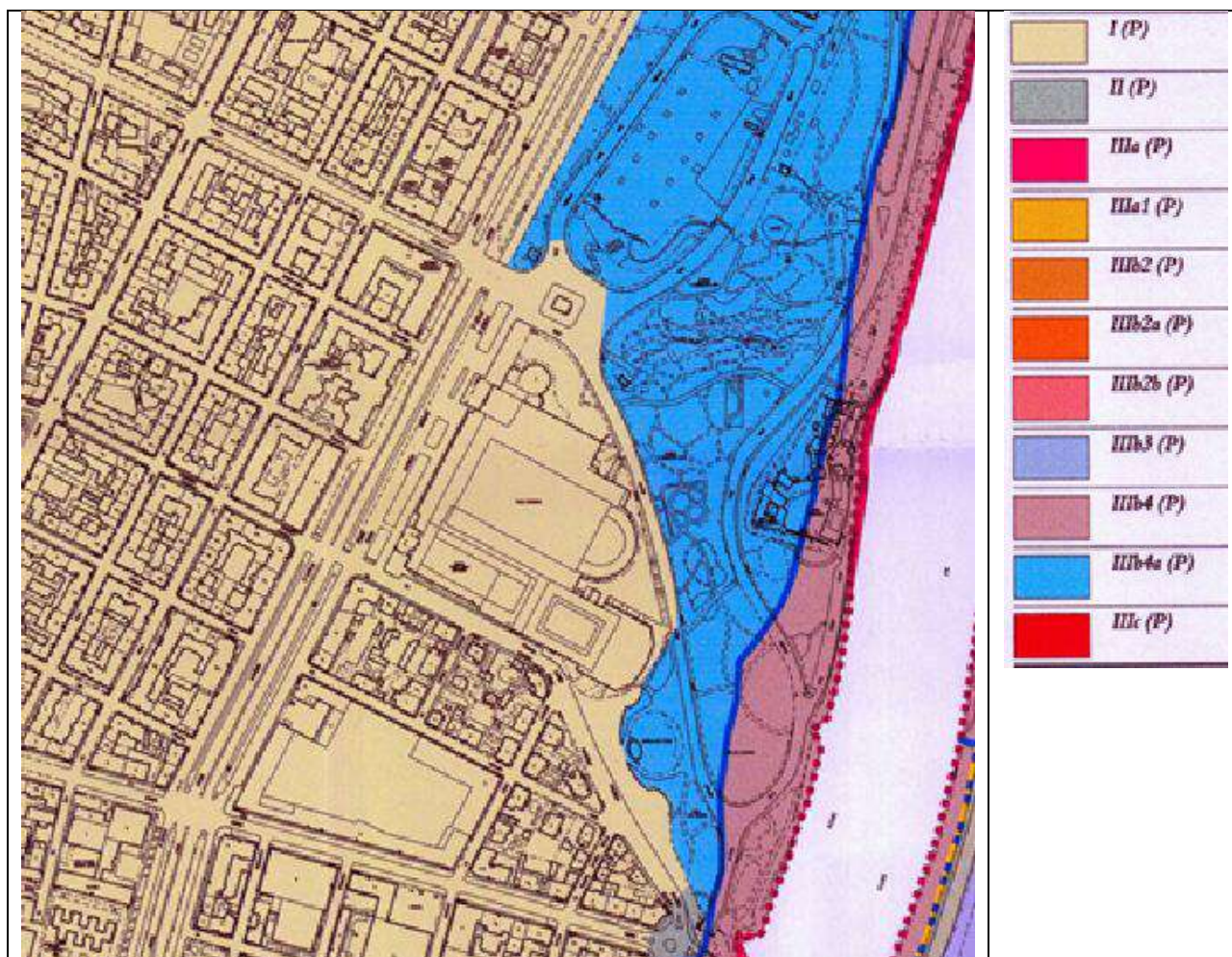


Figura 66: stralcio della Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'ideoneità all'utilizzo urbanistico

12 Conclusioni

I limiti dell'area di studio geologico comprendono:

- a Nord, l'area urbana compresa tra Largo Marconi e il Castello del Valentino (Facoltà di Architettura)
- ad Est, il versante collinare in sponda destra idrografica del F. Po
- a Sud, Corso Bramante e il tratto fluviale tra Ponte Isabella e Ponte Balbis
- ad Ovest, il sedime ferroviario presso vil "Bivio Crocetta" e Via Nizza sino a Largo Carducci.

L'assetto geomorfologico del sito in esame è connotato dal modellamento del territorio da parte del reticolo idrografico principale, costituito dall'alveo del F. Po, nonché dalla rielaborazione antropica delle originarie e preesistenti morfologie fluviali.

Il sito di intervento in esame si colloca in un settore di contatto tra unità geologiche a scala regionale distintamente connotate nel quadro evolutivo orogenico e deposizionale piemontese, qui sottolineato dal rilievo della Collina di Torino, il cui limite Nord-Occidentale è sottolineato da un'importante direttrice di deformazione strutturale, a Nord e Nord-Ovest del quale si sviluppa il Bacino Pliocenico Padano, al margine orientale del quale sorge l'area metropolitana Torinese.

La serie stratigrafica di riferimento locale per il sito di progetto è rappresentata (dal basso verso l'alto):

- un substrato argilloso Pliocenico (sepolto, non affiorante);
- i depositi alluvionali terrazzati Pleistocenici sui quali sorge il lato occidentale del Padiglione 2 di Torino Esposizioni;
- i depositi alluvionali Olocenici estesi a valle di Viale Boiardo, sino all'alveo del F. Po.

I depositi alluvionali, a scala sito-specifica, sono rappresentati da un'alternanza dei seguenti orizzonti litologici

- ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli in matrice sabbioso limosa e limoso sabbiosa, a tratti addensata e a tratti abbondante; colore bruno chiaro;
- sabbia fine e medio fine da sciolta a mediamente addensata, a tratti debolmente limosa; colore bruno giallastro;
- sabbia eterometrica sciolta, con ghiaietto fine sparso e sottili orizzonti sabbioso limosi; colore variabile da bruno a bruno giallastro.

Il flusso idrico sotterraneo nel settore di progetto si connota per un marcato gradiente idraulico verticale positivo, per effetto della chiusura laterale dell'acquifero e del drenaggio nel F. Po.

Nel sito in esame il modello concettuale di circolazione idrica sotterranea desumibile dall'analisi idrostratigrafica è riferibile ad un acquifero a superficie libera (freatico) ospitato nei depositi alluvionali Pleistocenici ed Olocenici, con drenaggio nel F. Po.

Sulla base delle indagini e delle prove di laboratorio, sono state riconosciute differenti unità stratigrafiche traducibili in distinte unità geotecniche di interesse per l'opera in oggetto.

In particolare, sono state riconosciute e parametrizzate le seguenti unità geotecniche:

1. Unità 1: Terreno superficiale (riporto antropico)
2. Unità 2a: Sequenza alluvionale ghiaiosa
3. Unità 2b: Sequenza alluvionale sabbiosa
4. Unità 3: substrato argilloso-marnoso

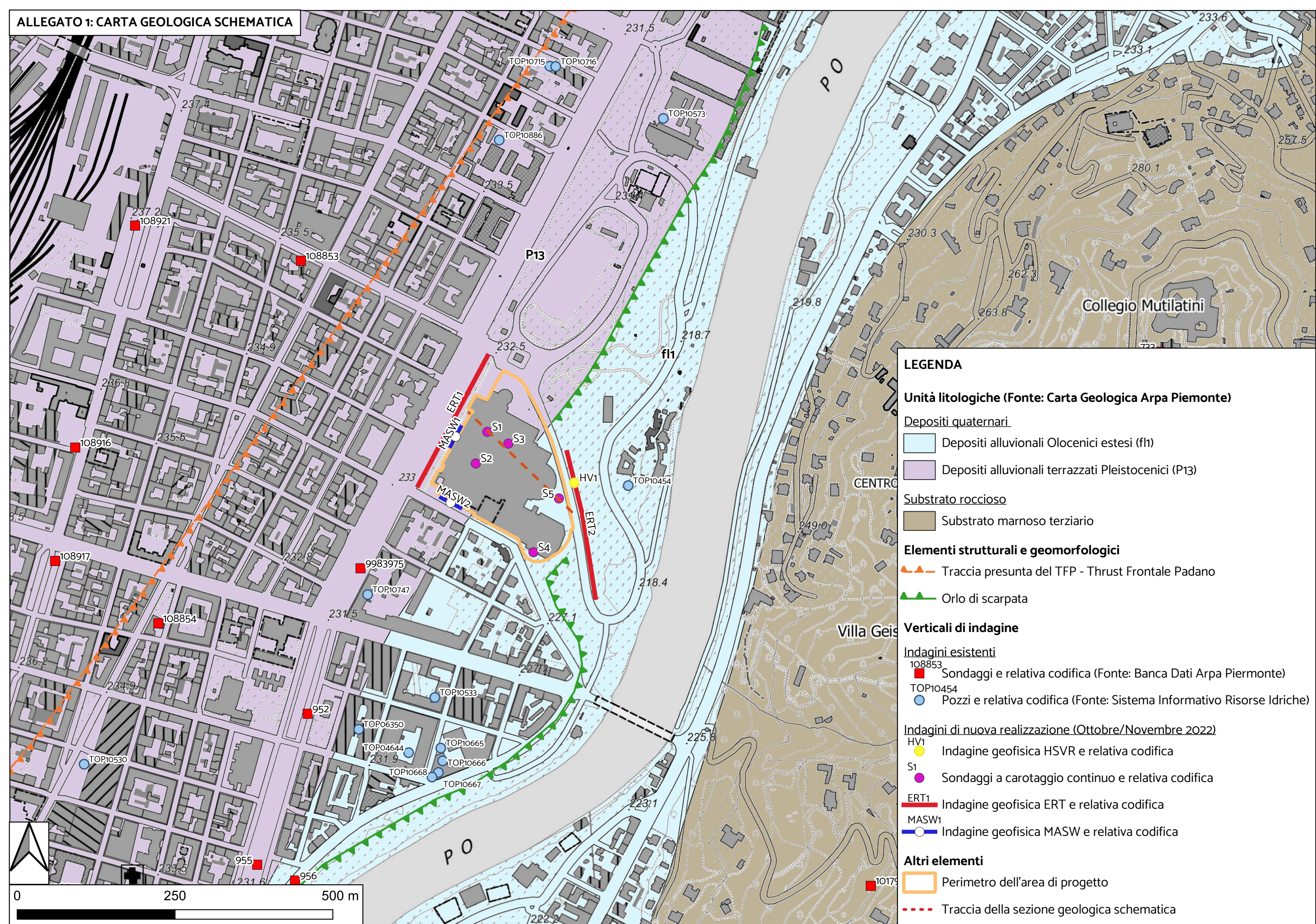
La parametrizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere in progetto è riferita a modelli interpretativi del comportamento geotecnico dei terreni, basati sulle correlazioni empiriche tra risultati delle prove dirette o, laddove non del tutto rappresentative, delle prove indirette (geofisiche).

Il livello di sismicità del sito in esame nel comune di Torino viene ascritto alla zona 3. Sulla base delle risultanze delle indagini sismiche, si ascrive l'area ad una categoria di sottosuolo B.

Da un punto di vista della "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzo urbanistico", l'area in esame ricade in classe I.

ALLEGATO 1 – CARTA GEOLOGICA SCHEMATICA

ALLEGATO 1: CARTA GEOLOGICA SCHEMATICA



LEGENDA

Unità litologiche (Fonte: Carta Geologica Arpa Piemonte)

Depositi quaternari

- Depositi alluvionali Olocenici estesi (fl1)
- Depositi alluvionali terrazzati Pleistocenici (P13)

Substrato roccioso

- Substrato marnoso terziario

Elementi strutturali e geomorfologici

- Traccia presunta del TFP - Thrust Frontale Padano
- Orlo di scarpata

Verticali di indagine

Indagini esistenti

- 108853 Sondaggi e relativa codifica (Fonte: Banca Dati Arpa Piemonte)
- TOP10454 Pozzi e relativa codifica (Fonte: Sistema Informativo Risorse Idriche)

Indagini di nuova realizzazione (Ottobre/Novembre 2022)

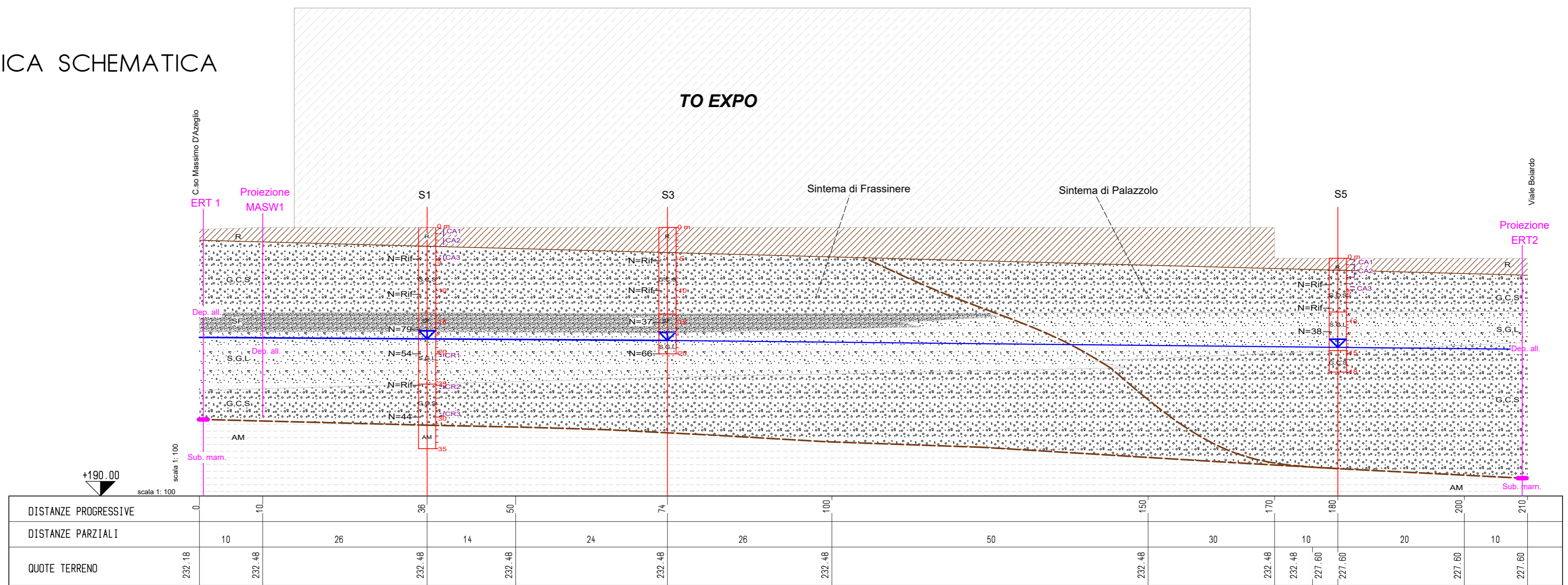
- HV1 Indagine geofisica HSVR e relativa codifica
- S1 Sondaggi a carotaggio continuo e relativa codifica
- ERT1 Indagine geofisica ERT e relativa codifica
- MASW1 Indagine geofisica MASW e relativa codifica

Altri elementi

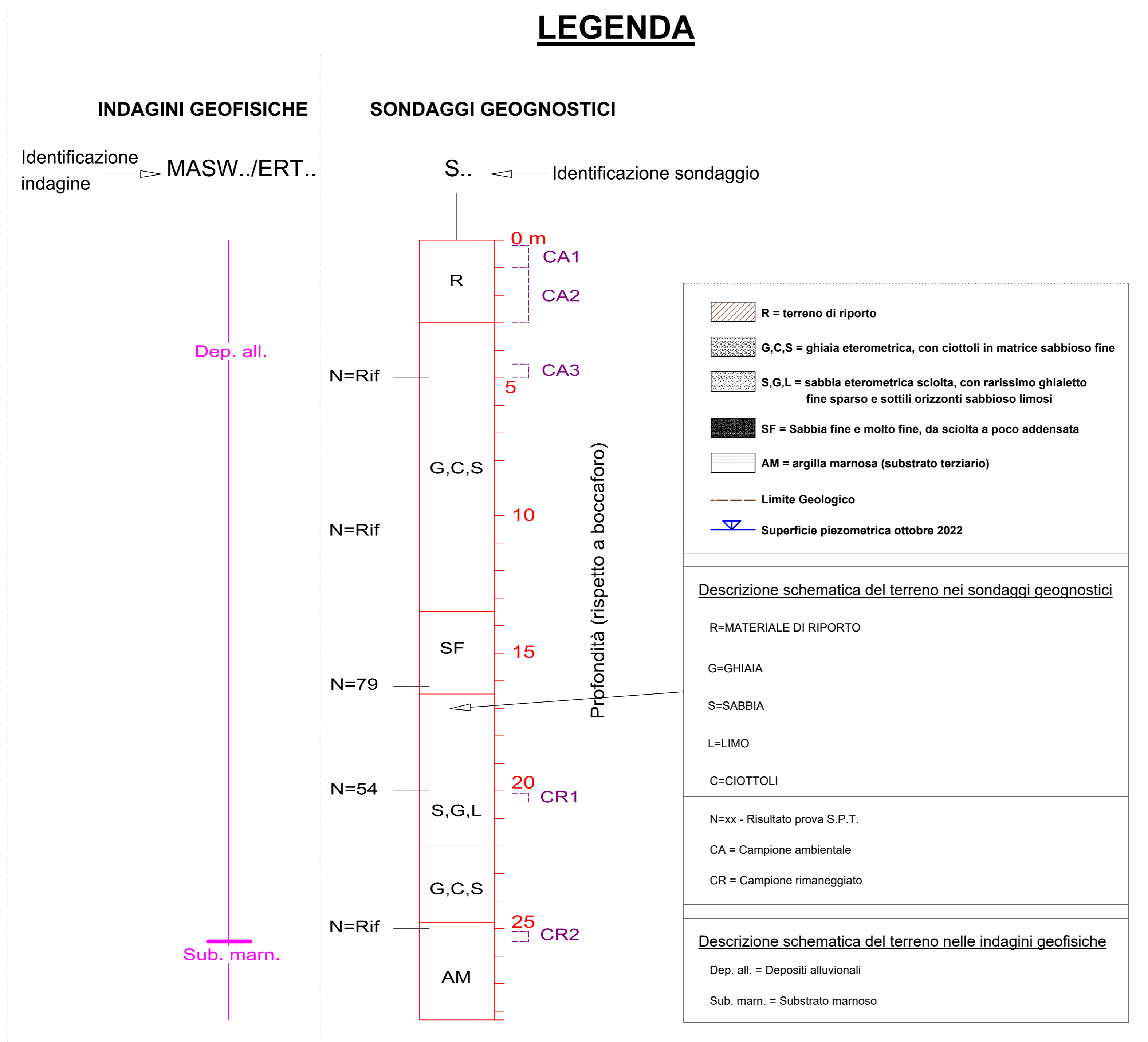
- Perimetro dell'area di progetto
- Traccia della sezione geologica schematica

ALLEGATO 2 – SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA

ALLEGATO 2
SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA



LEGENDA



ALLEGATO 3 – REPORT DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE



S.C.R. PIEMONTE S.p.A.

BIBLIOTECA CIVICA E REALIZZAZIONE TEATRO NUOVO
TORINO (TO)

INDAGINE GEOGNOSTICA

Note tecnico – esecutive
Estratto schede stratigrafiche



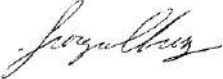

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Descrizione
BOZZA	18/11/22	dott. Stellato S. 	dott. geol. Mosso E. 	dott. geol. Chiesa G. 	Terza Emissione

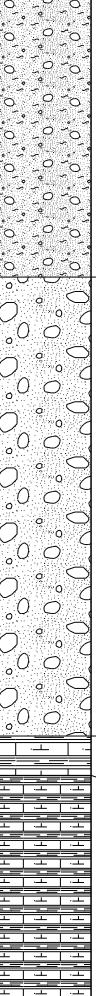




Fig. 1: Ubicazione schematica delle indagini eseguite.

(immagine satellitare estratta da Google Earth Pro)

**Allegato
stratigrafico**


	Committente	S.C.R. Piemonte S.p.A.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Nuova Biblioteca Civica - Torino Esposizioni - Pad. 2	S1	2/2
	Località	Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	13/10/2022	Data Fine	18/10/2022

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni				
24.30	8.30	21		Sabbia eterometrica sciolta, con ghiaietto fine sparso e sottili orizzonti sabbioso limosi; colore variabile da bruno a bruno giallastro.								20.00	20.10 CR1 20.40				
		14 - 27 - 27 p.c.															
		25.00										25.10 CR2 25.50					
		19 - 40 - R (12 cm) p.c.															
	7.00	25		Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa eterometrica sciolta, a tratti debolmente limosa; colore variabile da bruno a bruno grigiastro a giallo rossiccio. Presenza di rari piccoli ciottoli (diam. max. 6-8 cm).								101	127	90	30.00	13 - 17 - 27 p.c.	29.40 CR3 29.90
		26															
		27															
		28															
		29															
		30															
0.60	31	Argilla marnosa, debolmente alterata ed ossidata; colore giallo rossiccio.															
	32																
3.40	33	Argilla marnosa e marna argillosa; colore grigio plumbeo.															
	34																
	35																
35.30																	


	Committente	S.C.R. Piemonte S.p.A.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Nuva Biblioteca Civica - Torino Esposizioni - Pad. 2	S2	1/1
	Località	Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	21/10/2022	Data Fine	24/10/2022

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.20	0.20			Pavimentazione in piastrelle su soletta in calcestruzzo armato.									0.20
	1.60	1		Terreno di riporto eterogeneo limoso sabbioso ghiaioso con abbondanti macerie edili e frammenti di laterizi.		127							CA1
1.80		2		Terreno di probabile riporto limoso sabbioso ghiaioso; colore bruno.									1.50 CA2 1.80
	1.20	3											3.00
3.00		4		Sabbia eterometrica, sciolta, con ghiaia media; colore bruno rossiccio.									4.50
3.50	0.50	5		Ghiaia eterometrica, a tratti debolmente alterata, con rari ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice limosa e limoso sabbiosa, addensata e a tratti abbondante; colore bruno chiaro.								5.30	CA3 4.50 5.00
	4.50	6										47 - R (6 cm) p.c.	
		7											
8.00		8											
	4.60	9		Ghiaia medio fine in matrice limoso sabbiosa, addensata, con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm); colore bruno chiaro grigiastro.								10.00	
		10					127	90				41 - R (9 cm) p.c.	
		11				101							
		12											
12.60	1.40	13		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 12-15 cm) in matrice limosa, addensata; colore bruno chiaro.									
14.00		14											
	2.80	15		Sabbia medio fine, sciolta, a tratti debolmente limosa, con rara ghiaia fine; colore bruno.								15.00	
		16										20 - 20 - 17 p.a.	
16.80	0.60	17		Sabbia fine e molto fine, sciolta; colore bruno chiaro giallastro.									
17.40		18		Sabbia eterometrica, sciolta, a tratti debolmente limosa, con rara ghiaia fine; colore bruno.	17.70								
	1.60	19											
19.00		20		Sabbia medio grossolana, sciolta, con ghiaia eterometrica; colore bruno.									
20.00	1.00											20.00	


19 - 31 - 35
p.c.

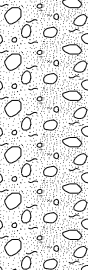
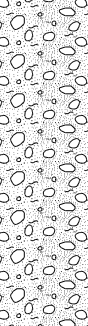
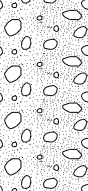
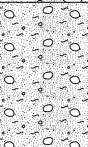


	Committente	S.C.R. Piemonte S.p.A.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Nuva Biblioteca Civica - Torino Esposizioni - Pad. 2	S3	1/1
	Località	Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	18/10/2022	Data Fine	20/10/2022


Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.20	0.20			Pavimentazione in piastrelle su soletta in calcestruzzo armato.									
0.70	0.50			Muratura o fondazione in laterizi con malta.									
1.00	0.30	1		Fondazione in calcestruzzo.		137							
1.80	0.80	2		Terreno di riporto costituito di macerie con ghiaia e sabbia.									
3.00	1.20	3		Terreno di riporto limoso sabbioso argilloso con ghiaia fine e frammenti di laterizi e macerie.									
4.00	1.00	4		Terreno parzialmente rimaneggiato sabbioso ghiaioso con ciottoli.								5.00 R (9 cm) p.c.	
		5		Ghiaia eterometrica con sporadici piccoli ciottoli (diam. max. 8-10 cm) in matrice limoso sabbiosa e sabbioso limosa addensata; colore bruno chiaro.									
		6											
		7											
		8											
	9.80	9					127						
		10						90				10.10 38 - 43 - R (4 cm) p.c.	
		11				101							
		12											
		13											
13.80		14		Sabbia fine e molto fine, da sciolta a poco addensata; colore bruno.									
	2.40	15										15.50	
16.20		16										16 - 24 - 28 p.c.	
		17		Sabbia eterometrica sciolta con rarissimo ghiaietto fine sparso e sottili orizzonti sabbioso limosi; colore variabile da bruno a bruno chiaro giallastro.									
	3.80	18											
		19											
20.00		20			17.90								

	Committente	S.C.R. Piemonte S.p.A.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Nuova Biblioteca Civica - Torino Esposizioni - Pad. 2	S4	1/2
	Località	Torino - Corso Sclopis	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	07/11/2022	Data Fine	15/11/22

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni	
0.30 0.50	0.30 0.20			Terreno sabbioso vegetale di riporto (aiuola).										
	2.00	1		Pavimentazione in conglomerato bituminoso con sottofondo sabbioso.		127								
		2		Terreno di riporto sabbioso limoso ghiaioso con ciottoli e frammenti di laterizi.										
2.50		3		Terreno di possibile riporto e/o terreno parzialmente rimaneggiato sabbioso ghiaioso; colore bruno rossiccio.										
3.60	1.10	4		Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 10-12 cm) in matrice limoso sabbiosa e sabbioso limosa, molto addensata; colore bruno chiaro.								5.00 R (14 cm) p.c.		
		5												
		6												
	6.90	7												
		8												
		9												
		10						90						
10.50		11		Sabbia fine e molto fine, da sciolta a poco addensata; colore bruno chiaro.								10.00 46-R (6 cm) p.c.		
	3.00	12				101								
		13											12.00 CR 1 13.00	
13.50		14		Sabbia media, sciolta, con sporadico ghiaietto fine; colore bruno.										
	1.70	15												
15.20		16		Sabbia medio grossolana, sciolta, con ghiaia fine. Presenza di sporadici orizzonti sabbioso limosi, addensati. Colore bruno.										
		17												
	3.90	18												
		19												
19.10 19.40	0.30			Ghiaia media in scarsa matrice sabbioso limosa; colore bruno scuro.	15.30							15.00 14-19-26 p.a.	17.00 CR 2 18.00	

	Committente	S.C.R. Piemonte S.p.A.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Nuova Biblioteca Civica - Torino Esposizioni - Pad. 2	S4	2/2
	Località	Torino - Corso Sclopis		
	Data Inizio	07/11/2022	Data Fine	15/11/22

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
19.40	4.20	20		Ghiaia medio fine in matrice sabbiosa medio grossolana, sciolta, talora abbondante. Presenza di sporadici sottili orizzonti a matrice sabbioso limosa. Colore bruno.								20.00	22.00 CR 3 23.00
		21										14-13-23 p.c.	
		22											
		23											
23.60	5.20	24		Ghiaia media con sporadici piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in subordinata matrice sabbiosa grossolana, a tratti sabbioso limosa e/o limoso sabbiosa, addensata; colore bruno chiaro giallastro.	101		127	90				24.00	35.60 CR 4 35.80
		25										6-18-28 p.c.	
		26											
		27											
		28											
		29											
28.80	3.20	30		Ghiaia eterometrica in subordinata matrice sabbiosa grossolana, sciolta; colore bruno scuro rossiccio.								30.00	
		31										11-19-31 p.c.	
		32											
32.00	2.40	33		Sabbia media e sabbia limosa, addensata, con ghiaia medio fine; colore bruno chiaro. Presenza di un ciottolo quarzitico (diam. 10-12 cm) a m 34.10.									
		34											
34.40	1.20	35		Argilla limosa, limo argilloso e sabbia fine limosa, fittamente stratificate, con sottili orizzonti millimetrici sabbiosi ossidati (colore rossiccio), colore bruno chiaro giallastro.									
		36											
35.60	0.40	36		Marne argillose e siltiti marnose; colore grigio.									
36.00													

	Committente	S.C.R. Piemonte S.p.A.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Nuova Biblioteca Civica - Torino Esposizioni - Pad. 2	S5	1/1
	Località	Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	11/10/2022	Data Fine	12/10/2022

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.20	0.20			Pavimentazione in blocchetti su soletta in calcestruzzo armato.									0.20
0.70	0.50			Sottofondo sabbioso ghiaioso di riporto.									CA1
1.00	0.30	1		Ghiaia eterometrica, sciolta, in subordinata matrice sabbiosa (probabile riporto).		127							CA2
	2.00	2		Ghiaia eterometrica con sporadici piccoli ciottoli in matrice sabbiosa fine, a tratti debolmente limosa, da sciolta a moderatamente addensata; colore bruno chiaro.									
		3		Ghiaia eterometrica con sporadici ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbioso limosa e limoso sabbiosa, a tratti molto addensata; colore bruno chiaro.								4.20	
		4										34-R (10 cm) p.c.	CA3
		5											
	5.50	6											
		7											
		8											
		9		Sabbia fine e molto fine, da sciolta a poco addensata, con sporadico ghiaietto fine e rarissimi ciottoli (diam. max 6-8 cm); colore bruno.		127			90			7.90	
		10										R (14 cm) p.c.	
	3.50	11				101							
		12											
		13		Sabbia medio, sciolta, con sparso ghiaietto fine; colore bruno.								11.90	
	2.00	14				13.80						15-17-21 p.c.	
	0.60	15		Sabbia medio fine limosa con ghiaietto fine, addensata; colore bruno giallo verdognolo.									
		16		Sabbia medio grossolana con ghiaia eterometrica e sporadici piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm); colore bruno.									
	3.10	17											
		18		Sabbia fine limosa, debolmente addensata, con raro ghiaietto fine; colore bruno chiaro.									
17.70													
18.00	0.30												

**Allegato
fotografico**



Foto 1: Sondaggio S1 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



Foto 2: Sondaggio S1 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



Foto 3: Sondaggio S1 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



Foto 4: Sondaggio S1 - cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.



Foto 5: Sondaggio S1 - cassa 5 - da 20.00 m a 25.00 m.



Foto 6: Sondaggio S1 - cassa 6 - da 25.00 m a 30.00 m.



Foto 7: Sondaggio S1 - cassa 7 - da 30.00 m a 35.00 m.



Foto 8: Postazione sondaggio S1.



Foto 9: Sondaggio S2 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



Foto 10: Sondaggio S2 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



Foto 11: Sondaggio S2 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



Foto 12: Sondaggio S2 - cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.

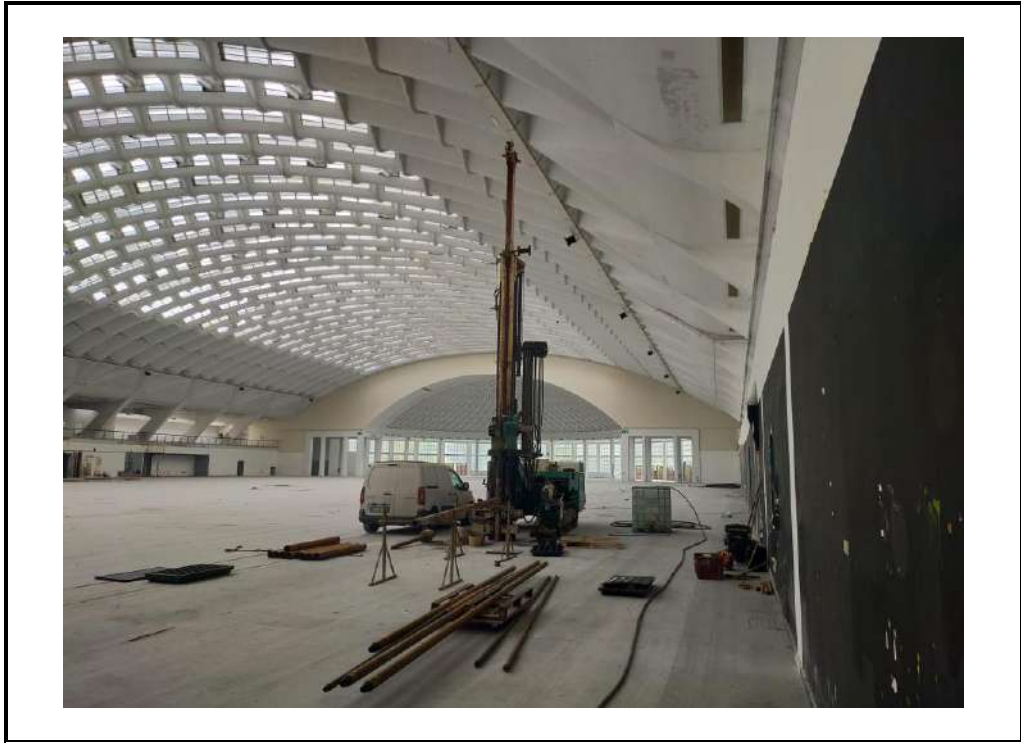


Foto 13: Postazione sondaggio S2.



Foto 14: Sondaggio S3 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



Foto 15: Sondaggio S3 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



Foto 16: Sondaggio S3 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



Foto 17: Sondaggio S3 - cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.



Foto 18: Postazione sondaggio S3.



Foto 39: Sondaggio S4 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



Foto 40: Sondaggio S4 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



Foto 21: Sondaggio S4 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



Foto 22: Sondaggio S4 - cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.



Foto 23: Sondaggio S4 - cassa 5 - da 20.00 m a 25.00 m.



Foto 24: Sondaggio S4 - cassa 6 - da 25.00 m a 30.00 m.



Foto 25: Sondaggio S4 - cassa 7 - da 30.00 m a 35.00 m.



Foto 26: Sondaggio S4 - cassa 8 - da 35.00 m a 36.00 m.



Foto 27: Postazione sondaggio S4.



Foto 28: Sondaggio S5 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



Foto 29: Sondaggio S5 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



Foto 30: Sondaggio S5 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.

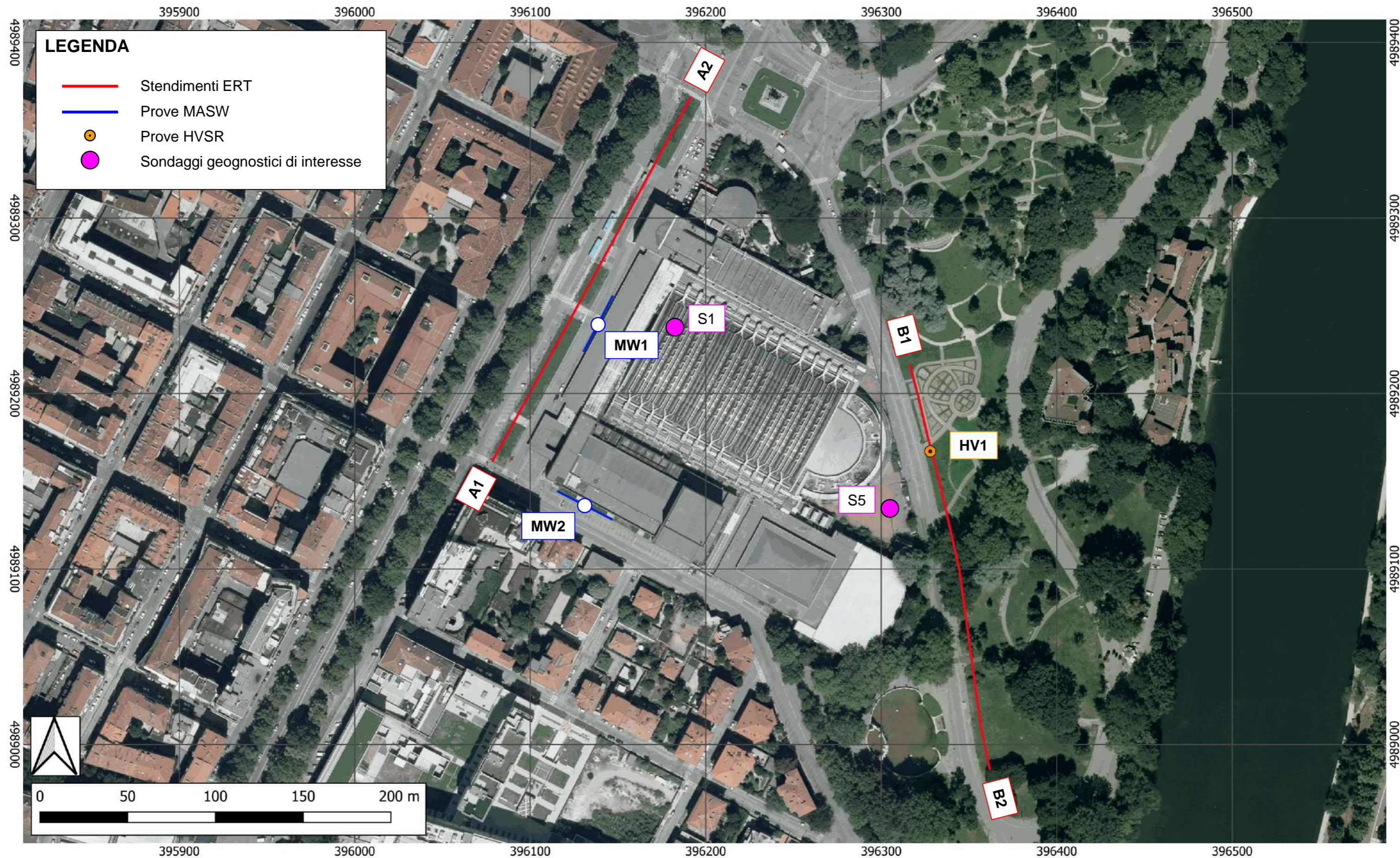


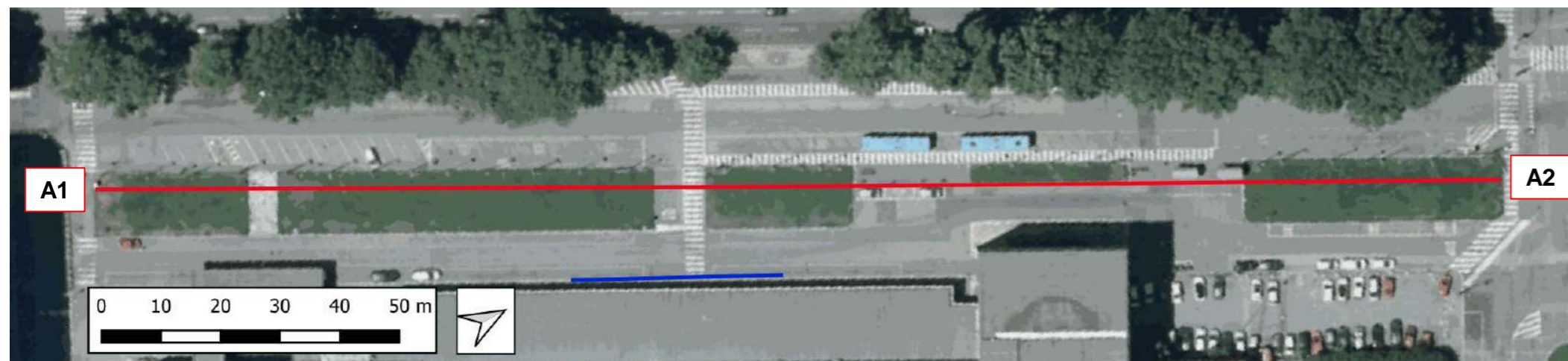
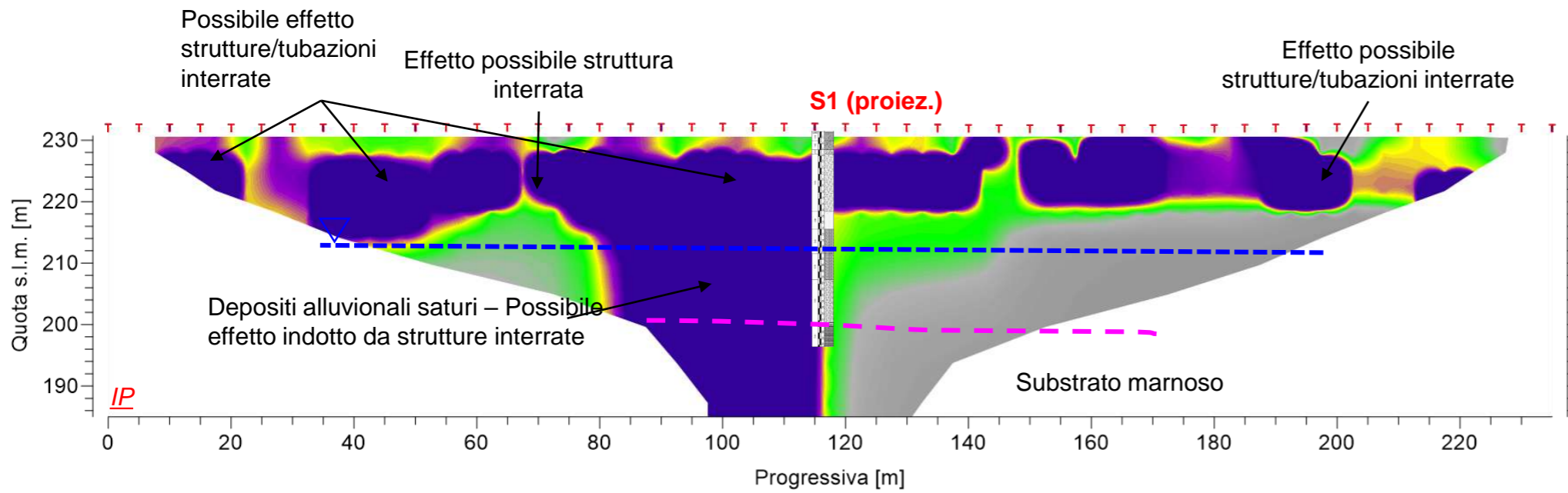
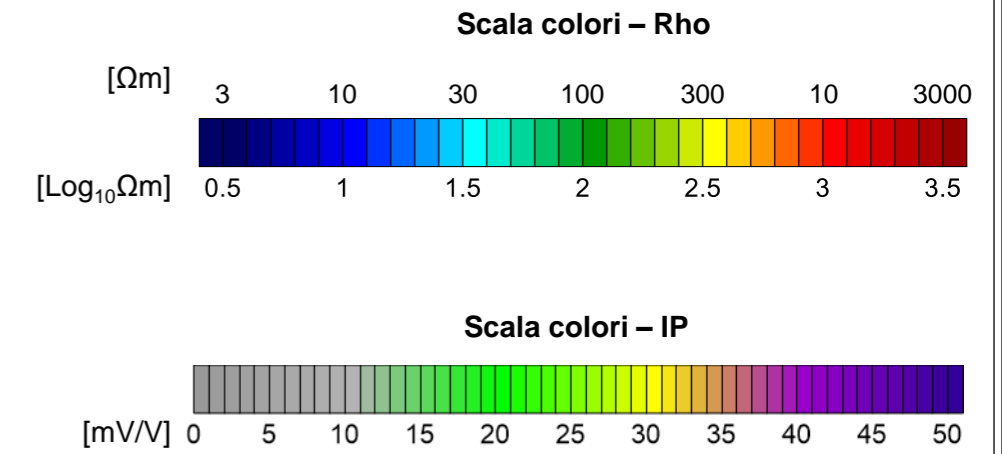
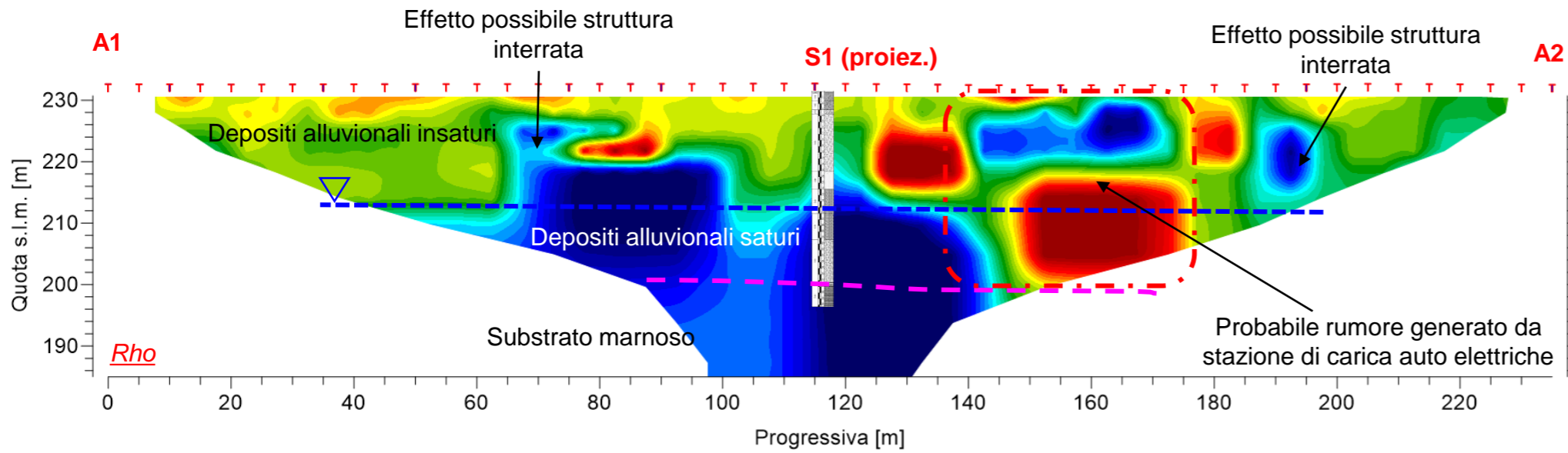
Foto 31: Sondaggio S5 - cassa 4 - da 15.00 m a 18.00 m.

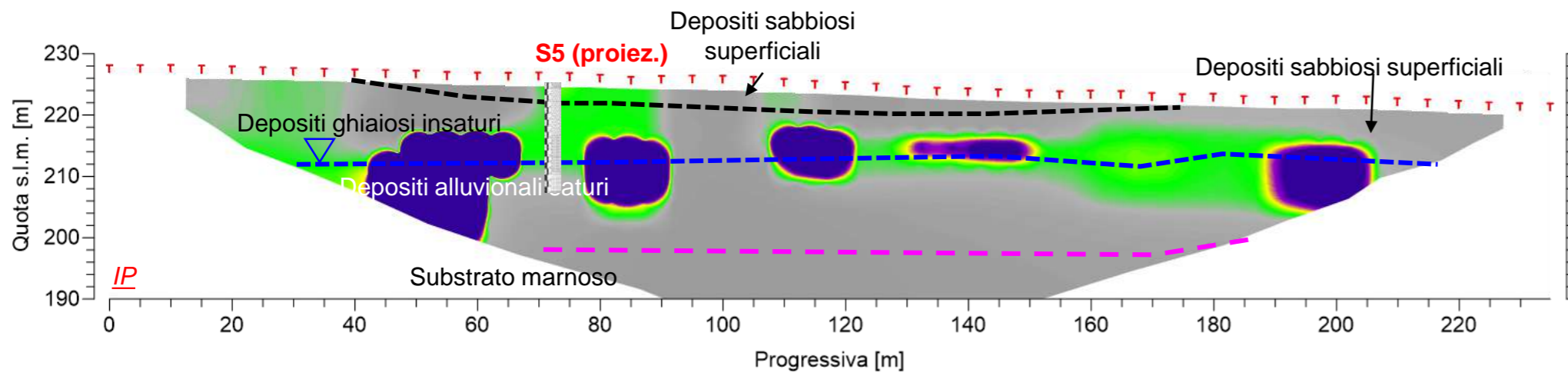
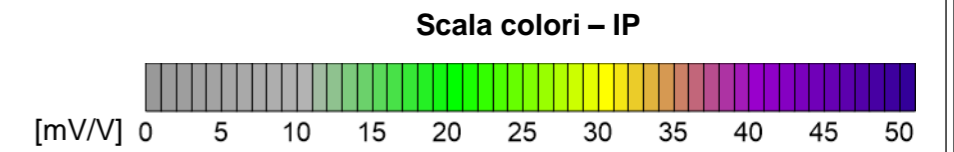
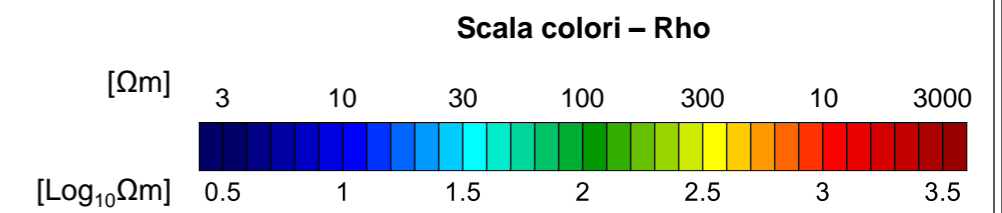
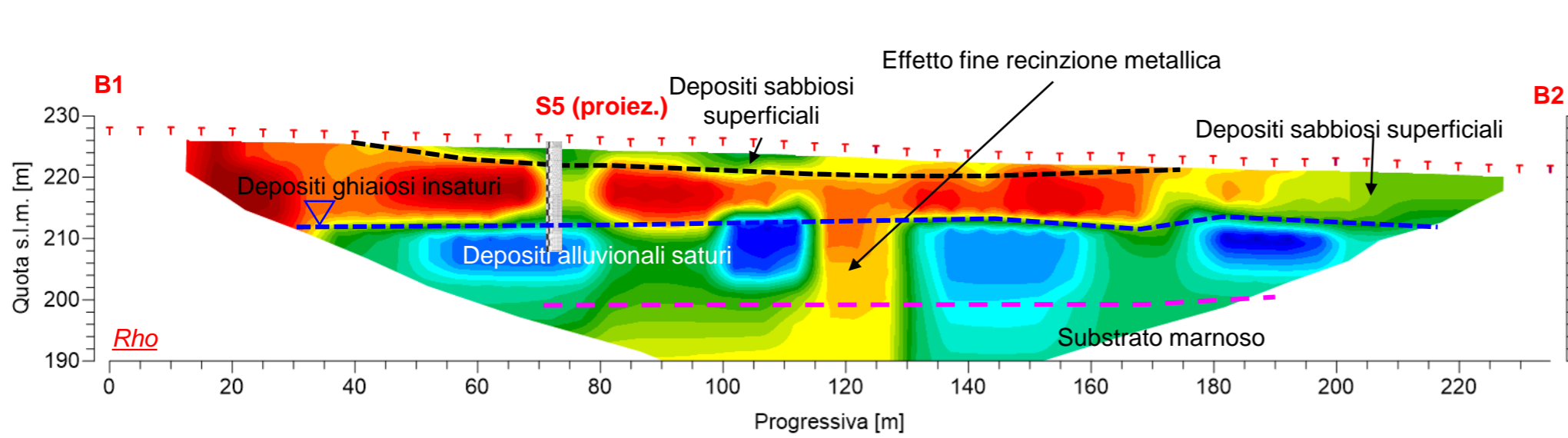


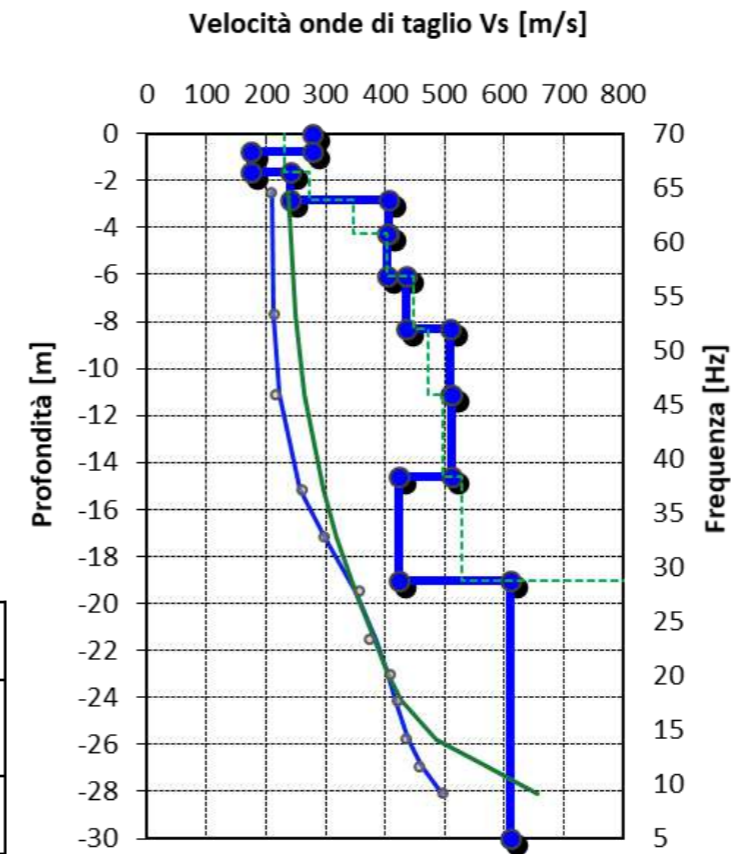
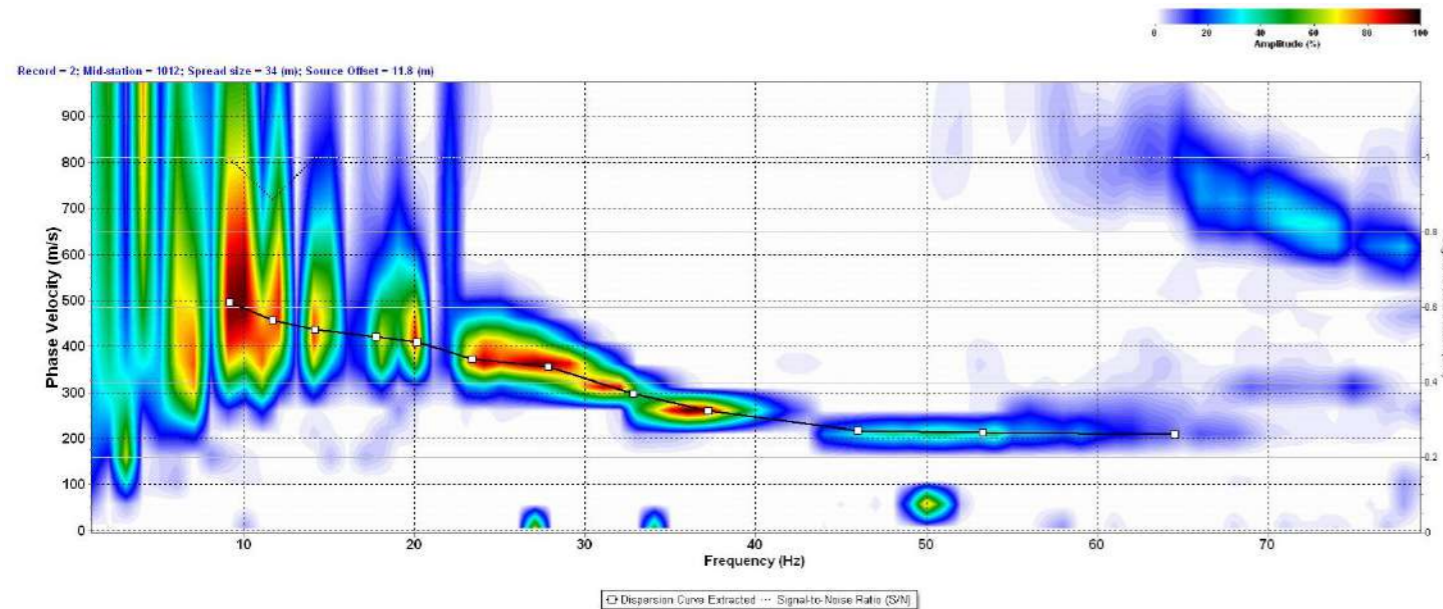
Foto 32: Postazione sondaggio S5.

ALLEGATO 4 – REPORT DELLE INDAGINI GEOFISICHE









MODELLO Vs A 10 STRATI			
Strato	Profondità [m]		Vs [m/s]
	da	a	
1	0.0	-0.7	278
2	-0.7	-1.7	175
3	-1.7	-2.8	240
4	-2.8	-4.3	406
5	-4.3	-6.1	402
6	-6.1	-8.3	434
7	-8.3	-11.1	510
8	-11.1	-14.6	511
9	-14.6	-19.0	424
10	-19.0	-30.0	610

Codice di calcolo: SurfSeis 6.4.1

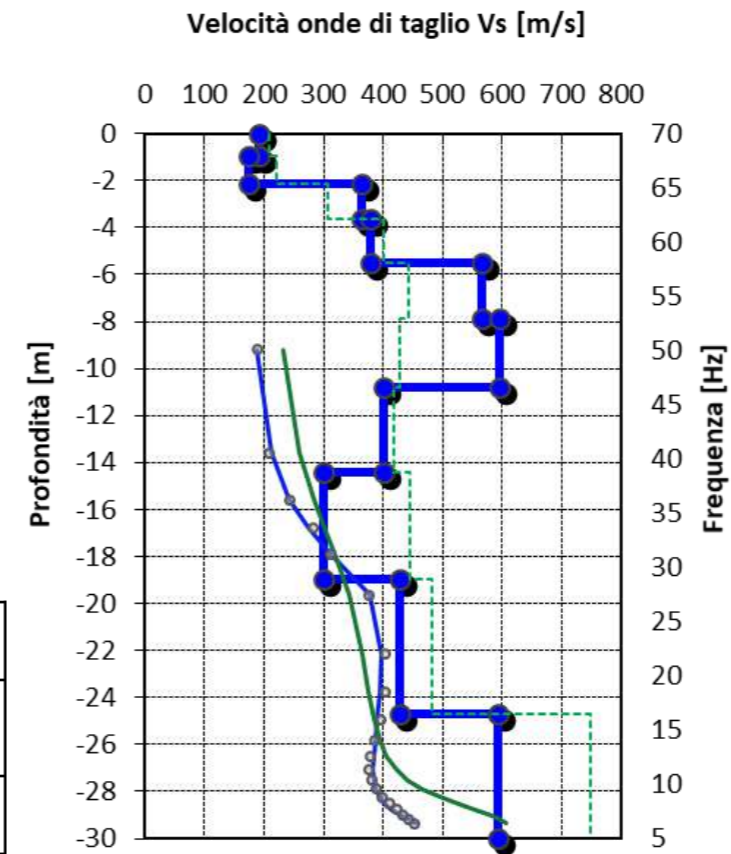
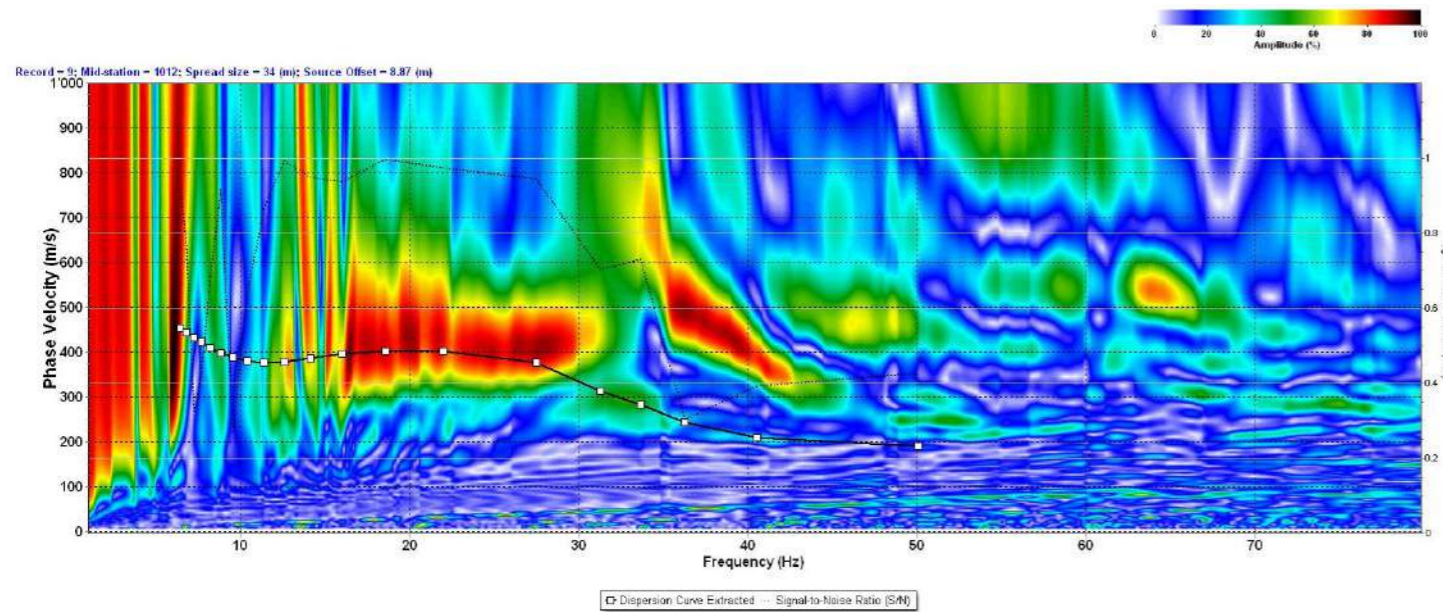
Sito:	Torino Esposizioni, Torino			Regione:	Piemonte
Norm. Regione:	D.G.R. n. 6-887 del 30.12.2019 e s.m.i.			Zona sismica	3
Progetto:	Classificazione sismica				
Coordinate GPS	Datum:	Proiezione	Zona	EST	NORD
	WGS84	UTM	32T	396139.06	4989240.45

SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	$V_{s,30}$ [m/s]
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	450

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri, 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.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 2.8	Livello superficiale costituito da depositi a grado di addensamento medio-basso (inversione di velocità tra 0.7 e 1.7 m di profondità).	175 ÷ 278
2	2.8 ÷ 8.3	Secondo sismostrato costituito da depositi con grado di addensamento medio-alto	406 ÷ 434
3	8.3 ÷ 30	Terzo sismostrato costituito da depositi con grado di addensamento elevato, crescente con la profondità (inversione di Vs tra 14.6 e 19 m di profondità)	424 ÷ 610





MODELLO Vs A 10 STRATI			
Strato	Profondità [m]		Vs [m/s]
	da	a	
1	0.0	-1.0	192
2	-1.0	-2.2	175
3	-2.2	-3.6	363
4	-3.6	-5.5	378
5	-5.5	-7.9	565
6	-7.9	-10.8	596
7	-10.8	-14.4	402
8	-14.4	-19.0	299
9	-19.0	-24.7	427
10	-24.7	-30.0	592

Codice di calcolo: SurfSeis 6.4.1

Sito:	Torino Esposizioni, Torino			Regione:	Piemonte
Norm. Regione:	D.G.R. n. 6-887 del 30.12.2019 e s.m.i.			Zona sismica	3
Progetto:	Classificazione sismica				
Coordinate GPS	Datum:	Proiezione	Zona	EST	NORD
	WGS84	UTM	32T	396131.50	4989135.95

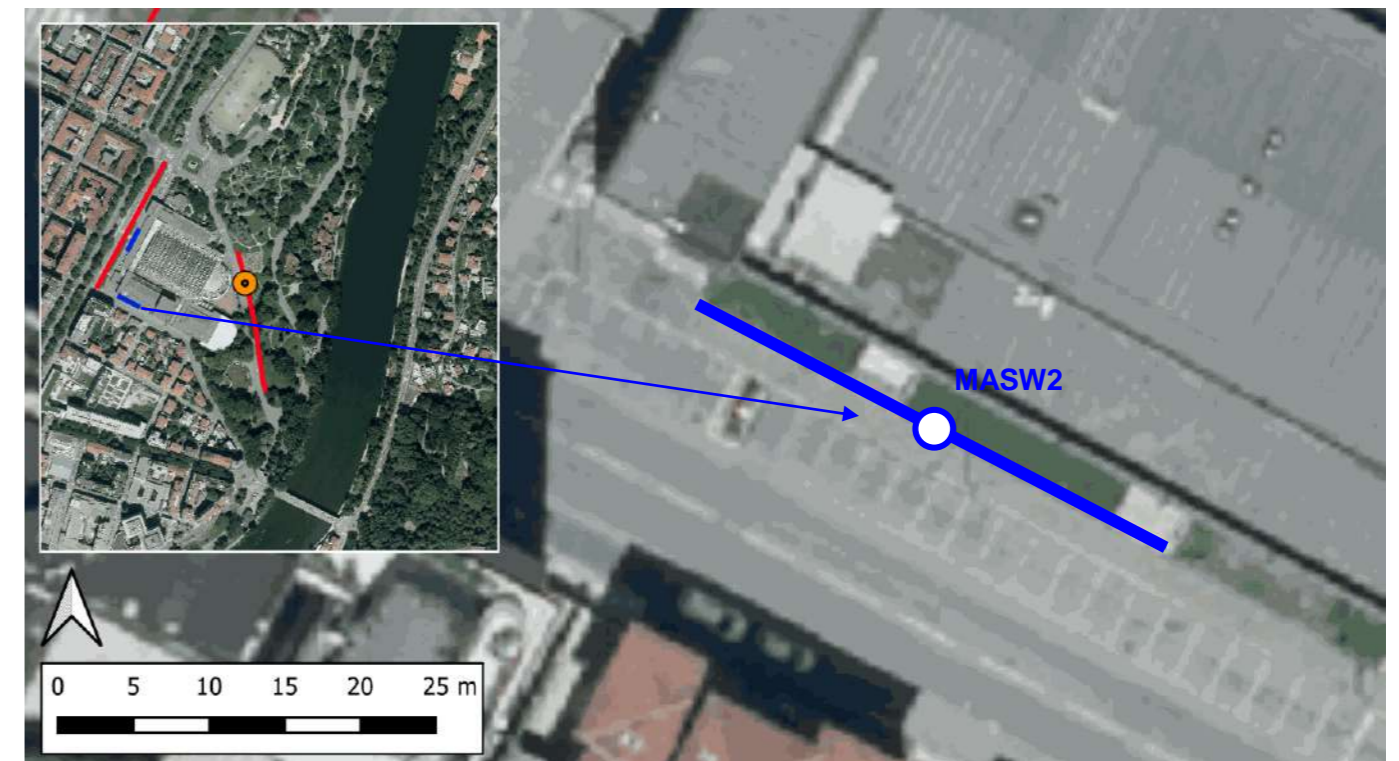
SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	$V_{s,30}$ [m/s]
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	392

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri, 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.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 2.2	Livello superficiale costituito da depositi a grado di addensamento medio-basso	175 ÷ 192
2	2.2 ÷ 5.5	Secondo sismostrato costituito da depositi con grado di addensamento medio-alto	363 ÷ 378
3	5.5 ÷ 30	Terzo sismostrato costituito da depositi con grado di addensamento medio-alto/elevato, crescente con la profondità (livello cementato tra 5.5 e 10.8 m: $V_s > 560$ m/s; inversione di V_s tra 14.4 e 19 m di profondità)	299 ÷ 592

Modello di velocità Vs

- Vs iniziale
- Vs finale



ALLEGATO 5 – REPORT DELLE ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO




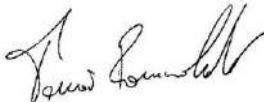

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti per l'esecuzione e certificazione di prove su rocce (settore B), aggregati e prove esterne previste dalla Circolare N. 7618/STC 2010 art. 59 D.P.R. 380/01 Decreto n. 2515 del 15/03/2013 e successivi rinnovi.

Sondecò s.r.l.

Cantiere SCR Piemonte S.r.l. – Nuova Biblioteca civica – Torino Esposizioni – Padiglione 2

Prove geotecniche di laboratorio

2676_r01

B					
A					
Ø	26/10/22	Dott. M. Mussa 	Dott. R. Tomai 	Ing. A. Morino 	Emissione
REV	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	DESCRIZIONE

gd test srl

Società unipersonale | Corso Casale 239 | 10132 TORINO Italia
Tel. +39.011.58.08.406 | gdtest@gdtest.it | www.gdtest.it
Capitale sociale: 100.000 euro | P.IVA e C.F.: 08207640015
PEC: gdtest@legalmail.it | Fattura elettronica: faelettronica@pec.it



ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n. **R5964/2676** Data emissione: **26/10/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondecò s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte s.r.l. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio:	S1	Codice provino:	\	Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Campione:	C1	Ricevuto il:	24/10/22	Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Profondità (m):	20,10-20,40	Aperto il:	24/10/22	Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI):	SABBIA CON LIMO-ARGILLA GHIAIOSA				
Data esecuzione prova:	25/10/22				

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

TABELLE DATI DI PROVA

Apertura maglie (mm)	Peso secco terreno analizzato (g): 641,0				Totale Passante (%)	PERCENTUALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE:	
	Peso inerte trattenuto (g)	Parziali Trattenuti (%)	Totale Trattenuti (%)	Totale		Ciottoli (%)	
90,00	0,0	0,00	0,00	100,00		0,0	
75,00	0,0	0,00	0,00	100,00		13,3	
63,00	0,0	0,00	0,00	100,00		54,4	
50,00	0,0	0,00	0,00	100,00		32,3	
37,50	0,0	0,00	0,00	100,00			
25,00	0,0	0,00	0,00	100,00			
19,00	30,4	4,74	4,74	95,26			
12,50	3,8	0,59	5,34	94,66			
9,50	8,0	1,24	6,58	93,42			
4,75	13,5	2,10	8,68	91,32			
2,00	29,8	4,65	13,33	86,67			
1,00	59,5	9,28	22,61	77,39			
0,425	149,4	23,31	45,92	54,08			
0,180	76,8	11,99	57,91	42,09			
0,063	62,9	9,81	67,72	32,28			
fondo	206,9	32,28	100,00	-			

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo):	Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):
--	--

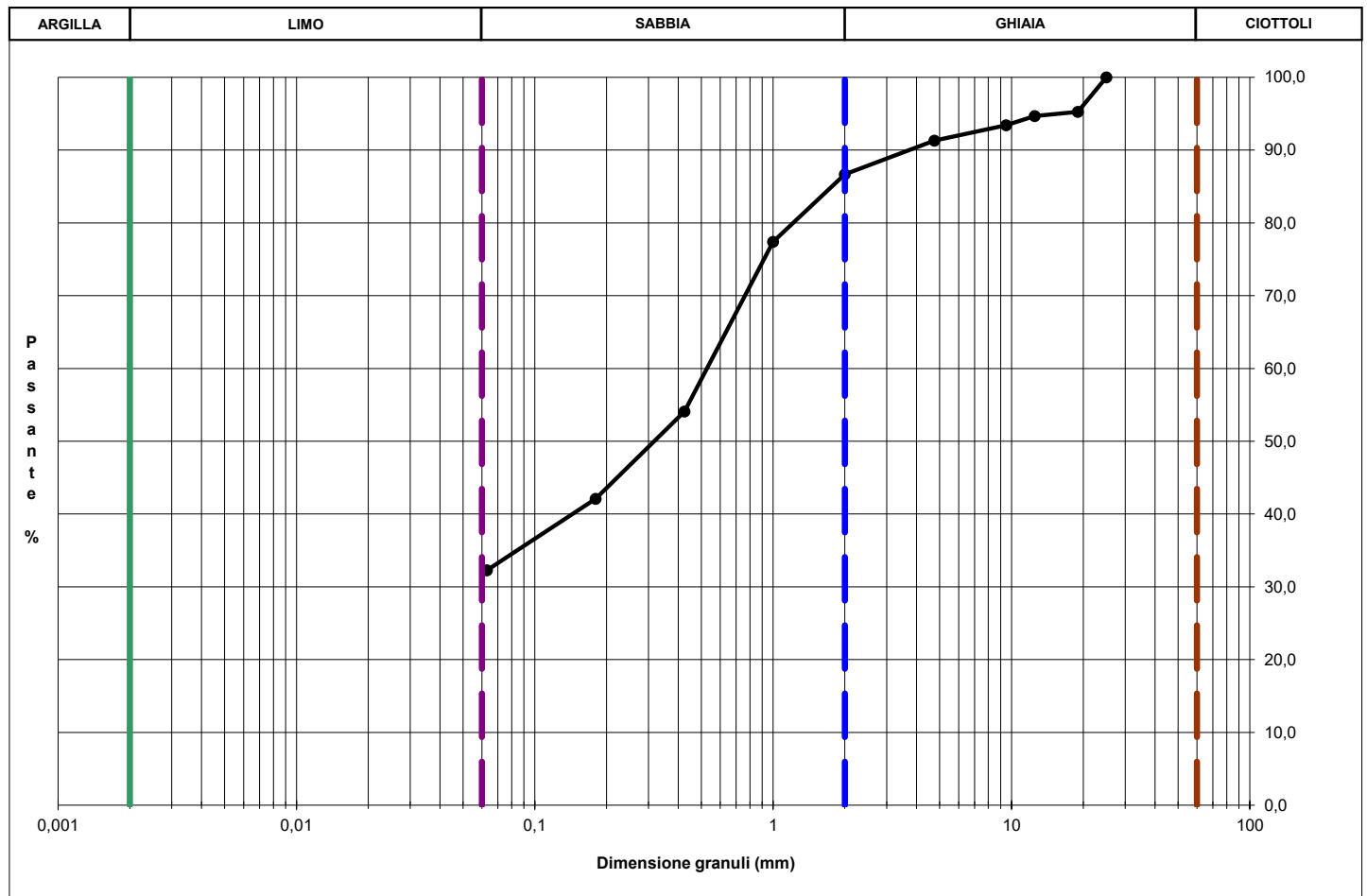
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n. **R5964/2676** Data emissione: **26/10/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte s.r.l. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio:	S1	Codice provino:	\	Serie unificata di setacci ISO 3310	■
Campione:	C1	Ricevuto il:	24/10/22	Forno elettrico	■
Profondità (m):	20,10-20,40	Aperto il:	24/10/22	Bilancia digitale	■
Tipo di terreno (AGI): SABBIA CON LIMO-ARGILLA GHIAIOSA					
Data esecuzione prova:				25/10/22	

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo):	Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):
--	--

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n. **R5965/2676** Data emissione: **26/10/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte s.r.l. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio:	S1	Codice provino:	\	Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Campione:	C2	Ricevuto il:	24/10/22	Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Profondità (m):	25,10-25,50	Aperto il:	24/10/22	Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI):	GHIAIA CON SABBIA LIMO-ARGILLOSA				
Data esecuzione prova:	25/10/22				

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

TABELLE DATI DI PROVA

ANALISI CON I SETACCI:	Peso secco terreno analizzato (g): 765,0				PERCENTUALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE:
	Apertura maglie (mm)	Peso inerte trattenuto (g)	Parziali Trattenuti (%)	Totale Trattenuti (%)	
90,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Ciottoli (%): 0,0
75,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Ghiaia (%): 47,8
63,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Sabbia (%): 35,2
50,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Limo+Argilla (%): 17,0
37,50	0,0	0,00	0,00	100,00	
25,00	54,6	7,14	7,14	92,86	
19,00	48,7	6,37	13,51	86,49	
12,50	96,4	12,60	26,11	73,89	
9,50	16,6	2,16	28,27	71,73	
4,75	79,8	10,43	38,70	61,30	
2,00	69,8	9,12	47,82	52,18	
1,00	58,5	7,65	55,47	44,53	
0,425	122,2	15,97	71,44	28,56	
0,180	53,6	7,00	78,44	21,56	
0,063	35,1	4,58	83,03	16,97	
fondo	129,8	16,97	100,00	-	

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo): _____ Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai): _____

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n. **R5965/2676** Data emissione: **26/10/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondecò s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte s.r.l. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

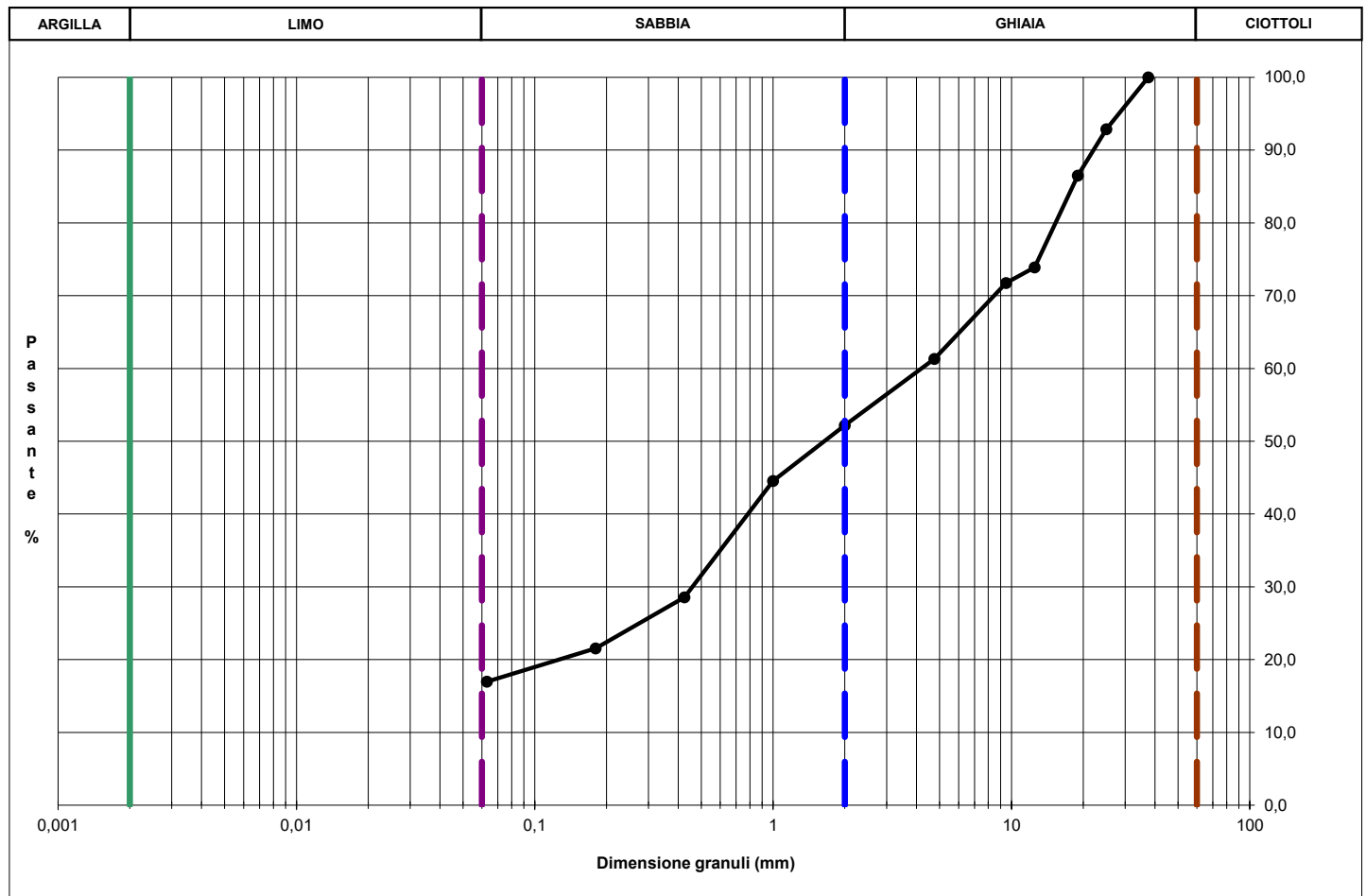
Sondaggio: **S1** Codice provino: ****
 Campione: **C2** Ricevuto il: **24/10/22**
 Profondità (m): **25,10-25,50** Aperto il: **24/10/22**
 Tipo di terreno (AGI): **GHIAIA CON SABBIA LIMO-ARGILLOSA**
 Data esecuzione prova: **25/10/22**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Serie unificata di setacci ISO 3310
 Forno elettrico
 Bilancia digitale

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n. **R5966/2676** Data emissione: **26/10/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondecò s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte s.r.l. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio:	S1	Codice provino:	\	Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Campione:	C1	Ricevuto il:	24/10/22	Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Profondità (m):	29,40-29,90	Aperto il:	24/10/22	Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI):	SABBIA CON GHIAIA LIMO-ARGILLOSA				
Data esecuzione prova:	25/10/22				

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

TABELLE DATI DI PROVA

Apertura maglie (mm)	Peso secco terreno analizzato (g): 972,0				PERCENTUALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE:
	Peso inerte trattenuto (g)	Parziali Trattenuti (%)	Totale Trattenuti (%)	Totale Passante (%)	
90,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Ciottoli (%): 0,0
75,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Ghiaia (%): 37,2
63,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Sabbia (%): 41,3
50,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Limo+Argilla (%): 21,5
37,50	0,0	0,00	0,00	100,00	
25,00	0,0	0,00	0,00	100,00	
19,00	81,1	8,34	8,34	91,66	
12,50	87,1	8,96	17,30	82,70	
9,50	47,3	4,87	22,16	77,84	
4,75	62,3	6,41	28,57	71,43	
2,00	83,5	8,59	37,16	62,84	
1,00	70,1	7,21	44,37	55,63	
0,425	163,3	16,80	61,17	38,83	
0,180	102,4	10,53	71,70	28,30	
0,063	66,0	6,79	78,48	21,52	
fondo	209,1	21,52	100,00	-	

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo):	Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):
--	--

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n. **R5966/2676** Data emissione: **26/10/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte s.r.l. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

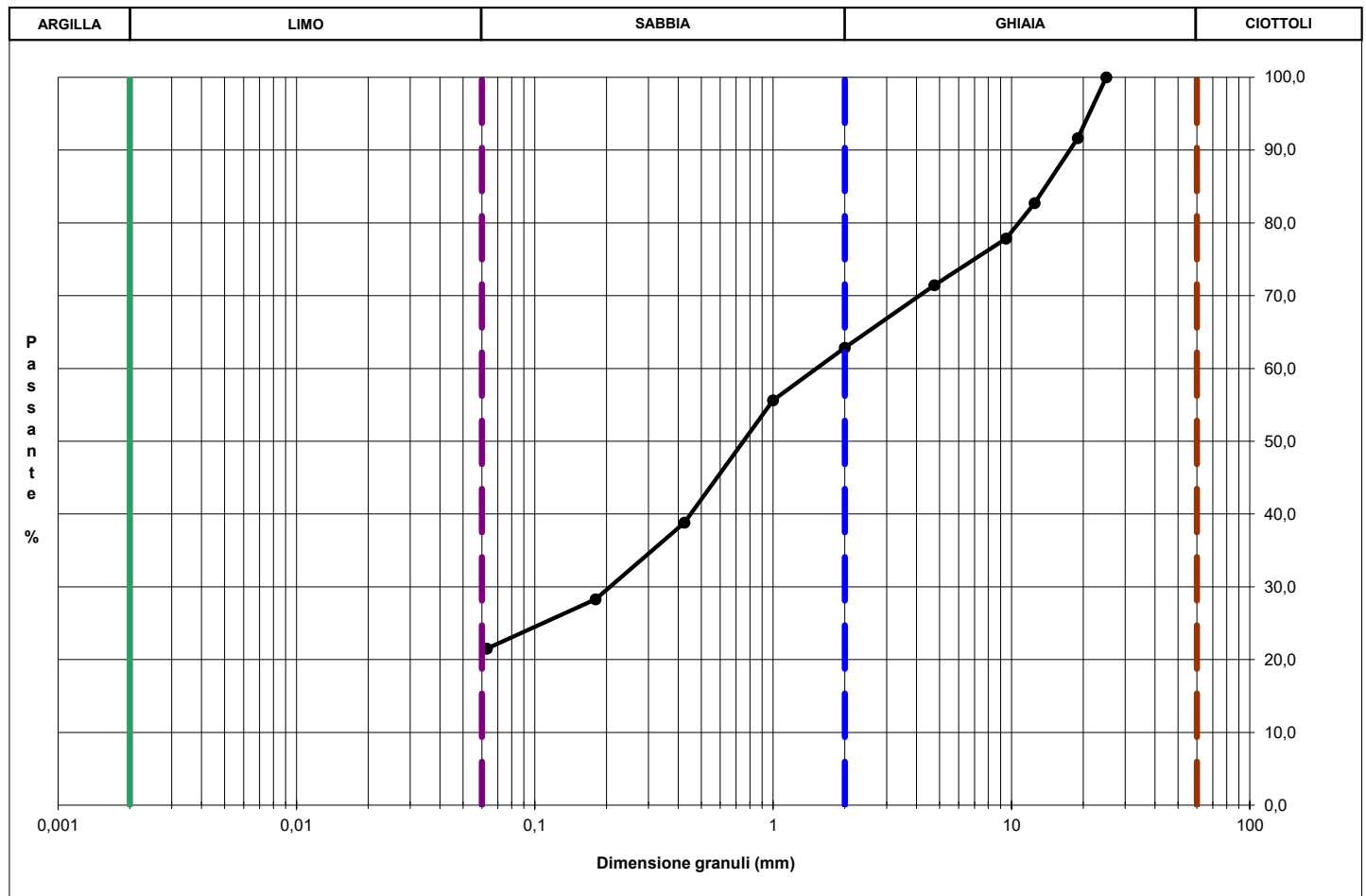
Sondaggio: **S1** Codice provino: ****
 Campione: **C1** Ricevuto il: **24/10/22**
 Profondità (m): **29,40-29,90** Aperto il: **24/10/22**
 Tipo di terreno (AGI): **SABBIA CON GHIAIA LIMO-ARGILLOSA**
 Data esecuzione prova: **25/10/22**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Serie unificata di setacci ISO 3310
 Forno elettrico
 Bilancia digitale

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo): _____ Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai): _____

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n. **R5994/2676** Data emissione: **17/11/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondecò s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio:	S4	Codice provino:	\	Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Campione:	CR1	Ricevuto il:	24/10/22	Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Profondità (m):	12,00-13,00	Aperto il:	24/10/22	Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI):	SABBIA LIMO-ARGILLOSA				
Data esecuzione prova:	17/11/22				

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

TABELLE DATI DI PROVA

ANALISI CON I SETACCI:		Peso secco terreno analizzato (g): 622,0			PERCENTUALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE:	
Apertura maglie (mm)	Peso inerte trattenuto (g)	Parziali Trattenuti (%)	Totale Trattenuti (%)	Totale Passante (%)	Ciottoli (%):	0,0
90,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Ghiaia (%):	1,5
75,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Sabbia (%):	83,3
63,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Limo+Argilla (%):	15,2
50,00	0,0	0,00	0,00	100,00		
37,50	0,0	0,00	0,00	100,00		
25,00	0,0	0,00	0,00	100,00		
19,00	0,0	0,00	0,00	100,00		
12,50	0,0	0,00	0,00	100,00		
9,50	0,0	0,00	0,00	100,00		
4,75	3,1	0,50	0,50	99,50		
2,00	6,3	1,01	1,52	98,48		
1,00	18,5	2,98	4,50	95,50		
0,425	340,7	54,78	59,27	40,73		
0,180	97,2	15,63	74,90	25,10		
0,063	61,7	9,93	84,83	15,17		
fondo	94,4	15,17	100,00	-		

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n.	R5994/2676	Data emissione:	17/11/22	Archivio n.:	2676
Committente:	Sondeco s.r.l.				
Lavoro:	SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2. Prove geotecniche di laboratorio				

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

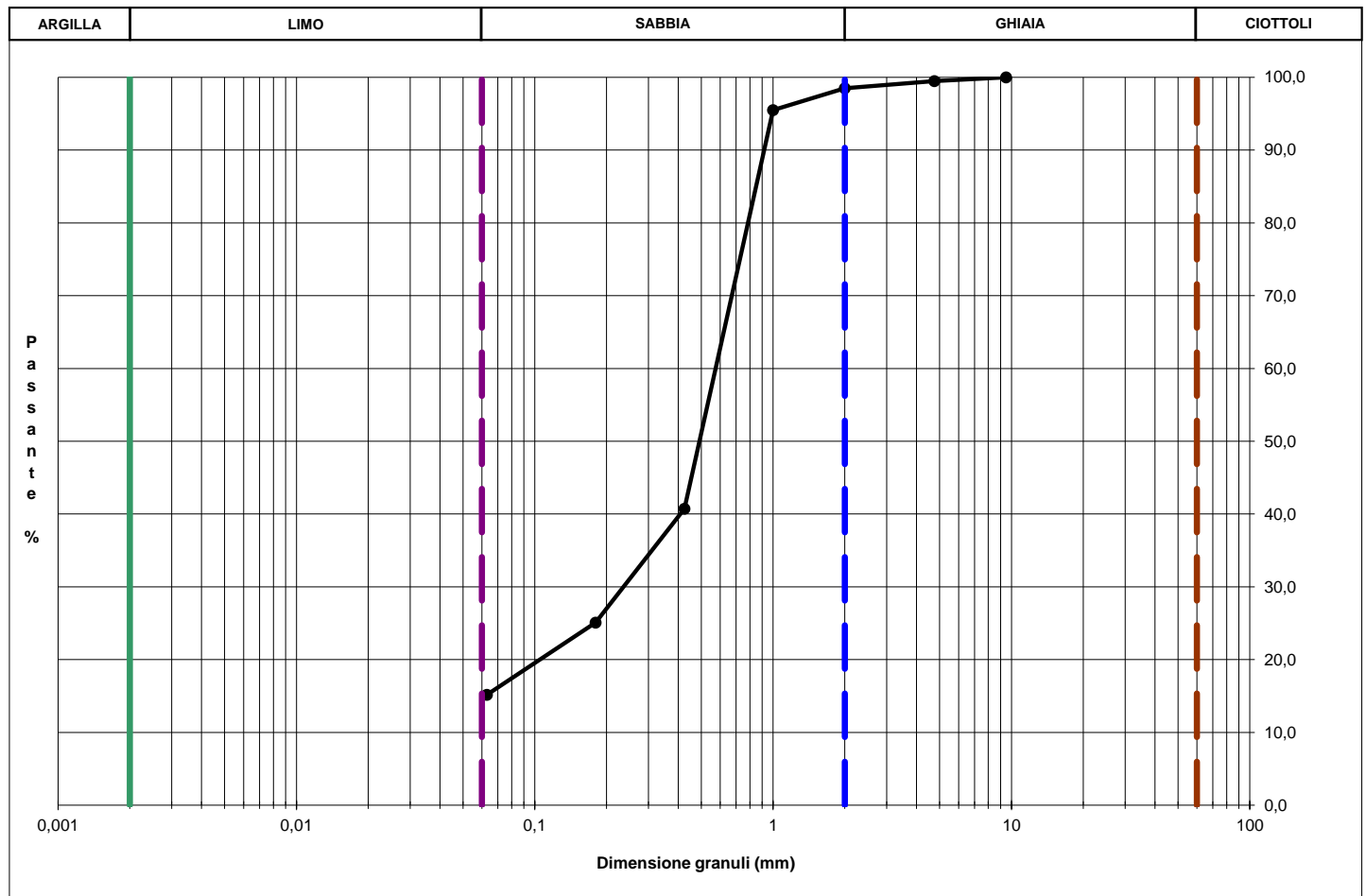
Sondaggio:	S4	Codice provino:	\
Campione:	CR1	Ricevuto il:	24/10/22
Profondità (m):	12,00-13,00	Aperto il:	24/10/22
Tipo di terreno (AGI):	SABBIA LIMO-ARGILLOSA		
Data esecuzione prova:	17/11/22		

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n. **R5995/2676** Data emissione: **17/11/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio:	S4	Codice provino:	\	Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Campione:	CR2	Ricevuto il:	24/10/22	Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Profondità (m):	17,00-18,00	Aperto il:	24/10/22	Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI):	SABBIA CON GHIAIA LIMO-ARGILLOSA				
Data esecuzione prova:	17/11/22				

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

TABELLE DATI DI PROVA

ANALISI CON I SETACCI:		Peso secco terreno analizzato (g): 2526,0			PERCENTUALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE:	
Apertura maglie (mm)	Peso inerte trattenuto (g)	Parziali Trattenuti (%)	Totale Trattenuti (%)	Totale Passante (%)	Ciottoli (%):	0,0
90,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Ghiaia (%):	29,8
75,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Sabbia (%):	50,1
63,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Limo+Argilla (%):	20,1
50,00	0,0	0,00	0,00	100,00		
37,50	32,0	1,27	1,27	98,73		
25,00	72,0	2,85	4,12	95,88		
19,00	22,9	0,90	5,02	94,98		
12,50	82,5	3,27	8,29	91,71		
9,50	85,9	3,40	11,69	88,31		
4,75	186,5	7,38	19,07	80,93		
2,00	271,8	10,76	29,83	70,17		
1,00	330,4	13,08	42,91	57,09		
0,425	599,0	23,71	66,63	33,37		
0,180	211,4	8,37	75,00	25,00		
0,063	123,8	4,90	79,90	20,10		
fondo	507,8	20,10	100,00	-		

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo): _____ Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai): _____

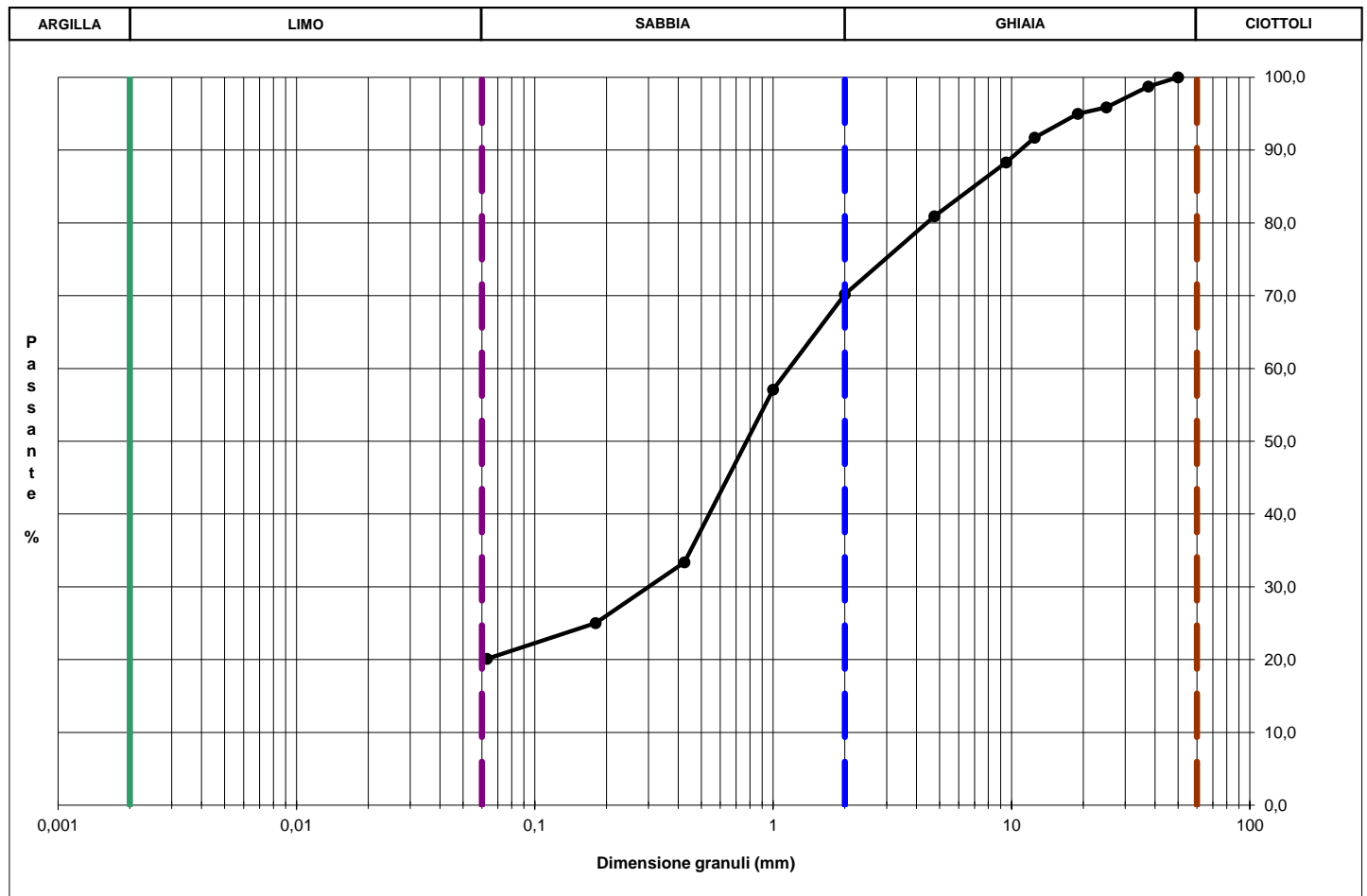
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n.	R5995/2676	Data emissione:	17/11/22	Archivio n.:	2676
Committente:	Sondeco s.r.l.				
Lavoro:	SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2. Prove geotecniche di laboratorio				

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio:	S4	Codice provino:	\	Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Campione:	CR2	Ricevuto il:	24/10/22	Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Profondità (m):	17,00-18,00	Aperto il:	24/10/22	Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI):	SABBIA CON GHIAIA LIMO-ARGILLOSA				
Data esecuzione prova:	17/11/22				

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo):	Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):
--	--

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n. **R5996/2676** Data emissione: **17/11/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondecò s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE		Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio: S4	Codice provino: \	Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Campione: CR3	Ricevuto il: 24/10/22	Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Profondità (m): 22,00-23,00	Aperto il: 24/10/22	Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI): SABBIA CON GHIAIA LIMO-ARGILLOSA			
Data esecuzione prova: 17/11/22			

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

TABELLE DATI DI PROVA

ANALISI CON I SETACCI: Apertura maglie (mm)	Peso secco terreno analizzato (g): 2000,0				PERCENTUALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE:
	Peso inerte trattenuto (g)	Parziali Trattenuti (%)	Totale Trattenuti (%)	Totale Passante (%)	
90,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Ciottoli (%): 0,0
75,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Ghiaia (%): 39,6
63,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Sabbia (%): 42,6
50,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Limo+Argilla (%): 17,8
37,50	0,0	0,00	0,00	100,00	
25,00	0,0	0,00	0,00	100,00	
19,00	66,9	3,35	3,35	96,65	
12,50	111,8	5,59	8,94	91,07	
9,50	59,8	2,99	11,92	88,08	
4,75	231,4	11,57	23,50	76,51	
2,00	321,6	16,08	39,58	60,42	
1,00	241,6	12,08	51,66	48,34	
0,425	322,9	16,15	67,80	32,20	
0,180	163,8	8,19	75,99	24,01	
0,063	124,5	6,23	82,22	17,78	
fondo	355,6	17,78	100,00	-	

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo):	Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):
--	--

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Rapporto di prova n. **R5996/2676** Data emissione: **17/11/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

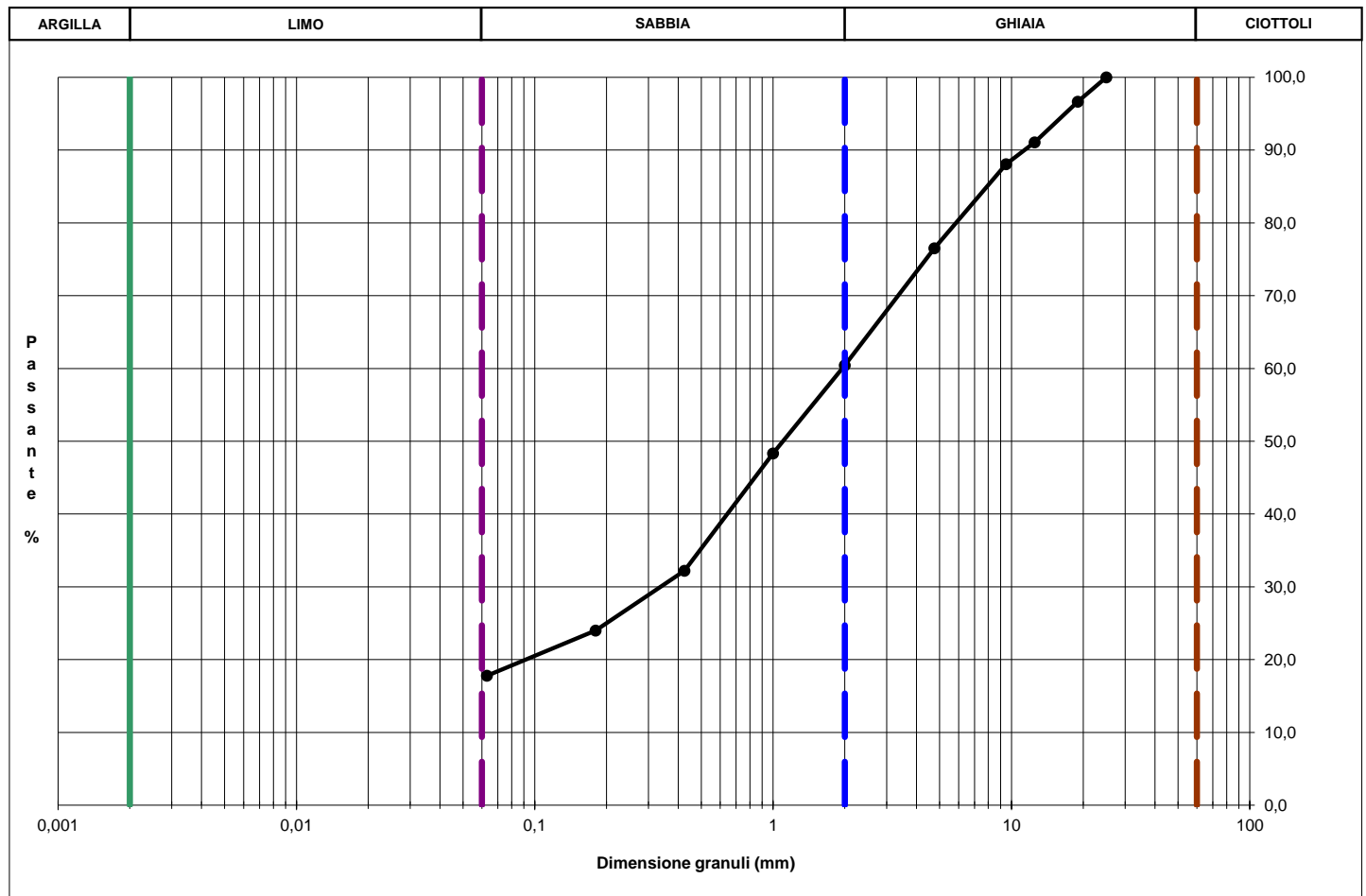
Sondaggio: **S4** Codice provino: ****
 Campione: **CR3** Ricevuto il: **24/10/22**
 Profondità (m): **22,00-23,00** Aperto il: **24/10/22**
 Tipo di terreno (AGI): **SABBIA CON GHIAIA LIMO-ARGILLOSA**
 Data esecuzione prova: **17/11/22**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Serie unificata di setacci ISO 3310
 Forno elettrico
 Bilancia digitale

Riferimenti normativi: **UNI CEN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (AEROMETRIA)

Rapporto di prova n. **bozza** Data emissione: **23/11/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Sondaggio:	S4	Codice provino:	\	Serie unificata di setacci ISO 3310	<input type="checkbox"/>
Campione:	CR4	Ricevuto il:	15/11/22	Forno elettrico	<input type="checkbox"/>
Profondità (m):	35,60-35,80	Aperto il:	16/11/22	Bilancia digitale	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI):	LIMO CON ARGILLA SABBIOSO			Set di cilindri graduati per aerometrie e densimetro	<input type="checkbox"/>
Data esecuzione prova:	23/11/22			Termometro digitale	<input type="checkbox"/>

Riferimenti normativi: **UNI EN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

TABELLE DATI DI PROVA

ANALISI CON I SETACCI:		Peso secco terreno analizzato (g): 589,0			PERCENTUALI FRAZIONI GRANULOMETRICHE:	
Apertura maglie	Peso inerte trattenuto	Parziali Trattenuti	Totale Trattenuti	Totale Passante	Ciottoli (%)	0,0
(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)	Ghiaia (%)	0,4
90,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Sabbia (%)	11,9
75,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Limo (%)	61,2
63,00	0,0	0,00	0,00	100,00	Argilla (%)	26,5
50,00	0,0	0,00	0,00	100,00		
37,50	0,0	0,00	0,00	100,00		
25,00	0,0	0,00	0,00	100,00		
19,00	0,0	0,00	0,00	100,00		
12,50	0,0	0,00	0,00	100,00		
9,50	0,0	0,00	0,00	100,00		
4,75	0,0	0,00	0,00	100,00		
2,00	2,2	0,37	0,37	99,63		
1,00	1,9	0,32	0,69	99,31		
0,425	1,8	0,31	1,00	99,00		
0,180	5,0	0,86	1,85	98,15		
0,063	61,6	10,45	12,31	87,69		
fondo	516,5	87,69	100,00	-		

ANALISI CON L'AEROMETRO:		Peso secco terreno analizzato (g): 50,00			Peso specifico granuli stimato (g/cm ³): 2,70			
tempo (min)	temp. °C	r	R=R+Cm	R'=R+Ct+Cd	Hr (cm)	D (mm)	%pass. parz.	%pass.totale
0,5	17,5	1,0340	34,500	29,875	7,901	0,0551	94,90	83,22
1	17,5	1,0305	31,000	26,375	8,741	0,0410	83,78	73,47
2	17,5	1,0290	29,500	24,875	9,101	0,0296	79,01	69,29
4	17,5	1,0265	27,000	22,375	9,701	0,0216	71,07	62,33
8	17,6	1,0250	25,500	20,900	10,061	0,0155	66,39	58,22
15	18,0	1,0230	23,500	19,000	10,541	0,0115	60,35	52,93
30	18,3	1,0210	21,500	17,075	11,021	0,0083	54,24	47,56
60	19,0	1,0190	19,500	15,250	11,501	0,0060	48,44	42,48
120	19,4	1,0170	17,500	13,350	11,981	0,0043	42,41	37,19
240	19,6	1,0150	15,500	11,400	12,461	0,0031	36,21	31,76
480	20,0	1,0130	13,500	9,500	12,941	0,0022	30,18	26,46
1440	17,5	1,0100	10,500	5,875	13,661	0,0014	18,66	16,37

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo): _____ Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai): _____

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (AEROMETRIA)

Rapporto di prova n. **bozza** Data emissione: **23/11/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

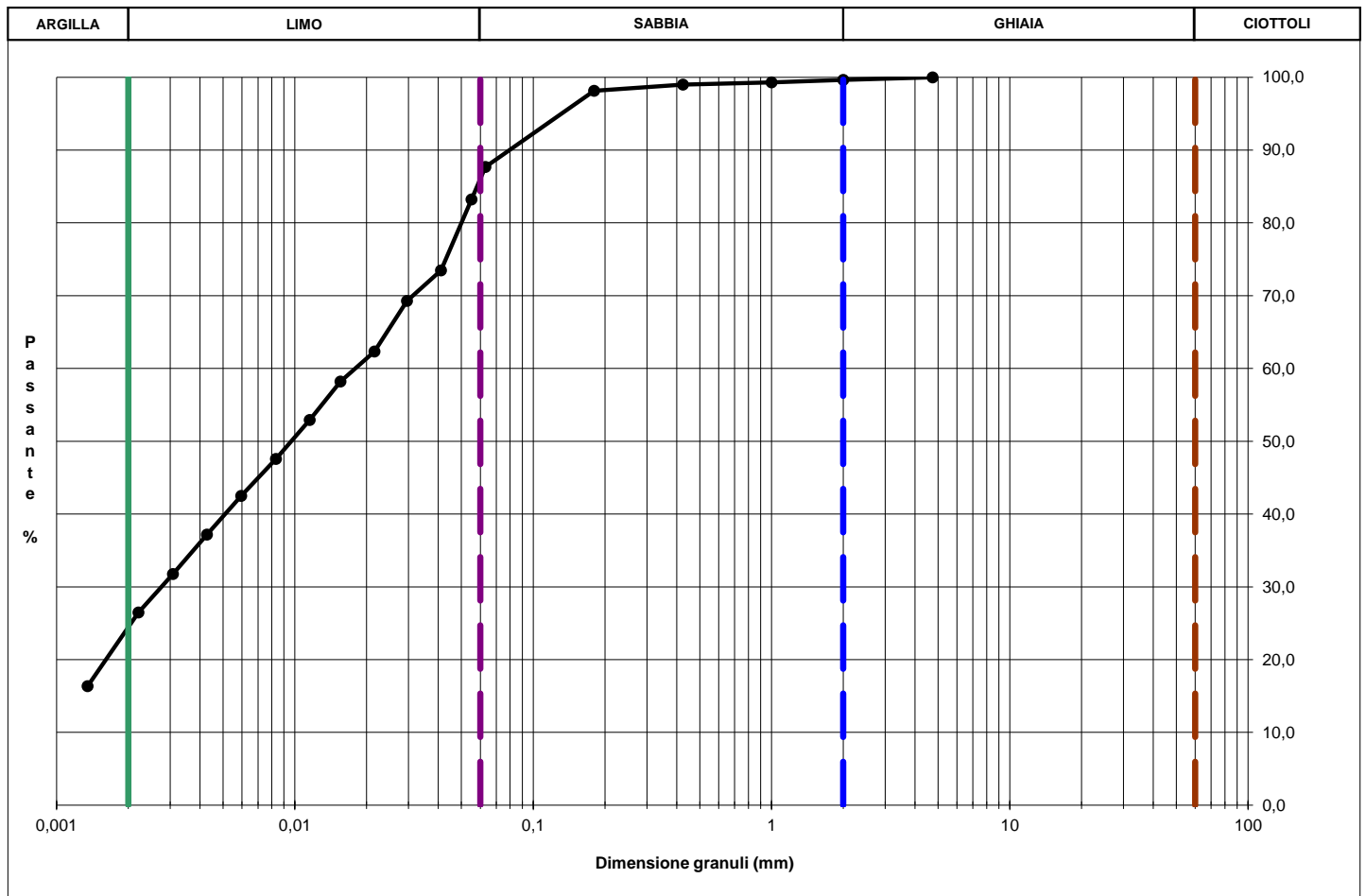
Sondaggio: **S4** Codice provino: ****
 Campione: **CR4** Ricevuto il: **15/11/22**
 Profondità (m): **35,60-35,80** Aperto il: **16/11/22**
 Tipo di terreno (AGI): **LIMO CON ARGILLA SABBIOSO**
 Data esecuzione prova: **23/11/22**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Serie unificata di setacci ISO 3310
 Forno elettrico
 Bilancia digitale
 Set di cilindri graduati per aerometrie e densimetro
 Termometro digitale

Riferimenti normativi: **UNI EN ISO 17892-4; RACCOMANDAZIONI AGI**

CURVA GRANULOMETRICA



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Mussa Massimo):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

Rapporto di prova n° : **bozza** Data emissione: **23/11/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Sondaggio: **S4** Codice provino: ****
 Campione: **CR4** Ricevuto il: **15/11/22**
 Profondità (m): **35,60-35,80** Aperto il: **16/11/22**
 Tipo di terreno (AGI): **LIMO CON ARGILLA SABBIOSO**
 Data esecuzione prova: **23/11/22**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Cucchiaino di Casagrande
 Forno elettrico
 Bilancia digitale (0,01 g)

Riferimenti normativi: **UNI EN ISO 17892-12; ASTM D 4318**

TABELLE DATI DI PROVA

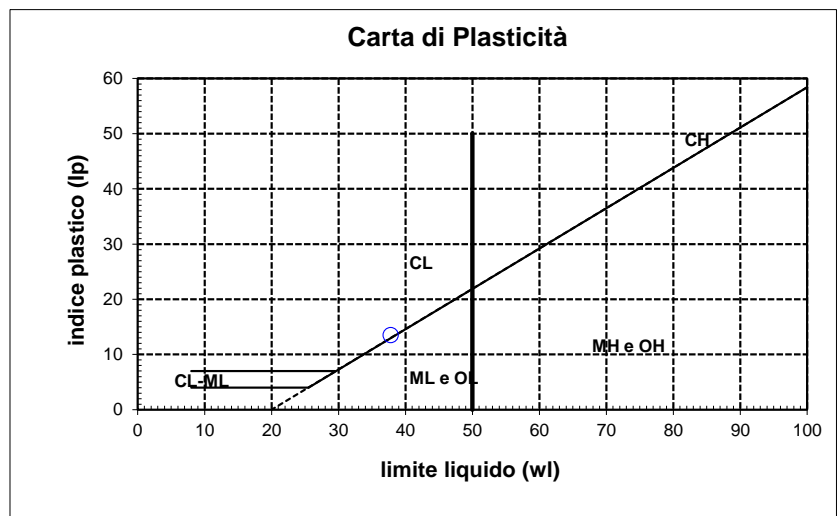
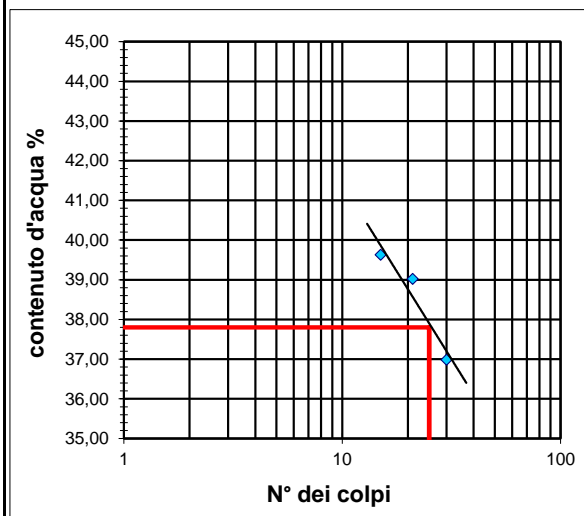
LIMITE LIQUIDO:

N° colpi	15	21	30
contenitore	A	B	C
peso lordo umido (g)	5,97	7,32	8,22
peso lordo secco (g)	4,90	5,88	6,60
peso acqua (g)	1,07	1,44	1,62
tara contenitore (g)	2,20	2,19	2,22
peso netto secco (g)	2,70	3,69	4,38
contenuto acqua (%)	39,63	39,02	36,99

limite liquido - wl (%) = **37,80**
 limite plastico - wp (%) = **24,26**
 indice di plasticità - IP = **13,54**

LIMITE PLASTICO:

	D	E
contenitore		
peso lordo umido (g)	5,07	3,74
peso lordo secco (g)	4,52	3,44
peso acqua (g)	0,55	0,30
tara contenitore (g)	2,26	2,20
peso netto secco (g)	2,26	1,24
contenuto acqua (%)	24,34	24,19



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Gabriele Zanotto):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CON APPARECCHIO DI CASAGRANDE

Rapporto di prova n. **bozza** Data emissione: **23/11/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Pozzetto:	S4	Codice provino:	\	Macchina per taglio SHEARMATIC	<input type="checkbox"/>
Campione:	CR4	Ricevuto il:	15/11/22	Cella di carico da 5 KN	<input type="checkbox"/>
Profondità (m):	35,60-35,80	Aperto il:	16/11/22	Trasduttori di spostamento potenziometrico	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI):	LIMO CON ARGILLA SABBIOSO			Sistema di acquisizione dati SHEARMATIC	<input type="checkbox"/>
Data esecuzione prova:	22/11/22			Bilancia con 0,01 g di accuratezza	<input type="checkbox"/>

Riferimenti normativi: **UNI EN ISO 17892-10**

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO E CARATTERISTICHE DEI PROVINI

PROVINO	DIMENSIONI		DENSITA'	DENSITA'	DENSITA'	UMIDITA'	
	Lato (mm)	Altezza (mm)	UMIDA INIZIALE	UMIDA FINALE	SECCA FINALE	INIZIALE	FINALE
			γ_i (kN/mc)	γ_f (kN/mc)	γ_{di} (kN/mc)	wi	wf
n°						%	
1	60,0	20,00	18,87	21,29	16,55	21,6	28,7
2	60,0	20,00	19,75	23,85	18,82	18,7	26,7
3	60,0	20,00	19,31	25,56	20,42	19,3	25,2

FASE DI CONSOLIDAZIONE

PROVINO	CARICO VERTICALE	t ₁₀₀	Sv 24 h	Svf	Sf	VELOCITA' DI PROVA
n°	σ'_{vn} (kPa)	(min)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm/min)
1	100	5,0	0,50	0,74	4,0	0,063
2	200	5,5	1,04	1,28	4,0	0,057
3	300	6,0	1,69	2,46	4,0	0,052

FASE DI ROTTURA

PROVINO	VALORI DI PICCO	
n°	τ (kPa)	Sh (mm)
1	95,44	2,50
2	123,63	3,00
3	185,86	4,50

Legenda :

t₁₀₀= tempo necessario per raggiungere il 100% della consolidazione primaria; Sv 24 h= cedimento verticale dopo 24 h di consolidazione; Sv_f = cedimento verticale durante la fase di rottura; Sf = avanzamento orizzontale stimato a rottura

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Massimo Mussa):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CON APPARECCHIO DI CASAGRANDE

Rapporto di prova n. **bozza** Data emissione: **23/11/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

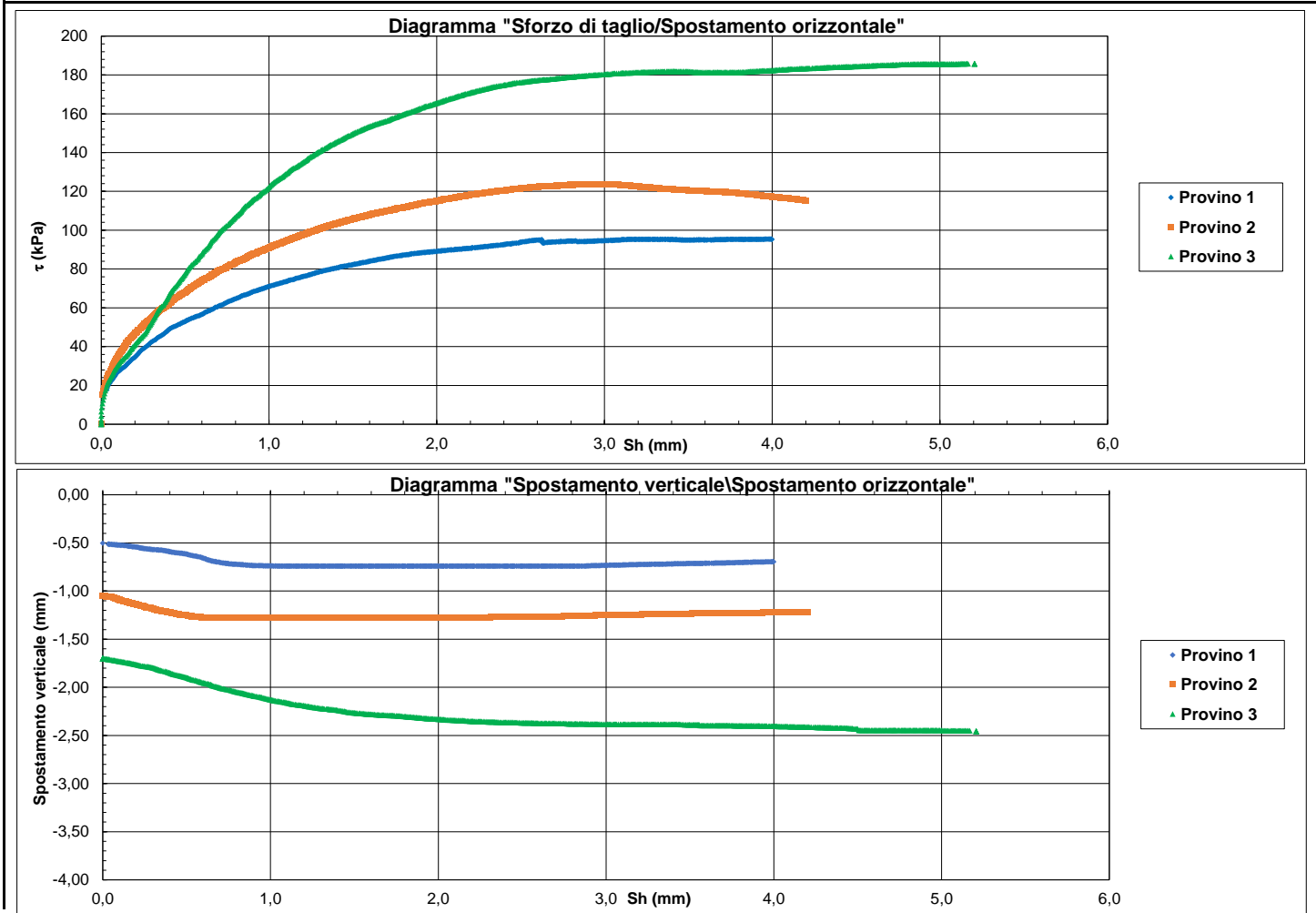
Pozzetto: **S4** Codice provino: ****
 Campione: **CR4** Ricevuto il: **15/11/22**
 Profondità (m): **35,60-35,80** Aperto il: **16/11/22**
 Tipo di terreno (AGI): **LIMO CON ARGILLA SABBIOSO**
 Data esecuzione prova: **22/11/22**

Apparecchiatura e strumentazione utilizzata

Macchina per taglio SHEARMATIC
 Cella di carico da 5 KN
 Trasduttori di spostamento potenziometrico
 Sistema di acquisizione dati SHEARMATIC
 Bilancia con 0,01 g di accuratezza

Riferimenti normativi: **UNI EN ISO 17892-10**

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI RISULTATI OTTENUTI



NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Massimo Mussa):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CON APPARECCHIO DI CASAGRANDE

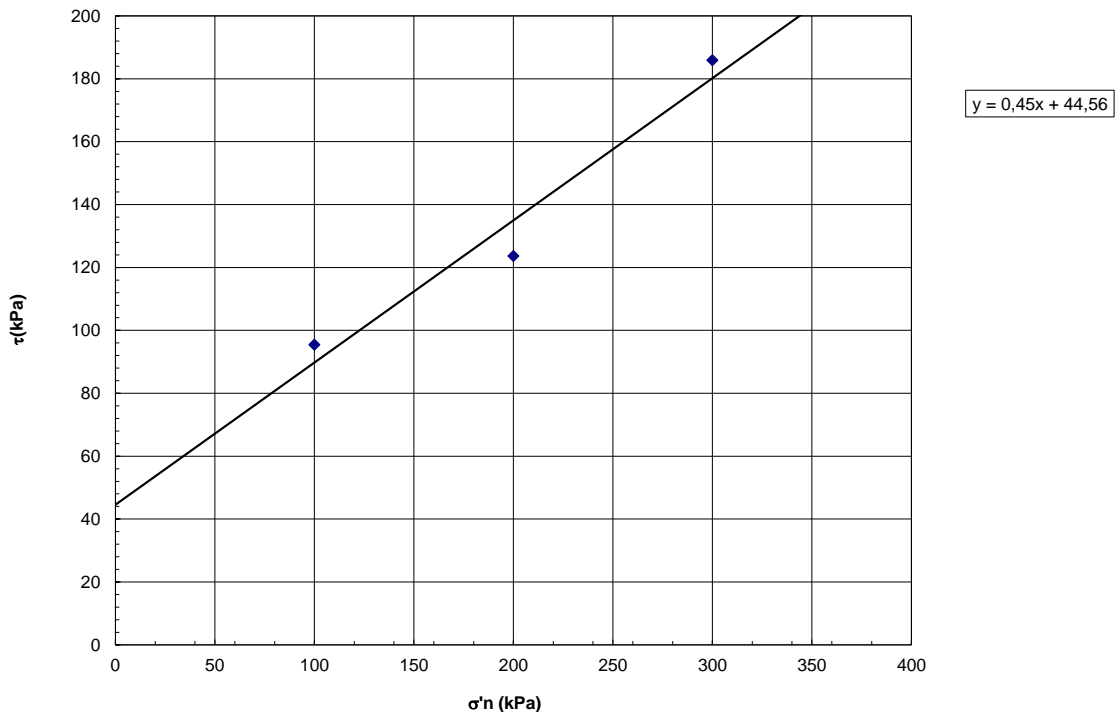
Rapporto di prova n. **bozza** Data emissione: **23/11/22** Archivio n.: **2676**
 Committente: **Sondeco s.r.l.**
 Lavoro: **SCR Piemonte S.p.A. - Nuova Biblioteca civica - Torino Esposizioni - Padiglione 2.**
Prove geotecniche di laboratorio

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE				Apparecchiatura e strumentazione utilizzata	
Pozzetto:	S4	Codice provino:	\	Macchina per taglio SHEARMATIC	<input type="checkbox"/>
Campione:	CR4	Ricevuto il:	15/11/22	Cella di carico da 5 KN	<input type="checkbox"/>
Profondità (m):	35,60-35,80	Aperto il:	16/11/22	Trasduttori di spostamento potenziometrico	<input type="checkbox"/>
Tipo di terreno (AGI):	LIMO CON ARGILLA SABBIOSO			Sistema di acquisizione dati SHEARMATIC	<input type="checkbox"/>
Data esecuzione prova:	22/11/22			Bilancia con 0,01 g di accuratezza	<input type="checkbox"/>

Riferimenti normativi: **UNI EN ISO 17892-10**

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

Diagramma "Resistenza al taglio/Pressione di consolidazione"



Angolo di resistenza al taglio (ϕ'): **24,2 °**
 Coesione (c'): **44,6 kPa**

NOTE/VARIAZIONI/AGGIUNTE/ESCLUSIONI EVENTUALMENTE NON NORMALIZZATE:

Lo sperimentatore (Dr. Massimo Mussa):

Il direttore del laboratorio (Dr. Romualdo Tomai):