



POLITECNICO DI TORINO

AREA EDILIZIA E LOGISTICA

C.SO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

ID_INTERVENTO:

000074_01NC_TO_CIT06X_NUOVE_AULE_R

Sub_Intervento

002_DEMOL_EDIF_COSTR_NUOVE_FONDAZ

REALIZZAZIONE DI NUOVE AULE PER STUDENTI VIA BORSELLINO N. 53 - TORINO

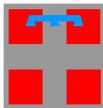
PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO E DEI LAVORI: AREA EDILIZIA E LOGISTICA				PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO SERVIZIO GESTIONE PATRIMONIO IMMOBILIARE					
Arch. G. Biscant				Ing. Marco Sanna					
PROGETTO ARCHITETTONICO: SERVIZIO GESTIONE PATRIMONIO IMMOBILIARE - SERVIZIO MESSA A NORMA E AMBIENTE				PROGETTO IMPIANTI MECCANICI SERVIZIO ADEGUAMENTO STRUTTURE E IMPIANTI					
Ing. Marco Sanna				Ing. Marco Sanna					
PROGETTO STRUTTURALE				PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI SERVIZIO ADEGUAMENTO STRUTTURE E IMPIANTI					
Ing. Marco Sanna Geologo Duccio Platone									
PROGETTO IMPIANTI ANTINCENDIO SERVIZIO ADEGUAMENTO STRUTTURE E IMPIANTI				REVISIONI					
				N°		Descrizione		Data	
Data Redazione		Luglio 2016		Verifica Redazione				Codice Tavola 000074_002_ESE_STR_REL_001_Relazione geologica	
Data Emissione				Verifica Emissione				Scala	
Nome file		000074_002_ESE_STR_REL_001_Relazione geologica.doc						N° Tavola	
File stile di stampa (ctb)								REL 001	
Modello		N° Revisione		Data Revisione					



DOTT. GEOL. DUCCIO IVO PLATONE

*Geologia – Geotecnica – Idrogeologia – Rilevamento geologico e geomorfologico –
Cartografia geologica – Geologia strutturale – Fotogeologia – Prove Penetrometriche
Dinamiche – Rilievi Topografici – Indagini sismiche passive HVSR*



REGIONE PIEMONTE

CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

COMUNE DI TORINO

PROPRIETÀ:

POLITECNICO DI TORINO

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI 24, 10129 TORINO

Oggetto

**REALIZZAZIONE DI NUOVE AULE PER STUDENTI
VIA BORSELLINO N°53 - TORINO**

RELAZIONE GEOLOGICA

**sulle indagini, caratterizzazione e
modellazione geologica del sito**

e

**RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA
concernente la “pericolosità sismica di base” del
sito di costruzione**

ai sensi del D.M. 14/01/2008



Asti, giugno 2016



P.S. STUDIO progettazione sostenibile

Piazzetta San Brunone, 2 – 14100 ASTI. ☎ Tel.: 0141212110; Fax: 0141354804 Cell. 3395632797

email: duccio.platone@geologipiemonte.it; duccioivo.platone@psstudio.it;

email certificata (PEC): duccioivo.platone@epap.sicurezza postale.it

P.IVA: 01317070058 ; C.F. : PLTDCV74L11A479Q

<http://www.studiodigeologia.net>; <http://www.psstudio.it>



INDICE

Indice.....	2
1. Premessa e Oggetto dello Studio.....	3
2. Localizzazione geografica.....	5
3. Inquadramento normativo.....	7
4. Assetto geologico.....	9
4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	9
4.2. ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	11
4.2.1. COMPLESSI IDROGEOLOGICI.....	11
4.2.2. CARATTERISTICHE ED ANDAMENTO DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	12
4.2.3. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ E SINTESI IDROGEOLOGICA.....	15
4.3. ASPETTI GEOLOGICO – STRATIGRAFICI DI DETTAGLIO.....	17
4.3.1. INDAGINI PREGRESSE.....	17
4.3.2. UBICAZIONE E METODOLOGIA DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA ESEGUITA.....	24
4.3.3. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E MODELLO GEOLOGICO.....	26
5. Relazione sulla Modellazione sismica.....	28
5.1. BREVI CENNI ALLA STORIA SISMICA.....	28
5.2. ZONAZIONE SISMICA.....	29
5.3. ACCELERAZIONE DI PROGETTO E PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	32
5.4. CATEGORIA DI SUOLO.....	34
5.4.1. INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR.....	34
5.4.2. FREQUENZE DI RISONANZA, STIMA DELLE $V_{s,30}$ E CATEGORIA DI SUOLO.....	36
5.5. CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	41
5.6. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE.....	41
5.7. RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI.....	44
6. Conclusioni.....	45
Allegato I – Documentazione fotografica.....	47
Allegato II – Indagine geofisica HVSR (ottobre 2015).....	50
Allegato III – Indagine geognostica (maggio 2016).....	64





1. PREMESSA E OGGETTO DELLO STUDIO

Ai sensi del D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e successiva circolare esplicativa C.S.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009, al punto 6.1.2. delle NTC di cui al D.M. 14/01/2008, nel più ampio capitolo 6 “Progettazione geotecnica” viene esplicitato che le scelte progettuali devono tener conto, fra gli altri, dei caratteri geologici del sito e che i risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica debbono essere esposti in una specifica **Relazione Geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito** (§ 6.2.1. delle NTC-08 e § C 6.2.1. della Circolare), quale relazione specialistica (§ C 10.1 e della Circolare) e quale elaborato integrante ed indispensabile del progetto, in riferimento ad ogni opera pubblica o privata che sia.

La **Relazione Geologica** deve contenere la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consistenti nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio. Essa dovrà possedere, dunque, i contenuti minimi necessari alla caratterizzazione dell’opera, del contesto geologico e, pertanto, la fattibilità degli interventi, fornire elementi indispensabili per la loro progettazione e far sempre parte degli elaborati prodotti fin dalle prime fasi dell’iter autorizzativo e della progettazione.

In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, la Relazione Geologica deve essere comunque supportata da specifiche indagini, su cui basare la costruzione del MODELLO GEOLOGICO, che deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per inquadrare i problemi geotecnici di cui si tratterà nella **Relazione Geotecnica sulle Indagini** (§ 6.2.2. delle NTC-08 e § C 6.2.2. della Circolare).

La **Relazione sulla Modellazione Sismica**, anch’essa quale relazione specialistica, concernente la “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione (§ 3.2 delle NTC-08 e § C 3.2 della Circolare) è parte integrante del progetto.

Su incarico diretto del POLITECNICO DI TORINO vengono qui prodotte, dunque, una **Relazione Geologica** e una **Relazione sulla Modellazione Sismica** (nel caso in esame riunite in un unico elaborato) a corredo del progetto dei lavori di realizzazione di nuove aree per studenti nel Politecnico.

Nella presente nota tecnica vengono:

- ↪ delineate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche generali del sito in esame;
- ↪ ricostruito in dettaglio l’assetto litostratigrafico, descritto tramite un *MODELLO GEOLOGICO*;
- ↪ fornite le basi per la ricostruzione del *MODELLO GEOTECNICO*, della caratterizzazione geotecnica dei terreni e per tutte le verifiche a norma di legge in fase esecutiva: tali aspetti saranno oggetto della **Relazione Geotecnica**;
- ↪ ricostruito in dettaglio l’assetto sismico, descritto tramite una *MODELLAZIONE SISMICA*;

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



e si è basata sulla raccolta e l'analisi dei dati bibliografici esistenti e sui risultati dei rilievi di campo condotti sul sito e cioè su:

- ↪ rilievi e sopralluoghi sul sito in esame e su un suo intorno significativo.
- ↪ sulla consultazione di cartografie geologiche specifiche riguardanti l'area in esame nonché sugli elaborati geologici allegati al P.R.G.C. (i documenti tematici principali ai quali si è fatto riferimento sono rappresentati dagli elaborati geologico - tecnici allegati al P.R.G.C. Variante 100, e conformi alle indicazioni della Circ. 7/LAP).
- ↪ una campagna di indagini geognostiche e sull'analisi dei dati da esse ottenute (**Allegato I e Allegato III**) consistita in:
 - ✚ su n°3 sondaggi geognostici spinti fino a 8 m di profondità, eseguiti dalla Ditta Somiter s.r.l. di Saluzzo il 21/05/2016 sul sito in esame.
- ↪ pregresse indagini geognostiche (n°3 sondaggi) eseguite da TECHGEA SERVIZI nel luglio 2010 nell'ambito della caratterizzazione ambientale per "Realizzazione parcheggio interrato" nella Cittadella Politecnica (ex area Stampati ed ex area Mensa) (consultazione su concessione del POLITECNICO DI TORINO).
- ↪ pregresse indagini geognostiche (n°6 sondaggi) e geofisiche (n°1 indagine sismica MASW) eseguite da CITIEMME nell'agosto 2012 per "Progettazione della Residenza Universitaria "Cesare Codegone" nell'area delimitata tra le vie Borsellino" (consultazione su concessione del POLITECNICO DI TORINO).
- ↪ pregresse indagini geognostiche (n°6 prove penetrometriche dinamiche DPM Penni 30) e geofisiche (n°3 indagine sismica passive HVSR), eseguite dal sottoscritto Dott. Geol. Duccio Ivo Platone nell'ottobre 2015 per l'adiacente progetto "Baby parking e scuola dell'infanzia presso sede Politecnico di Torino di Via Boggio" (consultazione su concessione del POLITECNICO DI TORINO), e relative **Relazioni Geologica e Modellazione Sismica, Geotecnica**.
- ↪ dati bibliografici e professionali a disposizione dello scrivente e su pozzi e sondaggi geognostici pregressi (pubblici) effettuati nei pressi del sito in esame su terreni analoghi consultati dal sito webgis di ARPA Piemonte e della provincia di Torino sezione Risorse idriche ("Applicativo di consultazione del catasto delle derivazioni – acque superficiali, pozzi e sorgenti e scarichi di acque reflue della Provincia di Torino").

Si sottolinea che lo scrivente ha redatto il presente studio basandosi anche su informazioni raccolte in sito, di conoscenze note nella letteratura tecnico – scientifica, dei risultati di indagini svolte da terzi e di informazioni ricevute da terzi, la cui attendibilità è stata valutata dove possibile.





2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

Amministrativamente la porzione di territorio interessata dal progetto è compresa nel territorio del Comune di Torino. Il sito di realizzazione degli interventi di cui in oggetto si trova all'interno dell'area del Complesso del Politecnico di Torino (**Fig. 1**).



Fig. 1: Inquadramento geografico degli interventi (tratto da *google earth*).

Posto ad una quota di circa 250 m s.l.m., il sito è ubicato sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 nella Sezione n°155120 (**Fig. 2**). In **Fig. 3** l'ubicazione del sito su nuova Carta Tecnica BDTRE (immagine del 14/10/2015).

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO

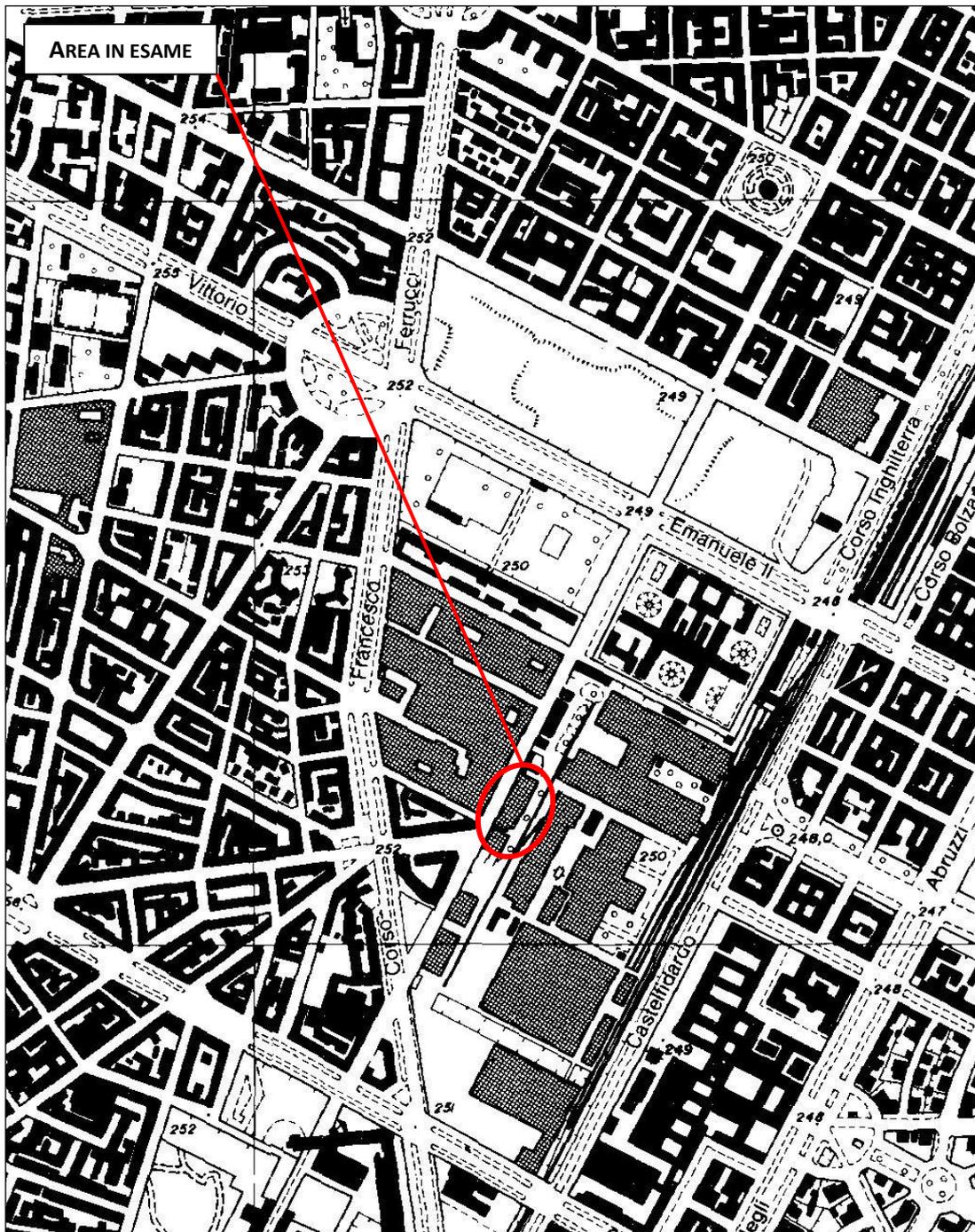


Fig. 2: Localizzazione in dettaglio dell'area in oggetto (stralcio a scala libera della CTR alla scala 1:10.000 – sezione 155120).

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO

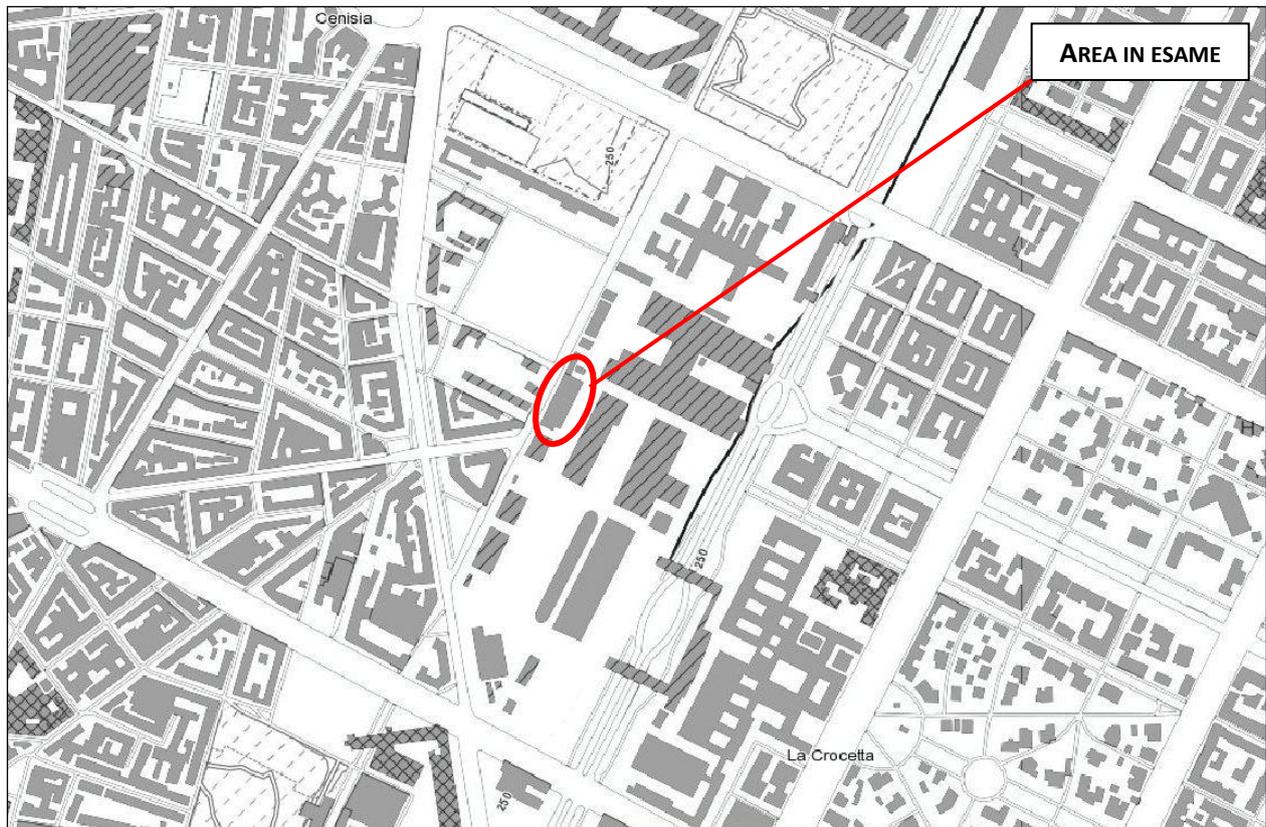


Fig. 3: Localizzazione dell'area in oggetto (stralcio a scala libera della BDTRE del 14/10/2015; immagine tratta da <http://webgis.arpa.piemonte.it/flxview/GeoViewerArpa/>).

Le Coordinate Geografiche medie del sito sono:

coordinate UTM	32 T 4991172,76 m N	394326,41 m E
coordinate WGS 84	Lat. 45,066114°	Long. 7,657573°
coordinate ED50	Lat. 45,067073°	Long. 7,658659°

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

La presente viene redatta in ottemperanza a:

- **D.M. 14/01/2008** recante "Nuove Norme tecniche per le costruzioni";
- **CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n°617** recante "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- **O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003 e s.m.i.**, contenente "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica";

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



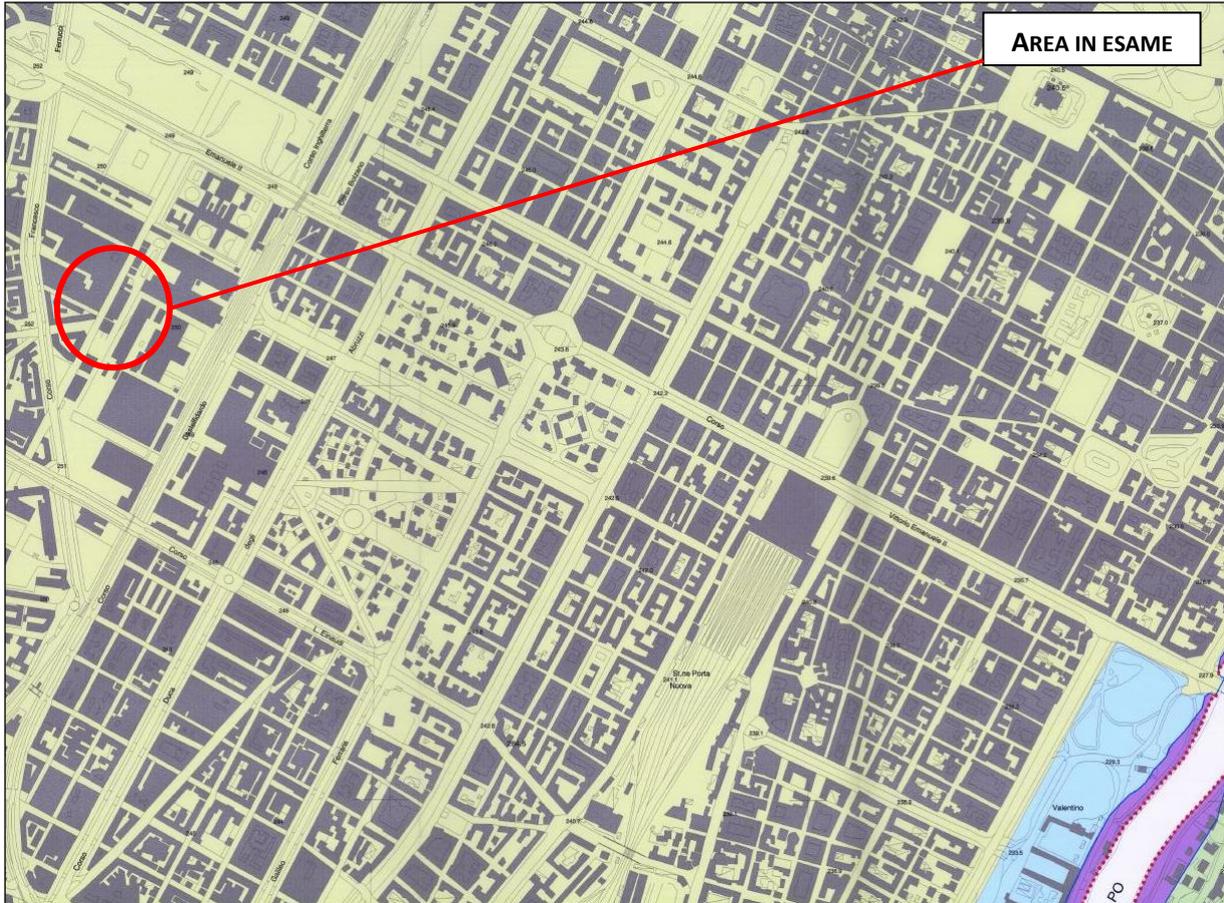
Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica

- **D.G.R. 19/01/2010**, n°11-13058 recante “Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche” e **D.G.R. 01/03/2010**, n°28-13422;
- **N.T.A del P.R.G.C. vigente nel Comune di Torino (TO) (Figg. 4 e 5).**

Secondo quanto riporta la “CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL’IDONEITÀ ALL’UTILIZZAZIONE URBANISTICA” in scala 1:10.000 (ALLEGATO 5-1) allegata al P.R.G.C. il settore in esame ricade in **Classe I (P) (Fig. 2)**, in quanto “Aree edificate – aree non inondabili con nessun condizionamento e pericolosità assente, senza prescrizioni di alcun genere”.



AREA DI PIANURA					
CLASSE	SOTTOCLASSE	CONDIZIONAMENTI		PERICOLOSITA'	PRESCRIZIONI
		ANTROPICI	IDROGEOMORFOLOGICI		
I	I (P)	aree edificate ed inedificate	aree non inondabili: nessun condizionamento	assente	aree edificabili (nessuna prescrizione)

Fig. 4: Localizzazione dell’area in oggetto (stralcio a scala libera della Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica in scala 1:5.000 Allegato 5-1).

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Per tutto quanto esposto finora e nel seguito del presente lavoro e vista la natura degli interventi, non sussistono sotto questi aspetti vincoli alla realizzazione del progetto stesso, previa la presente indagine geologica e il rispetto delle prescrizioni indicate per tali classi di pericolosità.

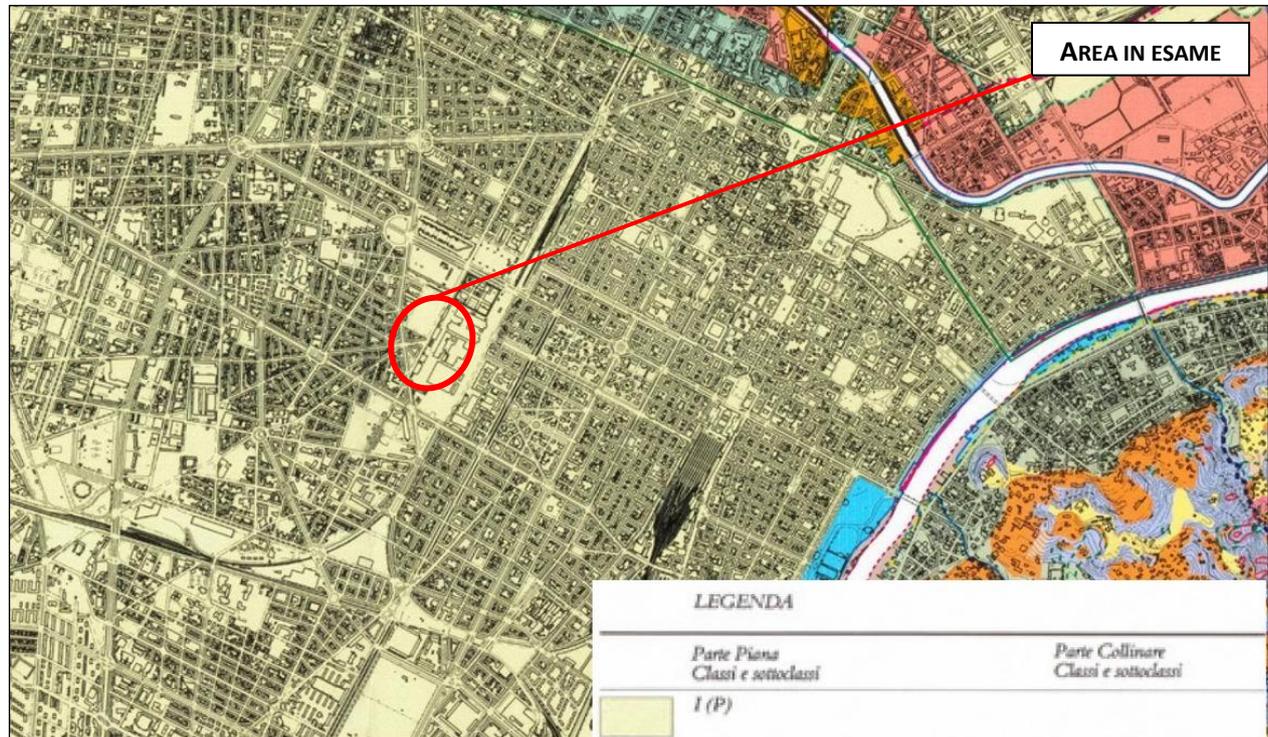


Fig. 5: Localizzazione dell'area in oggetto (stralcio a scala libera della CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA in scala 1:5.000, ELABORATO H).

4. ASSETTO GEOLOGICO

4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Le informazioni di carattere geologico pertinenti l'area in esame sono contenute all'interno della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, Foglio 56 "TORINO" (1969) e nella recentissima e più aggiornata CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 155 "TORINO OVEST" Foglio 156 "TORINO EST" (PROGETTO CARG) (Fig. 6); in particolare l'area in esame ricade nel settore di pertinenza della SINTEMA DI FRASSINERE – SUBSINTEMA DI COL GIANSESCO (in carta indicate AFR₂) costituita da "ghiaie sabbiose grossolane con clasti eterometrici di quarziti, serpentiniti, gneiss e subordinatamente di pietre verdi, calcescisti e marmi grigi, con una sottile copertura di silt sabbiosi e loess s.i. (depositi fluvio-glaciali) (AFR_{2B}) e locali accumuli di sabbie grossolane (AFR_{2D}) – Parte superiore del PLEISTOCENE SUP."

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



L'area è caratterizzata dalla sovrapposizione di una coltre di depositi quaternari continentali su di un substrato di sedimenti villafranchiani fluvio – lacustri.

I sedimenti villafranchiani di substrato, intercettati in profondità dalle perforazioni eseguite per pozzi per acqua (dati a disposizione dello scrivente), sono costituiti da un'alternanza di livelli di sedimenti a granulometria grossolana (ghiaia e sabbia) ed a granulometria fine (limi ed argille blu o gialle).

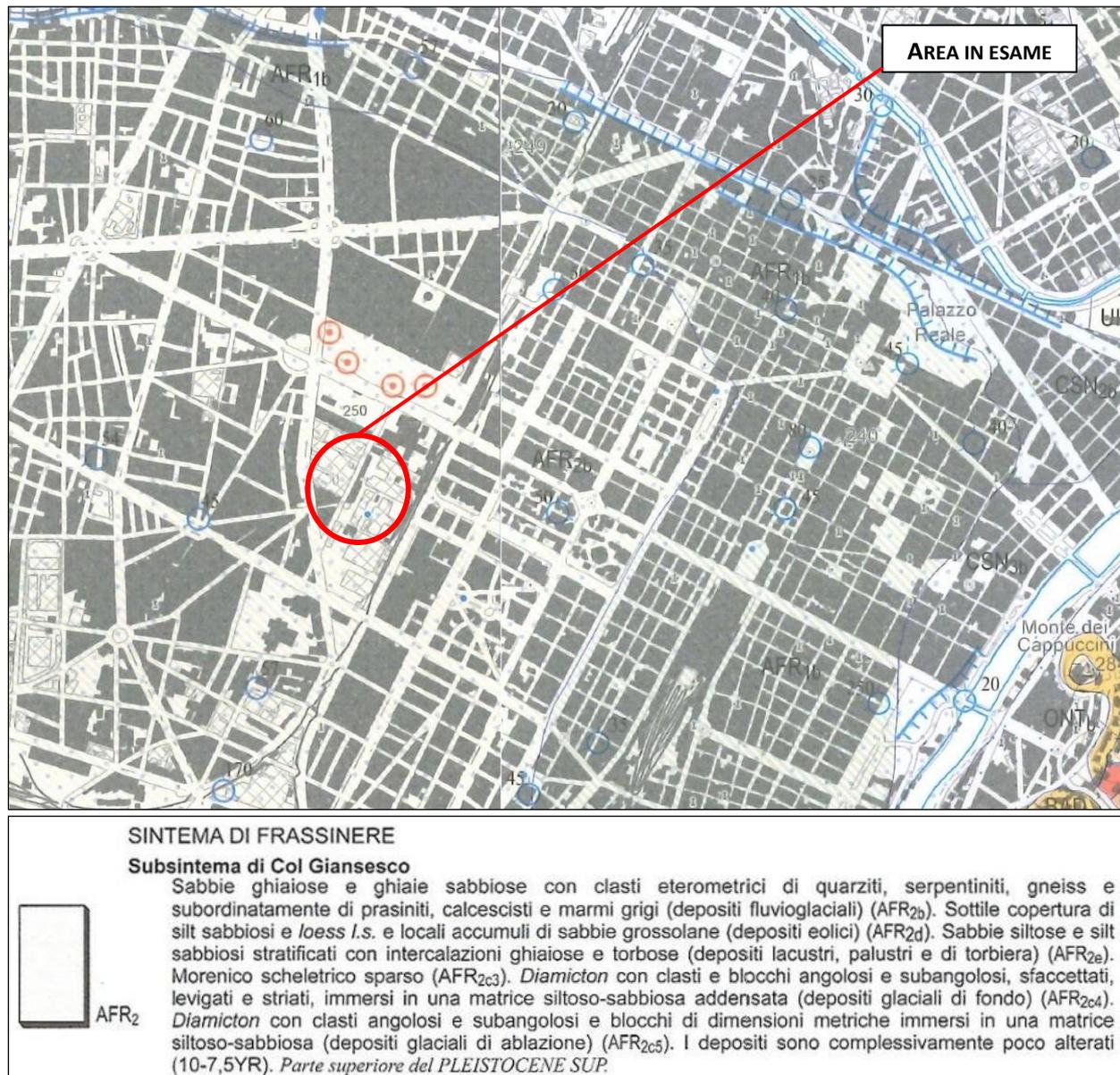


Fig. 6: Stralcio (a scala libera) del Foglio 155 – “TORINO OVEST” del Foglio 156 – “TORINO EST” della CARTA GEOLOGICA D’ITALIA alla scala 1:50.000 (PROGETTO CARG) e ubicazione della zona d’interesse.

La coltre dei depositi quaternari corrisponde a sedimenti di natura fluviale e fluvio – glaciale pleistocenici, dello spessore nell’ordine di alcune decine di metri, litologicamente

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



corrispondenti a ghiaia immersa in una matrice sabbiosa. Essi sono caratterizzati da una granulometria prevalentemente grossolana, di natura ghiaiosa – sabbiosa più o meno limosa con ciottoli e casuali blocchi decimetrici. Nell’ambito di questi accumuli si rinvencono con una certa frequenza, ricollegabili alla meccanica deposizionale che ha generato il deposito, orizzonti (e/o lenti) nei quali la componente fine (sabbiosa-argillosa e/o limosa) risulta preponderante rispetto la componente grossolana (ghiaiosa).

Dal punto di vista geomorfologico il sito in esame corrisponde ad un terreno pianeggiante, situato ad una quota media di circa 270 metri s.l.m., all’interno della grande paleoconoide fluvio – glaciale della Dora Riparia. Essa corrisponde ad una struttura costituita dall’incastro di apparati fluvio-glaciali e fluviali di età diversa con i più antichi, situati alle quote più elevate, corrispondenti al *FLUVIOGLACIALE* e i più recenti alle alluvioni attuali dei corsi d’acqua.

Secondo, infatti, l’interpretazione concorde riportata nelle fonti bibliografiche, la superficie su cui sorge il settore di pianura della Città di Torino rappresenta la parte distale del grande conoide composito fluvio-glaciale che prende origine dall’Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana: l’esteso corpo sedimentario è costituito dal complesso di sedimenti depositati dai corsi d’acqua che defluivano costantemente dalla fronte del ghiacciaio della Valle di Susa, nel corso delle sue ripetute fasi di avanzata fino allo sbocco vallivo, e subordinatamente dai corsi d’acqua che si sostituivano al ghiacciaio durante i periodi interglaciali. I sedimenti sono prevalentemente ghiaiosi, a matrice sabbiosa grossolana, ed alcuni termini della successione appaiono coperti da una coltre metrica di limi giallastri, interpretati come il prodotto di decantazione da parte di venti provenienti da SW (loess eolico) e dalla loro rielaborazione da parte del reticolato idrografico epigenetico.

La superficie è smembrata dalle tre incisioni del T. Sangone, della Dora Riparia e della Stura di Lanzo, con andamento radiale rispetto al conoide, ed è delimitata verso valle da quella del F. Po, a decorso frontale, sempre nei confronti del conoide. Il decorso del Sangone è stato invece ostacolato durante l’intera realizzazione dell’Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana dalle cerchie più esterne (meridionali) di quest’ultimo: nel tratto del suo letto che si sviluppa a valle dello sbocco in pianura sono pertanto presenti essenzialmente forme di erosione modellate dal corso d’acqua nei depositi del conoide fluvio-glaciale segusino mentre i depositi hanno spessore ed estensione molto limitati (ANSELMO & AL., 2001).

4.2. ASPETTI IDROGEOLOGICI

4.2.1. COMPLESSI IDROGEOLOGICI

La pianura torinese, da un punto di vista idrogeologico, corrisponde ad una piccola parte dell’immenso serbatoio idrico sotterraneo costituito dalla Pianura Padana, senz’altro il più cospicuo di tutta l’Italia e, forse, dell’intera Europa.

In base alle caratteristiche geoidrologiche, le varie litologie affioranti nella Provincia di Torino sono state raggruppate in unità idrogeologiche. L’unità di rango superiore è rappresentata dalla Serie Idrogeologica, la quale è composta da uno o più Complessi Idrogeologici (IDROGEOLOGIA DELLA PIANURA PIEMONTESE - Regione Piemonte e Università degli Studi

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



di Torino, 2005). L'assetto idrogeologico provinciale, ricostruito individuando sei Serie Idrogeologiche, differenziate per genesi e per età, è così composto:

- Serie dei Depositi Continentali (Olocene – Pleistocene inf.);
- Serie dei Depositi di Transizione (Pleistocene inf. – Pliocene medio);
- Serie dei Depositi Marini Pliocenici (Pliocene);
- Serie dei Depositi Prepliocenici del Bacino Terziario Piemontese (Pliocene inf. – Oligocene);
- Serie dei Complessi Sedimentari dei Rilievi Alpino e Appenninico (preMiocene);
- Serie dei Complessi Cristallini del Rilievo Alpino.

In accordo con le considerazioni di carattere geologico, il sito in esame ricade nel **Complesso Idrogeologico** della “Serie dei Depositi Continentali” e nella fattispecie nel “Complesso dei Depositi Fluviali – Fluvioglaciali del Riss” (“CARTA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI”, Fig. 7).

In tale complesso sono compresi i depositi fluviali olocenici ed i depositi fluviali e fluvioglaciali del Pleistocene medio-superiore. I depositi fluvioglaciali e fluviali sono formati essenzialmente da ghiaie e sabbie con subordinate intercalazioni limoso - argillose; si tratta pertanto di materiali molto permeabili. L'insieme di questi depositi forma una serie di ripiani terrazzati, di età decrescente dai più rilevati a quelli di quota minore.

I termini più antichi, topograficamente più elevati, presentano in superficie un paleosuolo argilloso che, dove conservato, garantisce una certa protezione naturale alle sottostanti falde idriche, in quanto riduce la possibilità di infiltrazione; i termini più recenti, sprovvisti di paleosuolo argillificato in superficie, risultano pertanto molto più vulnerabili. I depositi più recenti, di età olocenica, sono distribuiti lungo i principali corsi d'acqua, dove costituiscono fasce di larghezza variabile, massima nel tratto di pianura sud di Moncalieri. Lo spessore di questo complesso è molto variabile, mediamente compreso tra una ventina e una cinquantina di metri.

Al di sotto di tale complesso segue, come regola, la cosiddetta serie «Villafranchiana». Questo insieme di depositi di origine fluvio - fluvioglaciale di età PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE rappresenta il cosiddetto Acquifero Superficiale, contenente una falda idrica a superficie libera.

4.2.2. CARATTERISTICHE ED ANDAMENTO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Nell'ambito dell'area indagata i depositi del “Complesso dei Depositi Fluviali – Fluvioglaciali del Riss” sono sede della falda freatica a pelo libero. Essa è caratterizzata, secondo la recente “CARTA DELLE ISOPIEZOMETRICHE DELLA FALDA IDRICA A SUPERFICIE LIBERA RELATIVO AL TERRITORIO DI PIANURA DELLA REGIONE PIEMONTE” (IDROGEOLOGIA DELLA PIANURA PIEMONTESE - Regione Piemonte e Università degli Studi di Torino, 2005) (Fig. 8) da direzione del deflusso sotterraneo da WNW verso ESE con un'accentuata azione drenante da parte dei corsi d'acqua superficiali che scorrono alla base dei terrazzi.

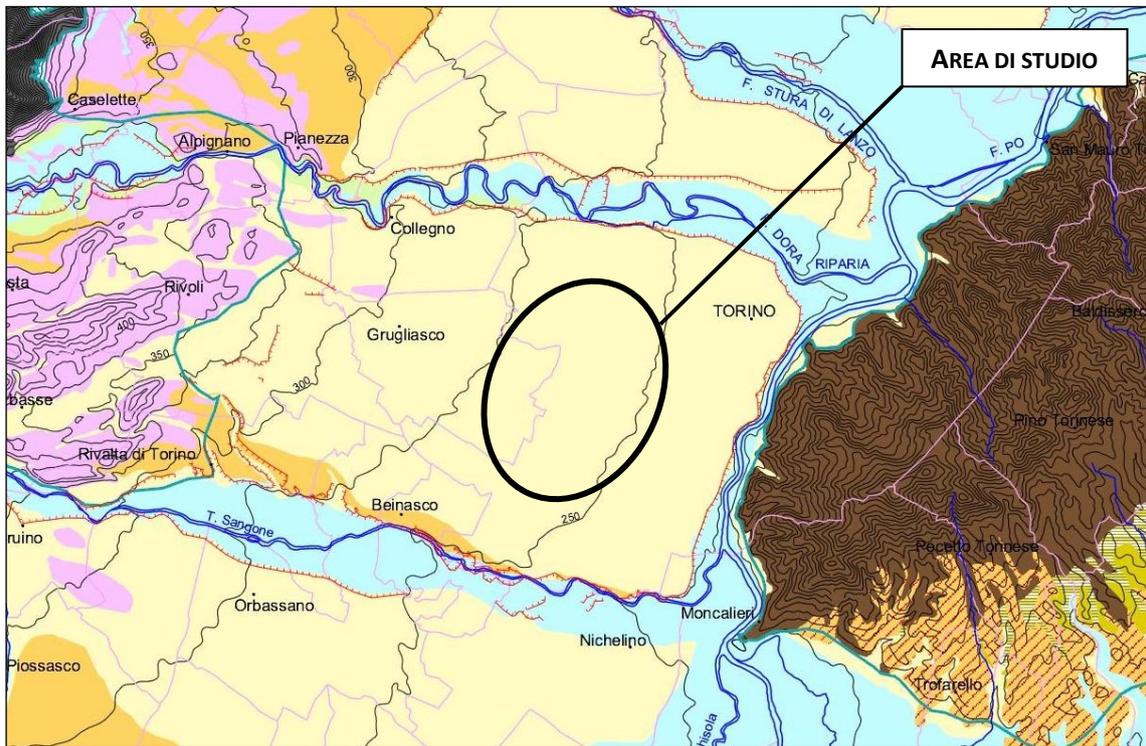
P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



LEGENDA COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Serie Idrogeologiche	Complessi Idrogeologici	Caratteristiche geoidrologiche	Tipo di permeabilità
Serie dei Depositi Continentali Olocene - Pleistocene inf.	Complesso dei Depositi alluvionali olocenici Complesso dei Depositi fluviali-fluvioglaciali del Wurm	Depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, talora debolmente terrazzati, con lenti sabbioso-argillosi fiancheggianti i principali corsi d'acqua. Non alterati o con debole strato di alterazione grigio-bruno. Ospitano una falda generalmente a superficie libera collegata alla rete idrografica. Depositi ghiaioso-sabbiosi con componente fine argillosa variabile, con debole alterazione ocracea o bruna. Termini fluvio-glaciali in genere più grossolani, rappresentati da ghiaie, ghiaie ciottolose e ghiaie sabbiose da minute a grossolane, localmente con lenti argillosi. I depositi appartenenti a questo complesso costituiscono il livello fondamentale della pianura. Ospitano una falda generalmente a superficie libera collegata alla rete idrografica.	Permeabilità per porosità
	Complesso dei Depositi fluviali-fluvioglaciali del Riss	Depositi ghiaioso-sabbiosi con lenti sabbioso-argillosi, con paleosuoli di colore rosso-arancio, giallo-rossicci e giallo-ocracei, di spessore in genere non superiore a 3 m. Depositi argilloso-sabbioso-ghiaiosi (settori mediani della pianura torinese-cuneese). Costituiscono un sito ed esteso sistema di terrazzi, raccordanti con le cerchie moreniche risiane (ove presenti), talora sospesi anche di alcune decine di metri sui depositi olocenici o wurmiani. Ospitano una falda generalmente a superficie libera, localmente protetta, drenata dai corsi d'acqua principali.	Permeabilità per porosità
	Complesso dei Depositi fluviali-fluvioglaciali del Mindel AP: Paleosuoli postvillfranchiani dell'Atopiano di Poirino	Depositi ghiaioso-sabbiosi, molto alterati, con paleosuolo argilloso rosso-bruno (spessore in genere superiore a 3 m), con scarsi ciottoli silicatici alterati e silicei ("ferretto" tipico). Costituiscono gli alti terrazzi ondulati, i depositi fluviali mindeliani rappresentano lembi retti di antiche conoidi. Ospitano una falda spesso ad elevata soggiacenza, di modesto spessore, in genere protetta. AP: Depositi prevalentemente limosi dell'Atopiano di Poirino, con moderata frazione argillosa e subordinata componente ghiaioso-sabbiosa, di spessore compreso tra 10 e 30 metri. L'interpretazione comunemente accettata indica questi depositi come prodotto dell'erosione mindeliana dei depositi villafranchiani e della successiva pedogenesi degli interglaciali; negli ultimi anni è stata proposta una genesi fluviale. Ospitano una falda freatica protetta; vi si possono rinvenire falde sospese di importanza esclusivamente locale.	Permeabilità per porosità
	Complesso dei Depositi glaciali pleistocenici	Depositi fortemente eterogenei, mediamente grossolani (ghiaie, ciottoli e blocchi frammati a sabbia limosa), passanti verso l'alto a paleosuoli argillificati di colorazione rosso intensa o giallo-rossastra, talora anche molto potenti. Copertura loessica di potenza molto variabile (da pochi cm ad alcuni m). I depositi più recenti (Wurm) non presentano in genere alterazione (suoio bruno). Costituiscono le cerchie moreniche degli Arreifeati di Ivrea e di Rivoli-Avigliana, e apparati di importanza minore nelle principali valli alpine. Hanno comportamento prevalentemente impermeabile, possono ospitare locali falde sospese o confinate, nei depositi più grossolani.	Permeabilità per porosità

Fig. 7: Stralcio (a scala libera) della "CARTA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI", relativa legenda e ubicazione area di studio. (IDROGEOLOGIA DELLA PIANURA PIEMONTESE - Regione Piemonte e Università degli Studi di Torino, 2005).

In questo settore le linee di flusso sono dirette dunque verso ESE, cioè verso il corso del Fiume Po, che rappresenta il livello di base generale della falda superficiale. Da tale pubblicazione si ricava che la superficie piezometrica presenta quote medie nell'ordine dei 225 m ÷ 230 m circa s.l.m.

Le oscillazioni del livello della falda presentano carattere stagionale in funzione dell'alimentazione al corpo idrico sotterraneo, con valori di massima soggiacenza nel periodo invernale e valori minimi nel periodo primaverile. In linea generale si è osservato che l'entità dell'escursione della falda a superficie libera è in relazione diretta con la soggiacenza e cioè aumenta con l'aumentare della soggiacenza; l'escursione della falda è, più o meno, dell'ordine di

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



0,5 m ÷ 1 m nell'intervallo di soggiacenza 0 m ÷ 3 m e diventa dell'ordine di qualche metro per soggiacenze superiori a 20 m.

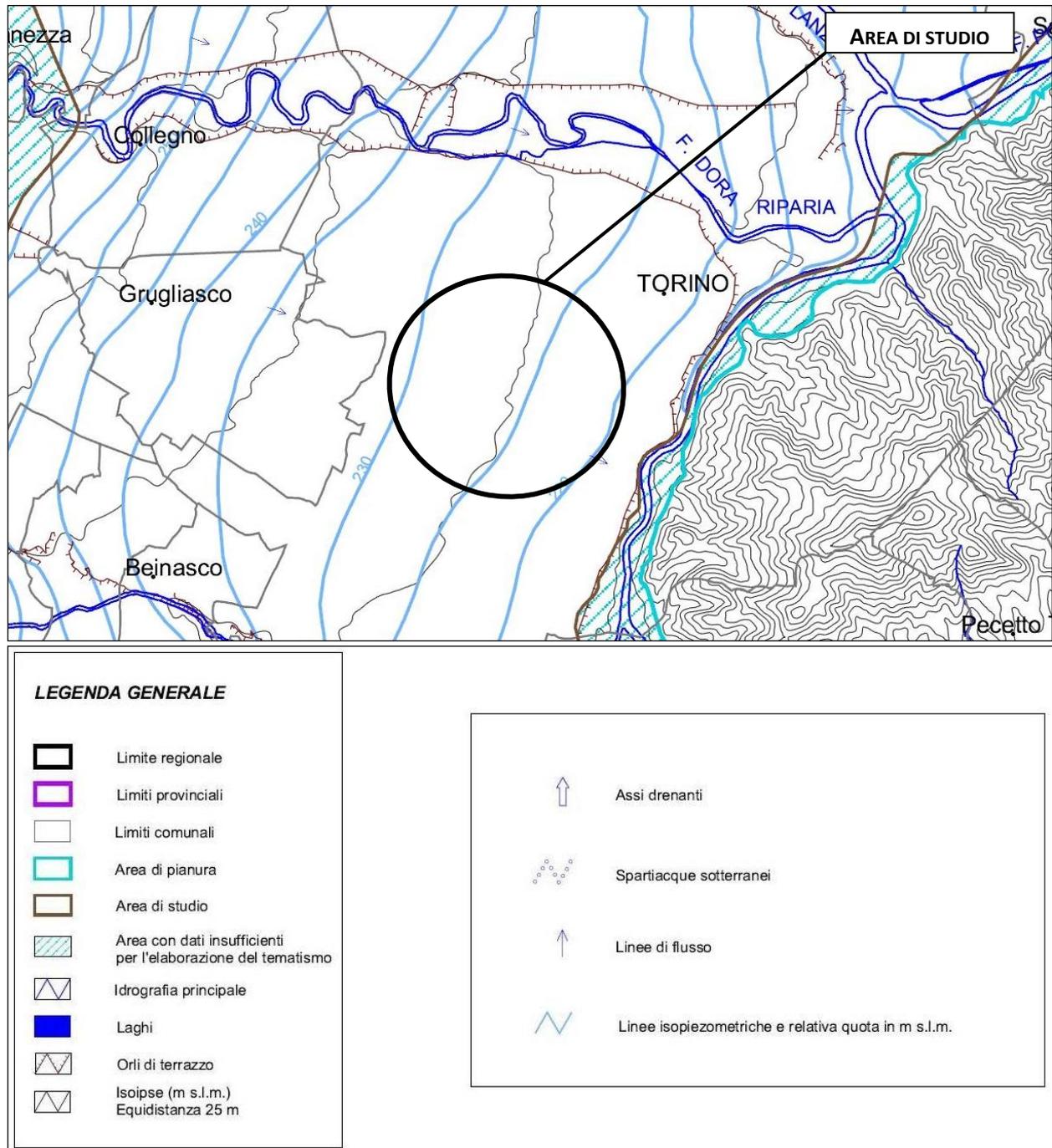


Fig. 8: Stralcio (a scala libera) della "CARTA DELLE ISOPIEZOMETRICHE DELLA FALDA IDRICA A SUPERFICIE LIBERA RELATIVO AL TERRITORIO DI PIANURA DELLA REGIONE PIEMONTE", relativa legenda e ubicazione area di studio (IDROGEOLOGIA DELLA PIANURA PIEMONTESE - Regione Piemonte e Università degli Studi di Torino, 2005).

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



In conclusione nell'area è cautelativamente possibile collocare la quota massima del livello piezometrico a profondità di almeno -20 m ÷ -50 m circa da p.c. in accordo con la "CARTA DELLA SOGGIACENZA DELLA FALDA IDRICA A SUPERFICIE LIBERA", relativo al territorio di pianura della Regione Piemonte (Fig. 9).

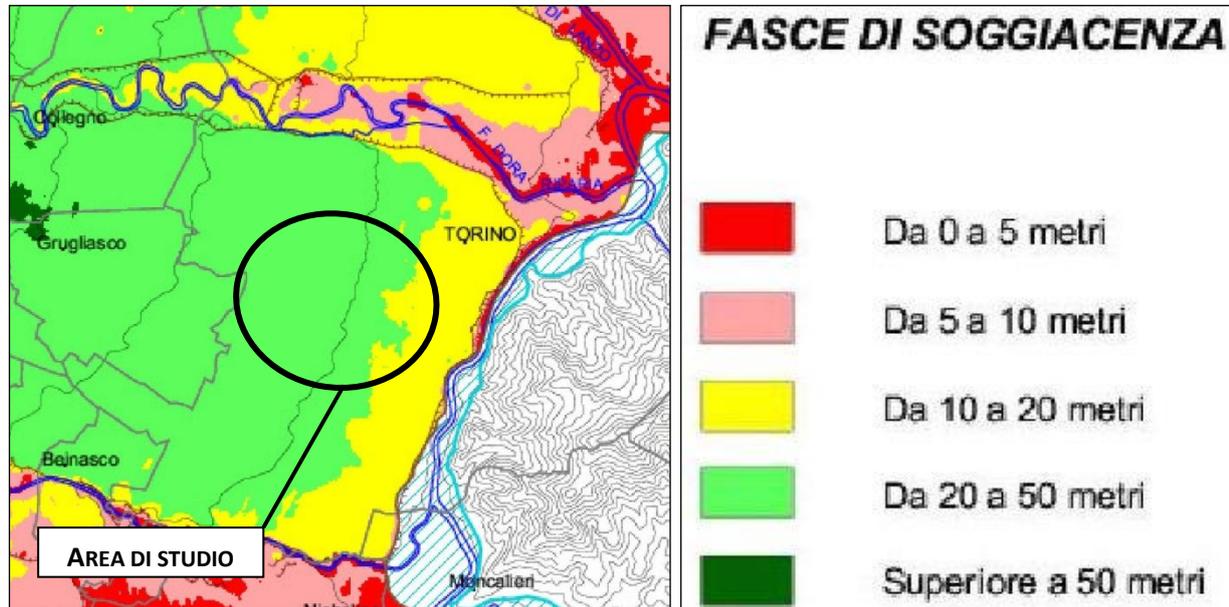


Fig. 9: Stralcio (a scala libera) della "CARTA DELLA SOGGIACENZA DELLA FALDA IDRICA A SUPERFICIE LIBERA RELATIVO AL TERRITORIO DI PIANURA DELLA REGIONE PIEMONTE", relativa legenda e ubicazione area di studio (IDROGEOLOGIA DELLA PIANURA PIEMONTESE - Regione Piemonte e Università degli Studi di Torino, 2005).

4.2.3. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ E SINTESI IDROGEOLOGICA

La circolazione idrica sotterranea è condizionata dalla capacità dei depositi e/o dell'ammasso roccioso ad essere attraversato dall'acqua sotto l'effetto di un gradiente idraulico (permeabilità), che a sua volta dipende da molteplici fattori riconducibili, essenzialmente, alla natura litologica dei terreni e/o delle rocce e alla loro disposizione giaciturale. A seconda delle caratteristiche del mezzo si potrà, pertanto, definire un grado di permeabilità "primaria", legata soprattutto alla presenza di vuoti intergranulari comunicanti, distinto da un tipo di permeabilità "secondaria" associato alla presenza di litoclasti o di discontinuità in genere.

I depositi alluvionali di ambiente fluvioglaciale, dunque, presenti con omogeneità nell'area sono caratterizzati in profondità da buona permeabilità per la loro granulometria grossolana, nonostante in superficie siano presenti alcuni metri argillosi di paleosuolo misti a terreno agrario e/o di riporto.

Dalle brevi considerazioni esposte sinora, e dall' esame di numerosi sondaggi eseguiti su analoghi depositi nelle vicinanze (si veda anche § 6), si può dedurre un'informazione generale sulla struttura idrogeologica del sottosuolo di queste zone. L'alternanza di livelli a granulometria differente origina, nella più parte dei casi, un sistema multifalda, in cui i livelli impermeabili

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



(limi e argille) si comportano da *acquicludes* o *aquitard*, mentre quelli più permeabili (sabbie e ghiaie) si comportano da acquiferi.

Le falde freatiche, ovvero le più prossime alla superficie, sono alimentate direttamente e prevalentemente dagli apporti meteorici e dalle perdite in subalveo dei corsi d'acqua principali e subordinatamente per fenomeni di alimentazione laterale da complessi idrogeologici che si trovano localmente in relazione di giustapposizione con l'acquifero stesso; le falde profonde, invece, hanno molto probabilmente il loro bacino di ricarica negli anfiteatri morenici e nelle zone alpine.

Alla luce delle informazioni disponibili, raccolte nel corso delle indagini, si è accertato che il tipo di permeabilità a cui sono assoggettati i litotipi presenti è sempre primario (per porosità) e variabile in funzione della quantità di fino, da medio – alto.

Il grado di permeabilità dell'acquifero è dunque medio - alto e la conducibilità media è dell'ordine di $1 \cdot 10^{-4}$ m/s, pur essendo influenzata dalla presenza di orizzonti a granulometria più fine ("L'evoluzione spazio-temporale del livello piezometrico dell'acquifero libero nel sottosuolo di Torino", Prof. M. Civita, dott. geologo S. Pizzo; GEAM n°104, Dicembre 2001). La portata specifica dei pozzi che captano la falda superficiale è generalmente superiore a 10 l/sec · m ("Regione Piemonte Piano di Tutela delle Acque", Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche, Regione Piemonte, Luglio 2004). L'ordine di grandezza del coefficiente di permeabilità *K* stimato corrisponde ad una permeabilità media secondo TERZAGHI & PECK (**Fig. 10**), e buona secondo FRANCANI (1988) (**Fig. 11**).

Soil	Coefficient of Permeability, <i>k</i> (m/sec)	Relative Permeability
gravel	$> 10^{-3}$	high
sandy gravel, clean sand, fine sand	10^{-3} to 10^{-5}	medium
sand, dirty sand, silty sand	10^{-5} to 10^{-7}	low
silt, silty clay	10^{-7} to 10^{-9}	very low
clay	$< 10^{-9}$	practically impermeable

Source: Based on Terzaghi and Peck (1).

Fig. 10: tabella corrispondenza valori del coefficiente di permeabilità *K*, permeabilità e tipo di terreno secondo TERZAGHI & PECK.

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Tipo di suolo	K	Permeabilità
ciottoli, ghiaia (senza elementi fini)	$> 10^{-2}$	elevata
sabbia, sabbia e ghiaia	$10^{-2} + 10^{-5}$	buona
sabbia fine, limo, argilla con limo e sabbia	$10^{-5} + 10^{-9}$	cattiva
argilla omogenea	$10^{-9} + 10^{-11}$	impermeabile

Fig. 11 tabella corrispondenza valori del coefficiente di permeabilità K, permeabilità e tipo di terreno secondo FRANCANI (1988).

I depositi presenti con omogeneità in profondità sono caratterizzati, pertanto da media permeabilità per la loro granulometria grossolana dotata di una matrice medio – fine e di un certo grado di pseudocementazione. Essi sono sede della falda freatica a pelo libero, superficiale, intesa come orizzonte acquifero continuo ed arealmente esteso, mai riscontrata durante le indagini, avente comunque direzione generale di flusso ESE, in diretta connessione coi corpi idrici superficiali.

Il campo di moto della falda è condizionato sia dall'andamento della superficie di appoggio basale dei depositi che costituiscono il "Complesso dei Depositi Fluviali – Fluvioglaciali del Riss" sia dalla presenza dei corsi d'acqua che incidono il settore della pianura torinese. In generale, dunque, il flusso di falda è diretto verso ESE in direzione dell'asta fluviale del Po, che costituisce il livello di base dell'acquifero. Il gradiente medio della falda è pari a circa il 3‰.

4.3. ASPETTI GEOLOGICO – STRATIGRAFICI DI DETTAGLIO

4.3.1. INDAGINI PREGRESSE

Gli aspetti stratigrafici di dettaglio derivano, oltre che da indagini eseguite in aree adiacenti all'interno dello stesso complesso e cortesemente fornite dalla committenza, dalla correlazione con i dati stratigrafici di alcuni sondaggi geognostici (alcuni di più recente pubblicazione sul portale web di ARPA rispetto a quelli citati nel precedente lavoro) e alcuni pozzi significativi, ottenuti consultando rispettivamente il database presente sul sito *webgis* di ARPA Piemonte (Fig. 12) e l'applicativo di consultazione del catasto delle derivazioni – acque superficiali, pozzi e sorgenti – e scarichi di acque reflue della Provincia di Torino" disponibile sul sito web della Provincia di Torino sezione Risorse idriche (Fig. 13).

Gli estremi e le caratteristiche dei sondaggi pregressi sono sintetizzati in **Tabella I e II**. Le stratigrafie consultate dei sondaggi e dei pozzi sono visibili di seguito.

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO

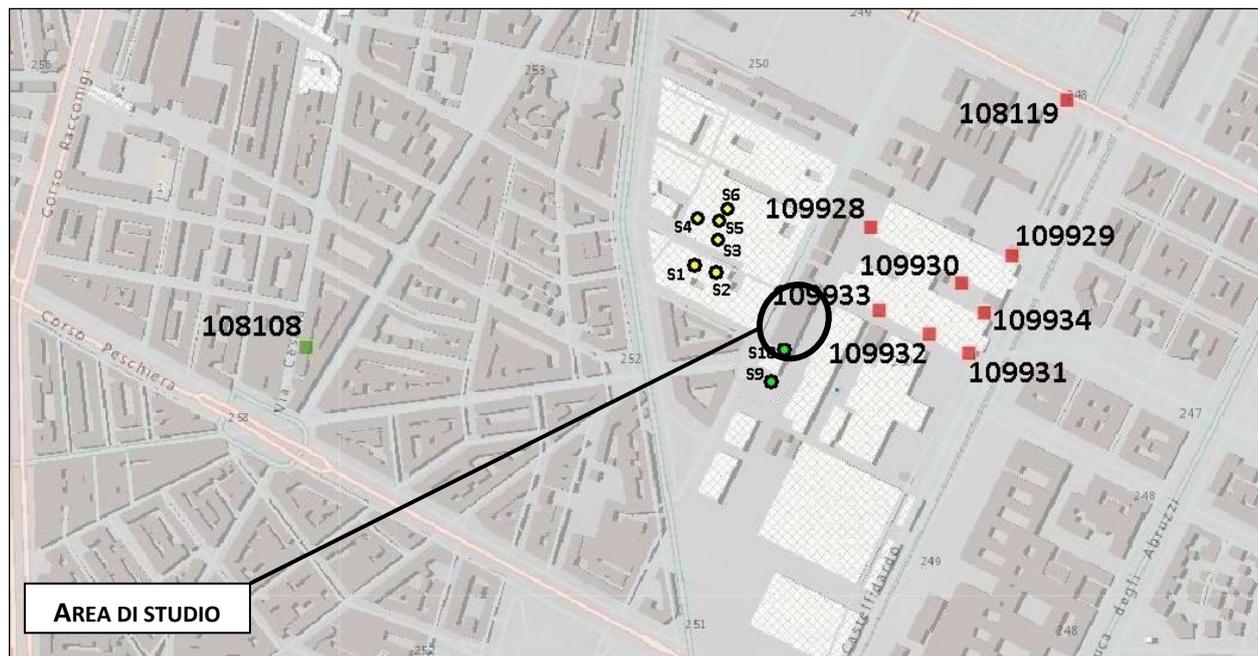


Fig. 12: Ubicazione sondaggi pregressi e dell'area in esame (da sito *webgis* di ARPA Piemonte, modificata): in rosso e verde con codice dati ARPA, in giallo dati Politecnico (Residenza Cesare Codegone), in verde dati Politecnico (Parcheggio interrato).

Cd.	Nome	Comune	Località	Cantiere	Data	Quota s.l.m.	Prof. (m)	Falda	Formaz. geologica
108108	pz5224	TORINO	Via Serrano, 25	Via Serrano,25	00/00/1961	256	45	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
109933	S6	TORINO	corso Castelfidardo	Indagini integrative di caratterizzazione del complesso	00/10/2010	249	35	21	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
109932	S5	TORINO	corso Castelfidardo	Indagini integrative di caratterizzazione del complesso	00/10/2010	249	35	21	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
109931	S4bis	TORINO	corso Castelfidardo	Indagini integrative di caratterizzazione del complesso	00/10/2010	249	35	21	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
109928	S1bis	TORINO	corso Castelfidardo	Indagini integrative di caratterizzazione del complesso	00/10/2010	249	35	20.9	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
109930	S3bis	TORINO	corso Castelfidardo	Indagini integrative di caratterizzazione del complesso	00/10/2010	249	35	21	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
109934	S7	TORINO	corso Castelfidardo	Indagini integrative di caratterizzazione del complesso	00/10/2010	249	35	21	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
109929	S2bis	TORINO	corso Castelfidardo	Indagini integrative di caratterizzazione del complesso	00/10/2010	249	35	21.4	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
108119	P3	TORINO	c.so Inghilterra	Nuovo centro direzionale Intesa San Paolo Torino	14/3/2007	247	40	19.2	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi

Tabella I: sondaggi pregressi (fonte sito *webgis* di ARPA Piemonte): sono riportate le sigle delle perforazioni dei sondaggi e loro estremi.

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Realizzazione di nuove aule per studenti Via Borsellino n°53 - Torino

Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica

Nome	Comune	Località	Cantiere	Data	Quota s.l.m.	Prof. (m)	Falda	Formaz. geologica
S1	TORINO	Via Paolo Borsellino	Politecnico Residenza Universitaria "Cesare Codegone"	21/08/2012	250	10	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
S2	TORINO	Via Paolo Borsellino	Politecnico Residenza Universitaria "Cesare Codegone"	21/08/2012	250	10	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
S3	TORINO	Via Paolo Borsellino	Politecnico Residenza Universitaria "Cesare Codegone"	20/08/2012	250	10	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
S4	TORINO	Via Paolo Borsellino	Politecnico Residenza Universitaria "Cesare Codegone"	20/08/2012	250	10	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
S5	TORINO	Via Paolo Borsellino	Politecnico Residenza Universitaria "Cesare Codegone"	20/08/2012	250	10	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
S6	TORINO	Via Paolo Borsellino	Politecnico Residenza Universitaria "Cesare Codegone"	21/08/2012	250	10	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
S9	TORINO	Via Boggio	Politecnico "Parcheggio interrato"	12/07/2010	250	8	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
S10	TORINO	Via Boggio	Politecnico "Parcheggio interrato"	12/07/2010	250	8	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi

Tabella II: sondaggi pregressi (fonte Politecnico) nei pressi dell'area di studio: sono riportate le sigle delle perforazioni dei sondaggi e loro estremi.

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
108108	15.30	conglomerato di ghiaia
108108	16.20	trovanti
108108	22.00	conglomerato compatto con strati di ghiaia compatti e ciottoli
108108	23.50	trovanti
108108	24.50	ghiaia e sabbia compatta
108108	28.50	trovanti con conglomerato
108108	33.00	sabbia grossa con ghiaietto
108108	36.50	ghiaia e sabbia sciolta
108108	40.30	conglomerato di ghiaia
108108	42.00	ghiaietto sciolto
108108	45.00	argilla

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
109928	0.50	riporto costituito da ghiaia, sabbia con ciottoli
109928	1.60	limo sabbioso debolmente argilloso con rara ghiaia e tracce di radici
109928	3.00	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa e limo sabbioso poco addensata
109928	35.00	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa poco addensata, presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica e intercalazioni di sabbia sciolta e intervalli di limo sabbioso con ghiaia

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
109929	3.60	riporto costituito da ghiaia, sabbia con ciottoli e livelli di limo sabbioso con frammenti di laterizi
109929	5.40	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa da sciolta a debolmente addensata, presenza di ciottoli alterati
109929	35.00	alternanza di livelli di ghiaia e ciottoli con sabbia limosa da sciolta a debolmente addensata e livelli sabbia limosa con ghiaia e ciottoli; presenza di ciottoli alterati con tracce di cementazione carbonatica

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
109930	0.60	riporto costituito da ghiaia, sabbia con ciottoli
109930	1.90	limo sabbioso debolmente argilloso, con rara ghiaia fine
109930	2.90	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa e limo sabbioso da sciolta a addensata, presenza di ciottoli alterati
109930	15.00	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa da sciolta a debolmente addensata, presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica; intercalazioni di sabbia sciolta e limo sabbioso con ghiaia
109930	16.70	sabbia limosa con ghiaia e ciottoli, presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica
109930	35.00	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa da sciolta a debolmente addensata, presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica; intercalazioni di sabbia sciolta e limo sabbioso con ghiaia

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Realizzazione di nuove aule per studenti Via Borsellino n°53 - Torino

Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
109931	1.60	riporto costituito da ghiaia , sabbia con ciottoli
109931	1.80	limo sabbioso debolmente argilloso con rara ghiaia
109931	3.00	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa e limo sabbioso da sciolta a debolmente addensata , presenza di ciottoli intensamente alterati
109931	15.00	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa da sciolta a debolmente addensata , presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica ; intercalazioni di sabbia sciolta e limo sabbioso con ghiaia
109931	21.00	sabbia limosa con ghiaia e ciottoli ; presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica
109931	35.00	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa da sciolta a debolmente addensata , presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica ; intercalazioni di sabbia sciolta e limo sabbioso con ghiaia

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
109932	1.50	riporto costituito da ghiaia , sabbia con ciottoli
109932	2.50	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa e sabbiosa da sciolta a debolmente addensata , presenza di ciottoli intensamente alterati
109932	15.00	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa da sciolta a debolmente addensata , presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica , intercalazioni di sabbia sciolta e limo sabbioso con ghiaia
109932	18.20	sabbia limosa con ghiaia e ciottoli , presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica
109932	35.00	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa da sciolta a debolmente addensata , presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica , intercalazioni di sabbia sciolta e limo sabbioso con ghiaia

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
109933	3.00	riporto costituito da ghiaia , sabbia con ciottoli
109933	16.20	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa da sciolta a debolmente addensata , presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica , intercalazioni di sabbia sciolta e limo sabbioso con ghiaia
109933	20.00	sabbia limosa con ghiaia e ciottoli , presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica
109933	30.00	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa da sciolta a debolmente addensata , presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica , intercalazioni di sabbia sciolta e limo sabbioso con ghiaia
109933	35.00	sabbia limosa con ghiaia e ciottoli , presenza di ciottoli intensamente alterati con tracce di cementazione carbonatica

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
108119	0.10	terreno vegetale
108119	0.70	riporto di sabbia medio fine inglobante ghiaia medio fine con rari ciottoli e mattoni
108119	1.50	sabbia fine limosa inglobante rara ghiaia medio fine.
108119	6.00	sabbia fine con ghiaia medio fine e ciottoli
108119	8.00	sabbia fine debolmente limosa inglobante ghiaia medio fine e rari ciottoli
108119	13.50	sabbia medio fine con ghiaia medio fine e rari ciottoli poligenici
108119	15.25	conglomerato poligenico costituito da ghiaia e ciottoli in matrice scarsa sabbiosa medio fine debolmente cementata
108119	18.00	sabbia medio fine debolmente limosa con ghiaia medio fine e rari ciottoli
108119	23.00	ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa medio fine localmente debolmente cementata
108119	35.00	conglomerato poligenico costituito da ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa grossolana da debolmente cementata a cementata
108119	37.60	sabbia medio grossolana con ghiaia medio fine e ciottoli poligenici
108119	38.00	sabbia medio grossolana debolmente limosa inglobante ghiaia medio fine poligenica
108119	40.00	ghiaia medio fine e rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana

Per quanto riguarda i pozzi, si tratta di stratigrafie realizzate tra gli anni Sessanta e Ottanta (quando datate) a corredo della progettazione di pozzi privati e pubblici per il prelievo di acqua. In generale la descrizione della successione litostratigrafica dei terreni risulta speditiva e di poco dettaglio, ma comunque utile a definire il quadro generale della successione e delle principali caratteristiche granulometriche dei depositi.

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica

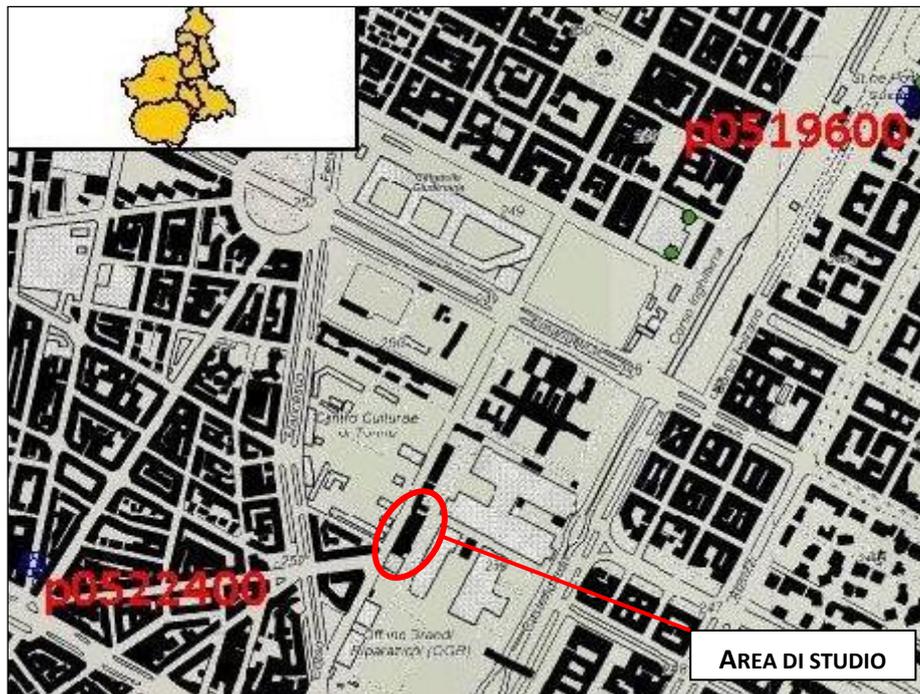


Fig. 13: Ubicazione dei pozzi consultati e dell'area in esame (da sito web della Provincia di Torino sezione Risorse idriche); in rosso sono riportate le sigle delle perforazioni.

ufficio tecnico
z/c

Milano, 6 Dicembre 1961

DATI RIGUARDANTI LA STRATIFICAZIONE

- da mt.	0	a mt.	15,30	=	conglomerato di ghiaia
- " "	15,30	" "	16,20	=	trovanti
- " "	16,20	" "	22	=	conglomerato compatto con strati di ghiaia compatti e ciottoli
- " "	22	" "	23,50	=	trovanti
- " "	23,50	" "	24,50	=	ghiaia e sabbia compatta
- " "	24,50	" "	28,50	=	trovanti con conglomerato
- " "	28,50	" "	33	=	sabbia grossa con ghiaietto
- " "	33	" "	36,5	=	ghiaia e sabbia sciolta
- " "	36,5	" "	40,30	=	conglomerato di ghiaia
- " "	40,30	" "	42	=	ghiaietto sciolto
- " "	42	" "	45	=	argilla giallognola.

R. P. la Pinescente
DIRIGENTE
OFFICIO TECNICO

POZZO P0522400

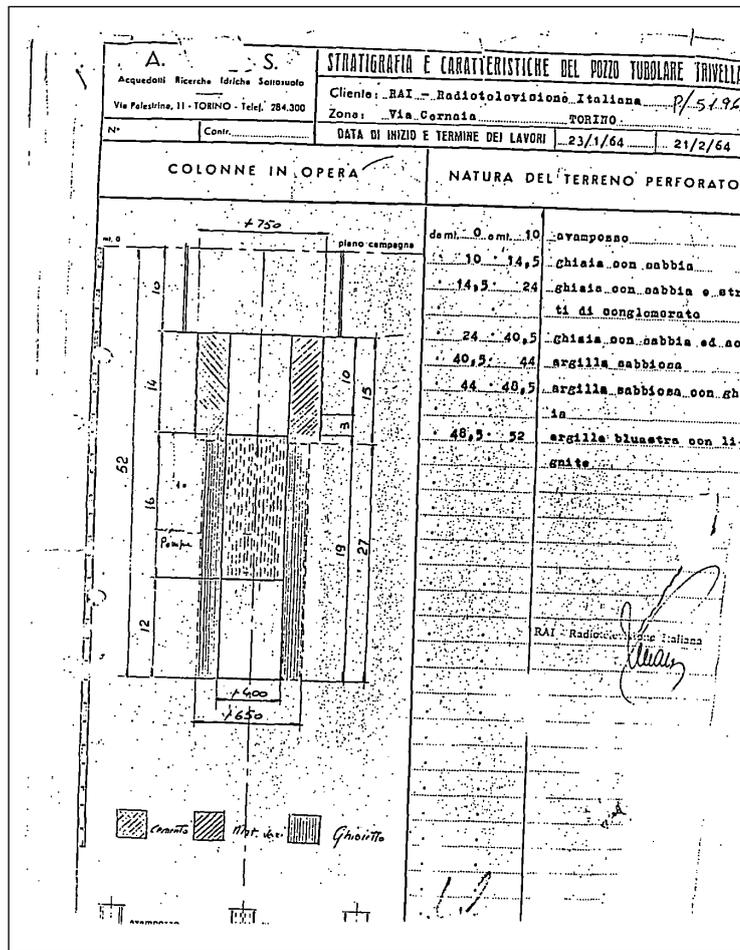
P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



POZZO P0519600

Per quanto riguarda, infine, le indagini svolte per l'intervento adiacente "Baby parking e scuola dell'infanzia presso sede Politecnico di Torino di Via Boggio", realizzate dallo scrivente, in **Tabella III** sono evidenziati gli estremi e in **Fig. 14** la rispettiva ubicazione.

Nome	Comune	Località	Cantiere	Data	Quota s.l.m.	Prof. (m)	Falda	Formaz. geologica
DP1	TORINO	Via Boggio	Baby parking e scuola dell'infanzia Politecnico Torino	31/10/2015	250	2.40	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
DP2	TORINO	Via Boggio	Baby parking e scuola dell'infanzia Politecnico Torino"	31/10/2015	250	2.20	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
DP3	TORINO	Via Boggio	Baby parking e scuola dell'infanzia Politecnico Torino	31/10/2015	250	1.70	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
DP4	TORINO	Via Boggio	Baby parking e scuola dell'infanzia Politecnico Torino	31/10/2015	250	5.30	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
DP5	TORINO	Via Boggio	Baby parking e scuola dell'infanzia Politecnico Torino	31/10/2015	250	5.10	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi
DP6	TORINO	Via Boggio	Baby parking e scuola dell'infanzia Politecnico Torino	31/10/2015	250	4.70	-	Depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi

Tabella III: indagini penetrometriche pregresse (fonte Politecnico e lo stesso scrivente) nell'area adiacente a quella in oggetto: sono riportate le sigle delle perforazioni dei sondaggi e loro estremi.

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Fig. 14: ubicazione dell'indagine geognostica dell'ottobre 2015 (da *google earth*, modificata).

Di seguito sono sintetizzate le stratigrafie semplificate dell'indagine penetrometrica dell'ottobre 2015.

DP1

Livello stratigrafico	Profondità (m)	Descrizione sintetica di massima
1	0.00 – 1.30	Asfalto e/o cemento e Materiali di riporto
2	oltre 1.30 – (Rifiuto = 2.40)	Depositi fluvio-glaciali SUBSISTEMA DI COL GIANSESCO

DP2

Livello stratigrafico	Profondità (m)	Descrizione sintetica di massima
1	0.00 – 1.30	Asfalto e/o cemento e Materiali di riporto
2	oltre 1.30 – (Rifiuto = 2.20)	Depositi fluvio-glaciali SUBSISTEMA DI COL GIANSESCO





DP3

Livello stratigrafico	Profondità (m)	Descrizione sintetica di massima
1	0.00 – 1.10	Asfalto e/o cemento e Materiali di riporto
2	oltre 1.10 – (Rifiuto = 1.70)	Depositi fluvio-glaciali SUBSISTEMA DI COL GIANSESCO

DP4

Livello stratigrafico	Profondità (m)	Descrizione sintetica di massima
1	0.00 – 4.70	Asfalto e/o cemento e Materiali di riporto
2	oltre 4.70 – (Rifiuto = 5.30)	Depositi fluvio-glaciali SUBSISTEMA DI COL GIANSESCO

DP5

Livello stratigrafico	Profondità (m)	Descrizione sintetica di massima
1	0.00 – 4.60	Materiali di riporto
2	oltre 4.60 – (Rifiuto = 5.10)	Depositi fluvio-glaciali SUBSISTEMA DI COL GIANSESCO

DP6

Livello stratigrafico	Profondità (m)	Descrizione sintetica di massima
1	0.00 – 3.80	Materiali di riporto
2	oltre 3.80 – (Rifiuto = 4.70)	Depositi fluvio-glaciali SUBSISTEMA DI COL GIANSESCO

4.3.2. UBICAZIONE E METODOLOGIA DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA ESEGUITA

La ricostruzione dell'assetto stratigrafico di dettaglio si basa, oltre che su dati bibliografici sopra esposti e su dati a disposizione dello scrivente e provenienti dalla propria esperienza professionale, sui risultati di un'indagine geognostica eseguita in sito: essa ha lo scopo di ricostruire quanto più fedelmente possibile l'assetto litostratigrafico dell'area di intervento.

Si sono scelte le metodologie normalmente in uso consigliate dalla letteratura e dalla prassi. L'indagine in sito è consistita in n°3 sondaggi geognostici sull'area in esame (i cui risultati e la cui documentazione fotografica sono presenti rispettivamente in **Allegato I** e **Allegato III**) (**Fig. 15**), cui si rimanda per le rispettive metodologie.

Si sottolinea soltanto che le verticali dei sondaggi di perforazione costituiscono generalmente elemento di vulnerabilità in quanto pongono potenzialmente in comunicazione matrici ambientali in genere nettamente separate. Pertanto, gli strumenti e le attrezzature impiegate nelle diverse operazioni sono stati caratterizzati da materiali tali da non comportare nessuna contaminazione o variazione delle caratteristiche chimico – fisiche delle matrici ambientali indagate. Non si sono utilizzati né oli e grassi, che non siano di origine vegetale, né corone verniciate.





Fig. 15: ubicazione dell'indagine geognostica (da google earth, modificata).

Prima dell' uso effettivo sul sito, sono state verificate la messa a punto ed il corretto funzionamento dei macchinari e di tutte le attrezzature utilizzate per l'indagine, in modo da evitare la perdita di lubrificanti, carburanti e altre sostanze durante le fasi di perforazione.

Le perforazioni sono state condotte a carotaggio continuo con l'utilizzo di carotieri semplici aventi diametro 101 mm di tipo T1 e sono state eseguite senza l'utilizzo di fluidi di circolazione (carotaggio a secco). Per il sostegno delle pareti dei fori sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati della lunghezza di 1.5 m e del diametro di 127 mm. Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in plastica, recanti le quote rispetto al piano campagna, scritte chiaramente con pennarello indelebile, e munite di scomparti divisori e coperchio. Le cassette catalogatrici sono state riposte in luogo coperto e asciutto. Le singole cassette sono state fotografate con mezzi digitali, dall'alto e da una distanza non superiore a 2 metri.

La fase di avanzamento dei sondaggi **S1**, **S2** e **S3**, spinti tutti alla profondità di **-8 m**, dal p.c., è stata interrotta ad intervalli regolari (**-1,50 m**, **-3,00 m** e **-4,50 m**) per eseguire delle prove **SPT (Standard Penetration Test** – prova penetrometrica standard), consentendo di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati. Dal valore di N_{SPT} dei sondaggi, si ottiene la valutazione qualitativa e semi-quantitativa delle caratteristiche fisico – meccaniche e quindi anche geotecniche dei terreni attraversati, mediante formule e correlazioni empiriche di uso comune nella pratica geotecnica. Dalle indagini svolte si possono,

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



dunque, individuare i parametri di resistenza meccanica dei terreni attraversati che saranno oggetto della **Relazione Geotecnica**.

La scelta dei punti di indagine è stata operata in funzione delle caratteristiche locali, della reale possibilità di esecuzione in assenza di pericolo e delle caratteristiche del progetto.

4.3.3. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E MODELLO GEOLOGICO

I risultati dei sondaggi geognostici con le relative prove **SPT** sono utilizzati inizialmente per valutare lo spessore di strati teneri o per localizzare livelli resistenti. Nei terreni granulari a parità di altre condizioni, la resistenza alla penetrazione sotto falda, risulta minore che al di sopra e ciò a causa del minor sforzo verticale efficace presente. Nei terreni più fini, come quelli in esame, la resistenza può essere uguale o più alta, a causa della capillarità. La resistenza alla penetrazione può essere anche influenzata dalla pressione nei pori e dal flusso d'acqua sotterranea. In presenza della falda si misurano generalmente resistenze alla penetrazione più basse anche a parità di densità relativa.

Le informazioni sull'assetto geologico generale e locale, unitamente ad un'analisi di campagna effettuata dallo scrivente durante i sopralluoghi e all'analisi dei dati ottenuti dall'indagine geognostica, hanno permesso la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico locale e del rispettivo **MODELLO GEOLOGICO** su n°1 sezione rappresentativa trasversale (*Elaborato 007 allegato al progetto definitivo*) (**Fig. 16**).

A partire dal p.c. attuale si incontra, dopo una decina di cm di pavimentazione in asfalto una successione composta sostanzialmente di tre corpi litologici:

A partire dal p.c. attuale si incontra, una successione composta sostanzialmente di due corpi litologici con una copertura non uniforme né continua di asfalto e/o cemento: un primo livello di riporto, un secondo di depositi fluvio-glaciali.

- **Livello stratigrafico 1:** materiale di riporto eterogeneo e ed eterometrico, costituito da ghiaie e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa con laterizi, di potenza circa **4,50 m**, in accordo peraltro con quanto emerso nel sondaggio **S10/2010**;
- **Livello stratigrafico 2:** depositi fluvio-glaciali costituiti da ghiaie medie e ciottoli immersi in matrice sabbiosa (ascrivibili al SINTEMA DI FRASSINERE / SUBSINTEMA DI COL GIANSESCO).

I parametri geotecnici dei livelli identificati saranno esposti nella **Relazione Geotecnica**; in questa sede si forniranno esclusivamente una suddivisione in funzione dei colpi **N_{SPT}**.

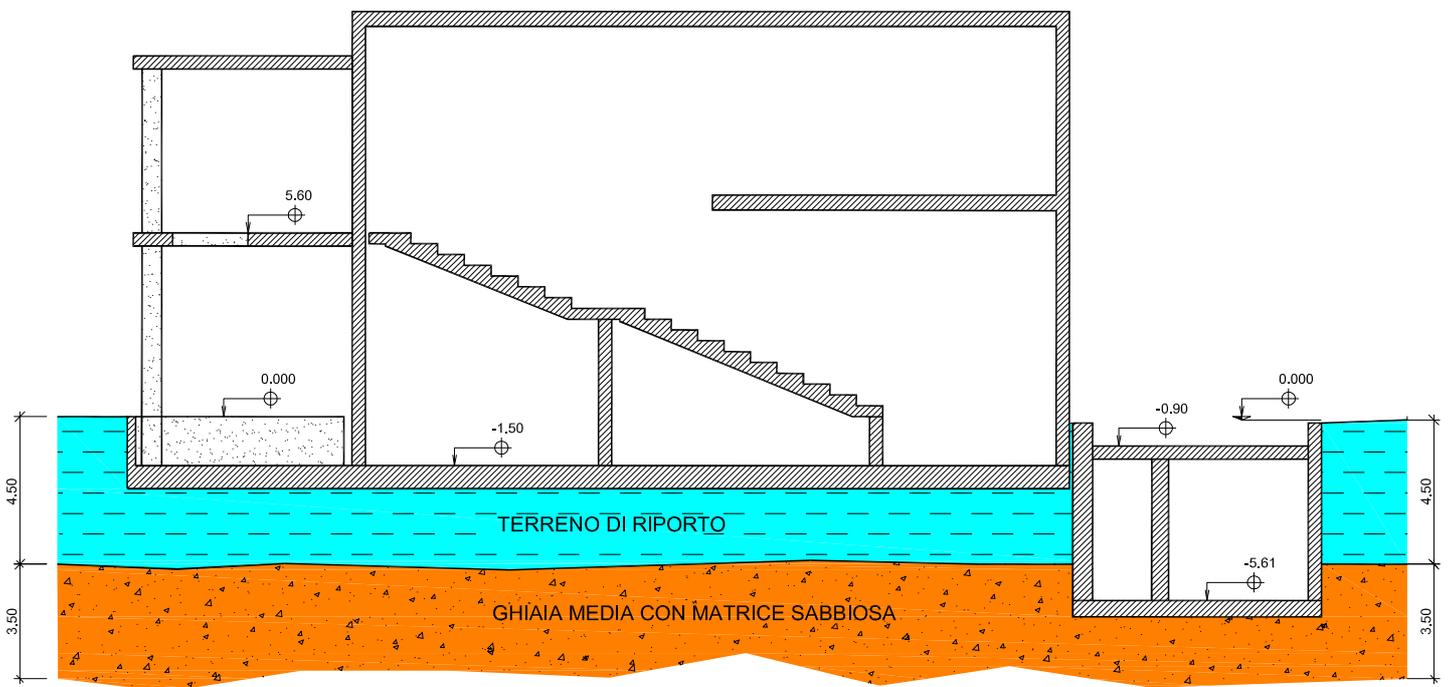
S1

Livello stratigrafico	Profondità (m)	N_{SPT} medio	Descrizione sintetica di massima
1	0.00 – 4.50	8.5	Materiali di riporto
2	4.50 – 8.00	50	Ghiaie medie in matrice sabbiosa



MODELLO GEOLOGICO

Figura 16





S2

Livello stratigrafico	Profondità (m)	N _{SPT} medio	Descrizione sintetica di massima
1	0.00 – 4.50	10.5	Materiali di riporto
2	4.50 – 8.00	50	Ghiaie medie in matrice sabbiosa

S3

Livello stratigrafico	Profondità (m)	N _{SPT} medio	Descrizione sintetica di massima
1	0.00 – 4.50	13.5	Materiali di riporto
2	4.50 – 8.00	50	Ghiaie medie in matrice sabbiosa

Preliminarmente si può, dunque, affermare che, a meno di un ricorso a fondazioni profonde per raggiungere il livello stratigrafico 2, certamente il più indicato dal punto di vista geotecnico, il livello stratigrafico 1 rappresenta il terreno deputato all'immorsamento delle fondazioni superficiali. Va, tuttavia, considerato che si tratta di terreno grossolano già sottoposto a carichi vista la struttura esistente e, pertanto, previa verifiche delle azioni e delle prestazioni attese, potrebbe essere adatto ad accogliere le fondazioni superficiali.





5. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

5.1. BREVI CENNI ALLA STORIA SISMICA

Nei dintorni dell'area in esame non si evidenziano faglie attive di recente, né storicamente documentate che possano in qualche modo condizionare la risposta sismica locale, come si evince anche dall'assenza sul sito di sismi importanti (**Fig. 18** – CARTA DELLA SISMICITÀ IN ITALIA, TRA IL 1982 E 2002, Centro Nazionale dei Terremoti - INGV). Con riferimento alla distribuzione degli eventi sismici tra il 1982 e il 2002, si osserva che l'area compresa nei dintorni di Torino è caratterizzata da un numero molto elevato di eventi sismici ma con magnitudo sempre inferiori a 5.

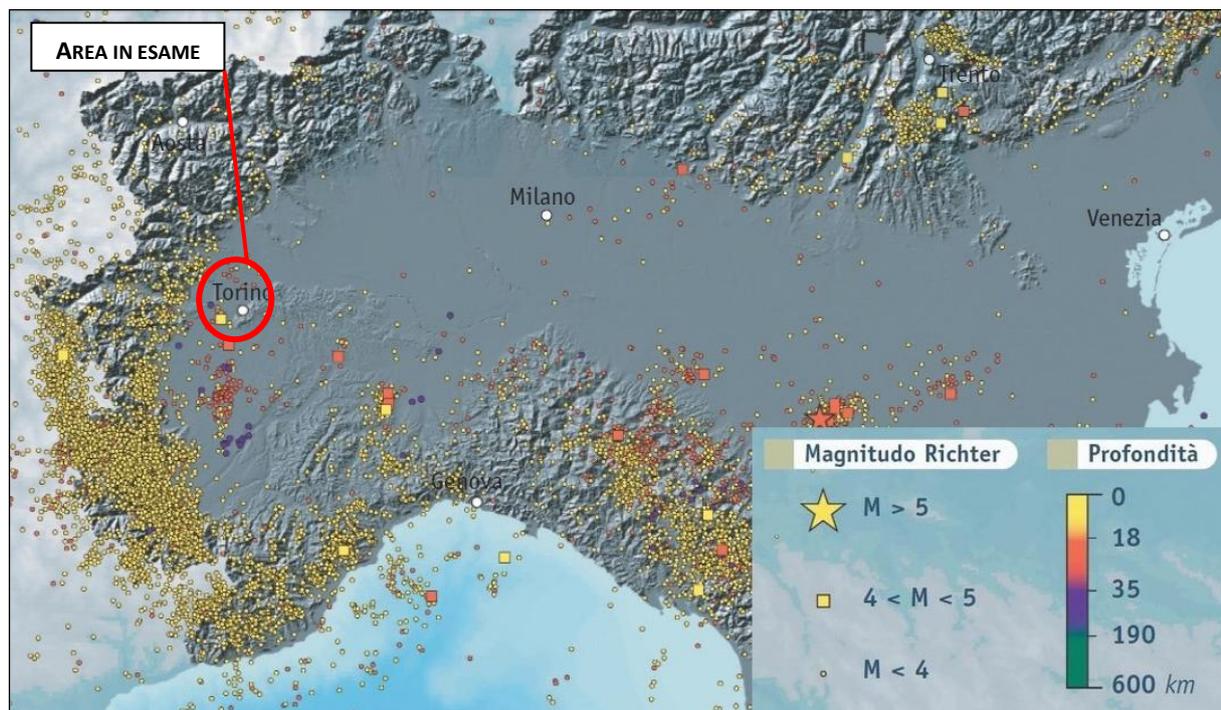


Fig. 18: CARTA DELLA SISMICITÀ IN ITALIA, TRA IL 1982 E 2002, Centro Nazionale dei Terremoti - INGV.

Nella **Fig. 19**, invece, sono raffigurati I terremoti avvenuti dall'anno 1000 al 2006. In questa mappa sono riportati quelli con magnitudo stimata (M_w) maggiore o uguale a 5.0 (*Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani: a cura di A. ROVIDA, R. CAMASSI, P. GASPERINI E M. STUCCHI, 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. INGV, Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, doi:10.6092/INGV.IT-CPTI11*). A parte il sisma del 2000 avvenuto nell'astigiano, gli altri risalgono al periodo 1700-1900.

Le considerazioni sulla pericolosità sismica di base si riconurranno alla individuazione di:

- Zonazione sismica;
- Accelerazione di progetto e Parametri di pericolosità sismica di base;

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



- ↗ Categoria di suolo;
- ↗ Categoria topografica del sito;
- ↗ Stabilità nei confronti della liquefazione;
- ↗ Riepilogo parametri sismici;

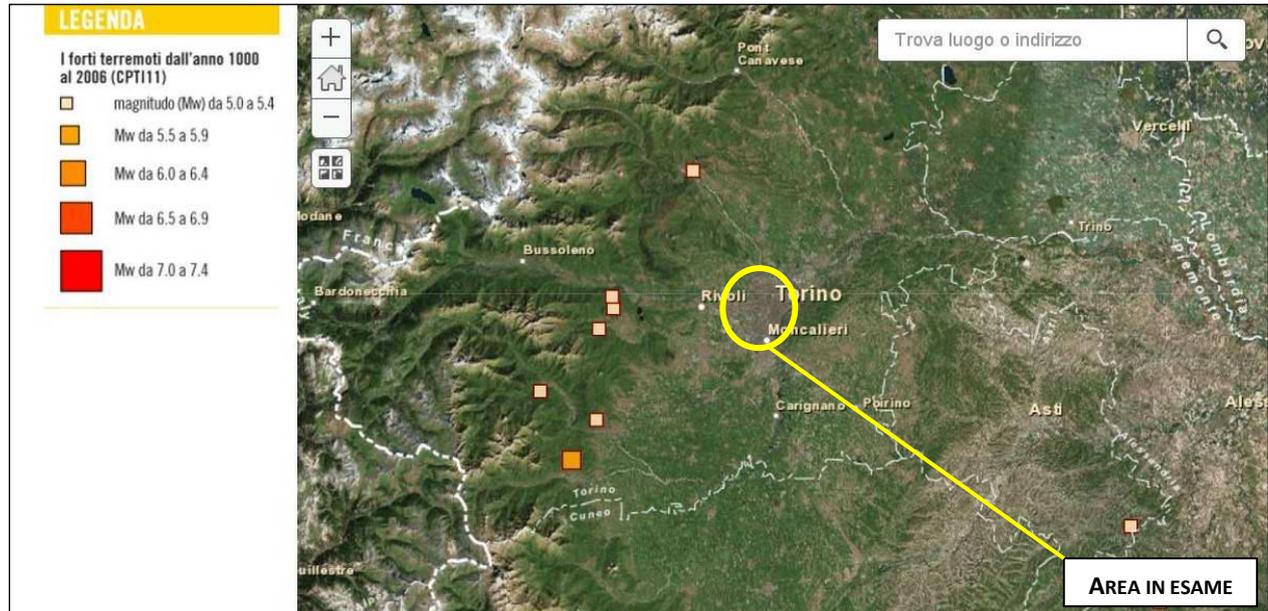


Fig. 19: stralcio del CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI, TRA IL 1000 E 2006, di $M_w > 5$ (INGV) (tratto da <http://iononrischio.protezionecivile.it/terremoto-io-non-rischio/mappe-interattive-2/mappa-interattiva-i-forti-terremoto-del-passato/>)

5.2. ZONAZIONE SISMICA

Secondo la **OPCM 3274/2003**, la **DGR 19/01/2010 n°11-13058** "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" e la **D.G.R. 12/12/2011 n°4-3084** (pubblicata sul Bollettino Ufficiale n°50 del 15/12/2011 e con cui è stato approvato l'aggiornamento e l'adeguamento delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico - edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico ed è stata recepita la classificazione sismica di cui alla **DGR 19/01/2010 n°11-13058**) il territorio del Comune di Torino (TO) è stato assegnato alla **Zona Sismica (amministrativa) 4 (Fig. 20)**.

Nel corso dell'Aprile 2004 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha pubblicato la nuova mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale [Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'**OPCM 3274 del 20 marzo 2003**. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.], da cui si evince che il territorio di Torino (TO) è ridefinito come

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



compreso tra accelerazioni di progetto tra 0,050g e 0,075g. Tale carta è stata approvata con **OPCM 3519 (2006)**.

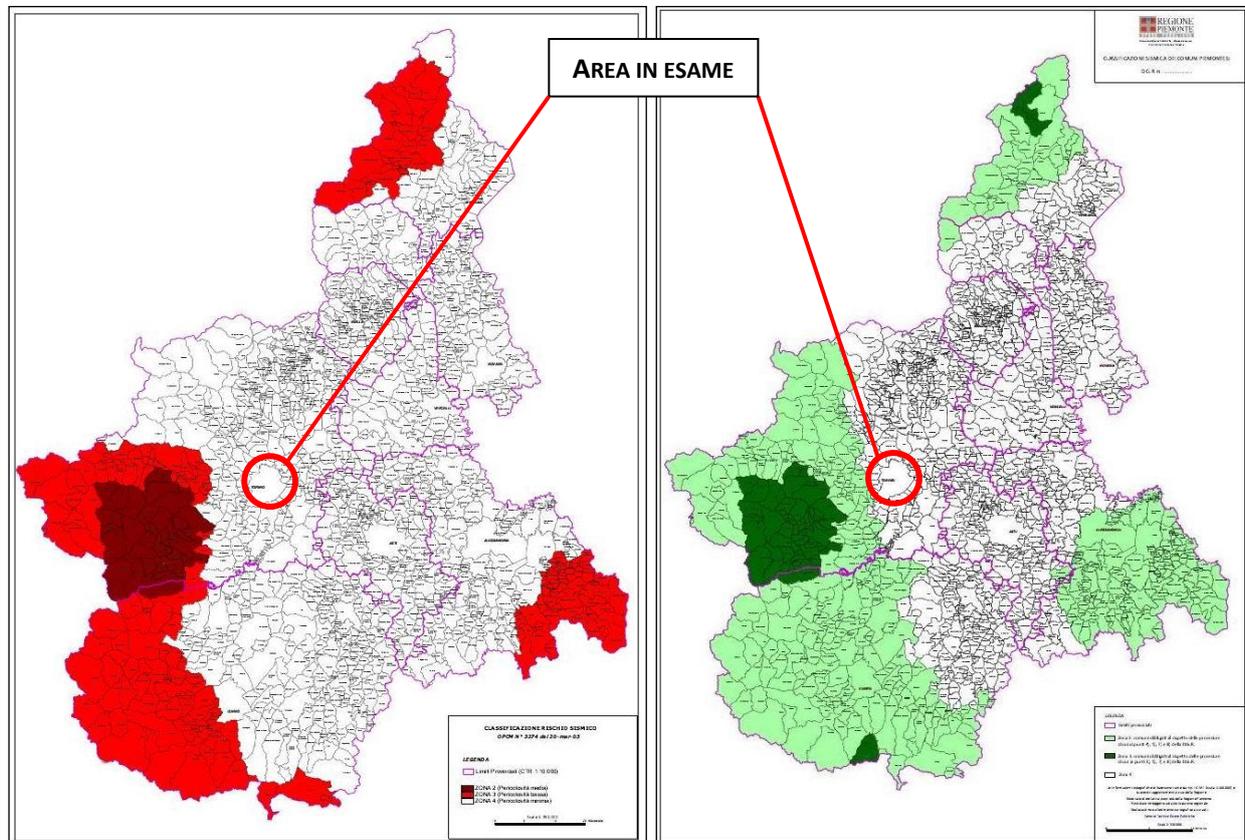


Fig. 20: Mappa di pericolosità sismica del Piemonte secondo OPCM 3274/2003 (a sx) e secondo la DGR 19/01/2010 n°11-13058 (a dx).

Le carte che seguono (Figg. 21 e 22) mostrano i valori del picco di accelerazione atteso al suolo su sito rigido di riferimento (per definizione $V_S > 800$ m/s, ossia roccia integra); gli intervalli (di 0,025g, pari a circa $24,5 \text{ cm/s}^2$) sono quelli previsti dall'**OPCM 3274/2003** ai fini della classificazione sismica del territorio Italiano.

Lo studio a supporto della stesura di tale carta è stato utilizzato in seguito per l'elaborazione della più recente **Normativa Tecnica sulle Costruzioni (2008)** che semplificando il reticolo di nodi su cui si basa, abbandonava la descrizione delle accelerazioni sismiche per curve di livello raccordanti pari intensità per passare al modo tabellare rappresentando il territorio con griglie di valori. Il parametro g che si ottiene è un picco di accelerazione atteso al suolo su sito rigido di riferimento (per definizione $V_S > 800$ m/s = categoria di suolo A) tale parametro si riferisce alle azioni attese con una probabilità non superiore al 10% in 50 anni, valore standard assunto dalla normativa italiana e da molte normative internazionali per definire il livello di scuotimento da utilizzare ai fini della progettazione degli edifici.





Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica

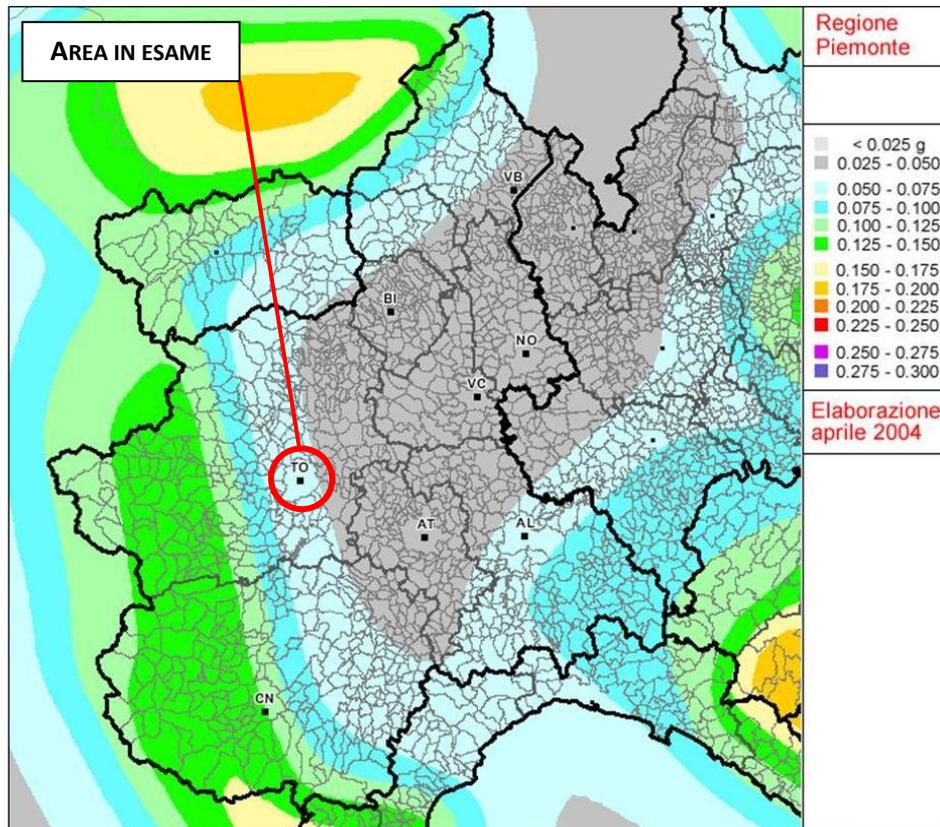


Fig. 21: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INCV, 2004 modificato).

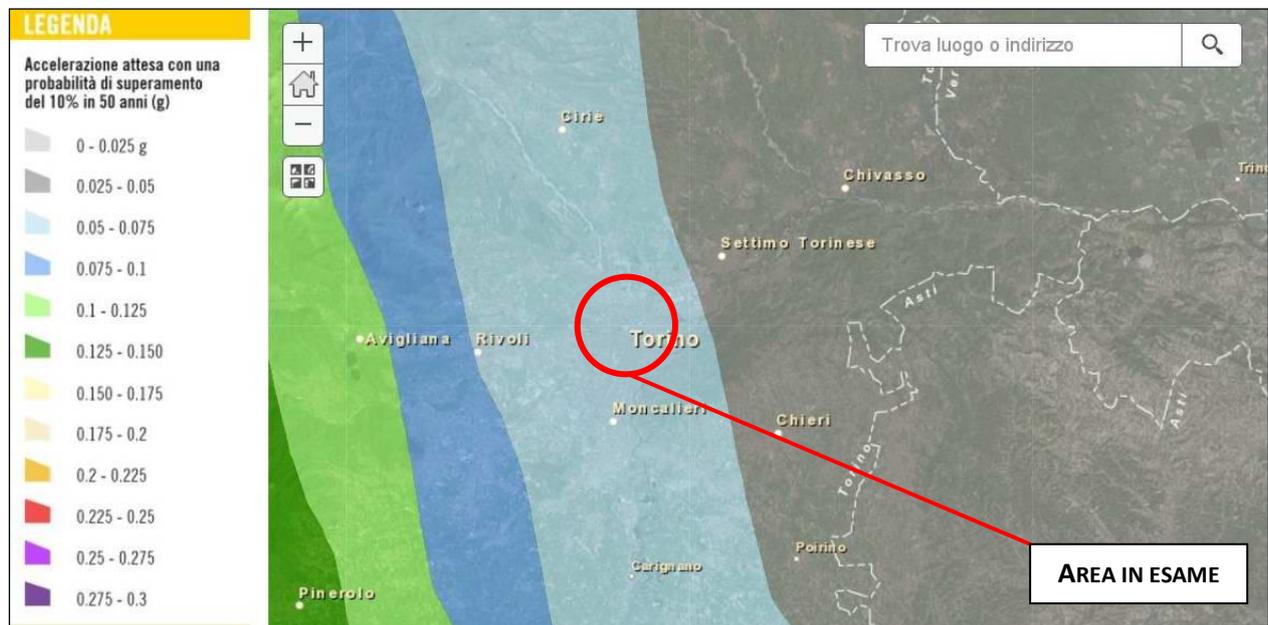


Fig. 22 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da <http://iononrischio.protezionecivile.it/terremoto-io-non-rischio/mappe-interattive-2/mappa-interattiva-la-pericolosita-sismica/>).

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



5.3. ACCELERAZIONE DI PROGETTO E PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Le **NTC-08** hanno introdotto un sisma di progetto non più per ogni comune (**OPCM 3274 e s.m.i. e NTU-05**, peraltro questa ultima abrogata), ma per ogni punto del territorio (punti di ancoraggi nodali di un reticolo di 4 km di lato) (**Fig. 23**).



Fig. 23: Mappa dei vertici (punti nodali di incoraggio) della maglia di appartenenza determinati con GeoStru PS <http://www.geostru.com/geoapp>.

Sono stati, inoltre, introdotti gli Stati Limite sismici probabilistici. In sintesi, l'intensità della componente orizzontale del sisma viene trattata come un campo aleatorio (in ogni punto del territorio il sisma viene rappresentato da una variabile aleatoria). Per la determinazione dei parametri iniziali di accelerazione su suolo libero, si è fatto ricorso al software *Spettri di risposta Ver. 1.0.3.* del *Ministero LL.PP.* relativo alle **NTC-08** che consente di ricavare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale, tramite l'individuazione della relativa pericolosità sismica direttamente da coordinate geografiche.

➤ Le coordinate **GEOGRAFICHE** utili per tale individuazione sono le **ED50**:

coordinate ED50	Lat. 45,067073°	Long. 7,658659°
-----------------	-----------------	-----------------

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



➤ Le COORDINATE GEOGRAFICHE dei punti nodali (Fig. 23) sono:

Punti nodali	ID	Latitudine (°)	Longitudine (°)	Distanza (m)
Sito 1	13792	45,041320	7,618701	4248,8
Sito 2	13793	45,044750	7,689264	3455,5
Sito 3	13571	45,094640	7,684387	3671,1
Sito 4	13572	45,091200	7,613831	4425,7

➤ Tabella dei valori di a_g , F_0 e T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento:

T_R anni	a_g [g]	F_0 -	T_c^* [s]
30	0.024	2.573	0.178
50	0.029	2.584	0.197
72	0.033	2.623	0.210
101	0.037	2.651	0.221
140	0.041	2.668	0.230
201	0.045	2.688	0.245
475	0.057	2.759	0.272
975	0.067	2.805	0.287
2475	0.083	2.895	0.291

➤ Vita nominale V_N della struttura (§ 2.4.1 NTC-08): **Tipo 2: ≥ 50 anni**

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

➤ Classe d'uso C_U della struttura (§ 2.4.2 NTC-08): **Classe III**

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.
------------	---

➤ Vita di riferimento V_R della struttura (§ 2.4.3 NTC-08): $V_R = V_N \cdot C_U = 75$ anni

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1	1,5	2





➤ Tabella dei parametri delle azioni (§ 3.2.1. NTC-08)

STATO LIMITE	Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	T_R anni	a_g [g]	F_o -	T_c^* [s]
SLO	81%	45	0.028	2.582	0.193
SLD	63%	75	0.034	2.626	0.212
SLV	10%	712	0.062	2.785	0.280
SLC	5%	1462	0.074	2.844	0.288

5.4. CATEGORIA DI SUOLO

Ai sensi del **D.M. 14/01/2008 (§ 3.2.2. NTC-08)** le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione, costituendo l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle stesse.

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, quale è il caso in esame, per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. La definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, è basata sulla velocità delle onde sismiche di taglio $V_{s,30}$, che costituisce un parametro correlato alla velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno nei primi 30 m di sottosuolo al di sotto del piano di posa delle fondazioni; la $V_{s,30}$, che rappresenta una velocità equivalente, è espressa dalla seguente formula:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (1)$$

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Per la struttura in progetto non si è proceduto a nessuna indagine sismica, potendo usufruire dei risultati, acquisendoli tal quali, emersi dall’indagine geofisica eseguita per l’edificio adiacente, avendo verificato la corrispondenza dell’assetto stratigrafico di dettaglio; essa è consistita in un’indagine sismica passiva a stazione singola costituita da n°3 misure di microtremore ambientale, **H/V-1** (nei pressi di **DP5**), **H/V-2** e **H/V-3** (nei pressi di **DP6**) (**Fig. 14**, si veda **Allegato II**) della durata di 20 minuti ciascuna per mezzo di un *tromografo* digitale portatile progettato specificamente per l’acquisizione del rumore sismico.

5.4.1. INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR

L’individuazione della categoria di suolo di fondazione è possibile, dunque, mediante metodi semplificati, quali ad esempio la sismica passiva col metodo dei rapporti spettrali orizzontali e verticali HVSR (LANGSTON, 1979; NAKAMURA, 1989), detta anche tecnica di NAKAMURA.

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Essa è la metodologia di analisi dei microtremori più usata per stimare la risposta sismica di un sito in termini di frequenza fondamentale e amplificazione. Entrambe queste caratteristiche dipendono dalla struttura geologica e dalle proprietà geotecniche e/o geomeccaniche del terreno dell'area oggetto di studio.

Il rumore sismico diffuso, non puntuale e sufficientemente lontano, agisce come sorgente di eccitazione, più o meno come la luce bianca diffusa dalla nebbia illumina gli oggetti più vicini all'osservatore, eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e permettendo un percezione chiara degli oggetti vicini anche nella nebbia stessa che di per sé nasconde tutto ovvero mascherando (tagliando) le informazioni lontane.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto risonanza, dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una variazione di impedenza acustica, che può corrispondere a un passaggio tra uno strato e l'altro. Per strato, in sismica, si intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti (non sempre né necessariamente coincidenti con quelle litologiche) per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

L'analisi dei dati ottenuti (vedi **Allegato II**), fornisce una stima molto attendibile della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo nei primi 30 metri al di sotto delle fondazioni e, pertanto, la categoria di suolo di fondazione.

STRUMENTAZIONE E PROCEDURA DI ANALISI

Lo strumento (*Tromino*[®], *Micromed spa*, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso; le caratteristiche tecniche sono riportate nell'**Allegato**) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alta risoluzione orientati ortogonalmente N-S, E-W e Up-Down (verticalmente). I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz.

L'apparecchio mediante i tre velocimetri elettrodinamici ortogonali acquisisce 3 modi di vibrazione diversi, che possono venire poi confrontati e ricostruiti in una curva che esprime la differenza dei movimenti orizzontali rispetto ai movimenti verticali espressa come amplificazione.

Le misure acquisite sono campionate in una finestra temporale (*time window*); su queste finestre viene effettuata una trasformazione di Fourier (FFT) in modo da ottenere una rappresentazione grafica con asse x in Hertz (Hz) ed in asse y in una fattore di amplificazione delle misure orizzontali rispetto a quelle verticali.

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura descritta in CASTELLARO *et al.* (2005), con parametri:

- ↳ larghezza delle finestre d'analisi 20 s:
- ↳ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;

Le ragioni per la scelta del lisciamento triangolare al posto del lisciamento KONNO E OMACHI (1998) proposto dalle linee guida SESAME (2005) risiedono nel fatto che questo ultimo non dà





alcuna differenza statisticamente rilevante rispetto al lisciamento triangolare, pertanto si è deciso di adottare il lisciamento più semplice.

Le curve H/V sono state invertite creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di RAYLEIGH e di LOVE nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico (curva blu, *synthetic H/V*) più vicino alle curve sperimentali (curva rossa, *Average H/V*). Mediante, infatti, la sovrapposizione di una curva teorica (curva blu) alla curva acquisita dallo strumento (curva rossa), CASTELLARO E MULARGIA (2009) hanno dimostrato che si può determinare con una precisione confrontabile con quella di altri metodi, la velocità media (armonica) delle onde sismiche fino ad almeno 30 m ÷ 50 m, se non oltre.

L'inversione delle curve H/V e la loro sovrapposizione, secondo CASTELLARO, è **possibile ed univoca solo se la curva è agganciata ad una discontinuità sismica (vincolo) la cui profondità è nota con altri metodi** (indagini sismiche o geologico – geotecniche quali indagini in sito, sondaggi, prove penetrometriche o pozzetti esplorativi, attestanti su geomateriali compatti). Infatti, con l'analisi degli spettri H/V *"In presenza di un picco di risonanza ben individuato e nota la profondità del riflettore che dà la risonanza, è inoltre possibile ottenere una stima di massima della velocità media delle onde di taglio delle coperture. Infine possono costituire un valido ausilio nell'interpretazione e validazione dei risultati ottenuti con altre prove"* (*"Valutazione degli standard di esecuzione e dell'efficacia delle indagini di sismica attiva e passiva"* SEBASTIANO FOTI, FILIPPO SANTUCCI DE MAGISTRIS, FRANCESCO SILVESTRI, CLAUDIO EVA in *Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" 2008* – Supplemento alla rivista *Ingegneria sismica*, Anno XXVIII - n. 2 - 2011).

Nel caso in questione tale vincolo (si ricorda fornito dalla profondità di un riflettore sismico noto e il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V, CASTELLARO E MULARGIA-2007) è emerso dal confronto con l'indagine geognostica eseguita (prove penetrometriche dinamiche DP5 e DP6).

5.4.2. FREQUENZE DI RISONANZA, STIMA DELLE $V_{S,30}$ E CATEGORIA DI SUOLO

Attraverso tale indagine sismica, si stima come richiesto dalla normativa vigente la $V_{S,30}$ al di sotto del piano di fondazione e la conseguente categoria sismica di suolo di fondazione, partendo dalla determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (f_r).

FREQUENZE DI RISONANZA

Facendo riferimento alle indagini geognostiche eseguite (DP5 e DP6 del 2015, nonché ai sondaggi pregressi del 2010 e gli ultimi del 2016), e alle generali informazioni geologico – strutturali si sono riconosciuti, pertanto, schematicamente:

- un I strato sismico ascrivibile a materiali di riporto, potente circa 4 m ÷ 5 m poggianti su:
- un II strato sismico ascrivibile ai depositi alluvionali grossolani, via via progressivamente con la profondità sempre più addensati;

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



- un III strato sismico caratterizzato da una forte inversione sismica ascrivibile alla presenza di materiale argilloso ma posti a profondità maggiori di 35 m ÷ 40 m, e pertanto non significativi ai fini delle $V_{s,30}$.

Ogni passaggio tra i differenti strati sismici corrisponde ad una frequenza di risonanza (Fig. 24); una prima frequenza è riconoscibile dai picchi H/V a circa **40 Hz** corrispondente alla presenza di materiali grossolani superficiali o disturbi relativi a materiale antropico (pochi dm circa di profondità): essa è indicativa, tuttavia, di passaggi entro il primo metro di sottosuolo, frequenza al di fuori dell'interesse stratigrafico ed ingegneristico.

Successivamente, si registra in tutte le misure una fascia di frequenza di risonanza, tra circa **14 Hz ÷ 17 Hz** corrispondente al passaggio (4 m circa di profondità) tra il I e il II strato sismico.

Ogni picco osservato nel grafico corrisponde, dunque, ad una frequenza di risonanza del sito; generalmente ne è presente uno solo principale, ma più contrasti di impedenza a profondità sensibilmente diverse ne generano altrettanti.

La frequenza fondamentale di risonanza del sito si riconosce pertanto nelle fasce (Fig. 24):

- ❖ **14 Hz ÷ 17 Hz**, frequenze di risonanza che rendono maggiormente vulnerabili strutture di altezze < 3 m;

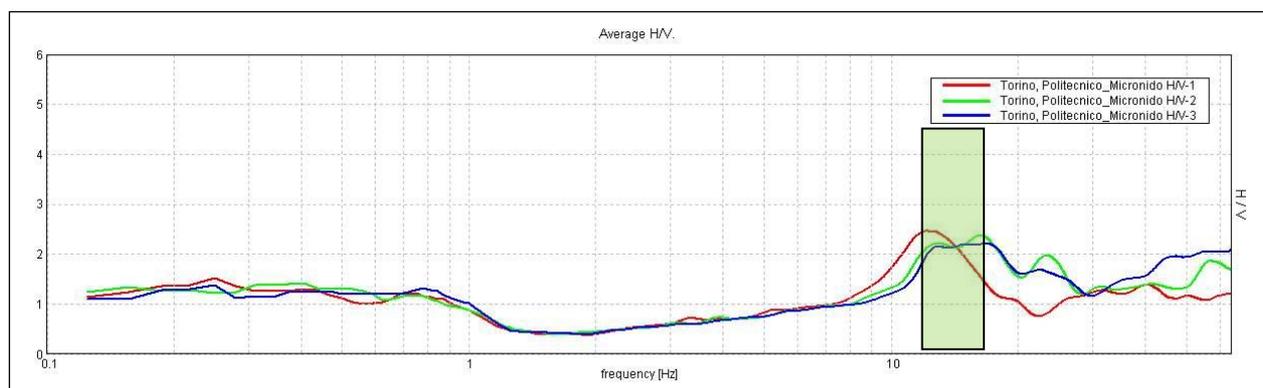


Fig. 24: sovrapposizione delle tracce dei rapporti H/V-1_2_3; in colore semitrasparente verde la fascia comprendenti l'intervallo di frequenza di risonanza del terreno in esame.

In prima approssimazione, infatti, la frequenza di risonanza di una struttura è legata all'altezza della stessa; nei casi, reali tuttavia, le relazioni sono più complesse e in Fig. 25 sono rappresentate le frequenze attese per il primo modo flessionale di vibrare delle strutture in c.a. in funzione della loro altezza.

IL PROGETTISTA, PERTANTO, CONTROLLI CHE LA RISONANZA (O SUO MODO DI VIBRARE FONDAMENTALE) DELLA STRUTTURA SIA A FREQUENZE MINORI DI QUELLE DEL SITO, E COMUNQUE LONTANA DAL PICCO POICHÉ IN CASO DI DANNEGGIAMENTO LA FREQUENZA PROPRIA DELL'EDIFICIO DIMINUISCE E INOLTRE NEL SOTTOSUOLO POSSONO MANIFESTARSI MODI DI VIBRARE SUPERIORI, ANCORA ENERGETICI E NON RISCONTRABILI CON IL METODO DEI MICROTREMORI.

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Va, infatti, ricordato che la frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (f_r) "costituisce il parametro fondamentale per il progettista strutturale che deve evitare il rischio della doppia risonanza, vera causa di distruzione durante i terremoti" (CASTELLARO ET AL., 2005)¹.

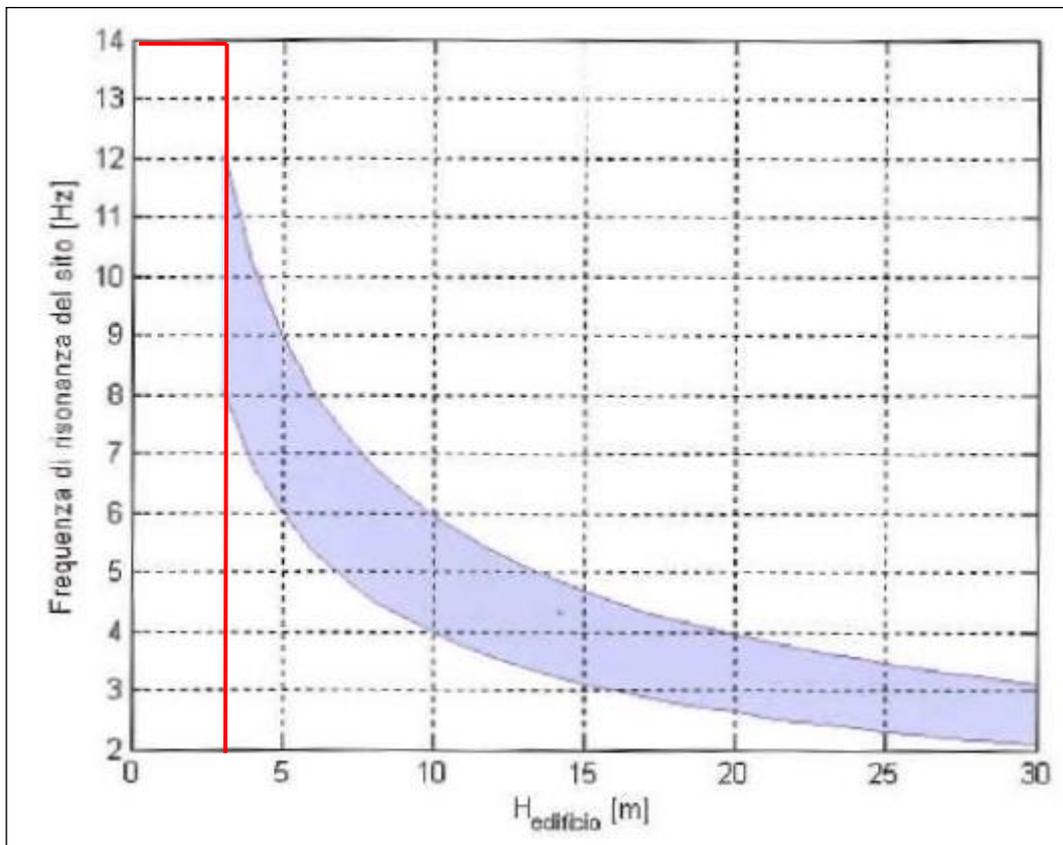


Fig. 25: Relazione tipica tra la frequenza del primo modo flessionale di vibrare e l'altezza di una struttura (da CASTELLARO S. 2008).

STIMA DELLE $V_{S,30}$ E CATEGORIA DI SUOLO

Le curve sperimentali (curve registrate) vengono modellate tramite le equazioni del **modello 1-D di sottosuolo** nella formulazione THOMSON-HASKELL-DUNKIN (trattato in BEN-MENAHEM & SINGH, 1981, *Seismic waves and sources*) con un codice di calcolo proprietario "Grilla" MICROMED. Il processo del software è iterativo ed attraverso piccole modifiche di profondità e velocità si riesce a "fittare" ovvero modellare la curva teorica in modo da seguire la curva acquisita in campagna ottenendo le velocità e gli spessori degli strati successivi. Per poter svolgere questa operazione, si deve attribuire ad ogni strato "sismico" un peso di volume, ed un modulo di Poisson (entrambi questi valori possono essere assunti di ragionevole massima in funzione dei dati stratigrafici a disposizione): la valutazione della $V_{S,30}$ che ne deriva è robusta e poco sensibile ad eventuali errori locali. Tali valori di $V_{S,30}$ non possono essere comunque usate

¹ CASTELLARO S., MULARGIA F., ROSSI P. (2005): *Effetti di sito e $V_{S,30}$: una risposta alla normativa antisismica* (Il Geologo dell'Emilia Romagna).

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



per scopi diversi dall'ottenere $V_{s,30}$, in quanto approssimate. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) del primo strato evidenziabile dallo strumento relativa alle onde S è pari a:

$$f_r = V_s / (4H) \quad (2)$$

dove H è la minima profondità di tale contrasto.

Qui di seguito vengono rappresentate nelle **Tabelle III, IV e V** le suddivisioni schematiche in strati sismici del sottosuolo in esame per le registrazioni sismiche **H/V-1, H/V-2 e H/V-3** le relative $V_{s,30}$.

Strato sismico	Prof. [m]	Spessore Strato [m]	V_s [m/s]	Eventuale correlabilità a livello stratigrafico
I	4.80	4.80	239	Terreno di riporto (1)
II	inf.	inf.	550	Depositi alluvionali grossolani (2)

Tabella III: velocità delle onde di taglio negli strati sismici (H/V-1)

Applicando la (1): $V_{s,30} (0 \div 30) = 455 \text{ m/s}$;

Strato sismico	Prof. [m]	Spessore Strato [m]	V_s [m/s]	Eventuale correlabilità a livello stratigrafico
I	4.00	4.00	240	Terreno di riporto (1)
II	inf.	inf.	550	Depositi alluvionali grossolani (2)

Tabella IV: velocità delle onde di taglio negli strati sismici (H/V-2)

Applicando la (1): $V_{s,30} (0 \div 30) = 469 \text{ m/s}$;

Strato sismico	Prof. [m]	Spessore Strato [m]	V_s [m/s]	Eventuale correlabilità a livello stratigrafico
I	3.80	3.80	240	Terreno di riporto (1)
II	inf.	inf.	540	Depositi alluvionali grossolani (2)

Tabella V: velocità delle onde di taglio negli strati sismici (H/V-3)

Applicando la (1): $V_{s,30} (0 \div 30) = 466 \text{ m/s}$;

Le $V_{s,30}$ ricavate dei rispettivi strati sismici sono in accordo con i dati bibliografici esposti nella Fig. 26.

Va, tuttavia, evidenziato che:

- le $V_{s,30}$ si intendono "al di sotto del piano di fondazione"; in linea di prima approssimazione, è possibile indicare una stima delle $V_{s,30}$ per ogni profondità ipotizzata di posa delle fondazioni. Per quanto detto sopra e riapplicando la (1) si ottiene:

$$H/V-1: V_{s,30} (0 \div 30) = 455 \text{ m/s}; \rightarrow V_{s,30} (0,60 \div 30,60) = 465 \text{ m/s};$$

$$H/V-2: V_{s,30} (0 \div 30) = 469 \text{ m/s}; \rightarrow V_{s,30} (0,60 \div 30,60) = 480 \text{ m/s};$$

$$H/V-3: V_{s,30} (0 \div 30) = 466 \text{ m/s}; \rightarrow V_{s,30} (0,60 \div 30,60) = 478 \text{ m/s};$$





TIPO DI SUOLO	V _s min [m/s]	V _s media [m/s]	V _s max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturati)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere).	100	150	200

Fig. 26: velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo (cfr. BORCHERDT, 1994)

- in linea di prima approssimazione, è possibile indicare **cautelativamente** una stima media (tra le tre registrazioni) delle $V_{S,30}$ calcolate dal p.c. ($0 \div 30$).

$$V_{S,30} \text{ media } H/V-1, H/V-2, H/V-3 (0 \div 30) = 463 \text{ m/s}$$

$$V_{S,30} \text{ media } H/V-1, H/V-2, H/V-3 (0,60 \div 30,60) = 474 \text{ m/s}$$

- Visto che qualsiasi misura è affetta da errore statistico dovuto alla somma delle incertezze di tutte le singole variabili in gioco, la stima delle $V_{S,30}$ in fisica non può non tenerne conto. Dalla applicazione matematica della formula della propagazione degli errori si può, dunque, definire una cautelativa e generale deviazione standard corrispondente a circa il 15%.

$$V_{S,30} \text{ media stimata con deviazione standard } (0 \div 30) = 463 \text{ m/s} \pm 69 \text{ m/s};$$

$$V_{S,30} \text{ media stimata con deviazione standard } (0,60 \div 30,60) = 474 \text{ m/s} \pm 71 \text{ m/s};$$

I risultati della complessa interpretazione delle registrazioni effettuate hanno permesso allo scrivente di concludere che, anche assumendo cautelativamente il limite inferiore della deviazione standard, i depositi in esame sarebbero caratterizzati da una $V_{S,30}$ di:

$$V_{S,30} (0 \div 30) = 463 \text{ m/s} - 69 \text{ m/s} = 394 \text{ m/s}$$

$$V_{S,30} (0,60 \div 30,60) = 474 \text{ m/s} - 71 \text{ m/s} = 403 \text{ m/s}$$

che permette con ragionevole sicurezza di attribuire (confermando peraltro l'esito delle indagini eseguite nelle vicinanze per la Residenza "cesare Codegone") i materiali indagati in esame, sia in

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



termini di $V_{s,30}$ sia in termini stratigrafici (anche col supporto dei risultati dei sondaggi geognostici) alla **Categoria B**:

Categoria B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine)".

Per quanto fin qui esposto e definito è possibile escludere, infine, le **Categorie S1 e S2**. (§ 7.11.3.4.2 nelle NTC-2008).

5.5. CATEGORIA TOPOGRAFICA

L'area in oggetto è totalmente pianeggiante. Per la sua ubicazione topografica e morfologica si può, dunque, definire per i terreni in esame una categoria topografica **T1** e cioè "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

➤ Tabella delle categorie topografiche (§ 3.2.2. NTC-08)

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 $i > 30^\circ$

5.6. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Ai fini della norma vigente, il termine "**liquefazione**" denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Deve essere, dunque, verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa. La verifica della suscettibilità a liquefazione può essere, tuttavia, omessa se si manifesta almeno una delle circostanze previste dalla normativa vigente; nel caso in esame, con i dati a disposizione è stato possibile valutare che:

➤ la circostanza di cui al **punto 1** del § 7.11.3.4.2. NTC-08 "eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5", non si è verificata: $M_w > 5$.

La magnitudo è una grandezza molto importante per la definizione della pericolosità sismica e quindi dell'azione sismica. La magnitudo massima attesa sul sito è determinata,





come dal citato rapporto conclusivo INGV², dalla appartenenza del sito ad una determinata **zona sismogenetica**³ in cui è suddiviso il territorio nazionale (**Fig. 28**). Infatti, un metodo semplice e in favore di sicurezza che può essere utilizzato per stimare quale sia il valore di magnitudo da considerare ai fini delle valutazioni, preferibilmente per le verifiche di liquefazione, per il sito o la microzona di interesse, è il seguente:

- Si considera sempre la zonazione sismogenetica (ZS9) (**Fig. 28**), secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima $M_{w,max}$.

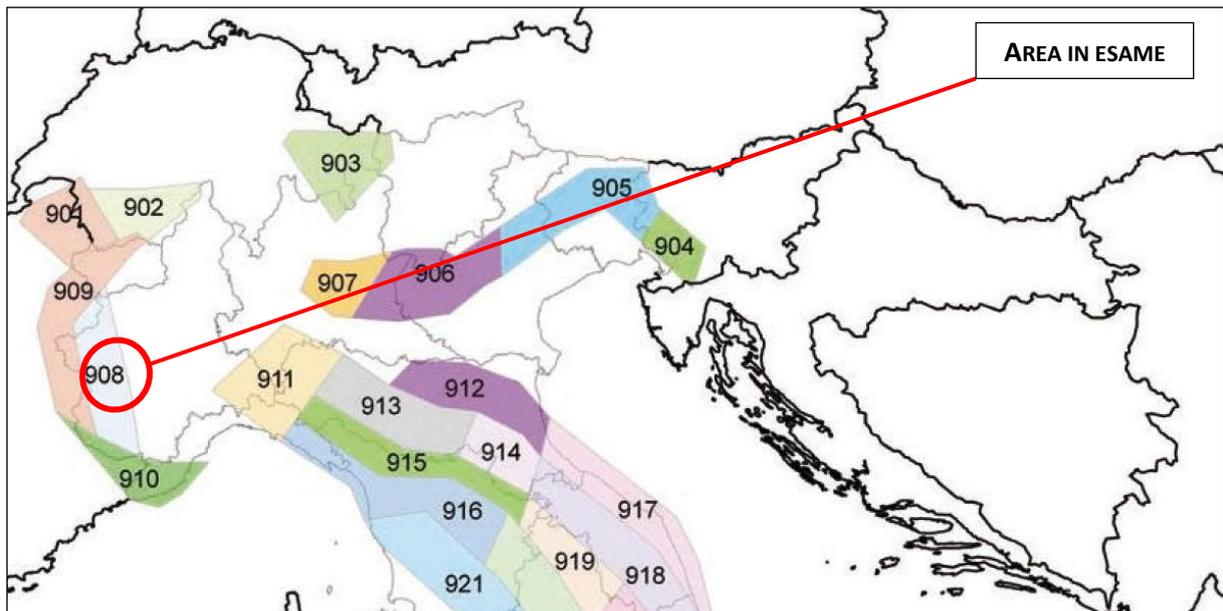


Fig. 28: stralcio delle Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (GRUPPO DI LAVORO, 2004).

- Per i siti, come nel caso di interesse, che cadono in una delle 36 zone sismogenetiche predette si assume come M il valore di $M_{w,max}$ **cautelativa** (**Fig. 29-Tabella 2.8-1** del rapporto conclusivo INGV).

² *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica Parte I e II – Gruppo di Lavoro “Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione sismica”.*

³ L'informazione di partenza è costituita dalla zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo.





Tabella 2.8-1 – Valori di $M_{w,max}$ per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	$M_{w,max}$
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Fig. 29: Valori di $M_{w,max}$ per le Zone sismogenetiche di ZS9 (GRUPPO DI LAVORO, 2004).

Il territorio in esame appartiene, o è strettamente adiacente alla zona sismogenetica 908: **la Magnitudo massima attesa sul sito è $M_w = 6.14$ pertanto $M_w > 5$.**

- la circostanza di cui al **punto 2** del § 7.11.3.4.2. NTC-08 “accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g” si è verificata;

L'accelerazione massima attesa (A_{max}) si calcola nel seguente modo:

$$A_{max} (m/s^2) = S_s \cdot S_t \cdot a_g(g) \quad (2)$$

Ai sensi della normativa vigente la A_{max} da valutare è quella relativa allo stato limite SLV. Per i calcoli precedentemente effettuati la (2) diventa:

$$A_{max} (m/s^2) = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,062g = \underline{0,0744g} < 0,1g$$

- la circostanza di cui al **punto 3** del § 7.11.3.4.2. NTC-08 “profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali”: si è verificata in quanto fino alla profondità di 15 m non è mai stata riscontrata la falda né durante le indagini penetrometriche, né nei sondaggi più profondi (falda sempre superiore ai 20 m dove intercettata); si veda anche quanto esposto in precedenza nel § 4.2 e § 4.3.1.;
- la circostanza di cui al **punto 4** del § 7.11.3.4.2. NTC-08 “depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ ”: non è possibile verificarla completamente per mancanza di dati N_{SPT} da sondaggi fino a 30 m di profondità. È ragionevole, tuttavia, concludere, viste le prove penetrometriche (presenza di depositi fluvio-glaciali grossolani e ciottolosi ed aventi risultati che hanno raggiunto il rifiuto), che anche questa circostanza sia verificata.
- la circostanza di cui al **punto 5** del § 7.11.3.4.2. NTC-08 “distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$: non è possibile verificarla per mancanza di dati di laboratorio. È ragionevole, tuttavia, concludere, viste le prove penetrometriche e dei sondaggi (presenza di depositi fluvio-glaciali grossolani e ciottolosi), che anche questa circostanza sia verificata.

Per quanto sopra verificato si può affermare che, essendosi manifestate almeno una (in realtà più di una) delle condizioni di cui al § 7.11.3.4.2. NTC-08, **non sussistono le condizioni di pericolo di liquefazione.**

5.7. RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

Parametri sismici del sito in esame	
coordinate ED50	Lat. 45,066566 [°] Long. 7,658282 [°]
Vita nominale (V_N)	50 anni
Classe d'uso	III
Coefficiente (C_U)	1,5
Periodo di riferimento (V_R)	75 anni
Categoria suolo	B
Categoria topografica	T1

Coefficienti sismici sito	SLO	SLD	SLV	SLC
S_S Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
C_C Coeff. Funz. categoria	1,53	1,50	1,42	1,41
S_T Amplificazione topografica	1,0	1,0	1,0	1,0
A_{max} (m/s^2)	0,333	0,399	0,739	0,872





6. CONCLUSIONI

Nel corso dell'indagine sono state descritte le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del sito in esame, di cui è stato ricostruito il *MODELLO GEOLOGICO* ed una *MODELLAZIONE SISMICA*. Tale ricostruzione si è basata, oltre che sui risultati di indagini di precedenti lavori nello stesso settore, sui rilievi di campagna, anche sui risultati di una campagna di indagini geognostica costituita da n°3 sondaggi.

Complessivamente ed in sintesi emerge quanto segue:

- L'area oggetto di indagine risulta caratterizzata, dal punto di vista geologico, da un depositi fluviali e fluvio-glaciali, prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi, con ciottoli, ascrivibili al SINTEMA DI FRASSINERE – SUBSINTEMA DI COL GIANSESCO (in CARTA GEOLOGICA D'ITALIA – CARG – indicate AFR₂) (**Livello stratigrafico 2**), ricoperti in superficie da terreno di riporto eterogeneo ed eterometrico rimaneggiato (**Livello stratigrafico 1**).
- L'area in esame è caratterizzata da pericolosità geologica, geomorfologica ed idraulica bassa se non nulla.
- Nell'area è sì presente una falda, intesa come orizzonte acquifero continuo ed arealmente esteso, ma al momento delle indagini né in quelle pregresse, non si è riscontrata la presenza di acqua a quote superficiali né più in profondità nel sottosuolo, almeno fino alla quota di indagine. La presenza della falda si attesterebbe, secondo indagini pregresse e di bibliografia intorno ai -20 m circa da p.c.
- È possibile in questa sede anticipare che i terreni interessati dai carichi delle fondazioni saranno quelli del **Livello stratigrafico 1**, salvo verifiche sulle azioni e resistenze che obblighino al ricorso a soluzioni alternative.
- Sono state descritte, inoltre, le caratteristiche sismiche del sito (*MODELLAZIONE SISMICA*). Tale caratterizzazione si è basata principalmente sui risultati di un'indagine sismica passiva HVSr (eseguita nell'ottobre 2015 per il fabbricato adiacente) consistente in n°3 registrazioni di rumore sismico. Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica del suolo di fondazione come da normativa vigente, nei primi 30 m al di sotto del piano di fondazione si rientra nella **Categoria B**, in accordo con i risultati dell'indagine sismica con metodologia MASW eseguita per i lavori della Residenza "Cesare Codegone" confermandone le conclusioni.
- È stata analizzata la stabilità nei confronti della liquefazione, che nel caso in esame, può essere omessa in quanto si è verificata almeno una delle condizioni di cui **§ 7.11.3.4.2. NTC-08**. Al **§ 5.6**. sono riassunti i parametri sismici per la progettazione.

Si può dunque affermare che non sussistono al momento particolari vincoli o restrizioni di natura geologica alla realizzazione del progetto.





Realizzazione di nuove aule per studenti Via Borsellino n°53 - Torino

Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica

Nella **Relazione Geotecnica** saranno esposte le caratteristiche geotecniche dei terreni e le modalità e gli accorgimenti tecnici propedeutici alla progettazione strutturale e relativi all'esecuzione dell'intervento stesso, nonché le relative verifiche sulla sicurezza e prestazioni.

*Si ritiene, pertanto, che l'approfondimento posto sia commisurato alle finalità progettuali ed alla complessità geologica del sito per cui lo scrivente certifica che il progetto che accompagna la presente **Relazione Geologica** ai fini della modellazione geologica, è pienamente compatibile con l'ambiente geologico circostante e che non modifica la pericolosità locale verso terzi, certificandone l'adeguatezza dal punto di vista della pericolosità geologica del sito ad ospitare l'intervento in progetto, fatte salve le corrette regole costruttive e le prescrizioni ivi presenti.*

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza del **D.M. 14/01/2008** "Norme tecniche per le costruzioni" e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica e sismica per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione.

Asti, giugno 2016

Dott. Geol. Duccio Ivo Platone

N. 574 dell'Ordine dei Geologi del Piemonte



P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Realizzazione di nuove aule per studenti Via Borsellino n°53 - Torino

Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica

ALLEGATO I – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Realizzazione di nuove aule per studenti Via Borsellino n°53 - Torino

Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica



S1/2016



S2/2016

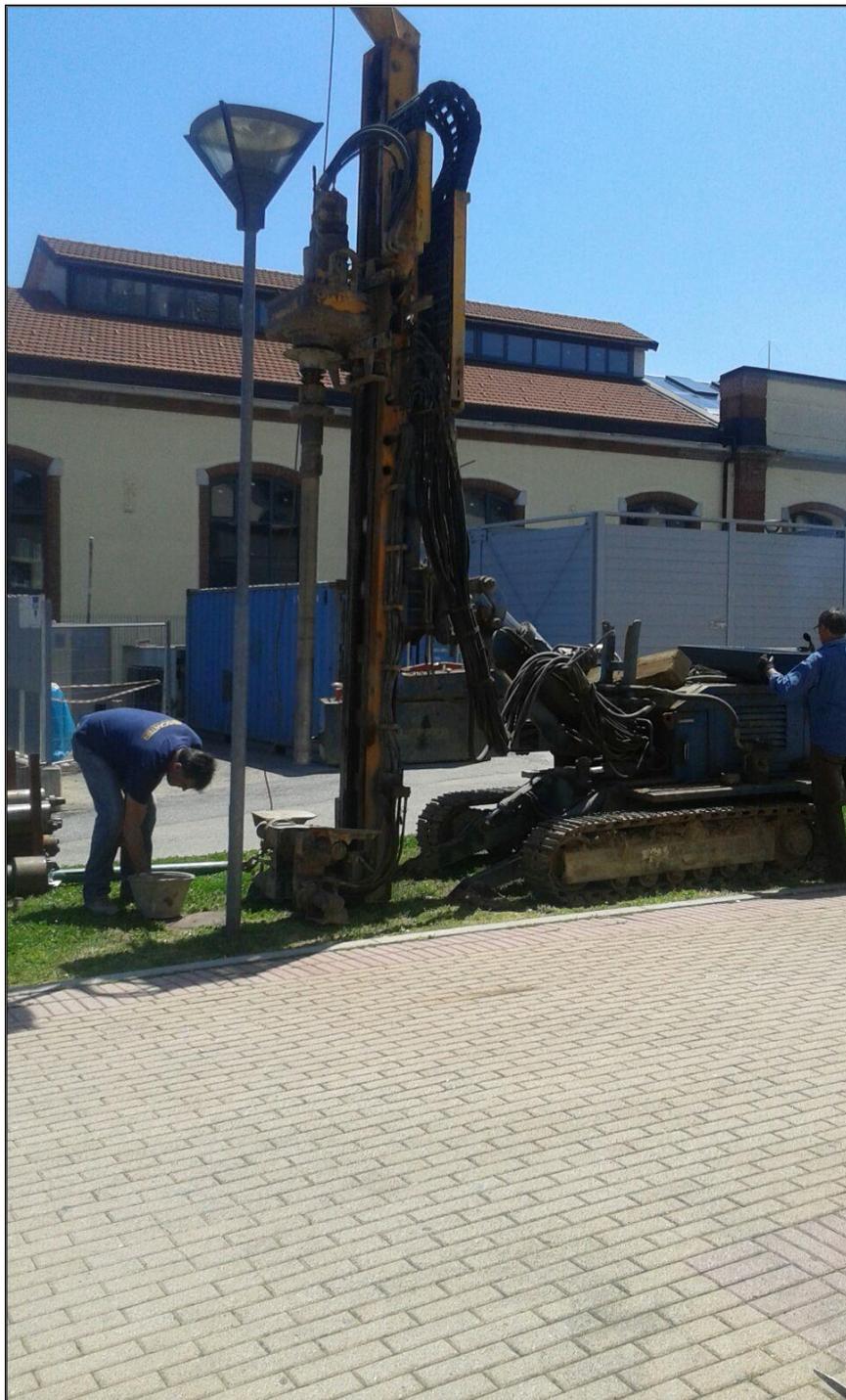
P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



S3/2016

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Realizzazione di nuove aule per studenti Via Borsellino n°53 - Torino

Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica

ALLEGATO II – INDAGINE GEOFISICA HVSr (OTTOBRE 2015)

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



STRUMENTAZIONE: CARATTERISTICHE TECNICHE

1 Tromino®	Numero di serie	TRZ – 0086/01 – 10
	Strumento ultraportatile (10 x 14 x 7 cm, < 1 kg) tutto in uno progettato specificamente per la misura dei microtremori e delle vibrazioni. <ul style="list-style-type: none">• Trasduttori• amplificatori• digitalizzatore• pre-analizzatore• memoria flash• alimentazione (2 batterie alcaline AA da 1.5 V)• 2 set di piedini per accoppiamento al suolo banda di lavoro 0,1-200 Hz tutto nello stesso contenitore, assenza totale di cavi esterni per eliminare vibrazioni indotte. <i>Produttore: Micromed s.p.a., Via Giotto 1 – Mogliano V.to (TV)</i> www.tromino.it ; www.micromed-it.com	
	Trasduttori	3 canali velocimetrici per microtremore sismico ambientale (saturazione ± 1.2 mm/s in banda); Velocimetri elettrodinamici tricomponenti (N-S, E-W, verticale)
	Range di frequenze di attività strumentale	0,1 Hz ÷ 250 Hz
	Frequenza di campionamento	frequenze di campionamento 128, 256, 512 Hz su tutti i canali; adottata 128 Hz.
	Taratura	Effettuata su tavola piezoelettrica calibrata all'interferometro laser
	Accoppiamento col terreno	Diretto, ad appoggio
Software <i>Grilla</i>	Per l'immagazzinamento dei tracciati acquisiti e la loro analisi nei domini del tempo e della frequenza. <i>Produttore: Silvia Castellaro per conto di Micromed s.p.a.</i> <i>Via Giotto 1 – Mogliano V.to (TV)</i> www.tromino.it ; www.micromed-it.com ;	



Tromino® della ditta MICROMED S.R.L





INDAGINE SISMICA PASSIVA: REGISTRAZIONE H/V-1

Cantiere: Via Boggio – Politecnico di Torino; Località: Torino (TO)

Instrument: TRZ-0086/01-10

Start recording: 31/10/15 11:56:58 End recording: 31/10/15 12:16:59

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 73% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

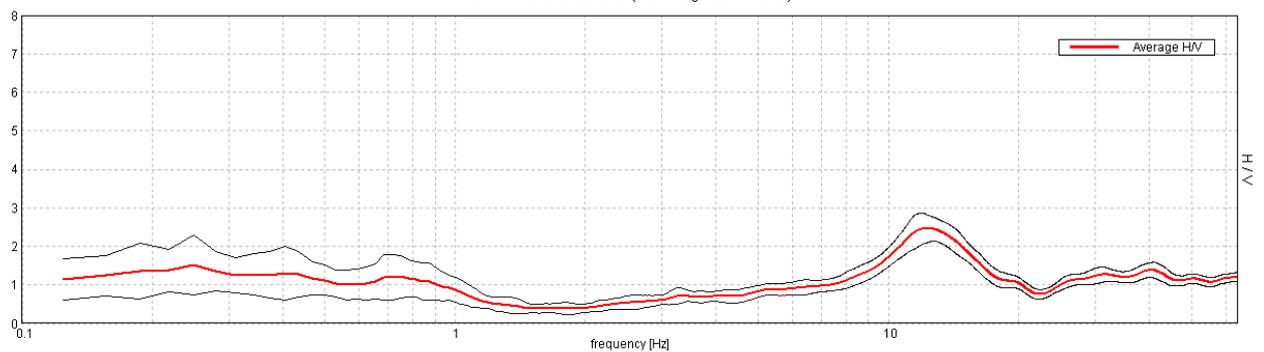
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

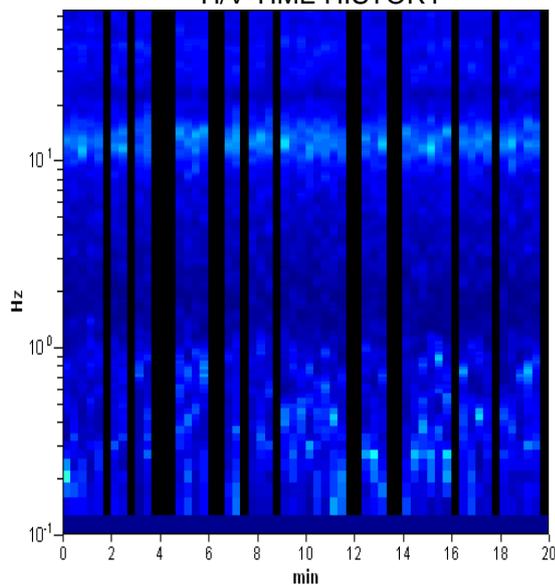
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

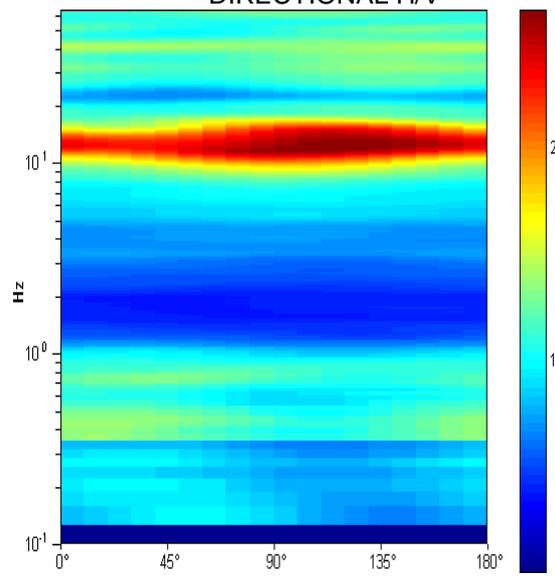
Max. H/V at 12.13 ± 0.8 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



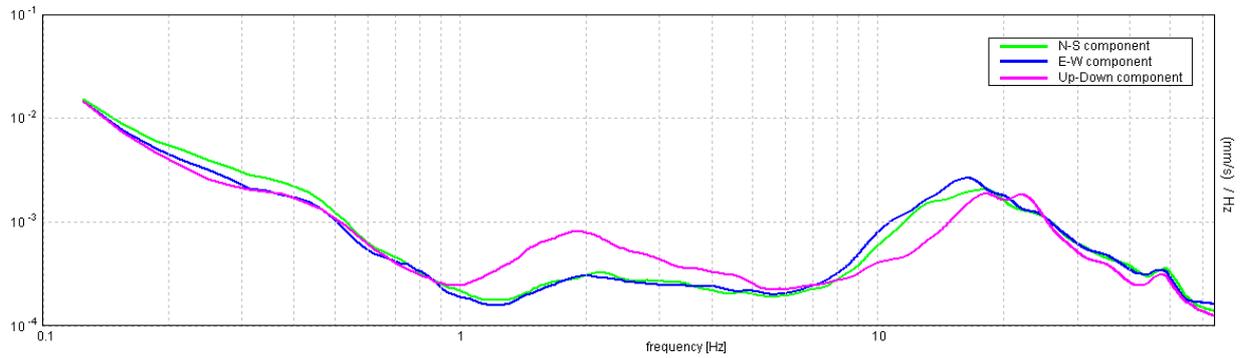
Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO

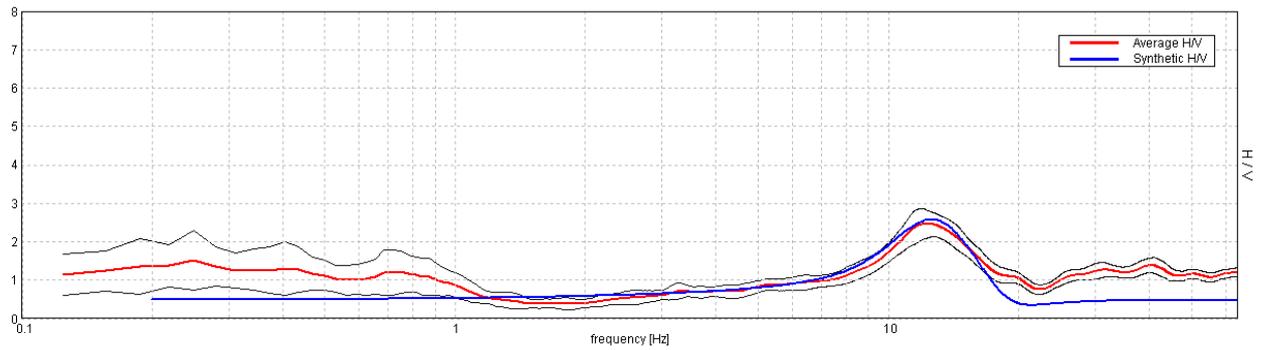


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 12.13 ± 0.8 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.80	4.80	239	0.35
inf.	inf.	550	0.25

Vs(0.0-30.0)=455m/s

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



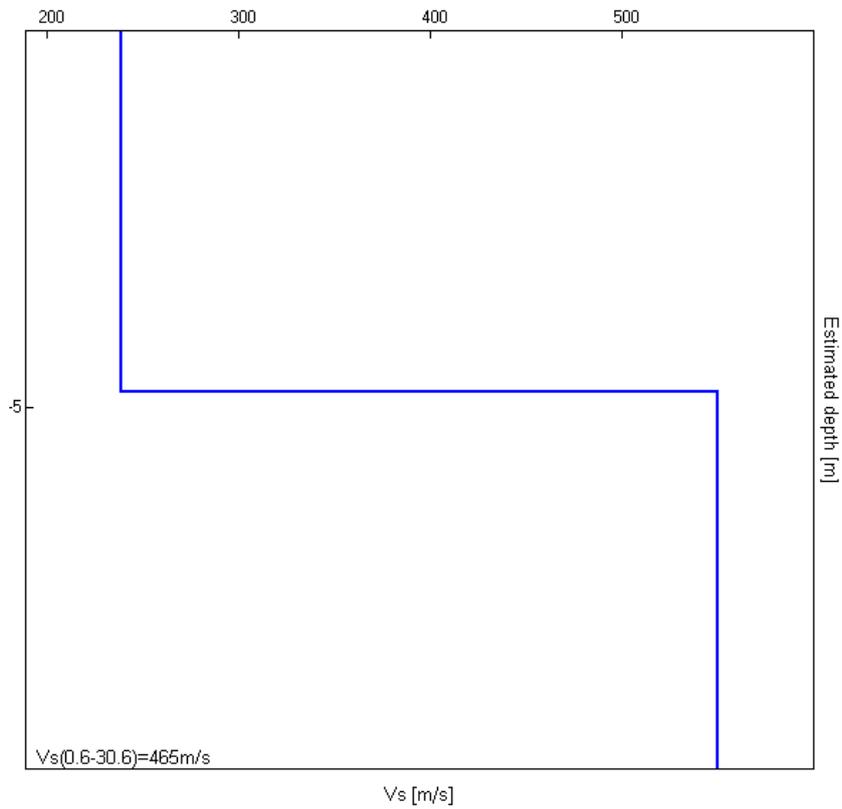
Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica



H/V-1

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



According to the SESAME, 2005⁴ guidelines

Max. H/V at 12.13 ± 0.8 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	12.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	10670.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 583 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.438 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	17.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.46 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03214 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3897 < 0.60625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1897 < 1.58	OK	

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

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

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

⁴ I primi 3 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti

I secondi 6 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricordi che eventuali NO su alcune o tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Una registrazione su roccia sana darebbe NO su tutti questi criteri.

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



INDAGINE SISMICA PASSIVA: REGISTRAZIONE H/V-2

Cantiere: Via Boggio – Politecnico di Torino; Località: Torino (TO)

Instrument: TRZ-0086/01-10

Start recording: 31/10/15 12:23:55 End recording: 31/10/15 12:43:56

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)

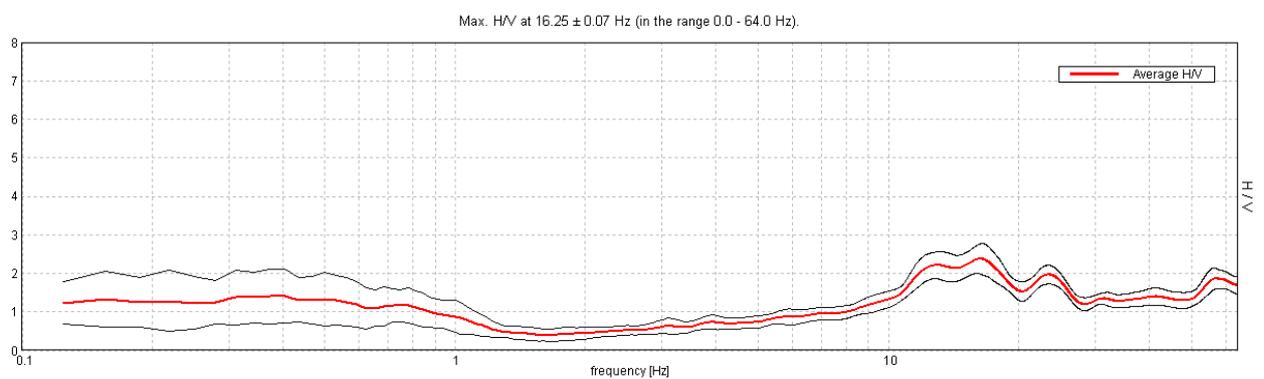
Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 20 s

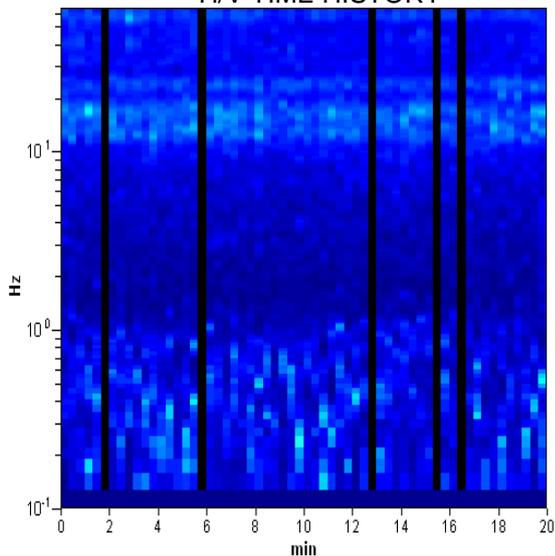
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

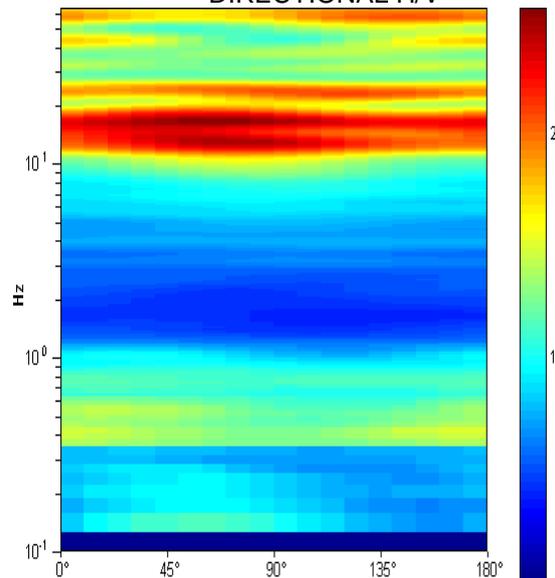
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



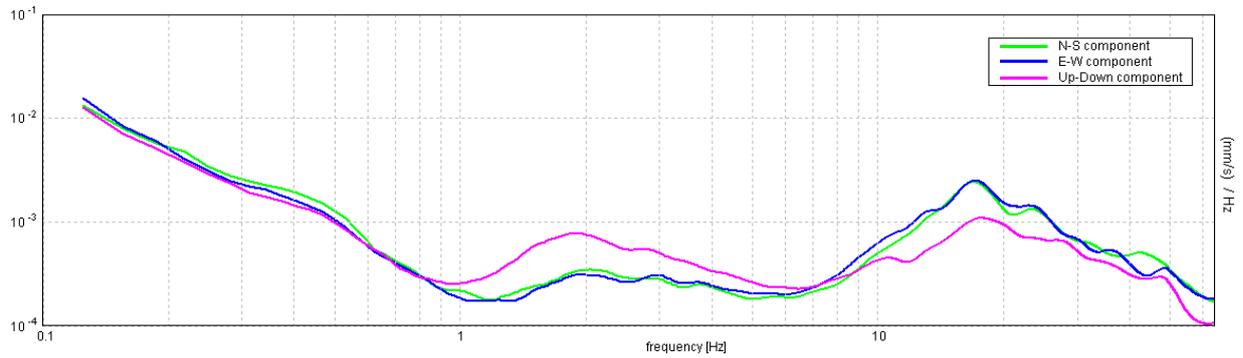
Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



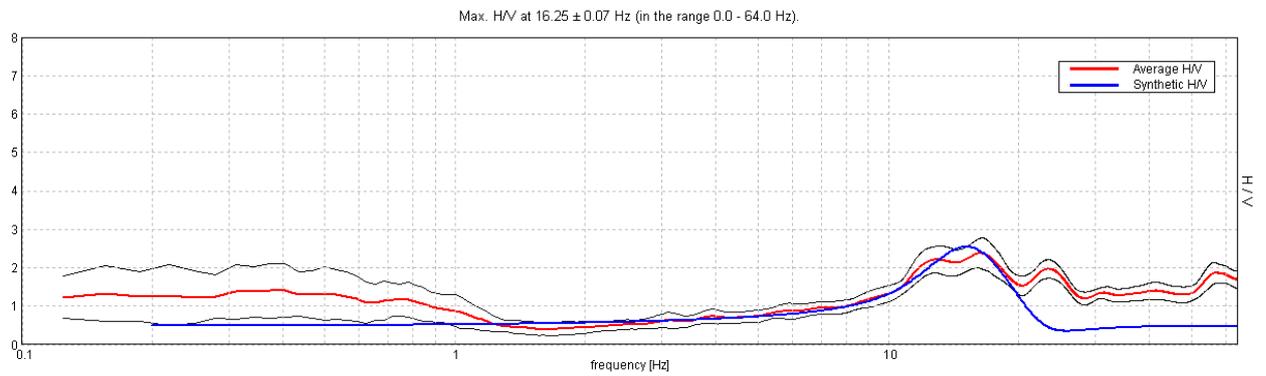
Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	240	0.35
inf.	inf.	550	0.25

Vs(0.0-30.0)=469m/s

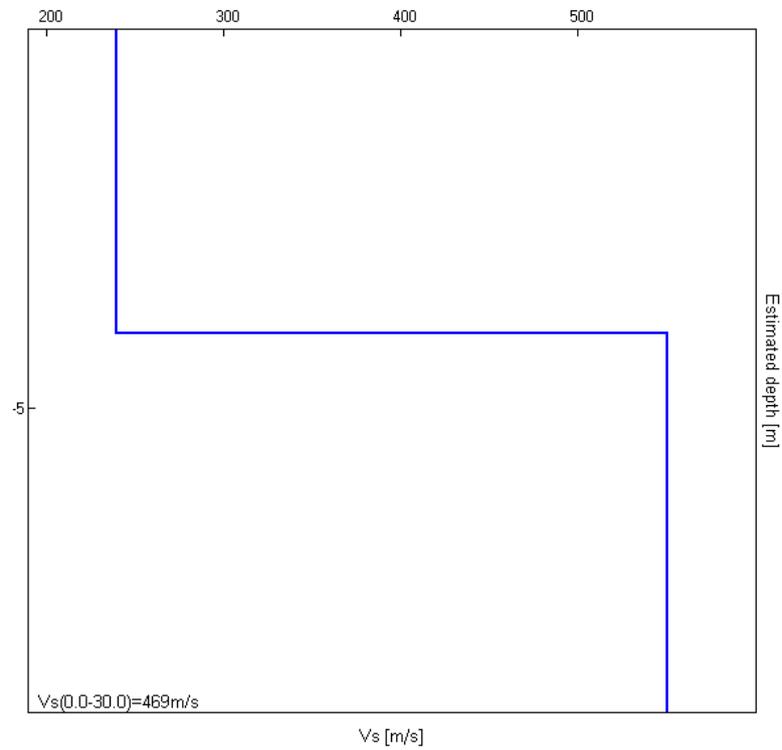
P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



H/V-2

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO

According to the SESAME, 2005⁵ guidelines

Max. H/V at 16.25 ± 0.07 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	16.25 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	17875.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 781 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.063 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.38 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00225 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.03655 < 0.8125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1933 < 1.58	OK	

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

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

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

⁵ I primi 3 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti

I secondi 6 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricordi che eventuali NO su alcune o tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Una registrazione su roccia sana darebbe NO su tutti questi criteri.

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



INDAGINE SISMICA PASSIVA: REGISTRAZIONE H/V-2

Cantiere: Via Boggio – Politecnico di Torino; Località: Torino (TO)

Instrument: TRZ-0086/01-10

Start recording: 31/10/15 12:46:11 End recording: 31/10/15 13:06:12

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

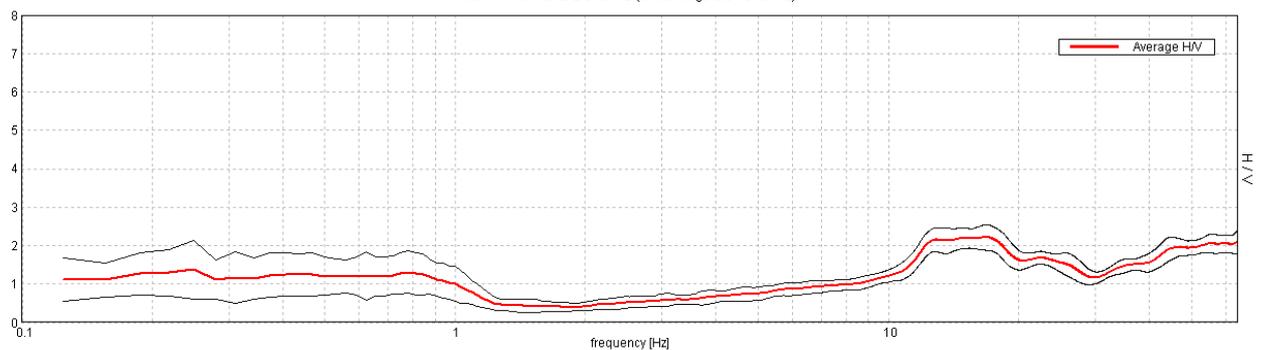
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

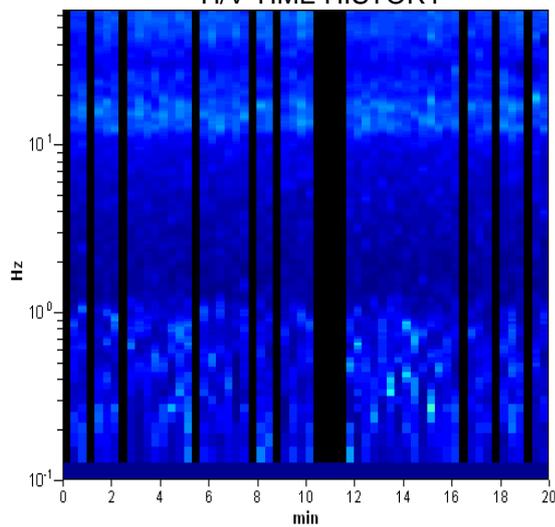
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

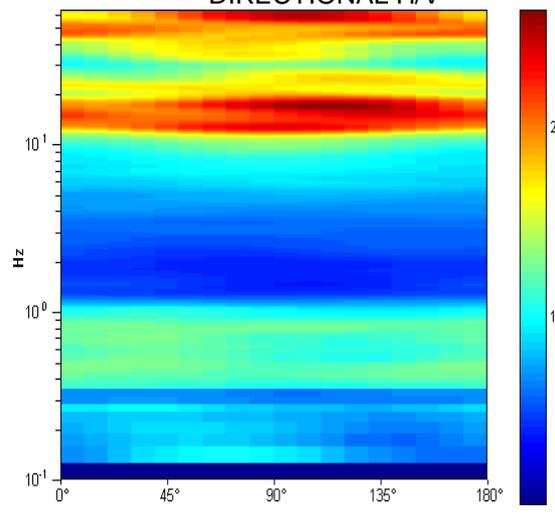
Max. H/V at 16.72 ± 0.49 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



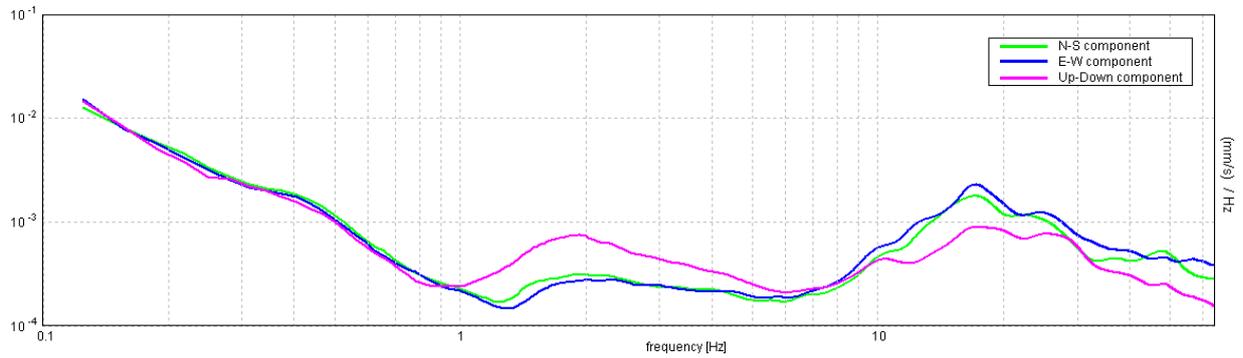
Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



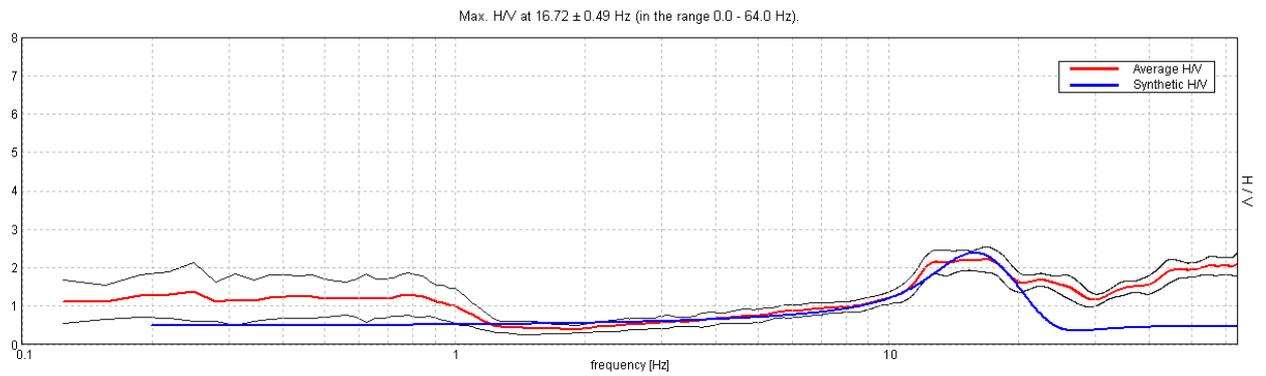
Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.80	3.80	240	0.35
inf.	inf.	540	0.25

Vs(0.0-30.0)=466m/s

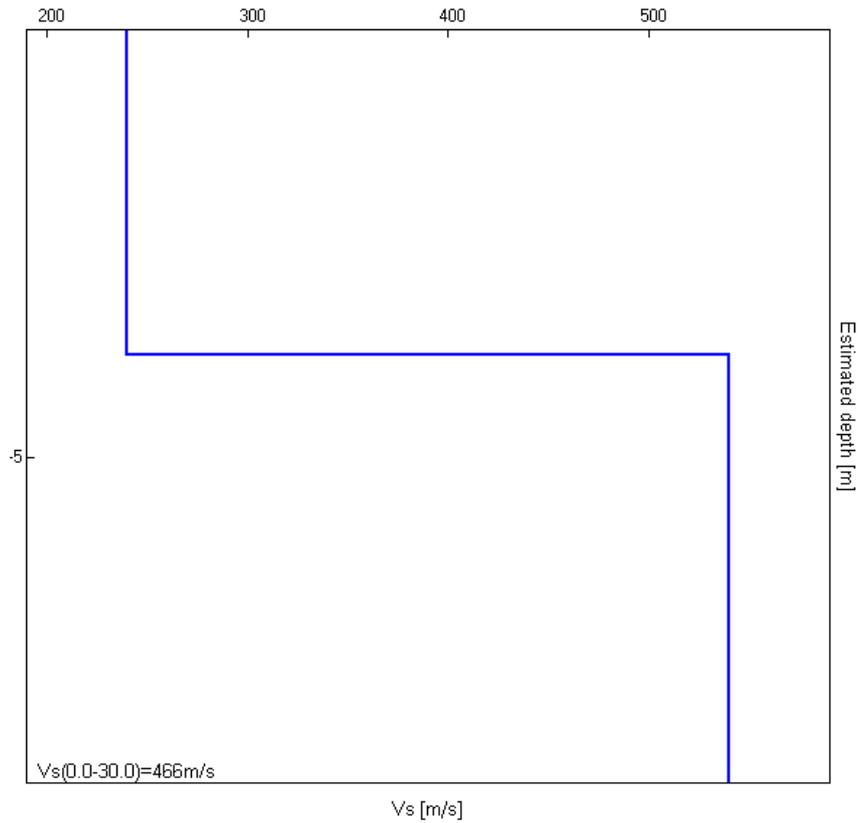
P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



H/V-3

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



According to the SESAME, 2005⁶ guidelines

Max. H/V at 16.72 ± 0.49 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	16.72 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	15715.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 804 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.21 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.01447 < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.24198 < 0.83594	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1634 < 1.58	OK	

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

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

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

⁶ I primi 3 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti

I secondi 6 criteri della tabella SESAME (2005) dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile ma si ricordi che eventuali NO su alcune o tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Una registrazione su roccia sana darebbe NO su tutti questi criteri.

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



Realizzazione di nuove aule per studenti Via Borsellino n°53 - Torino

Relazione Geologica e Relazione sulla Modellazione sismica

ALLEGATO III – INDAGINE GEOGNOSTICA (MAGGIO 2016)

P.S. STUDIO
Progettazione sostenibile



Geologo incaricato
Dott. Geol. Duccio Ivo PLATONE



Collaboratori
Dott. Geol. Marco Di COSMO



POLITECNICO DI TORINO



INDAGINE GEOGNOSTICA
AULE "R"
VIA PIER CARLO BOGGIO TORINO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

REDATTO DA:
Dott. COLLA M.

Maggio 2016



REVISIONI: 00

Via Piave 13
12037 SALUZZO (CN)
Tel/Fax 0175211047
info@somiter.eu



INDICE

INTRODUZIONE.....	1
INDAGINE GEOGNOSTICA.....	2
PROVE SPT	4
STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI	6
FOTOGRAFIE DELLE CASSETTE CATALOGATRICI	7

INTRODUZIONE

Nella presente relazione illustrativa vengono riportati i risultati dell'indagine geognostica, condotta dalla SOMITER s.r.l. di Saluzzo, su incarico del POLITECNICO di Torino

Tale indagine è stata realizzata allo scopo di ricostruire in dettaglio la situazione geologica presente presso il Blocco di Aule "R" ubicato in Via Pier Carlo Boggio.

Per la ricostruzione litostratigrafica di dettaglio dell'area in oggetto sono stati eseguiti tre sondaggi meccanici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 8,00 m da piano campagna.

Nel corso della perforazione del sondaggio sono state eseguite n°3 prove SPT per ogni sondaggio.

Nelle pagine seguenti, dopo una breve descrizione delle tecniche utilizzate, si riportano i risultati dell'indagine realizzata.

INDAGINE GEOGNOSTICA

La campagna di indagine geognostica in oggetto a questa relazione illustrativa è stata eseguita mediante la perforazione di un sondaggio meccanico a carotaggio continuo, eseguito con la sonda perforatrice CMV 600.

L'indagine geognostica eseguita è stata così condotta:

- esecuzione di un sondaggio geognostico denominato S.1, spinto fino alla profondità di 8,00 m da piano campagna e n°3 SPT alle quote di 1,50 - 3,00 - 4,50m da piano campagna.
- esecuzione di un sondaggio geognostico denominato S.2, spinto fino alla profondità di 8,00 m da piano campagna e n°3 SPT alle quote di 1,50 - 3,00 - 4,50m da piano campagna.
- esecuzione di un sondaggio geognostico denominato S.3, spinto fino alla profondità di 6,00 m da piano campagna e n°3 SPT alle quote di 1,50 - 3,00 - 4,50m da piano campagna.

La perforazione è stata condotta a rotazione a carotaggio continuo utilizzando carotieri semplici di \varnothing 101 mm con corone a prismetti in widia, effettuando un avanzamento "a secco" per poter garantire una percentuale di materiale estratto uguale al corrispondente volume di materiale in posto.

Tale sistema di avanzamento ha consentito il recupero sia delle frazioni fini che di quelle grossolane, con una percentuale di recupero media del 90% del materiale attraversato.

Il materiale estratto nel corso della perforazione è stato riposto in apposite cassette catalogatrici, adatte a contenere cinque carote da un metro ciascuna.

Si è reso necessario, durante la perforazione, sostenere le pareti del perforo con tubi di rivestimento provvisori in metallo (diametro $\varnothing = 127$ mm), onde evitare fenomeni di franamento, impiegando acqua come fluido di circolazione con il metodo a circolazione diretta, con funzione sia di raffreddamento dell'utensile di perforazione (scarpa) sia di trasporto dei detriti di perforazione in superficie.

Il fluido di perforazione è stato immesso in foro a pressioni variabili tramite una pompa triplex tipo Nenzi.

Per i sondaggi effettuati è stata redatta la stratigrafia (allegata alla presente relazione), nella quale viene riportata una descrizione dettagliata del terreno indagato.

PROVE SPT

Nel corso delle perforazioni dei sondaggi realizzati sono state eseguite complessivamente n°6 prove S.P.T. (Standard Penetration Test), impiegando il campionatore tipo Raymond, utilizzando la punta aperta, in funzione delle caratteristiche granulometriche mediamente fini dei terreni attraversati.

Per l'esecuzione delle prove S.P.T. è stata impiegata un'attrezzatura con caratteristiche conformi alle norme ASTM 1586/67 "Penetration test and split barrel sampling of soils".

Durante l'esecuzione delle prove sono stati contati i colpi del maglio N_{SPT} necessari ad infiggere il campionatore di tre tratti consecutivi da 15 cm, considerando come valore di N_{SPT} la somma degli ultimi due tratti.

Nelle pagine seguenti vengono riportati le tabelle relativi alle prove eseguite in cantiere.

Sondaggio S.1

Profondità (m)	(n° colpi)	N _{Spt}
1,50	2-4-3	7
3,00	8-4-6	10
4,50	R (10cm)	Rifiuto

Sondaggio S.2

Profondità (m)	(n° colpi)	N _{Spt}
1,50	4-3-6	9
3,00	6-6-6	12
4,50	36-40-42	Rifiuto

Sondaggio S.3

Profondità (m)	(n° colpi)	N _{Spt}
1,50	2-5-3	8
3,00	7-10-8	18
5,50	42-R(7cm)	Rifiuto

STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

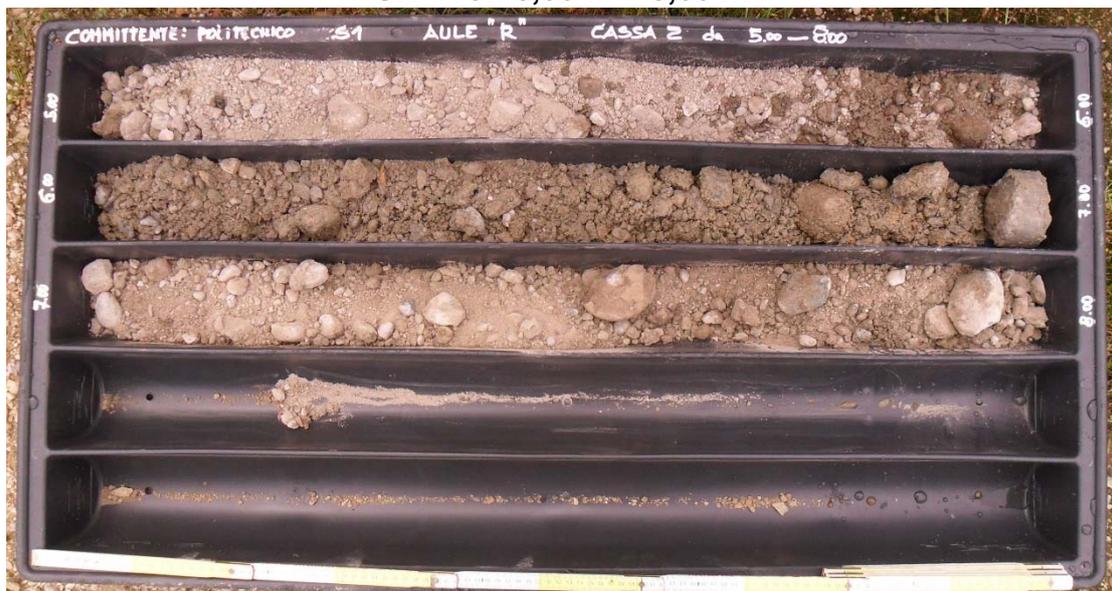
FOTOGRAFIE DELLE CASSETTE CATALOGATRICI

Sondaggio S.1

S.1 Prof. 0,00 m – 5,00 m



S.1 Prof. 5,00 m – 8,00 m



Sondaggio S.2

S.2 Prof. 0,00 m – 5,00 m



S.2 Prof. 5,00 m – 6,00 m



Sondaggio S.3

S.3 Prof. 0,00 m – 5,00 m



S.3 Prof. 5,00 m – 6,00 m





SOMITER S.R.L.

Sede legale e operativa: Via Piave, 13 - 12037 Saluzzo (CN) - Tel. e Fax +39 0175 211047

Unità locale: Via Caduti del Lavoro, 11A - 11026 Pont Saint Martin (AO) - Tel. e Fax +39 0125 1969360

www.somiter.eu - info@somiter.eu - somitersrl@legalmail.it

C.F. e P.IVA 03311880045 - R.E.A. CN280337