



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



**MINISTERO
DELLA
CULTURA**



FONDAZIONE
ORDINE MAURIZIANO

Missione 1 - Digitalizzazione, innovazione, competitività e cultura, Component 3 – Cultura 4.0 (M1C3), Misura 2 “Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale”, Investimento 2.3: “Programmi per valorizzare l’identità dei luoghi: parchi e giardini storici”.

PALAZZINA DI CACCIA DI STUPINIGI

PROGETTO DI RECUPERO E RESTAURO DEL GIARDINO STORICO INTERNO ALLE MURA

OGGETTO:

**RELAZIONE GEOLOGICA
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA**

**PROGETTO
DEFINITIVO**

DATA: 03/2023

REV. 0

ST_PNRR_GI_22_DE_GGS

Il R.U.P. :

Dott.ssa Marta Fusi (Fondazione Ordine Mauriziano)

PROGETTO:

CONSORZIO DELLE RESIDENZE REALI SABAUDE:

- Arch. Maurizio Reggi e Arch. Alessia Bellone (Progetto Generale)

F.O.M.:

-Ing. Luigi Valdemarin (Coordinatore in fase di progettazione)

-IMPRO S.r.l / Ing. Remo Giulio Vaudano (Strutture e impianti)

Collaborazioni Specialistiche:

- Dott. Naturalista Ivan Di Già (Studio di Incidenza:habitat, vegetazione, flora e fauna, ZSC IT1110004 Stupinigi)

- Studio Associato Planta / Dott. Forestale Roberto Martinis, Dott. Forestale Andrea Alberto Rettori (Relazione Fitostatica e definizione degli interventi sulla componente arborea esistente)

- S.R.G. Studi e Rilievi Geologici / Geol. Michele De Ruvo (Indagini geologiche, geotecniche, sismiche ed ambientali)



Localizzazione:

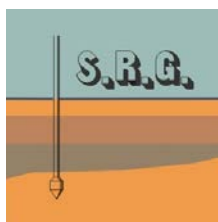
REGIONE PIEMONTE
CITTA' METROPOLITANA DI TORINO
COMUNE DI NICHELINO

Committente:

FONDAZIONE ORDINE MAURIZIANO

Oggetto:

PROGETTO DI RECUPERO E RESTAURO DEL
GIARDINO STORICO INTERNO ALLE MURA,
PALAZZINA DI CACCIA DI STUPINIGI



INDAGINI IN SITU E DI LABORATORIO
GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE

Studio associato dr. Michele De Ruvo e dr. Pier Augusto Favole:
Vicolo Salzea n.24 - 10028 TROFARELLO (TO)
Tel e fax 011-6490619
www.rilievi-geologiatecnica.it srg@fastwebnet.it

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Timbro e firma:



Riferimenti:

18G-23/15-1707/dr

Revisione n. 0

Collaboratore:

dr.geol. Chiono Daniela

Data:

10/02/23

La riproduzione, anche parziale, del presente elaborato mediante mezzi elettronici, meccanici o altri non è consentita senza l'autorizzazione scritta dell'autore. Ogni abuso sarà perseguito a termini di legge.

INDICE

PARTE PRIMA - RELAZIONE GEOLOGICA

1. Premessa	5
2. Inquadramento generale	5
3. Inquadramento Geologico-Geomorfologico.....	6
4. Inquadramento Idrogeologico ed Idraulico	6
5. Modello geologico	7
6. Normativa sismica.....	7
7. Conclusioni e raccomandazioni.....	8

PARTE SECONDA - RELAZIONE GEOTECNICA

1. Studi e indagini.....	10
1.1 Indagini dirette.....	10
1.2 – Rilievo geofisico MASW	11
2. Modello geotecnico	12
3. Tipologia delle opere, dati costruttivi sull'esistente e dati disponibili in zona.....	13
4. Caratterizzazione geotecnica.....	13
5. Considerazioni tecniche sulle opere in progetto.....	14
6. Considerazioni tecniche su rilevati e sottofondi in progetto.....	15
6.1 - Normativa di riferimento.....	15
6.2 - Specifiche tecniche sulla formazione del rilevato	16
6.3 - Controlli	19
6.4 - Specifiche ambientali sul riempimento/reinterro.....	20
7. Conclusioni.....	21

Allegati

All.n. 1	Inquadramento geografico ed ubicazione del sito su C.T.R. e DBTRE (a) e ortofoto AGEA 2018 (b),
All.n. 2	Inquadramento geologico su Carta Geologica d'Italia (a) e su Carta geomorfologica da P.R.G.C. (b) e Carta Geoidrologica da PRGC (c)
All.n. 3	Estratto Carta di Sintesi da PRGC (a) e Carta idrogeologica da Geoportale Arpa Piemonte (b)
All.n. 4	Ubicazioni indagini su mappa satellitare (a) e su planimetria di progetto (b)
All.n. 5	Profili penetrometrici SCPT (a-b)
All.n. 6	Stratigrafie pozzetti esplorativi
All.n. 7	Rilievo geofisico MASW
All.n. 8	Documentazione fotografica indagini

PARTE PRIMA

RELAZIONE GEOLOGICA

1. Premessa

Il presente Studio geologico-tecnico è stato redatto in conformità alla normativa tecnica vigente (D.M. 17/1/18 "Norme tecniche per le costruzioni" e la relativa Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici e D.M. LL.PP. 11/3/88 n°127 con circolari attuative M.LL.PP. 24/9/88 n.30483 e P.G.R. 18/5/90 n.11/PRE, O.P.C.M. n.3274/2003) ed ai fini della redazione del progetto di recupero e restauro del giardino storico interno alle mura della Palazzina di Caccia di Stupinigi, nel comune di Nichelino (TO).

Per la presente fase di supporto geologico-tecnico alla stesura del progetto, si sono utilizzati i dati del rilevamento geologico-geomorfologico dell'area nonché i dati geognostici derivanti da indagini effettuate in sito il 12/01/2023.

L'attività si è articolata nei seguenti punti:

- esame della documentazione disponibile in letteratura e presso archivi pubblici in merito all'argomento, alla situazione geologica generale e alla situazione stratigrafica locale;
- rilievo geomorfologico dell'area;
- realizzazione n. 8 pozzetti esplorativi, n. 2 prove penetrometriche dinamiche SCPT e di n.1 rilievo geofisico MASW in data 12/01/2023;
- modello geologico e caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione;
- verifica delle condizioni di stabilità dell'area;
- caratterizzazione idrogeologica;
- considerazioni tecniche sulle opere in fase di progettazione architettonica.

Vengono di seguito riportate le fonti delle notizie geologico-tecniche ed idrogeologiche, relative alla zona in oggetto, ritenute fondamentali alla stesura del Progetto, desunte dalla letteratura scientifica disponibile o estratti da archivi pubblici. Esse si riferiscono in particolare alla documentazione bibliografica relativa alle condizioni geologiche ed idrogeologiche dell'area urbana di Nichelino:

- Carta geologica d'Italia (successivamente citata) e relative Note illustrative;
- Banca dati Geologia e processi di dissesto di A.R.P.A. Piemonte;
- documentazione bibliografica relativa alle condizioni geologiche ed idrogeologiche dell'area urbana di Nichelino: Carta geologica (precedentemente citata) e relative Note illustrative, Allegati geologici al P.R.G.C..

2. Inquadramento generale

L'area in oggetto è situata nella parte Ovest del territorio comunale di Nichelino, tra i comuni di Candiolo, Vinovo e Orbassano (all.n.1).

Si tratta di un'area storica facente parte del circuito delle Regge Sabaude e che, da un punto di vista morfologico, è rimaneggiata e si presenta generalmente subpianeggiante, con ondulazioni e con debole declivio verso le alluvioni degli alvei attuali.

La rete idrografica superficiale in prossimità dell'area risulta così distribuita:

- Canale del Mulino circa 400 m a Nord dell'area;
- Torrente Sangone circa 2 km a Nord dell'area;
- Torrente Chisola circa 5,4 km a Sud dell'area.

Nella cartografia ufficiale l'area è compresa nel Foglio n. 173040 della Carta Tecnica Regionale del Piemonte (in all.n.1 alla scala 1:10000) e nel Foglio n.68 "Carmagnola" della Carta Geologica d'Italia.

Le coordinate WGS84. dell'area sono: 44,99447 N – 7,60514 E e la quota media sul livello del mare è pari a circa 242 m s.l.m..

La classe di rischio geomorfologico attribuita all'area nella Carta di Sintesi della Pericolosità geomorfologica allegata al vigente P.R.G.C. è la “**Classe IIa** – Settori caratterizzati da condizioni di moderata pericolosità - porzioni di territorio caratterizzate dalla presenza di suoli sede di possibili fenomeni di ritenzione idrica o di modesti allagamenti legati al reticolo idrografico minore” (all.n.3a).

3. Inquadramento Geologico-Geomorfologico

L'area in oggetto fa parte dei terreni alluvionali su cui è situata la gran parte della Provincia di Torino e più in generale la pianura torinese a Sud del capoluogo.

L'assetto geologico della pianura può essere schematizzato evidenziando la presenza di distinti complessi alluvionali e fluvioglaciali, di varia origine e sovrastanti l'uno all'altro compresi tra il bordo alpino ad Ovest e quello collinare ad Est.

Dal punto di vista geologico, l'area è caratterizzata da depositi di origine alluvionale, appartenenti alla serie “*Fluviale-fluvioglaciale Riss*” (denominati flr nella Carta Geologica d'Italia); poco a Sud del sito oggetto d'indagine, si rinviene il limite con le “*Alluvioni medio-recenti*” (a₂ nel citato Foglio 68 della C.G.I. in all.n. 2a) legate al corso del Torrente Chisola, mentre a Nord sono presenti le alluvioni recenti del Torrente Sangone (a₁). Il Fluviale rissiano costituisce praticamente il sedime geologico dell'intera zona di pianura in oggetto ed è ricoperto parzialmente dalle coltri alluvionali medio-recenti (Pleistocene-Olocene), connesse con i corsi d'acqua maggiori.

Dal punto di vista litologico, si tratta di depositi ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi e sabbioso-argillosi, caratterizzati talora, per i primi 2 o 3 m, dalla tipica alterazione e argillificazione (paleosuolo) dovuta all'intensa attività pedogenetica durante il periodo interglaciale Riss-Wurm.

Localmente, il paleosuolo presenta uno spessore ridotto in coincidenza con la presenza di una coltre di accumulo eolico (loess), caratterizzata da depositi fini, sabbioso-limosi, talora anch'essa completamente argillificata.

Le “*Alluvioni medio-recenti*” sono costituite in prevalenza da depositi sabbiosi e sabbioso-argillosi, originati dai fenomeni di sovralluvionamento della pianura, causati dallo sbarramento formato dall'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana e dalla Collina di Torino (“Stretta di Moncalieri”), nei periodi successivi all'ultima glaciazione wurmiana. Lo spessore medio complessivo dei livelli è valutabile tra i 30 e i 40 metri.

Inferiormente sono presenti alternanze di limi e argille con sabbie e ghiaie, di origine fluvio-lacustre (“*Villafranchiano*”), a loro volta sovrastanti il substrato roccioso alpino o, più probabilmente nella zona in esame, il substrato terziario.

4. Inquadramento Idrogeologico ed Idraulico

Dal punto di vista idrogeologico, in base agli studi ed ai dati disponibili in letteratura o nel nostro archivio, nella zona sono presenti due livelli acquiferi principali, separati da un livello continuo di argilla lacustre:

1. un acquifero superficiale freatico, all'interno dei depositi fluviali e fluvioglaciali (Pleistocene-Olocene), di spessore compreso tra 20 e 50 m, legato all'attuale reticolato idrografico;
2. un acquifero profondo formato da un sistema multistrato in pressione, all'interno delle alternanze a diversa permeabilità dei depositi fluvio-lacustri Villafranchiani.

L'acquifero superficiale freatico è ospitato all'interno di terreni sabbioso-ghiaiosi con permeabilità media per porosità: la quota piezometrica assoluta media è compresa, secondo la Carta geoidrologica allegata al P.R.G.C., tra le quote 228 e 229 m s.l.m.: conseguentemente la soggiacenza è quindi pari a circa -13.0 m dal piano campagna (all.n.2c). Essa è collegata dal T. Sangone, con direzione generale di deflusso da Ovest verso Est.

Nel corso delle indagini effettuate non è stata riscontrata la presenza di un livello idrico fino alla profondità massima indagata.

Dal punto di vista idraulico la Carta Geomorfologica e degli eventi storici allegata al vigente P.R.G.C. non segnala riguardo all'area in oggetto, o in prossimità della stessa, zone alluvionabili o punti critici di deflusso superficiale (all.n. 2b).

5. Modello geologico

In base ai risultati delle indagini in sito e delle prove effettuate, la stratigrafia del sottosuolo dell'area evidenzia la presenza, al di sotto di un livello decimetrico di terreno vegetale e di paleosuolo, di un deposito alluvionale di alternanze di sabbie con ghiaietto, passante in profondità a depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi più compatti.

La stratigrafia, pertanto, può essere rappresentata, a partire dal piano campagna riferito al piano stradale, dai seguenti livelli:

- LIVELLO 1: sino a quota -0,4 m da p.c.: terreno vegetale e/o di riporto agricolo, costituito da limi argilloso-sabbiosi;
- LIVELLO 2: sino ad una quota pari a -1.0÷1,5 m da p.c.: paleosuolo giallo rossiccio;
- LIVELLO 3: sino a quota -1.8 m da p.c.: sabbie con ghiaietto alterate mediamente addensate, probabile alterazione del fluvioglaciale;
- LIVELLO 4: oltre -1.8 m: depositi fluvioglaciali con alternanze di livelli sabbioso-ghiaiosi con ciottoli e sabbie più o meno grossolane, relativamente addensati e compatti.

Nel corso delle indagini effettuate non è stata riscontrata la presenza della falda sino alla massima profondità indagata (-4,8 m della prova P2).

In base alla cartografia di Piano il livello statico risulta essere posto mediamente a quota 229 m s.l.m. rispetto ad una quota topografica di dettaglio pari a c.ca 242 m: conseguentemente la soggiacenza dovrebbe essere pari a circa -13.0 m dal p.c. attuale.

6. Normativa sismica

Il territorio comunale di Nichelino si caratterizza per un livello di sismicità medio-basso.

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n.3274 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'8 maggio 2003) è articolata in quattro zone. Le prime tre corrispondono alle aree con sismicità alta, media e bassa, mentre la zona 4 è di nuova introduzione; in questo modo, tutti i comuni italiani rientrano in una delle quattro categorie, eliminando l'idea comune che i territori non classificati siano certamente privi di rischi sismici, come nel caso in esame.

Secondo la suddetta classificazione il comune di Nichelino rientra, anche a seguito della

recente D.G.R. del Piemonte n. 6-887 del 30/12/19 che aggiorna la classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, nel grado medio basso, denominato **Zona sismica n. 3**: a tale classificazione corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale massima del suolo (frazione dell'accelerazione di gravità con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni) a_g/g maggiori di 0.05g.

Un maggior dettaglio sulla **Pericolosità sismica di base** si ottiene utilizzando la normativa recentemente entrata in vigore, compresa nelle "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 17/01/18) che, sulla base dei parametri di input quali le Coordinate geografiche del sito (per agganciarsi a 4 punti del reticolo di riferimento nazionale), Vita nominale, Classe d'uso e Vita di riferimento (sopra riportati), consente di ricavare i seguenti valori dei parametri sismici di base per i diversi Stati limite previsti:

Stato Limite		P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C^*
SLE	Operatività	81%	30	0,271	2,52	0,19
	Danno	63%	50	0,337	2,56	0,21
SLU	Salv. Vita	10%	475	0,699	2,70	0,27
	Collasso	5%	975	0,856	2,71	0,28

Sulla base dei parametri riportati in tabella nonché sulla base dell'individuazione della categoria di sottosuolo mediante le indagini effettuate e sulla base dei dati di archivio, la parametrizzazione sismica del sito verrà successivamente completata con l'individuazione del valore dello Spettro di risposta elastica del terreno (S) e dei valori di T_b , T_c , T_D , F_v .

7. Conclusioni e raccomandazioni

Lo studio dell'area in oggetto e delle opere previste ha evidenziato quanto segue:

1. non vi sono situazioni vincolistiche condizionanti di tipo geologico, idraulico o idrogeologico a carico dell'area;
2. data la morfologia subpianeggiante della zona non sono ipotizzabili fenomeni dissestivi che investano il substrato stesso;
3. sulla base dei dati di archivio la dinamica fluviale non ha storicamente interferito con l'assetto del sito, né vi è la probabilità che ciò avvenga in futuro;
4. nel corso delle indagini effettuate non è stata riscontrata la presenza della falda fino a c.ca -4,8 m dal piano campagna: nella cartografia di Piano la falda è posta mediamente a quota 229 m s.l.m. rispetto ad una quota topografica di dettaglio pari a c.ca 242 m, quindi, con soggiacenza di c.ca -13 m;
5. geologicamente siamo in presenza di alternanze di sabbie e ghiaie più o meno cementate appartenenti ai depositi fluvioglaciali ricoperti da paleosuolo giallo rossiccio.

L'esame condotto nei capitoli precedenti permette quindi di esprimere un giudizio positivo circa la fattibilità dell'intervento edificatorio in progetto, fatti salvi i risultati e le prescrizioni riportate nella presente relazione.

il tecnico incaricato
dr. geol. Michele De Ruvo
S.R.G. Studio associato



PARTE SECONDA

RELAZIONE GEOTECNICA

1. Studi e indagini

L'attività si è articolata nei seguenti punti:

- esame della documentazione disponibile in letteratura e presso archivi pubblici in merito all'argomento, alla situazione geologica generale e alla situazione stratigrafica locale;
- rilievo geomorfologico dell'area;
- realizzazione n. 8 pozzetti esplorativi, n. 2 prove penetrometriche dinamiche SCPT e di n.1 rilievo geofisico MASW in data 12/01/2023;
- modello geologico e caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione;
- verifica delle condizioni di stabilità dell'area;
- caratterizzazione idrogeologica;
- considerazioni tecniche sulle opere in fase di progettazione architettonica.

Il rilievo geologico e geomorfologico è stato svolto il giorno 12 gennaio c.a. ed ha evidenziato la presenza di una situazione rimaneggiata. Sul terreno in oggetto sono state effettuati n. 8 pozzetti esplorativi, n. 2 Prove Penetrometriche Dinamiche SCPT, sufficienti alla determinazione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche di dettaglio del sottosuolo dell'area, ed un rilievo geofisico MASW per la determinazione delle caratteristiche sismiche del sottosuolo.

1.1 Indagini dirette

I punti di prova SCPT sono stati individuati in corrispondenza dell'ubicazione di progetto del fabbricato servizi (si vedano all.n.4 a-b), mentre, i pozzetti esplorativi sono stati distribuiti lungo il percorso della strada in progetto:

Tabella 1

<i>Sigla punto di indagine</i>	<i>Tipologia indagine</i>	<i>Profondità raggiunta</i>
P 1	SCPT	-2.40 m
P 2	SCPT	-4.80 m
Pz 1	Pozzetto esplorativo	-1.40 m
Pz 2	Pozzetto esplorativo	-1.70 m
Pz 3	Pozzetto esplorativo	-1.70 m
Pz 4	Pozzetto esplorativo	-1.50 m
Pz 5	Pozzetto esplorativo	-1.20 m
Pz 6 canale	Pozzetto esplorativo	-1.50 m (sponda canale h = 1,0 m)
Pz 7 stagno 1	Pozzetto esplorativo	-1.20 m
Pz 8 stagno 2	Pozzetto esplorativo	-1.90 m

La prova penetrometrica dinamica SCPT consiste nell'infissione di una punta conica (\varnothing 51 mm, conicità 60°) collegata ad una batteria di aste (\varnothing 34 mm) tramite una massa battente di 73.5 Kg con caduta libera di 75 cm; durante le prove vengono contati e poi diagrammati i colpi del maglio necessari ad infiggere di 30 cm la punta conica. L'attrezzatura usata, montata su carro semovente cingolato, è oleodinamica ed automatica in modo da garantire la costante altezza di caduta del maglio.

Le prove SCPT sono state spinte sino al raggiungimento del rifiuto alla penetrazione ed i relativi diagrammi sono illustrati negli specifici profili penetrometrici (all.n. 5a-b) e la documentazione fotografica è riportata in all.n. 8.

1.2 – Rilievo geofisico MASW

Le indagini indirette sono state condotte il giorno 12 gennaio 2023 e sono state effettuate in asse con la stalla, e sono consistite in un'indagine geofisica eseguita con metodologia MASW, con lo scopo di verificare la risposta sismica del suolo sulla superficie ove è prevista l'edificazione delle strutture ed in particolare di rilevare la velocità delle onde superficiali, in modo da poter definire il parametro V_{s30} , secondo quanto definito nell'OPCM 3274 del 20 marzo 2003 e successivamente nel nuovo Testo Unico Norme Tecniche per le costruzioni, tramite la prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Tramite la prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S, i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

La prova è consistita nel rilevare, attraverso uno stendimento di 24 geofoni posizionati con passo pari a 2 m, le onde sismiche generate artificialmente ai bordi dello stendimento geofonico stesso (la posizione dello stendimento è mostrato nell'allegato 3). Le onde di superficie sono state generate con una massa battente (mazza da 10 kg).

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Come illustrato in dettaglio nell'allegato n.6, il profilo delle velocità delle onde di taglio (grafico delle velocità delle onde di taglio verso profondità) evidenzia dal punto di vista sismo-stratigrafico una sequenza litotipica composta verosimilmente da due livelli sismici fondamentali:

1. un livello superficiale, fino a circa 0.9 m dal p.c., costituito da depositi poco addensati, probabilmente relativi a terreno agricolo e paleosuolo ($V_s = 200,3$ m/s);
2. un livello intermedio, fino a circa 5,9 m dal p.c., costituito da depositi mediamente addensati ($V_s = 306,3$ m/s);
3. depositi a grado di addensamento maggiore si individuano fino a circa 22,7 m di profondità dal p.c., con Vs comprese tra 403,20 e 404,90 m/s;
4. oltre 22,7 m depositi addensati con $V_s = 676,2$ m/s.

Il valore medio calcolato sullo spessore di 30 m (V_{s30}), è risultato pari a **409,68 m/s**: tale valore equivale ad un suolo di **classe "B"**.

Pertanto, considerando che il sottosuolo dell'area in oggetto, sulla base dei dati di cui sopra, rientra nella **categoria B** *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"* e con un valore del Coefficiente tipografico ST pari a 1.0 (T1), la tabella della pericolosità sismica di base viene completata con i parametri di S (spettro di risposta elastico) Tb (periodo inizio tratto spettro accelerazione costante), Tc (periodo inizio tratto spettro velocità costante), Td (periodo

inizio tratto spettro spostamento costante) e F_v (fattore amplificazione verticale) di seguito riportati:

Tabella 2

Stato Limite		P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_c^*	S	T_b	T_c	T_D	F_v
SLE	Operatività	81%	30	0,271	2,52	0,19	1,50	0,12	0,35	1,71	0,56
	Danno	63%	50	0,337	2,56	0,21	1,50	0,12	0,37	1,73	0,64
SLU	Salv. Vita	10%	475	0,699	2,70	0,27	1,50	0,15	0,44	1,88	0,96
	Collasso	5%	975	0,856	2,71	0,28	1,50	0,15	0,45	1,94	1,07

Ai sensi delle "Norme tecniche per il progetto di opere di fondazione e di sostegno dei terreni" la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Pertanto, non si ritiene che il terreno di fondazione possa essere suscettibile di liquefazione in quanto le accelerazioni attese sono inferiori a 0,1 g.

2. Modello geotecnico

In base ai risultati delle indagini in sito e delle prove effettuate, la stratigrafia del sottosuolo dell'area evidenzia la presenza, al di sotto di un livello decimetrico di terreno vegetale e di paleosuolo, di un deposito alluvionale di alternanze di sabbie con ghiaietto, passante in profondità a depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi più compatti. Si segnala che, a causa del periodo particolarmente siccitoso, i livelli superficiali (terreno vegetale e paleosuolo) maggiormente argillosi presentano valori di $NSPT$ sovrastimati, pertanto, si procederà ad una correzione dei valori per riportarli in linea con i dati medi di indagini eseguite dal Nostro studio in aree limitrofe in condizioni di normale umidità.

La stratigrafia, pertanto, può essere rappresentata, a partire dal piano campagna riferito al piano stradale, dai seguenti livelli:

- LIVELLO 1: sino a quota -0,4 m da p.c.: terreno vegetale e/o di riporto agricolo, costituito da limi argilloso-sabbiosi, ($NSPT$ misurato = 6, valore caratteristico corretto $N_k = 3$ colpi/piede);
- LIVELLO 2: sino ad una quota pari a -1.0÷1,5 m da p.c.: paleosuolo giallo rossiccio ($NSPT$ misurato = 11, valore caratteristico corretto $N_k = 6$ colpi/piede);
- LIVELLO 3a sino a quota -1.8 m da p.c.: sabbie con ghiaietto alterate mediamente addensate, probabile fluvioglaciale alterato (valore caratteristico $N_k = 20$ colpi/piede);

LIVELLO 3b oltre -1.8 m: depositi fluvioglaciali con alternanze di livelli sabbioso-ghiaiosi con ciottoli e sabbie più o meno grossolane, relativamente addensati e compatti (valore caratteristico $N_k > 30$ colpi/piede).

Nel corso delle indagini effettuate non è stata riscontrata la presenza della falda sino alla massima profondità indagata (-4,8 m della prova P2).

Tale dato risulta coerente con la cartografia di P.R.G.C., in cui il livello statico risulta essere posto mediamente a quota 229 m s.l.m. rispetto ad una quota topografica di dettaglio pari a c.ca 242 m: conseguentemente la soggiacenza dovrebbe essere pari a circa -13.0 m dal p.c. attuale.

3. Tipologia delle opere, dati costruttivi sull'esistente e dati disponibili in zona

L'intervento attualmente in progetto prevede il recupero e restauro del giardino storico interno alle mura della Palazzina di Caccia di Stupinigi. Oltre agli interventi di sistemazione delle aree boscate e dello stagno, è prevista la realizzazione di una strada bianca, che seguirà il tracciato circolare interno alle mura, attualmente costituito da una strada sterrata, per consentire la fruizione di tale percorso anche ai diversamente abili. Inoltre, è prevista la costruzione di un fabbricato adibito a servizi igienici, posto Sud della Palazzina.

Per quanto riguarda la strada bianca è prevista la rimozione del coltivo e la delimitazione del sedime mediante cordoli in ferro e la posa di uno strato di frantumato di cava, cui seguirà uno strato superficiale di finitura in sabbia.

Per quanto riguarda il blocco servizi, è prevista la realizzazione di una fondazione a platea. con un piano di imposta presumibilmente pari ad almeno -0.5 m dal piano campagna esistente.

I dati di progetto forniti attribuiscono alla struttura una Vita nominale **$V_n = 50$ anni** ed una Classe d'uso **$Cu II$** , da cui deriva una Vita di riferimento **V_r di 50 anni**.

4. Caratterizzazione geotecnica

Al fine di stimare i principali parametri geotecnici del terreno e di valutarne la capacità portante è stato quindi preso in considerazione il valore medio di N_{Scpt} e, da esso, si è ricavato il valore N_{SPT} , utilizzato più frequentemente per la parametrizzazione dei terreni, dopo aver corretto anche per la profondità i valori, tramite le correlazioni di Jamiolkowski e Meardi-AGI.

Per tutti i livelli si è utilizzato in favore di sicurezza (almeno nel caso del livello morenico inalterato si tratta in realtà di terreni parzialmente sovraconsolidati) un valore del rapporto N_{30Scpt}/N_{SPT} pari a 1. Tale valore è stato corretto (N'_{SPT}) per tener conto della Pressione verticale efficace (svo'), secondo il metodo di normalizzazione di Jamiolkowski et al. (1985), ed ha permesso di determinare, per i livelli presenti inferiormente allo strato di terreno vegetale, i parametri meccanici caratteristici: angolo d'attrito interno (ϕ_k), moduli elastici e di deformabilità (Poisson e Young) e densità relativa Dr .

Si segnala che, a causa del periodo particolarmente siccitoso, i livelli superficiali maggiormente argillosi presentano valori di N_{SPT} sovrastimati, pertanto, si procederà ad una correzione dei valori per riportarli in linea con i dati medi di indagini eseguite dal Nostro studio in aree limitrofe in condizioni di normale umidità.

L'angolo di attrito di picco è correlato, per i terreni grossolani, al valore N_{spt} tramite le correlazioni del Road Bridge Specification (1) e del Japanese National Railway (2) (Shioi e Fukui, 1982):

$$\begin{aligned}\phi &= (15 \cdot N_{spt})^{1/2} + 15 \\ \phi &= 0.3 \cdot N_{spt} + 27.\end{aligned}$$

Per i terreni fini i valori medi di angolo d'attrito interno (ϕ_{picco}) è stato determinato tramite le correlazioni di Peck et al. (1953) per terreni prevalentemente coesivi.

Per il calcolo del rapporto di Poisson si è utilizzata la relazione tipica per terreni normalconsolidati:

$$n = (1 - \sin \phi) / (2 - \sin \phi).$$

Per la valutazione del modulo di deformazione (E) si è fatto riferimento alla correlazione di D'Apollonia et al. (1970):

$$E = a + b \cdot N_{spt} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

in cui a e b sono due costanti sperimentali variabili rispettivamente tra 216 e 540 e tra 10.6 e 13.5.

Su tali basi viene di seguito riportata una caratterizzazione di massima dei principali parametri geotecnici dei suddetti livelli, valida per l'attuale fase progettuale:

Tabella 3

Livello	Terreno	NSPT _k	Angolo di Attrito interno ϕ_k	Densità Relativa Dr %	PESO DI VOLUME Mg/m ³ (g/cm ³)	Coefficiente Poisson	Cu (Kg/cm ²).
1	Terreno vegetale	3	20°	—	1.50	—	—
2	Paleosuolo	6	24°	30%	1.80	0,34	0,25
3a	Fluvioglaciale alterato	20	29°	50%	1.90	0.31	—
3b	Fluvioglaciale	>30	35°	70%	2.00	0.30	—

Il parametro Coesione, vista l'origine e le caratteristiche dei depositi, è stato in favore di sicurezza trascurato ed il Peso di volume è stato valutato per analogia con terreni di caratteristiche simili.

5. Considerazioni tecniche sulle opere in progetto

Lo studio geologico e geotecnico del sottosuolo dell'area in oggetto, in rapporto alle opere in progetto, ha evidenziato quanto segue:

1. la stratigrafia del sottosuolo dell'area evidenzia la presenza, al di sotto di un livello decimetrico di terreno vegetale e di paleosuolo, di un deposito alluvionale di alternanze di sabbie con ghiaietto, passante in profondità a depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi più compatti;
2. il terreno vegetale presenta uno spessore uniforme di c.ca 40 cm;
3. per quanto riguarda il fabbricato per i servizi, le scelte fondazionali saranno di tipo diretto a platea immorsate ad almeno -0,5 m da p.c. e non saranno direttamente condizionate dalla presenza del livello di falda principale, presente a circa -13 da p.c.;
4. secondo la vigente normativa sismica il sito in esame, come in generale il comune di Nichelino rientra tra quelli in classe 3 a medio bassa sismicità: il valore dell'accelerazione orizzontale massima del suolo ag sono quelli tabellati per i diversi stati limite nel paragrafo sopra riportato.

Una volta definita con maggior dettaglio la tipologia fondazionale sarà possibile, sulla base dei parametri caratteristici e di progetto sopra riportati eseguire le verifiche di stabilità delle fondazioni agli Stati limite ultimo (SLU) e di esercizio (SLE) ai sensi delle "Norme tecniche per le costruzioni", recentemente entrate in vigore.

6. Considerazioni tecniche su rilevati e sottofondi in progetto

6.1 - Normativa di riferimento

La normativa di riferimento per la costruzione e manutenzione delle opere civili e delle infrastrutture risulta essere la UNI 11531-1 *“Criteri per l'impiego dei materiali – parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati nella Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture”* dell'aprile 2014, che costituisce *“utile riferimento per la redazione di capitolati e le contrattazioni”* (come riportato nell'Introduzione della norma stessa) e le norme ad essa collegate: UNI EN 13242 relative agli *“Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade”* e UNI EN 13285 relativa alle *“Miscele non legate – Specifiche”*.

Trattandosi di progettazione di un'opera pubblica, per tutte le attività di scavo e reinterro si ricorda che risulta importante che il progetto preveda il rispetto dei Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.) per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici, di cui al D.L. 21/10/2017, ed in particolare:

- prima dello scavo, deve essere asportato lo strato superficiale di terreno naturale (ricco di humus) per una profondità di almeno cm 40 e accantonato in cantiere per essere riutilizzato in eventuali opere a verde (se non previste, il terreno naturale dovrà essere trasportato al più vicino cantiere nel quale siano previste tali opere);
- per i rinterri, deve essere riutilizzato materiale di scavo (escluso il terreno naturale di cui al precedente punto) proveniente dal cantiere stesso o da altri cantieri, o materiale riciclato conforme ai parametri della norma UNI 11531-1;
- per i riempimenti con miscela di materiale betonabile deve essere utilizzato almeno il 50% di materiale riciclato.

Tuttavia, nel Decreto del Ministero della Transizione Ecologica del 23.06.2022 *“Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi”* si specifica che “nell'applicazione dei criteri si intendono fatti salvi i vincoli e le tutele, i piani, le norme e i regolamenti, qualora più restrittivi” (ad es. vincoli relativi a beni culturali o a aree naturali protette, piani di assetto di parchi e riserve, ecc.). I C.A.M. si intendono, altresì, applicabili in toto agli edifici ricadenti nell'ambito della disciplina recante il codice dei beni culturali e del paesaggio, ad esclusione dei singoli criteri ambientali (minimi o premianti) che non siano compatibili con gli interventi di conservazione da realizzare, a fronte di specifiche a sostegno della non applicabilità nella relazione tecnica di progetto, riportando i riferimenti normativi dai quali si deduca la non applicabilità degli stessi.

Nell'attuale fase progettuale, sono stati indicati come materiale per la sistemazione del manto superficiale dei viali, sabbia e frantumato di cava proveniente da una zona compresa tra i comuni di Carmagnola e Carignano (TO), mentre non sono stati definiti i materiali per l'eventuale sottofondo.

Non si farà pertanto riferimento alla parte della suddetta normativa specificatamente riferita all'utilizzo di materiali riciclati.

Per la determinazione dei requisiti prestazionali e dei relativi controlli in corso d'opera risulta importante riferirsi alla seguente tabella 5b della norma UNI 11531-1:

prospetto 5b Requisiti per l'addensamento e la portanza degli strati per tutte le altre opere

Strato	Grado di addensamento	Modulo di deformazione	M_d/M'_d	Cedimento permanente	Modulo con LWD	Modulo con FWD
	% ρ_d max.	M_d [MPa]		Δh [mm]	E_{LWD}	E_{FWD}
	UNI EN 13286-2 ¹⁾	2)	2)	3)		
Piano di posa del rilevato	≥95 Proctor modificato	≥20 Tra 0,05 e 0,15 MPa				
Anticapillare	≥95 Proctor modificato	≥20 Tra 0,05 e 0,15 MPa	≥ del valore determinato in campo prove	<4,0	≥ del valore determinato in campo prove	≥ del valore determinato in campo prove
Rilevato	≥95 Proctor modificato	≥40 Tra 0,05 e 0,15 MPa	≥ del valore determinato in campo prove	<4,0	≥ del valore determinato in campo prove	≥ del valore determinato in campo prove
Sottofondo	≥98 Proctor modificato	≥50 Tra 0,05 e 0,15 MPa	≥ del valore determinato in campo prove	<2,5	≥ del valore determinato in campo prove	≥ del valore determinato in campo prove
Fondazione	≥98 Proctor modificato	≥100 Tra 0,15 e 0,25 MPa	≥ del valore determinato in campo prove	-	prestazione di progetto	prestazione di progetto
Base	≥100 Proctor modificato	≥100 Tra 0,25 e 0,35 MPa	≥ del valore determinato in campo prove	-	prestazione di progetto	prestazione di progetto
1) L'argomento è trattato nel CNR B.U. n° 22/72 Peso specifico apparente di una terra in sito. 2) L'argomento è trattato nel CNR B.U. n.146/92 Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M'_d mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare. 3) L'argomento è trattato nella SNV 670 365 Essai d'orniérage – Décembre 1972.						

6.2 - Specifiche tecniche sulla formazione del rilevato

La fase di formazione del rilevato si rende necessaria al fine di raggiungere le quote di progetto e di garantire sufficienti doti di resistenza al piano stradale. Verranno di seguito specificate alcune caratteristiche tecniche dei terreni da riportare nonché delle lavorazioni da effettuare basandosi sul *Capitolato speciale d'appalto tipo per lavori stradali del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti*.

A tal fine sarà necessario distinguere le seguenti parti:

- piano d'appoggio del rilevato;
- corpo del rilevato in terre naturali;
- strati di sottofondo in terre naturali.

PIANO D'APPOGGIO DEL RILEVATO

Esso sarà costituito prevalentemente da terreno fino (paleosuolo), previo scoticamento del livello decimetrico del terreno vegetale presente e compattazione del piano così ottenuto.

Configurazione: Immediatamente prima della costruzione del rilevato, l'Impresa deve procedere alla rimozione ed all'asportazione della terra vegetale presente (c.ca 0,40 m), facendo in modo che il piano di imposta risulti quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di impianto.

L'operazione di gradonatura deve essere sempre preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale e deve essere effettuata immediatamente prima della costruzione del rilevato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

La regolarità del piano di posa dei rilevati, previa ispezione e controllo, deve essere approvata da parte della Direzione Lavori che, nell'occasione e nell'ambito della discrezionalità consentita, può richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento, per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili di futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'Impresa.

Requisiti di portanza: salvo diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione (o altrimenti detto di compressibilità) M_d , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato), secondo la norma CNR 146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra $0,05 \div 0,15 \text{ N/mm}^2$, deve risultare non inferiore a:

- 15 N/mm^2 (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti), quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è maggiore di 2,00 m;
- 20 N/mm^2 , quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 1,00 e 2,00 m;
- 30 N/mm^2 , quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 0.50 e 1,00 m;

Per distanze inferiori a 0.50 m si applicano i requisiti richiesti ai sottofondi.

IL CORPO DEL RILEVATO

Posa in opera: La stesa del materiale deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Per evitare disomogeneità dovute alle segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi successivamente riportato dai mezzi di stesa.

La granulometria dei materiali costituenti i differenti strati del rilevato deve essere il più omogenea possibile. In particolare, deve evitarsi di porre in contatto strati di materiale roccioso, a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), a strati di terre a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato.

Durante le fasi di lavoro si deve garantire il rapido deflusso delle portate meteoriche conferendo agli strati pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione del rilevato. Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima della terra impiegata ($s \geq 2D_{max}$). In ogni caso, la terra non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 500 mm; questi debbono essere, pertanto, scartati nel sito di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

Compattazione: Nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori, circa la massima utilizzazione delle risorse naturali impegnate dall'intervento, l'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, ad impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di densità e di portanza richiesti per gli strati finiti.

Salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto, i controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di densità e di portanza, debbono soddisfare i requisiti indicati nel successivo paragrafo "Controlli". Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

Protezione: Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione del rilevato di più giorni, l'Appaltatore è tenuto ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compattate, debbono risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 6%.

Se nei rilevati dovessero avvenire cedimenti differiti, dovuti a carenze costruttive, l'Appaltatore è obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarico, rinnovando, ove occorra, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni la parte di rilevato già eseguita deve essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata; inoltre, lo strato superiore deve essere scarificato, praticandovi dei solchi, per il collegamento dei nuovi strati; è prudente in questo caso ripetere le prove di controllo dell'addensamento e della portanza.

SOTTOFONDO

Il sottofondo è il "volume di terra nel quale risultano ancora sensibili le sollecitazioni indotte dal traffico stradale e trasmesse dalla pavimentazione"; rappresenta la zona di transizione fra il terreno in sito (nelle sezioni in trincea o a raso campagna) ovvero tra il rilevato e la pavimentazione.

Per assicurare i requisiti richiesti ai sottofondi delle pavimentazioni stradali, particolarmente per quanto riguarda la portanza (nello spazio e nel tempo) e la regolarità della superficie finita, è necessario prevedere la sistemazione dei sottofondi, generalmente, mediante la realizzazione di uno strato di caratteristiche idonee a coniugare le imperfezioni e l'eterogeneità dei movimenti di terra con l'omogeneità richiesta, invece, per la posa in opera della pavimentazione.

Questo strato (strato più superficiale del rilevato o bonifica del fondo naturale di trincea su cui poggia la pavimentazione), detto "strato di sottofondo" deve consentire, inoltre, per mezzo delle sue proprietà fisiche e meccaniche e tenuto conto dello spessore:

- *di conferire al supporto della pavimentazione, in ogni suo punto, una portanza sufficiente a garantire i livelli di stabilità e di funzionalità ammessi in progetto per la soprastruttura (omogeneizzazione della portanza);*
- *di proteggere, in fase di costruzione, gli strati sottostanti dall'infiltrazione d'acqua di pioggia e, durante l'esercizio, lo strato di fondazione soprastante dalle risalite di fino inquinante; quest'ultima funzione può essere assegnata ad uno strato ad hoc (in sabbia) o ad un geotessile non tessuto.*

In termini generali, lo spessore totale dello strato di sottofondo (da realizzare, a seconda dei casi, con la stesa ed il costipamento di uno o più strati) dipende dalla natura del materiale utilizzato, dalla portanza del supporto e da quella assunta in progetto per il piano di posa della soprastruttura.

Per la scelta del materiale e per i provvedimenti costruttivi occorre tenere conto, inoltre, dei rischi d'imbibizione dello strato derivanti dalla presenza di un'eventuale falda superficiale (non presente in sito se non temporaneamente e superficialmente in considerazione della presenza nei primi metri dal p.c. di terreni fini), delle condizioni climatiche previste in fase costruttiva (precipitazioni) ed in fase di esercizio (gelo), nonché del prevedibile traffico dei mezzi di cantiere e delle necessità connesse alla costruzione della pavimentazione.

Per la formulazione del programma dettagliato delle lavorazioni dei movimenti di terra occorre considerare che non tutti i materiali adottati per la costruzione dei rilevati possono essere impiegati per realizzare strati di sottofondo.

Materiali costituenti

- in ogni caso, la regolarità richiesta per il piano di posa della pavimentazione porta ad escludere materiali con elementi maggiori di $D=100$ mm;
- nel caso in cui si impieghino materiali non legati, per ottenere le proprietà meccaniche e l'impermeabilità richieste per gli strati, occorre utilizzare terre granulari, con assortimento granulometrico ben graduato (curve compatte), costituite preferibilmente da elementi a spigoli vivi, dotate di poco fino (passante allo 0,075 mm minore del 12%) e non plastiche ($IP < 6$).

In questi ultimi casi l'attitudine all'impiego deve essere valutata verificando il rispetto dei valori di portanza sopra indicati, ovvero attraverso misure di modulo di deformazione M_d sugli strati posti in opera, nel rispetto dei requisiti indicati in Tabella 1.11.

Per un rapido allontanamento delle acque meteoriche i piani di sottofondo debbono essere sistemati con falde pendenti verso l'esterno (in rilevato) o verso le opere di raccolta delle acque, con pendenza trasversale non inferiore al 4%.

6.3 - Controlli

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati in terra, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali, possono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei lavori.

Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei terreni interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella Tabella 1.10.

Tabella 1.10 Frequenza dei controlli delle forniture dei materiali (una prova ogni.....m ³)						
Destinazione Tipo di prova	Rilevato		Sottofondo		Massicci rinforzati	
	Primi 10000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5000 m ³	Ulteriori m ³
Classificazione (CNR-UNI 10006/63)	2.000	5.000	500	2.000	500	2.000
Umidità naturale	500	1.000	200	500	200	500
Costipamento AASHO (CNR 69/78)	5.000	10.000	1.000	5.000	1.000	5.000

Controllo della Portanza e della densità:

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHO di laboratorio, e/o attraverso il controllo della capacità portante.

Le prove di controllo della portanza devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione M_d , al primo ciclo di carico, secondo quanto previsto dalla norma CNR 146/92.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di densità, per valutare il grado di costipamento si possono realizzare prove di modulo a doppio ciclo di carico (CNR 146/92).

La determinazione del modulo al secondo ciclo di carico permette, in ogni modo, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato provato; inoltre, essa risulta necessaria quando le prove di portanza non sono eseguite immediatamente dopo l'ultimazione del costipamento e, pertanto, è ragionevole temere che le misure al primo ciclo possano risultare influenzate dal disturbo prodotto dagli agenti atmosferici sulla parte più superficiale dello strato.

Livelli prestazionali

Nella tabella 1.11 sotto riportata sono riassunti i livelli minimi delle prestazioni richieste ai differenti strati posti in opera, in relazione alla loro posizione ed al tipo di strada.

Tabella 1.11 Criteri di qualità e requisiti per gli strati di rilevato e di sottofondo				
STRATO	Tipo di Strada ⁽³⁾	Grado d'addensamento % $\gamma_{s\max}$ di laboratorio	Modulo di deformazione M_d [N/mm ²]	Δh ⁽⁴⁾ [mm]
Sottofondo ⁽¹⁾	Autostrade ed Extraurbane principali	≥ 95 % AASHO Mod	≥ 50	$< 2,5$
	Altre	≥ 100 % AASHO St.	≥ 40	$< 3,0$
Rilevato ⁽²⁾	Autostrade ed Extraurbane principali	≥ 92 % AASHO Mod	≥ 30	$< 4,0$
	Altre	≥ 97 % AASHO St.	≥ 25	$< 5,0$

(1) In trincea, in tutto lo spessore dello strato di bonifica del sottofondo; in rilevato, nello strato superiore fino ad 1,0 m dal piano di sottofondo;

(2) Strati posti a più di 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione;

(3) Tipi di strada secondo il Codice della Strada (D.Lgs. 285/92);

(4) Cedimento permanente (Δh) misurato dopo passaggio di un autocarro con asse posteriore di 10 t, secondo la norma SNV 670365.

Per gli strati di sottofondo, tenuto conto delle situazioni localmente presenti, possono assumersi soglie minime diverse da quelle riportate nella tabella, purché considerate nel progetto della pavimentazione e giustificate sotto il profilo tecnico-economico.

Le prove di controllo sono effettuate nei posti indicati dalla Direzione Lavori e formano oggetto di apposito verbale.

Salvo documentate prescrizioni del Direttore dei Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in Tabella 1.12.

Tabella 1.12 Frequenza dei controlli sugli strati finiti (una prova ogni.....)					
Tipo di prova	RILEVATO		SOTTOFONDO		
	Primi 5.000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5.000 m ²	Ulteriori m ²	Superficie m ²
Densità	500 – 1.000	3000-5.000	350 - 500	1000	-
Modulo M_d ⁽²⁾	1.000-1500 ⁽¹⁾	5000 ⁽¹⁾	-	-	500 -1000

(1) Solo nel caso in cui non è possibile procedere al controllo mediante misure di densità

(2) Distanziamento tra le sezioni in cui ricadono i punti di misura nel profilo longitudinale

Tolleranze sui risultati

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella Tabella 1.11. Tabella 1.11.

Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati d'una stessa prova di controllo una possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento di tali valori non ecceda:

- il 5%, per le misure di densità secca γ_s ;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo M_d o altra grandezza).

6.4 - Specifiche ambientali sul riempimento/reinterro

I terreni di riporto dovranno essere di tipo idoneo e compatibile da punto di vista ambientale con quelli dei terreni naturali caratteristici del sito in oggetto, ai sensi della normativa tecnica vigente, in particolare "Testo unico dell'Ambiente" (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.).

Sarà necessario produrre, insieme alla Dichiarazione di prestazione che attesti le caratteristiche tecniche del materiale e la marcatura CE dello stesso (in corso di validità).

I terreni di ognuno dei livelli andranno rullati e costipati a regola d'arte: la regolare esecuzione di tali opere sarà da effettuarsi comunque secondo le specifiche tecniche riportate nel paragrafo 6.2 della presente relazione tecnica.

7. Conclusioni

L'esame condotto nei capitoli precedenti permette quindi di esprimere un giudizio positivo circa la fattibilità degli interventi in progetto, fatti salvi i risultati e le prescrizioni riportate nella presente relazione.

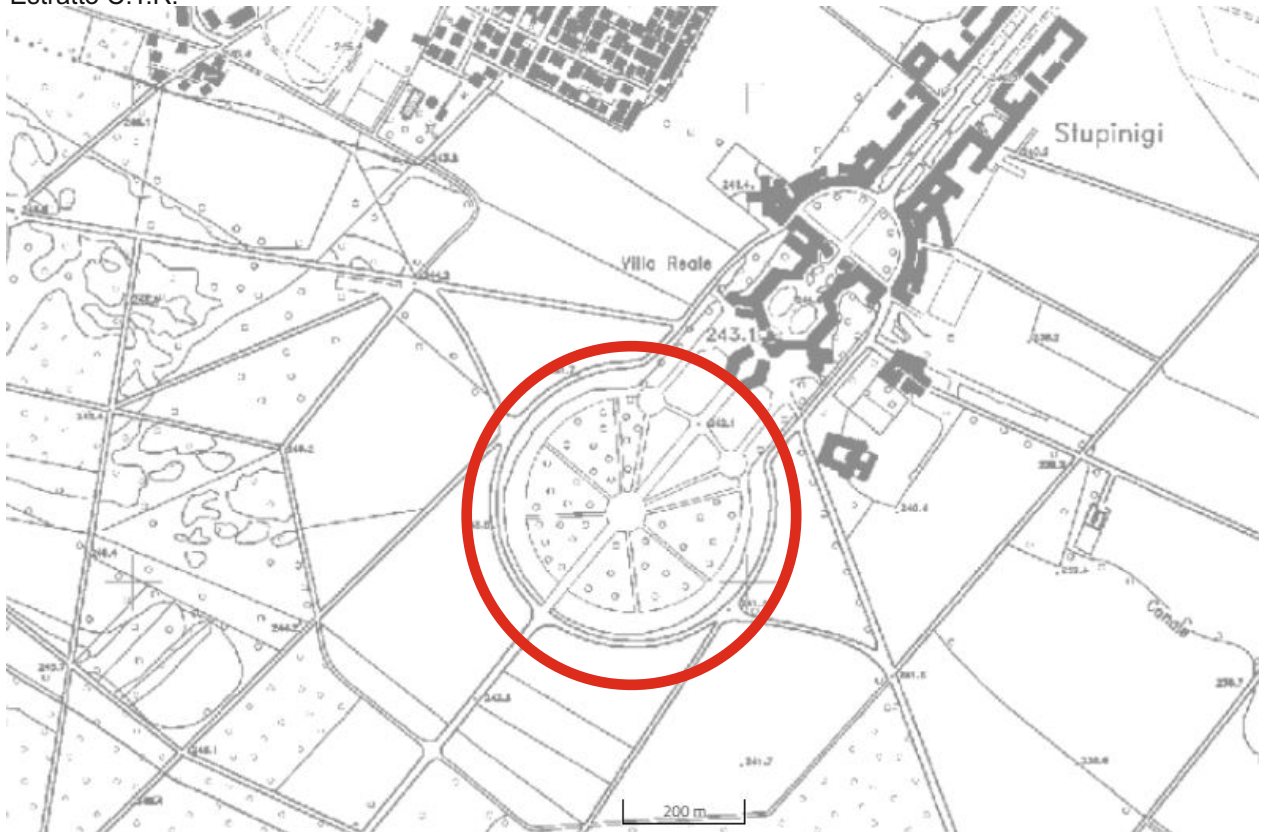
In sede di attuazione occorrerà comunque verificare lo stato di fatto incontrato con le indagini e la persistenza delle condizioni ipotizzate nella presente relazione.

*il tecnico incaricato
geol. Michele De Ruvo*

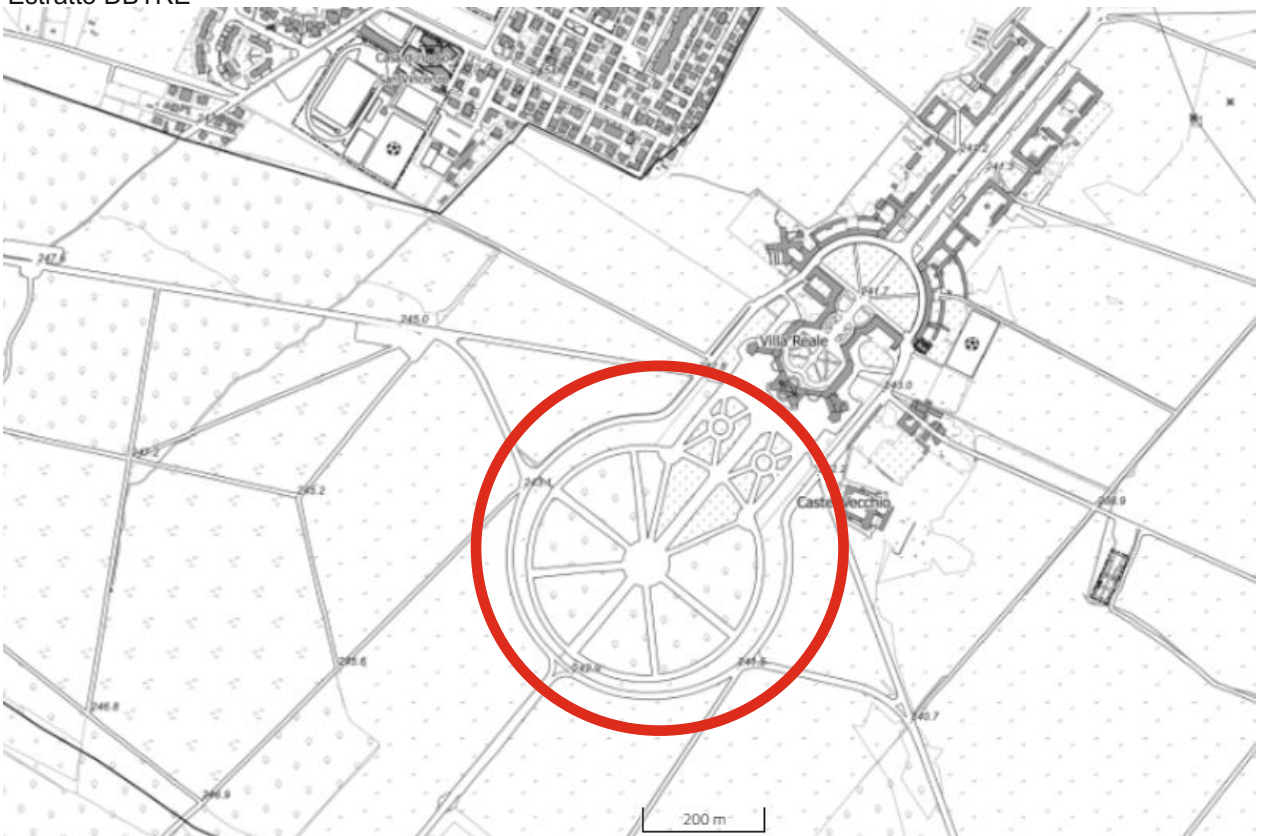


INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED UBICAZIONE AREA IN OGGETTO

Estratto C.T.R.



Estratto DBTRE




Legenda

- area oggetto di intervento

ORTOFOTOCARTA AGEA 2018



Legenda

 area oggetto di intervento

ESTRATTO DA CARTA GEOLOGICA (FG. 68)



Legenda

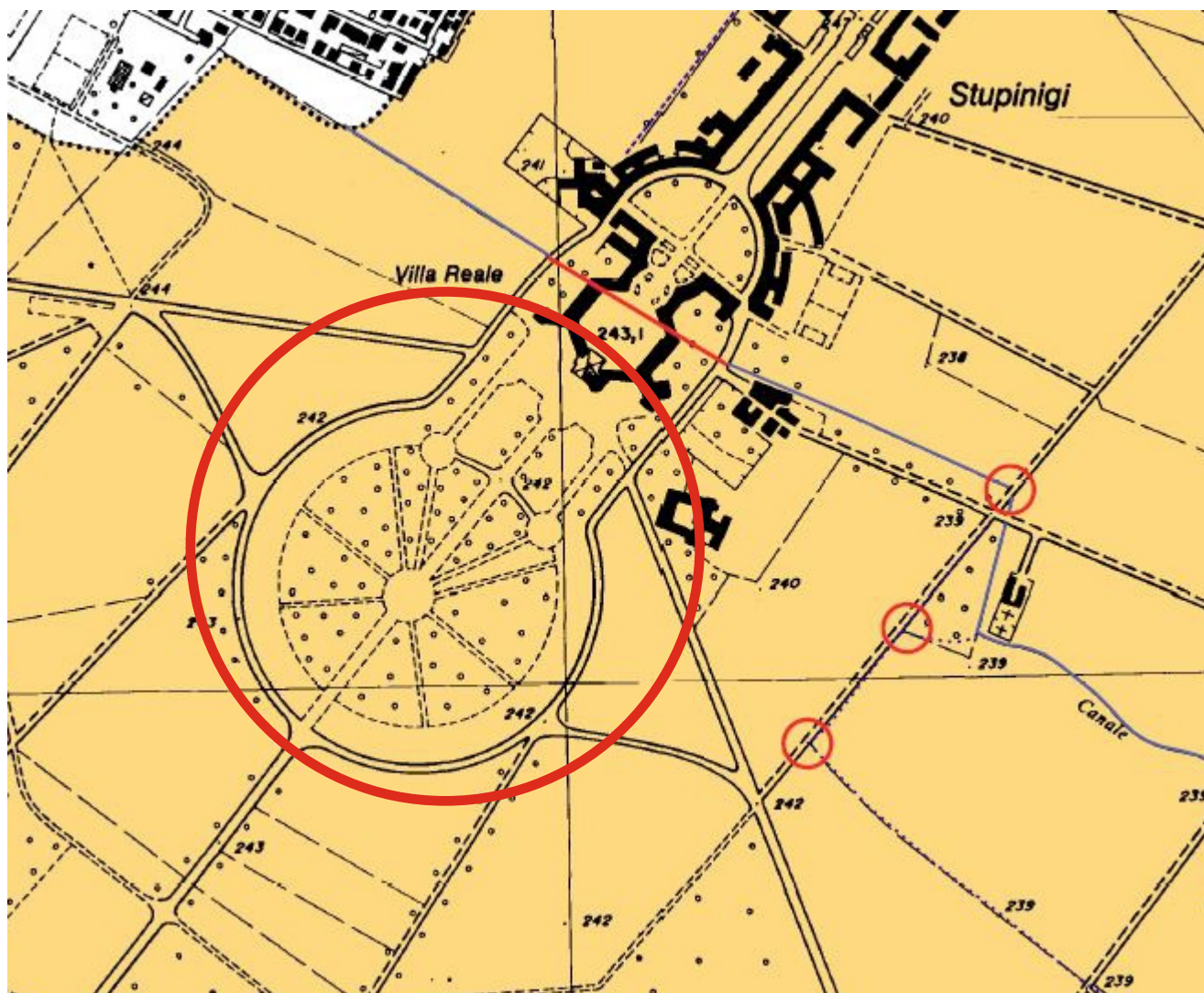


area oggetto di intervento



Sistema dei terrazzi a depositi argilloso-sabbioso-ghiaiosi, con paleosuolo giallo-rossiccio, sospesi sino ad una decina di metri sulle Alluvioni Medio-Recenti del F. Po (*FLUVIALE e FLUVIOGLACIALE RISS*).

ESTRATTO DA CARTA
GEOMORFOLOGICA
ALLEGATA AL P.R.G.C.



Legenda



area oggetto di intervento



Canale di deflusso dei principali corsi d'acqua così come risulta dal rilievo aerofotogrammetrico



Depositi alluvionali attuali; alveo di piena stagionale



Depositi alluvionali medio-recenti



Depositi alluvionali antichi



Superficie a debole acclività di raccordo tra il terrazzo fluvioglaciale ed i depositi alluvionali



Depositi fluvioglaciali rissiani

SEGNI CONVENZIONALI



Canali, bealere e rii secondari



Tratti privi di acqua



Tratti intubati



Chiusini e paratoie



Orlo di terrazzo



Ansa abbandonata di meandro



Argini e scogliere

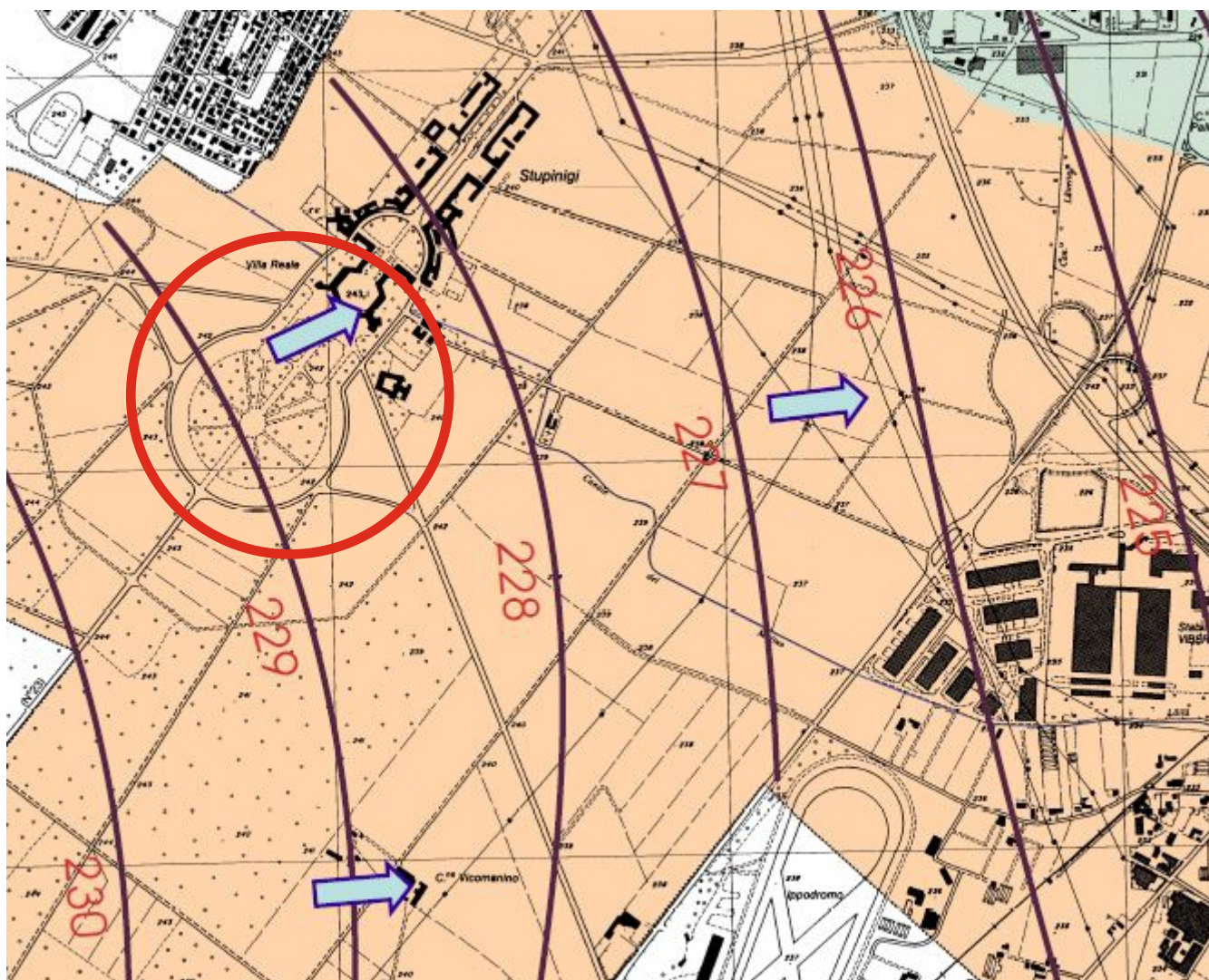


Massi giustapposti al piede delle scarpate




Opere di difesa trasversali


ESTRATTO DA CARTA
GEOIDROLOGICA
ALLEGATA AL P.R.G.C.





Legenda

 area oggetto di intervento


 Depositi alluvionali; settori caratterizzati da elevata permeabilità

 Depositi fluvioglaciali rissiani; la presenza di un paleosuolo argillificato ostacola l'infiltrazione delle acque superficiali

 Linee equipotenziali

 Direzioni di deflusso

235 Quote assolute della superficie piezometrica

 Pozzi misurati

ESTRATTO CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA

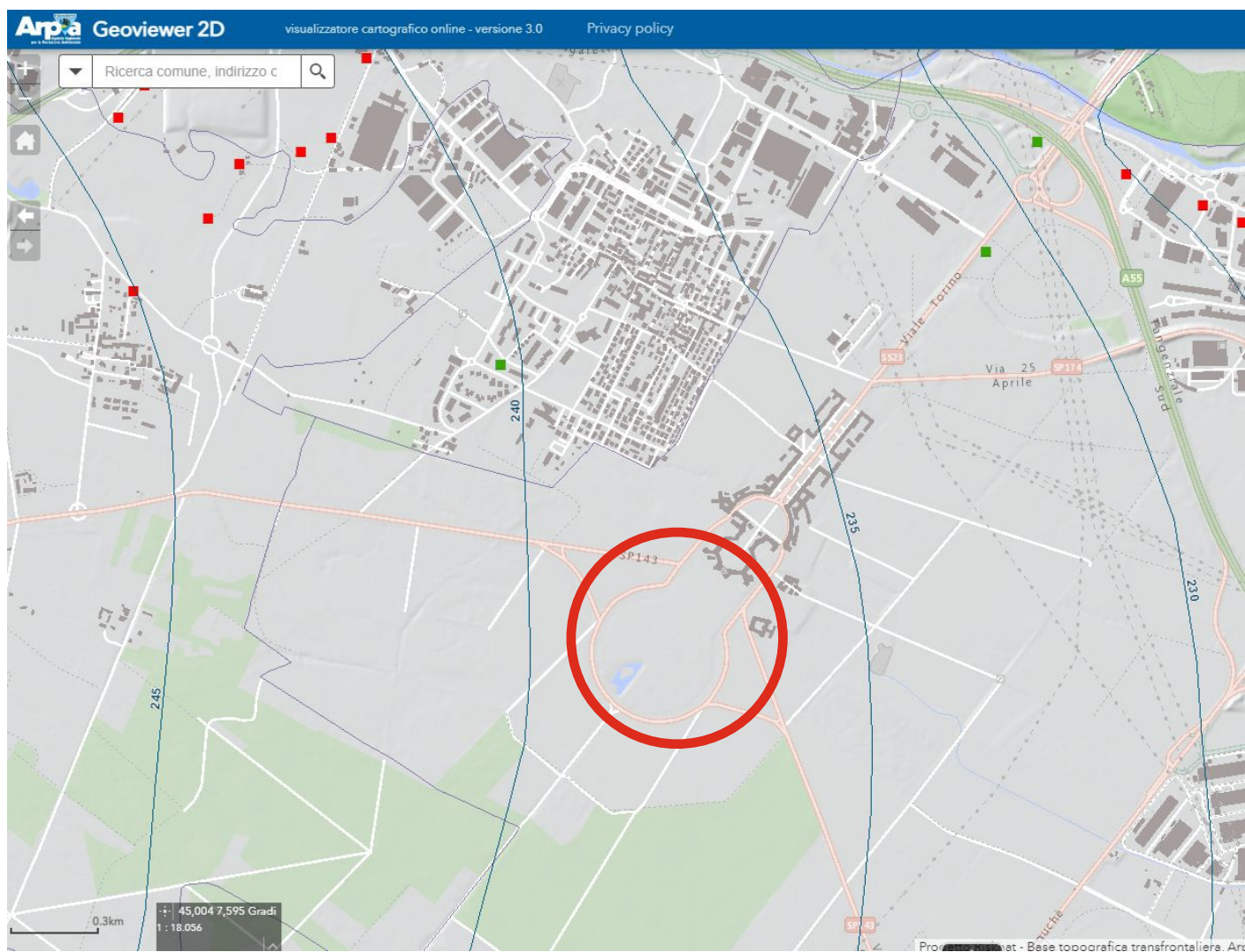


Legenda

 area oggetto di intervento

	SETTORI CARATTERIZZATI DA CONDIZIONI DI MODERATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA	SETTORI CON MODERATE LIMITAZIONI URBANISTICHE
C L A S S E II	<p>IIA - Porzioni di territorio caratterizzate da presenza di suoli sede di possibili fenomeni di ritenzione idrica o di modesti allagamenti legati al reticolo idrografico minore</p> <p>IIA</p>	<p>IIA - Ogni nuovo intervento deve essere preceduto da uno studio geologico di dettaglio che accerti le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e la compatibilità dell'intervento con la situazione idrogeologica locale, verificando il minimo livello di soggiacenza della falda freatica; la realizzazione di piani interrati dovrà essere verificata con approfondimenti adeguati. In prossimità dei punti di criticità idraulica lungo i Canali Laira e Grivassola, qualsiasi intervento di nuova edificazione e di ampliamento con occupazione di suolo dovrà essere preceduto da uno studio idraulico approfondito.</p>
	<p>IIB - Porzioni di territorio caratterizzate da presenza di terreni a scadenti caratteristiche geotecniche</p> <p>IIB</p>	<p>IIB - Ogni nuovo intervento deve essere preceduto da uno studio geologico-geotecnico di dettaglio che accerti le compatibilità dell'intervento con le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, verificando il minimo livello di soggiacenza della falda e la necessità di eventuali opere di drenaggio superficiale.</p>
	<p>IIC1 - Porzioni di territorio potenzialmente inondabili da acque di esondazione del T. Sangone per eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni (Fascia C del PAI)</p> <p>IIC1</p>	<p>IIC1 - Ogni nuovo intervento deve escludere la realizzazione di piani interrati e deve essere preceduto da uno studio geologico-idraulico di dettaglio che accerti, oltre a quanto previsto per le sottoclassi precedenti, le condizioni di sicurezza in relazione a fenomeni di inondabilità, collegabili ai livelli idrometrici della piena di riferimento.</p>
	<p>IIC2 - Porzioni di territorio potenzialmente inondabili da acque di esondazione del T. Sangone per eventi con tempo di ritorno inferiore a 200 anni (Fascia C del PAI)</p> <p>IIC2</p>	<p>IIC2 - Ogni nuovo intervento è subordinato alla realizzazione delle opere previste dal cronoprogramma (adeguamento ponte linea F.S. Torino-Pinerolo), deve escludere la realizzazione di piani interrati e deve essere preceduto da uno studio geologico di dettaglio che accerti, oltre a quanto previsto per le sottoclassi precedenti, le condizioni di sicurezza in relazione a fenomeni di inondabilità collegabili ai livelli idrometrici della piena di riferimento.</p>
	<p>IIC3 - Porzioni di territorio potenzialmente allagabili per fenomeni di rigurgito della rete fognaria</p> <p>IIC3</p>	<p>IIC3 - Ogni nuovo intervento che preveda la realizzazione di piani interrati è subordinato alla realizzazione delle opere previste dal cronoprogramma (adeguamento rete fognaria acque bianche) e deve essere preceduto da uno studio geologico di dettaglio che accerti la compatibilità dell'intervento con le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.</p>

ESTRATTO DA CARTA IDROGEOLOGICA DA GEOPORTALE ARPA PIEMONTE

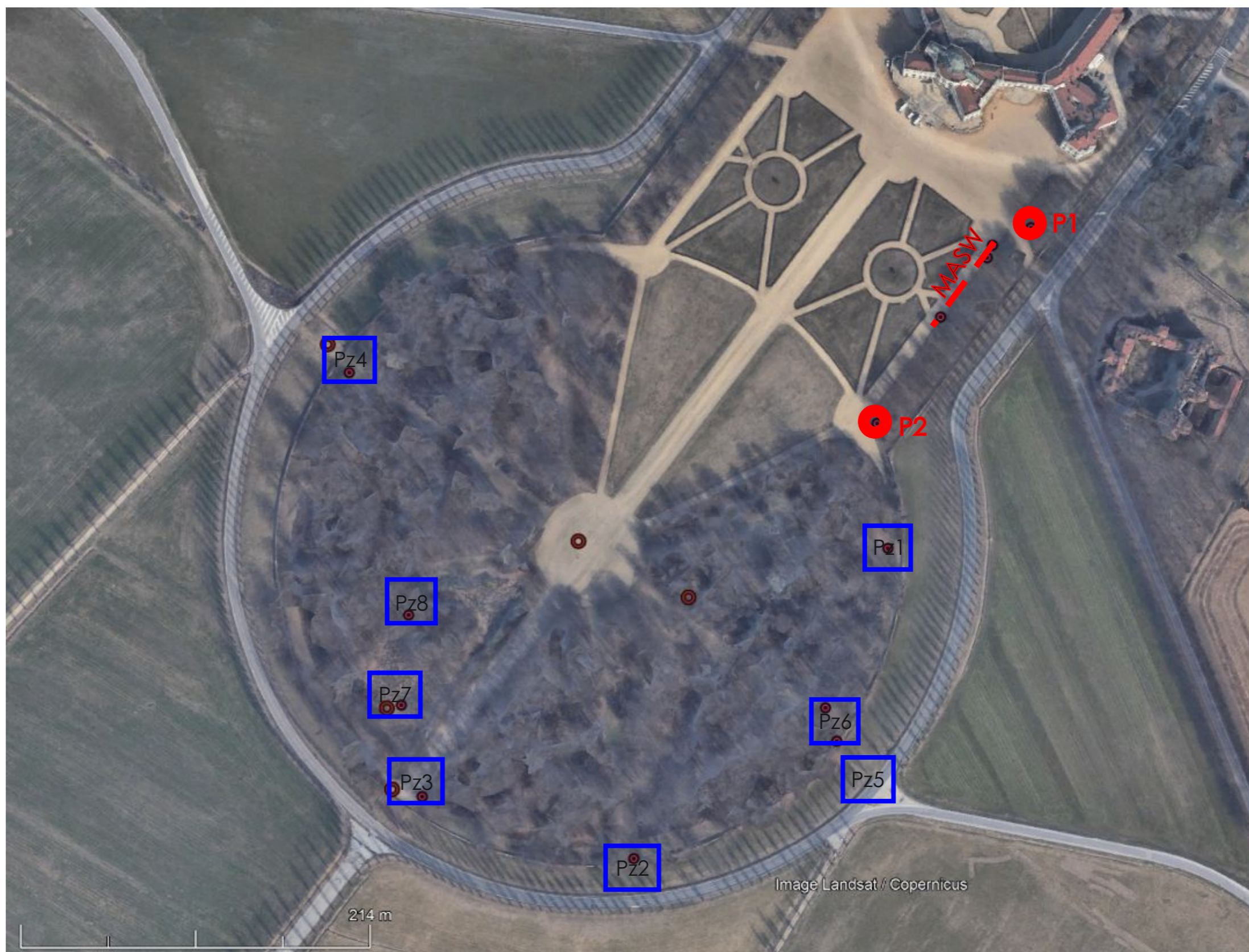


Legenda

- area oggetto di intervento

Planimetria con ubicazione indagini per Recupero e restauro giardino storico del Castello di Stupinigi

su foto satellitare (estratto Google earth 03/2022)



Legenda



P1 Prova Penetrometrica SCPT



Pz1 Pozzetti esplorativi Pz1



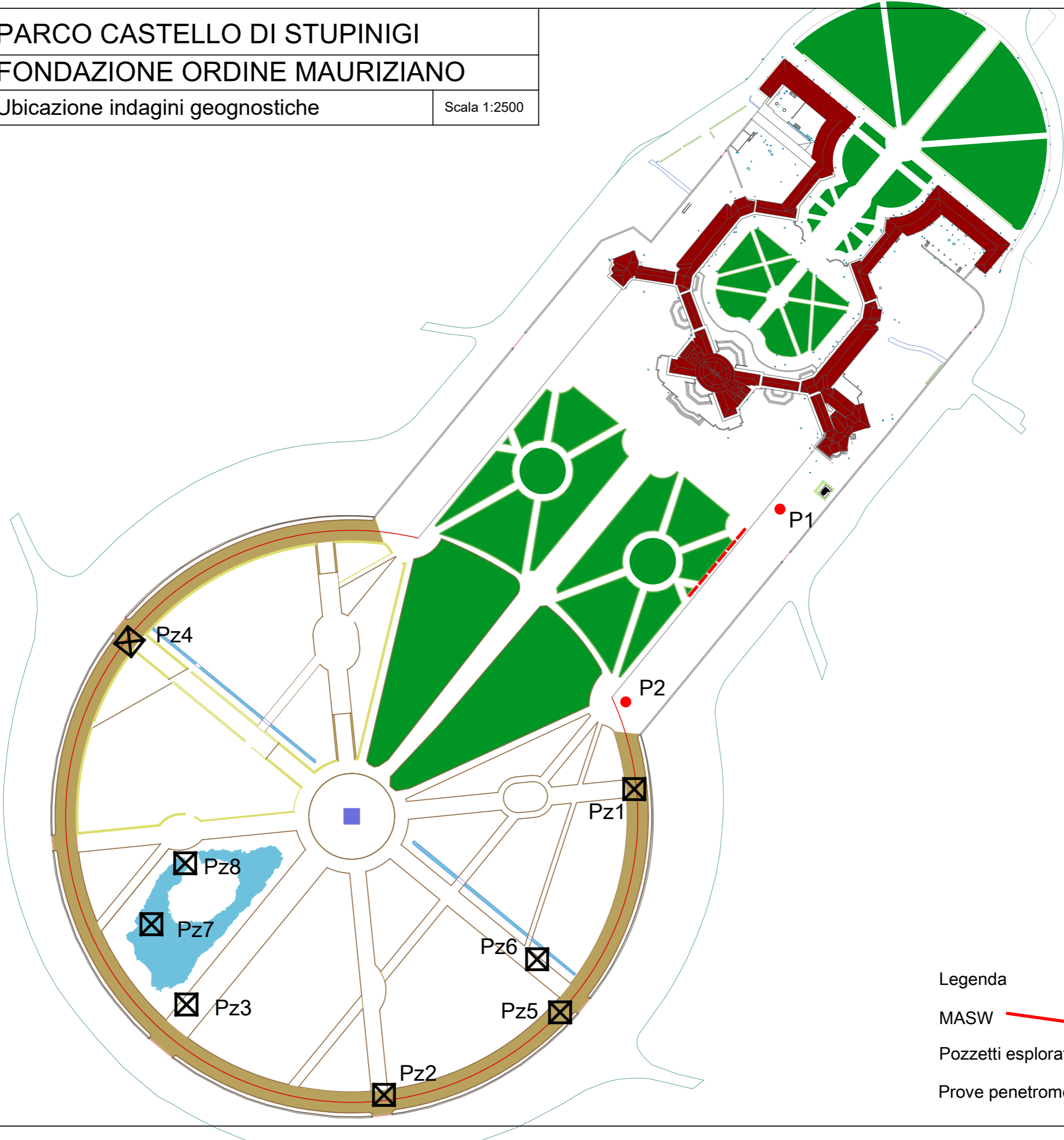
MASW

S.R.G.

DI DE RUVO & FAVOLE

Trofarello V.lo Salzea 24 Tel-fax 0116490619

Località:	PARCO CASTELLO DI STUPINIGI	
Committente:	FONDAZIONE ORDINE MAURIZIANO	
Elaborato:	Ubicazione indagini geognostiche	Scala 1:2500



Legenda

MASW

Pozzetti esplorativi

Prove penetrometriche dinamiche

Pz3

P1

S.R.G.

DI DE RUVO & FAVOLE

Trofarello v.lo Salzea 24 tel e fax 6490619

PROVE GEOTECNICHE IN SITO**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (SCPT)**

maglio	punta	aste
peso Kg 73 altezza di caduta cm 75	ϕ mm 51 angolo di apertura 60°	ϕ mm 34 lunghezza m 1.5 peso Kg/m 4.8

Committente

Fondazione Mauriziano

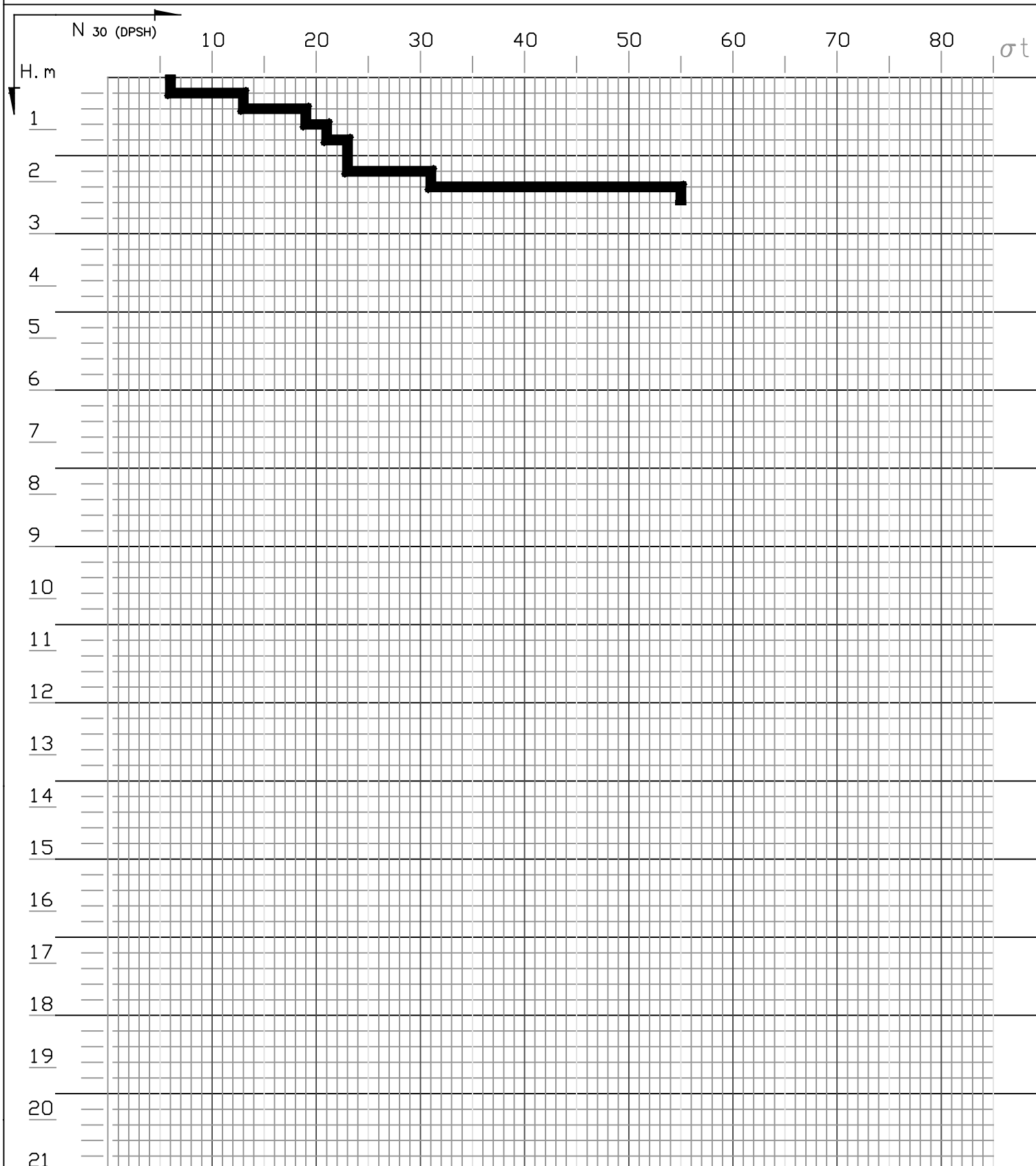
Località

Stupinigi

Data

12/01/23

Prova N

1

Coord.geografiche:

S.R.G.

DI DE RUVO & FAVOLE

Trofarello v.lo Salzea 24 tel e fax 6490619

PROVE GEOTECNICHE IN SITO**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (SCPT)**

maglio	punta	aste
peso Kg 73 altezza di caduta cm 75	ϕ mm 51 angolo di apertura 60°	ϕ mm 34 lunghezza m 1.5 peso Kg/m 4.8

Committente

Fondazione Mauriziano

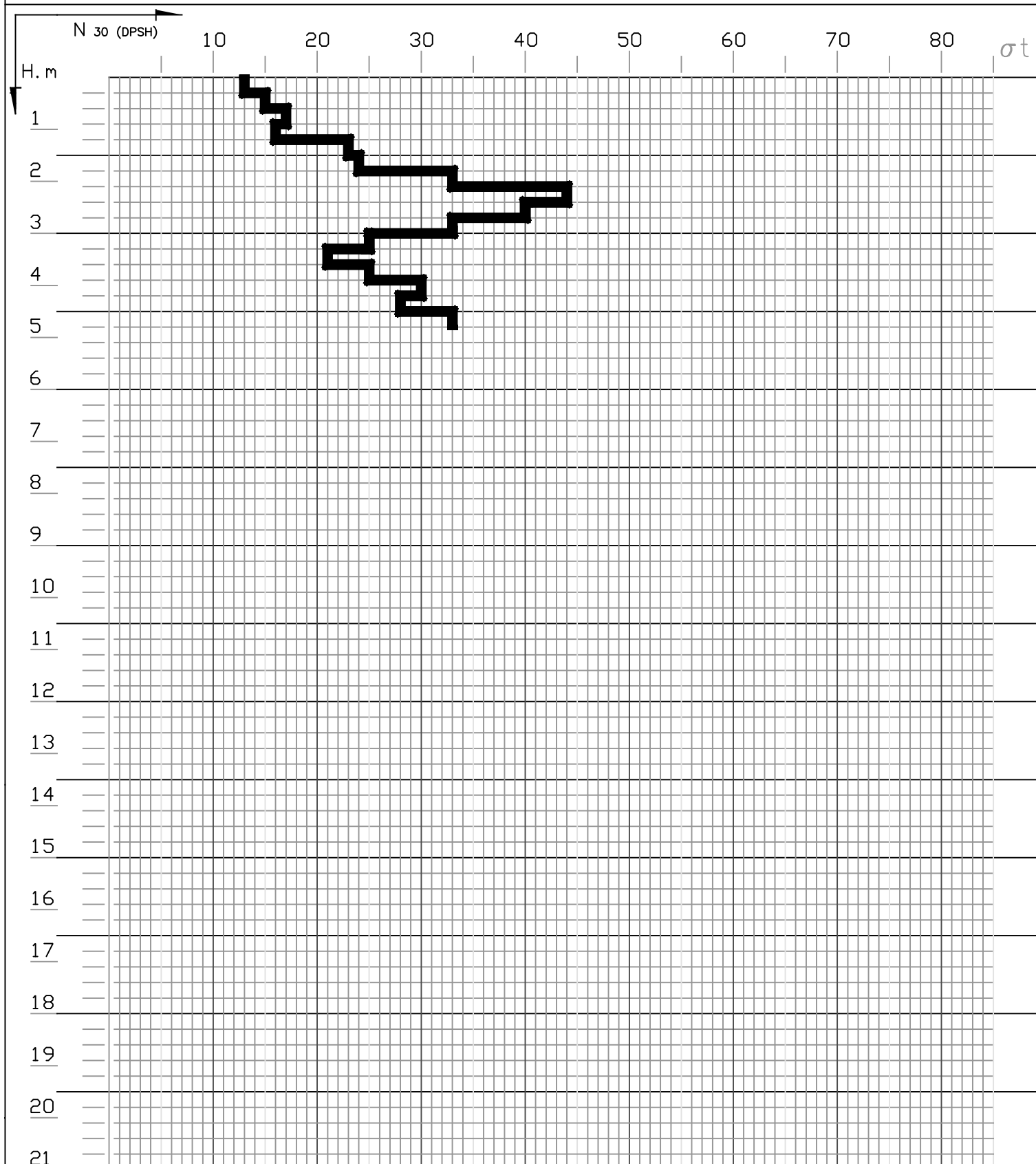
Località

Stupinigi

Data

12/01/23

Prova N

2

Coord.geografiche:

Allegato n. 6

Stratigrafie
pozzetti esplorativi

POZZETTO ESPLORATIVO Pz1

Committente	Consorzio Residenze Reali Sabaude	Luogo	Palazzina di Caccia di Stupinigi
Sigla	PZ1	Data esecuzione	12/01/2023

Panoramica



Dettaglio pozzetto esplorativo



Profondità (m)	Tipo terreno	Campione
0.0-0.4	Terreno vegetale limoso-argilloso	Pz1C1 (Certificato n. 195910)
0.4-1.1	Paleosuolo giallo rossiccio	
1.01-1.4	Sabbie e ghiaie	—

POZZETTO ESPLORATIVO Pz2

Committente	Consorzio Residenze Reali Sabaude	Luogo	Palazzina di Caccia di Stupinigi
Sigla	PZ2	Data esecuzione	12/01/2023

Panoramica



Dettaglio pozzetto esplorativo



Profondità (m)	Tipo terreno	Campione
0.0-0.4	Terreno vegetale limoso-argilloso	—
0.4-1.5	Paleosuolo giallo rossiccio	—
1.5-1.7	Sabbie e ghiaie	—

POZZETTO ESPLORATIVO Pz3

Committente	Consorzio Residenze Reali Sabaude	Luogo	Palazzina di Caccia di Stupinigi
Sigla	PZ3	Data esecuzione	12/01/2023

Dettaglio pozzetto esplorativo



Profondità (m)	Tipo terreno	Campione
0.0-0.6	Terreno vegetale limoso-argilloso	Pz3C1 (certificato n. 195911)
0.6-1.0	Paleosuolo giallo rossiccio	
1.0-1.7	Sabbie e ghiaie	—

POZZETTO ESPLORATIVO Pz4

Committente	Consorzio Residenze Reali Sabaude	Luogo	Palazzina di Caccia di Stupinigi
Sigla	PZ4	Data esecuzione	12/01/2023

Panoramica



Dettaglio pozzetto esplorativo



Profondità (m)	Tipo terreno	Campione
0.0-0.4	Terreno vegetale limoso-argilloso	Pz4C1 (certificato n. 195912)
0.4-1.2	Paleosuolo giallo rossiccio	
1.2-1.5	Sabbie e ghiaie	—

POZZETTO ESPLORATIVO Pz5

Committente	Consorzio Residenze Reali Sabaude	Luogo	Palazzina di Caccia di Stupinigi
Sigla	PZ5	Data esecuzione	12/01/2023

Panoramica



Dettaglio pozzetto esplorativo



Profondità (m)	Tipo terreno	Campione
0.0-0.4	Terreno vegetale limoso-argilloso	—
0.4-1.2	Sabbie e ghiaie	—

POZZETTO ESPLORATIVO CANALE - Pz6

Committente	Consorzio Residenze Reali Sabaude	Luogo	Palazzina di Caccia di Stupinigi
Sigla	PZ _{CANALE}	Data esecuzione	12/01/2023

Panoramica



Dettaglio pozzetto esplorativo



Profondità (m)	Tipo terreno	Campione
0.0-0.5	Terreno vegetale limoso-argilloso	PzcanaleC1 (Certificato n. 195913)
0.5-0.6	Paleosuolo giallo rossiccio	

POZZETTO ESPLORATIVO PZ STAGNO – Pz7

Committente	Consorzio Residenze Reali Sabaude	Luogo	Palazzina di Caccia di Stupinigi
Sigla	PZ _{STAGNO1}	Data esecuzione	12/01/2023

Panoramica



Dettaglio pozzetto esplorativo



Profondità (m)	Tipo terreno	Campione
0.0-0.4	Terreno vegetale limoso-argilloso	—
0.4-1.2	Sabbie e ghiaie	—

POZZETTO ESPLORATIVO PZ STAGNO - Pz8

Committente	Consorzio Residenze Reali Sabaude	Luogo	Palazzina di Caccia di Stupinigi
Sigla	PZ _{STAGNO2}	Data esecuzione	12/01/2023

Panoramica



Dettaglio pozzetto esplorativo



Profondità (m)	Tipo terreno	Campione
0.0-0.4	Terreno vegetale limoso-argilloso	—
0.4-1.1	Paleosuolo giallo rossiccio	—
1.1-1.9	Sabbie e ghiaie	—

FONDAZIONE ORDINE MAURIZIANO – CASTELLO DI STUPINIGI

STENDIMENTO SISMICO MASW

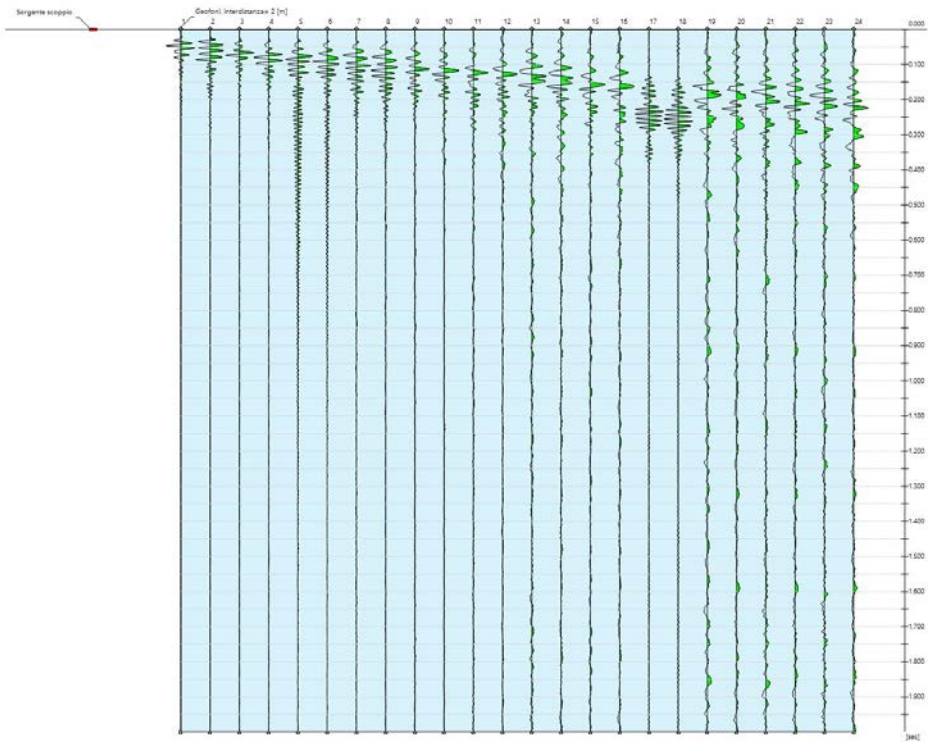
Rilievo del 12/01/2023

Dati generali

Data | 12/01/2023 17:26

Tracce

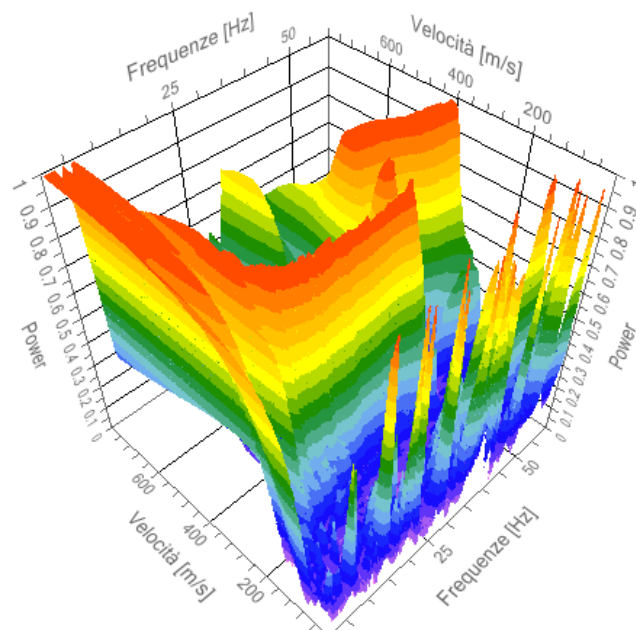
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

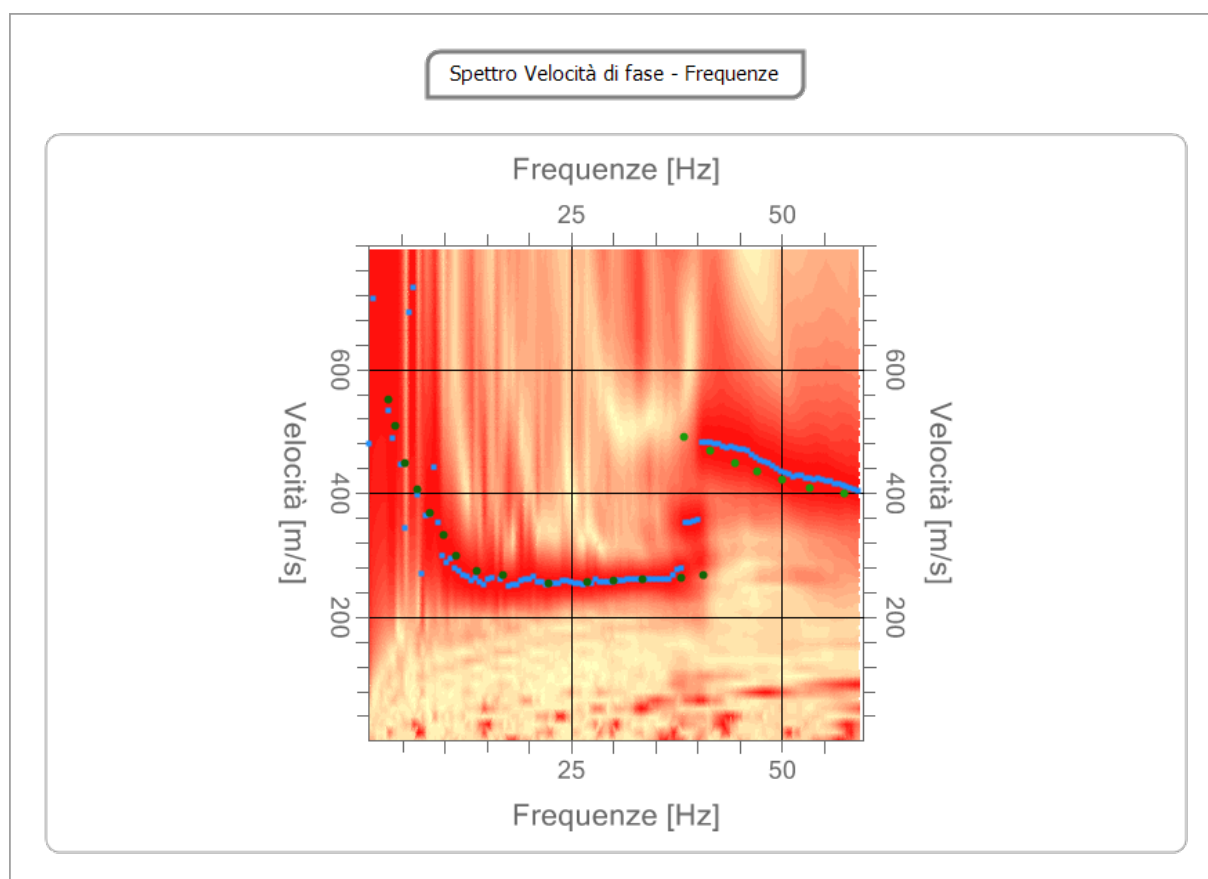
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.4	551.1	0
2	4.1	508.4	0
3	5.3	449.1	0
4	6.7	406.4	0
5	8.3	368.5	0
6	9.9	332.9	0
7	11.4	299.7	0
8	13.9	273.7	0
9	17.0	266.5	0
10	22.4	254.7	0
11	26.9	257.1	0
12	30.0	259.4	0
13	33.5	261.8	0
14	38.0	264.2	0
15	38.4	491.8	1
16	40.6	266.5	0
17	41.5	468.1	1
18	44.5	449.1	1
19	47.1	434.9	1
20	50.0	420.7	1
21	53.3	408.8	1
22	57.3	399.3	1

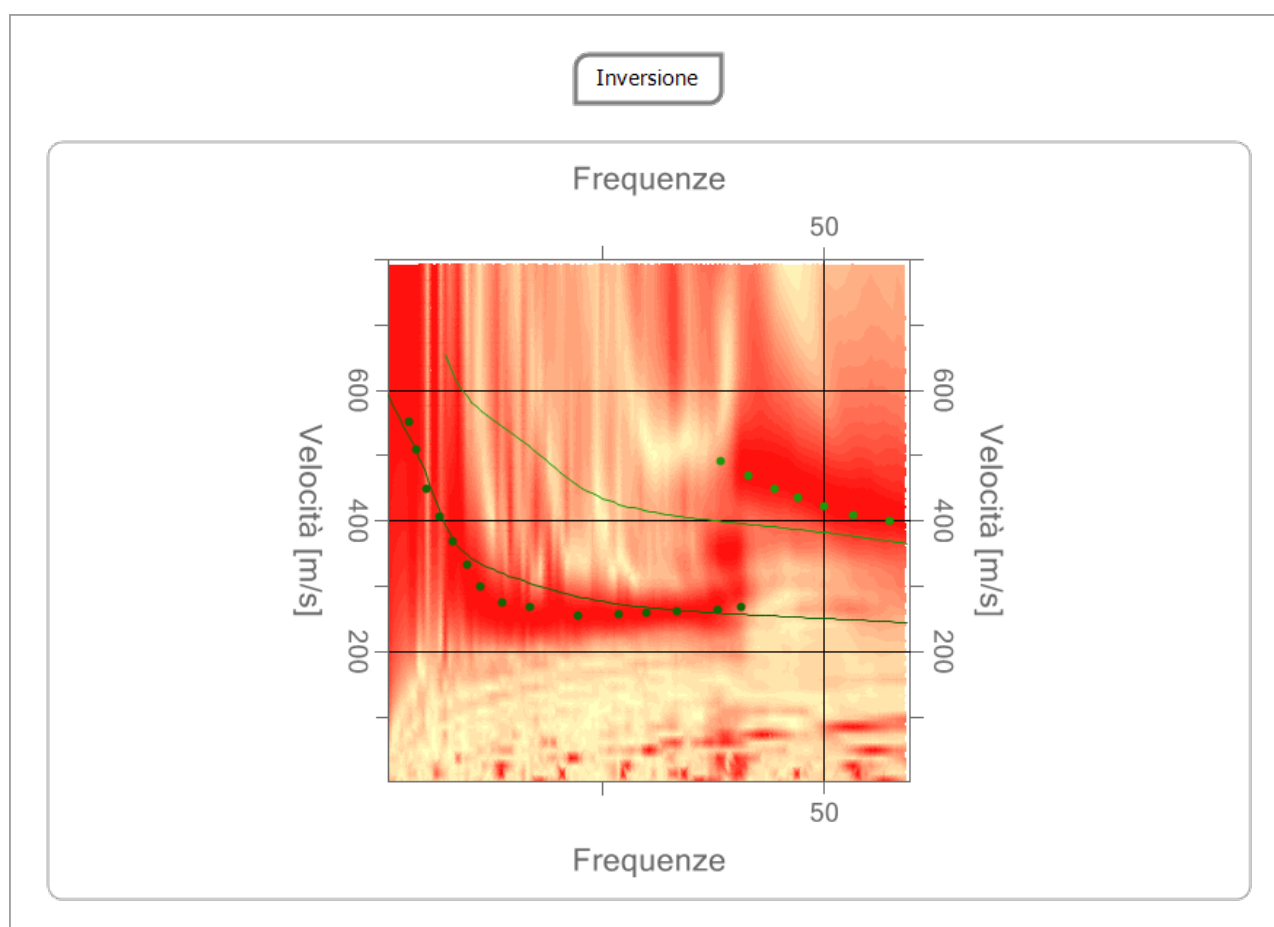


Inversione

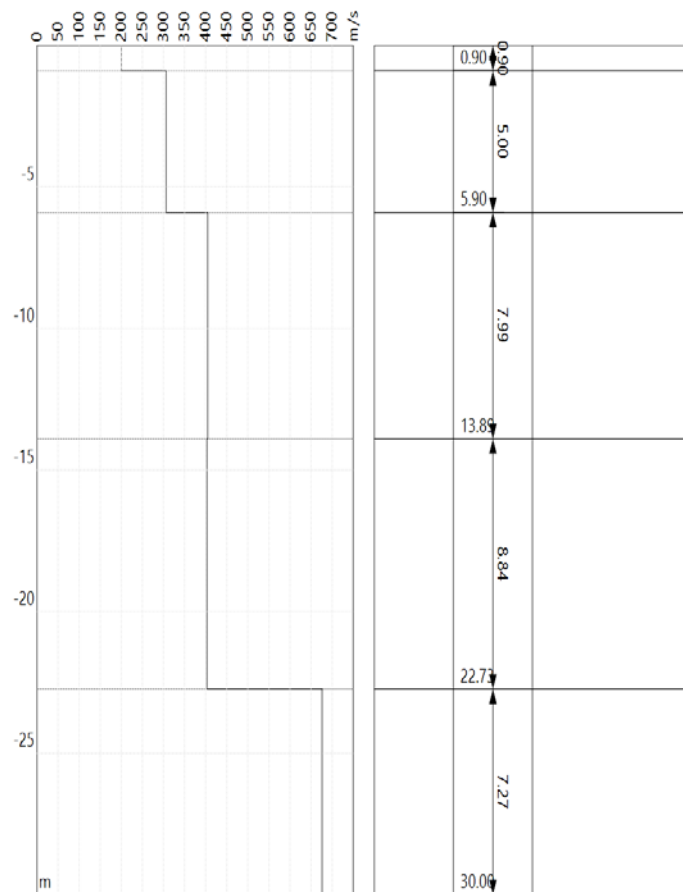
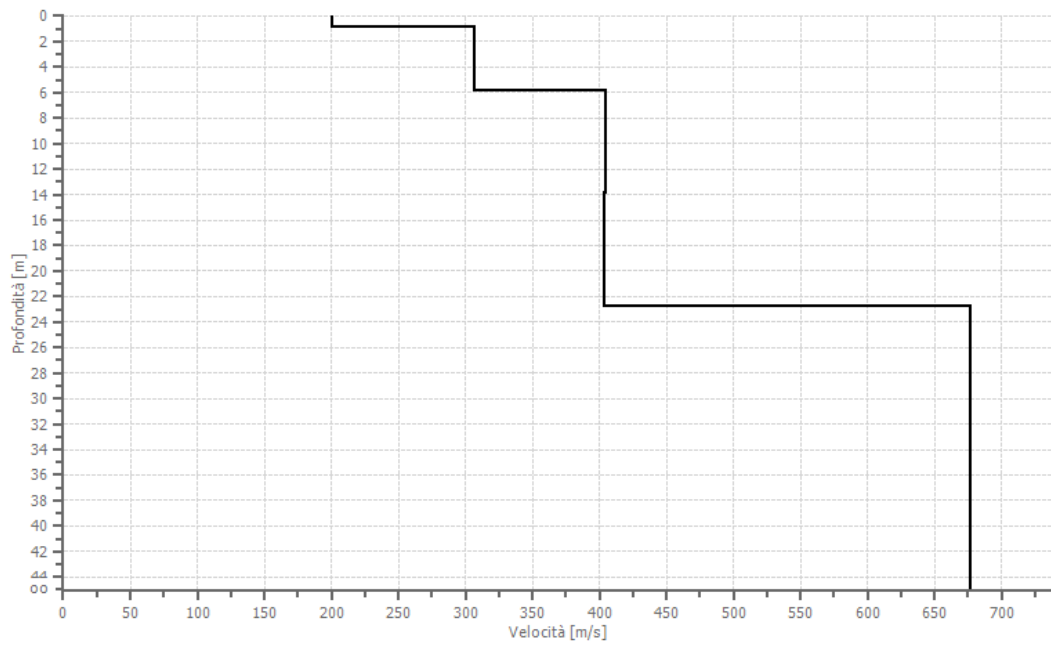
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		0.90	0.90	1600.0	0.20	No	327.1	200.3
2		5.90	5.00	1800.0	0.20	No	500.2	306.3
3		13.89	7.99	1700.0	0.20	No	661.2	404.9
4		22.73	8.84	1800.0	0.20	No	658.5	403.2
5		oo	oo	1800.0	0.20	No	1104.3	676.2

Percentuale di errore 0.972 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.095



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.0
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	409.68
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Prof. [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Coeff. Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	Qc [kPa]
1	0.90	0.90	200.28	327.06	0.20	64.18	171.15	85.57	154.03	765.85
2	5.90	5.00	306.33	500.23	0.20	168.90	450.41	225.20	405.37	N/A
3	13.89	7.99	404.88	661.16	0.20	278.67	743.13	371.56	668.81	N/A
4	22.73	8.84	403.22	658.46	0.20	292.66	780.42	390.21	702.38	N/A
5	oo	oo	676.25	1104.30	0.20	823.15	2195.08	1097.54	1975.57	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 - ripresa facciata della palazzina di caccia di Stupinigi lato giardino



Foto 2 - Prova Penetrometrica Dinamica Pesante SCPT P1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 3 - Prova Penetrometrica Dinamica Pesante SCPT P2



Foto 4-5 - Indagine sismica MASW

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 6-7 - Vista canale da ripristinare