



**Politecnico  
di Torino**

ID\_Intervento  
Sub\_Intervento

Politecnico di Torino - Direzione PROGES  
Corso Duca degli Abruzzi, 24 -10129 - Torino

**PIATTAFORMA AEROSPAZIO  
Lotto 2: lavori di realizzazione dell'opera**

000162\_01NC\_TO\_MARXXX\_COMPLEXO  
004\_COSTRUZIONE

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA**

Modello\_M03\_CARTIGLIO\_REV\_004\_30/09/2021

**RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
DIREZIONE PROGETTAZIONE, EDILIZIA E SICUREZZA**

Ing. Marcello COATTO

**CONCEPT E LINEE PROGETTUALI**



**MASTERPLAN  
DI ATENEO**

Prof. Arch. Antonio De Rossi  
(coordinatore)  
Arch. Phd Carlo Deregibus  
(Project Manager)  
G. Bonini, E. Cavaglion,  
A. Craveri, F. Maccarrone, F. Roveri

**RESP. PROGETTO E COORDINAMENTO E  
GESTIONE INFORMATIVA**

Arch. Simone Abbado

RossiProdi Associati S.r.l.

Via di Ricorboli 5r / 7r, 50126 Firenze, Italia

Albo degli Architetti della Provincia di Firenze

n°A5617

**RESP. PIANO DI USO E MANUTENZIONE**

Arch. Simone Abbado

RossiProdi Associati S.r.l.

Via di Ricorboli 5r / 7r, 50126 Firenze, Italia

Albo degli Architetti della Provincia di Firenze

n°A5617

**PROGETTO E COORD. OPERE EDILI ED ARCHITETTONICHE**

Arch. Tommaso Rafanelli

RossiProdi Associati S.r.l.

Via di Ricorboli 5r / 7r, 50126 Firenze, Italia

Albo degli Architetti della Provincia di Firenze

n°A7624

**PROGETTO E COORD. OPERE STRUTTURALI**

Ing. Niccolò De Robertis

AEI Progetti S.r.l.

via Bolognese, 48, 50139 Firenze, Italia

Albo degli Ingegneri della Provincia di Firenze

n°3065

**PROGETTISTA E COORD. IMPIANTI MECCANICI, IDRAULICI,  
ANTINCENDIO E PROFESSIONISTA ANTINCENDIO**

Ing. Luca Sani

Sani Società di Ingegneria S.r.l.

Via Santa Reparata, 40, 50129 Firenze, Italia

Albo degli Ingegneri della Provincia di Firenze

n°2680

**PROGETTISTA E COORD. IMPIANTI ELETTRICI E  
SPECIALI**

Ing. Giovanni Landi

Sani Società di Ingegneria S.r.l.

Via Santa Reparata, 40, 50129 Firenze, Italia

Albo degli Ingegneri della Provincia di Firenze

n°5913

**COORDINATORE COMPUTI METRICI ESTIMATIVI**

Geom. Massimo Baldini

s.b.arch - studio bargone architetti associati

via del Colle di Mezzo 15, 00143 Roma, Italia

Collegio dei Geometri della Provincia di Perugia

n°5139

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI  
PROGETTAZIONE**

Arch. Francesco Bartolucci

s.b.arch - studio bargone architetti associati

via del Colle di Mezzo 15, 00143 Roma, Italia

Albo degli Architetti della Provincia di Perugia

n°A868

**PROFESSIONISTA ACUSTICO**

Ing. Daniele Mariotti

RossiProdi Associati S.r.l.

Via di Ricorboli 5r / 7r, 50126 Firenze, Italia

Ente Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica

n°10440

**REFERENTE TECNICO**

Prof. Arch. Fabrizio Rossi Prodi

**SUPPORTO AL PROGETTISTA E COORD. OPERE EDILI**

Arch. Federico Bargone

**MODELLATORE OPERE EDILI**

Arch. Giombattista Areddia

**MODELLATORE OPERE STRUTTURALI**

Ing. Mattia Columbu

**MODELLATORE IMPIANTI MECCANICI, IDRAULICI, ANTINCENDIO**

Ing. Tommaso Niccolai

**MODELLATORE IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI**

Ing. Gabriella Parra

**PROFESSIONISTA ESPERTO ITACA E CERT. ENERGETICO**

Ing. Margherita Converso

Albo degli ingegneri della Provincia di Torino

n° 7146W

**GEOLOGO**

Dott. Geol. Massimiliano Coretta

Studio Associato CMC

via Olanda n.31, 28922, Verbania-Pallanza, Italia

Albo dei Geologi del Piemonte

n°599 sez. A

**REVISIONI**

N°	Descrizione	Data
00	PRIMA EMISSIONE	2023/07/14
01	REVISIONE	2023/10/27

Redazione	Verifica	Approvazione
CORETTA	CORETTA	CORETTA
Nome file	000162_004_FTE_RTS_000_01.docx	
File stile di stampa (ctb)	RPA_200/100	

Codice Elaborato	Scala
000162_004_FTE_RTS_000_01	-
Titolo Elaborato	N° Elaborato
Relazione geologica	<b>GEO RTS 000</b>



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

### INDICE

1.	PREMESSA .....	2
1.	LOCALIZZAZIONE.....	3
2.	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	6
3.	ANALISI GEOLOGICA.....	7
3.1.	ANALISI PRELIMINARE DELLE CONDIZIONI SISMICHE.....	7
3.2.	VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ E D'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA.....	8
3.3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	10
3.4.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	12
4.	ANALISI SISMICA.....	15
4.1.	DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO .....	15
4.2.	INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI.....	17
5.	MODELLO GEOLOGICO LOCALE .....	23
5.1.	INDAGINI PREGRESSE .....	23
6.	ANALISI GEOTECNICA.....	28
6.1.	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	28
6.2.	PROVE GEOTECNICHE IN SITO .....	31
6.3.	MODELLO GEOTECNICO .....	35
7.	CONCLUSIONI.....	38

#### ELENCO ALLEGATI AL TESTO:

**ALLEGATO 1 – Indagini pregresse**

**ALLEGATO 2 – Stratigrafie sondaggi geognostici**

**ALLEGATO 3 – Report dell'indagine sismica (MASW)**

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso

				Studio Associato CMC	Ing. Margherita Converso
---	---	---	---	-------------------------	-----------------------------



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

## 1. PREMESSA

Il presente elaborato viene redatto dal sottoscritto, Dott. Geol. Massimiliano Coretta, regolarmente iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte con il numero 599 sez. A, titolare dello Studio Associato CMC con sede nella Città di Verbania in via Olanda n.31, quale parte integrante degli elaborati di progetto per la realizzazione degli interventi previsti all'interno del lotto 2 della PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37.

L'elaborato è stato redatto ai sensi e nel rispetto delle norme vigenti, ed in particolare di:

- D.M. 14/01/2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
- D.M 18/01/2018 Aggiornamento "nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Norme Tecniche di Attuazione dello strumento urbanistico vigente del comune di Torino

Per lo svolgimento dell'incarico e la redazione del presente elaborato si è proceduto a:

- prendere visione degli elaborati di progetto;
- prendere visione degli elaborati di carattere geologico del PRCG vigente;
- eseguire un inquadramento geologico e geomorfologico dell'intorno significativo dell'area d'intervento;
- consultare le banche dati geotecniche, idrogeologiche e sismiche disponibili per l'area in oggetto e le stratigrafie delle indagini pregresse poste nell'intorno dell'area di progetto.

L'elaborato è strutturato secondo lo schema seguente:

**Parte introduttiva:** contenente la localizzazione e la descrizione dell'intervento e la verifica della vincolistica di piano e, laddove presente, di natura sovraordinata.

**Analisi geologica:** descrizione degli elementi geologici, geomorfologici, litologici e la descrizione del modello geologico del sottosuolo;

**Analisi sismica:** contenente la definizione del modello sismico locale;

**Analisi geotecnica:** elaborazione indagini geognostiche e definizione del modello geologico e geotecnico



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

### 1. LOCALIZZAZIONE

L'area di intervento risulta essere situata nel settore nord-ovest della città di Torino, lungo corso Marche, a sud della Dora Riparia ad una quota altimetrica di circa 275 metri s.l.m. (quota altimetrica desunta dal DTM della città metropolitana di Torino).

L'area è posta nel punto di coordinate:

Coordinate: UTM 32 X: 390911 Y: 4992755

WGS84 lon.: 7.613938/ lat.: 45.079936

Desunte dal database cartografico della Regione Piemonte (BDTRE).

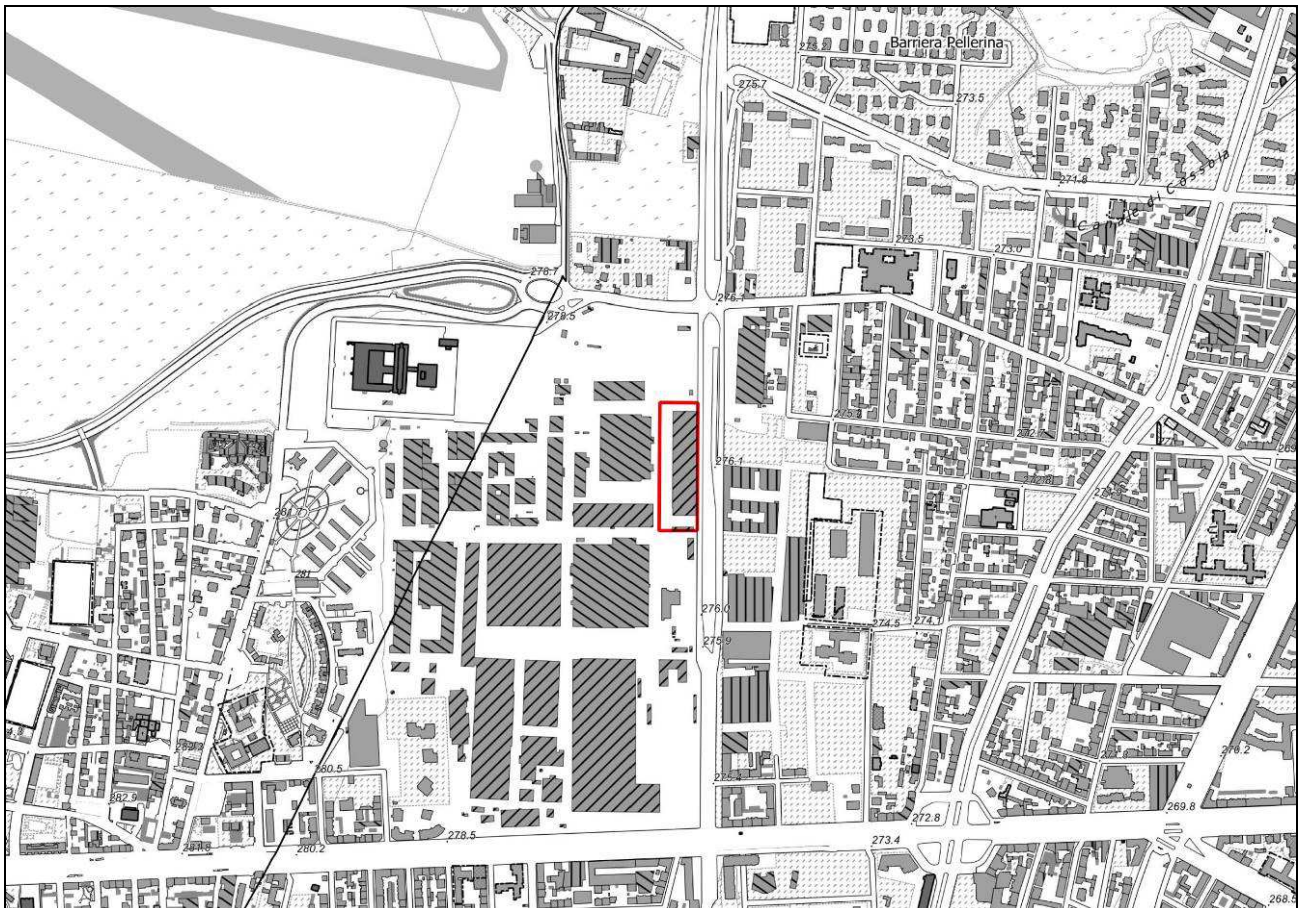


Figura 1: Estratto BDTRE con localizzazione area d'intervento

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso

**ROSSIPRODI  
ASSOCIATI**



**aei** progetti



**Studio Associato  
CMC**

**Ing.  
Margherita Converso**



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37



Figura 2: Ortofoto AGEA 2021 con localizzazione area di intervento

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso

**ROSSIPRODI  
ASSOCIATI**



**aei** progetti



**Studio Associato  
CMC**

**Ing.  
Margherita Converso**



**RELAZIONE GEOLOGICA**

**PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37**

Catastalmente l'intervento ricade all'interno del mappale n. 64 del Foglio n. 1165 del N.C.T. della Città di Torino (TO).



Figura 3: Estratto mappa catastale Foglio n. 1165 mappale n.64



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

### 2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto di Fattibilità Tecnico ed Economica in oggetto riguarda la realizzazione di un centro di ricerca, denominato Piattaforma Aerospazio, da realizzarsi per conto del Politecnico di Torino nel Comune di Torino.

Il centro di ricerca è costituito da due unità strutturali a pianta rettangolare di dimensioni indicative di 90x40m (FASE 1) e 60x40m (FASE 2), per un'area complessiva di circa 15000mq. Complessivamente l'edificio raggiungerà un'altezza fuori terra di circa 17m.

Fuori terra le due unità strutturali presentano la medesima impostazione per la presenza di:

- un piano terra dedicato a laboratori di ricerca specializzati;
- un piano ammezzato caratterizzato da piccoli locali destinati a spogliatoio in corrispondenza dei corpi scala/ascensore;
- un piano primo dedicato a laboratori di ricerca specializzati;
- un piano secondo dedicato in parte a locale tecnico e in parte a copertura del piano primo;
- il piano copertura del locale tecnico a piano secondo;
- collegamenti verticali assicurati a tutti i livelli da tutti i livelli dai corpi scala/ascensore disposti nelle zone periferiche e nella zona centrale dell'edificio e tra piano terra e piano primo mediante scale metalliche in corrispondenza del corridoio centrale.

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso

				Studio Associato CMC	Ing. Margherita Converso
---	---	---	---	-------------------------	-----------------------------



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

### 3. ANALISI GEOLOGICA

#### 3.1. ANALISI PRELIMINARE DELLE CONDIZIONI SISMICHE

La classificazione sismica del territorio nazionale contenuta nell'OPCM n.3274/2003 ha portato alla suddivisione dello stesso in 4 zone sismiche contraddistinte da un diverso valore del parametro  $a_g$ , definito come accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A ed espresso come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ . in particolare.

Con riferimento alla recente D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 6-887OPCM 3519/2006, presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656, il comune di Torino risulta essere posto in zona 3 (cfr. allegato 3 della D.G.R.).

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento della Norme tecniche per le Costruzioni” (NTC2018) il metodo di calcolo da adottare è esclusivamente quello agli stati limite (§ 2.6 NTC – 2018). Applicando il calcolo agli stati limite la progettazione di nuove strutture dovrà essere condotta secondo i criteri previsti dall'OPCM 3274/2003 e s.m.i. che deriva dalla Normativa Europea EN 1998, Eurocodice 8, per la progettazione in zona sismica successivamente inseriti nel D.M. 17 gennaio 2018.

Pertanto, di seguito vengono sviluppate le considerazioni relative alla modellazione sismica, intesa come Risposta Sismica Locale (RSL).

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso







## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

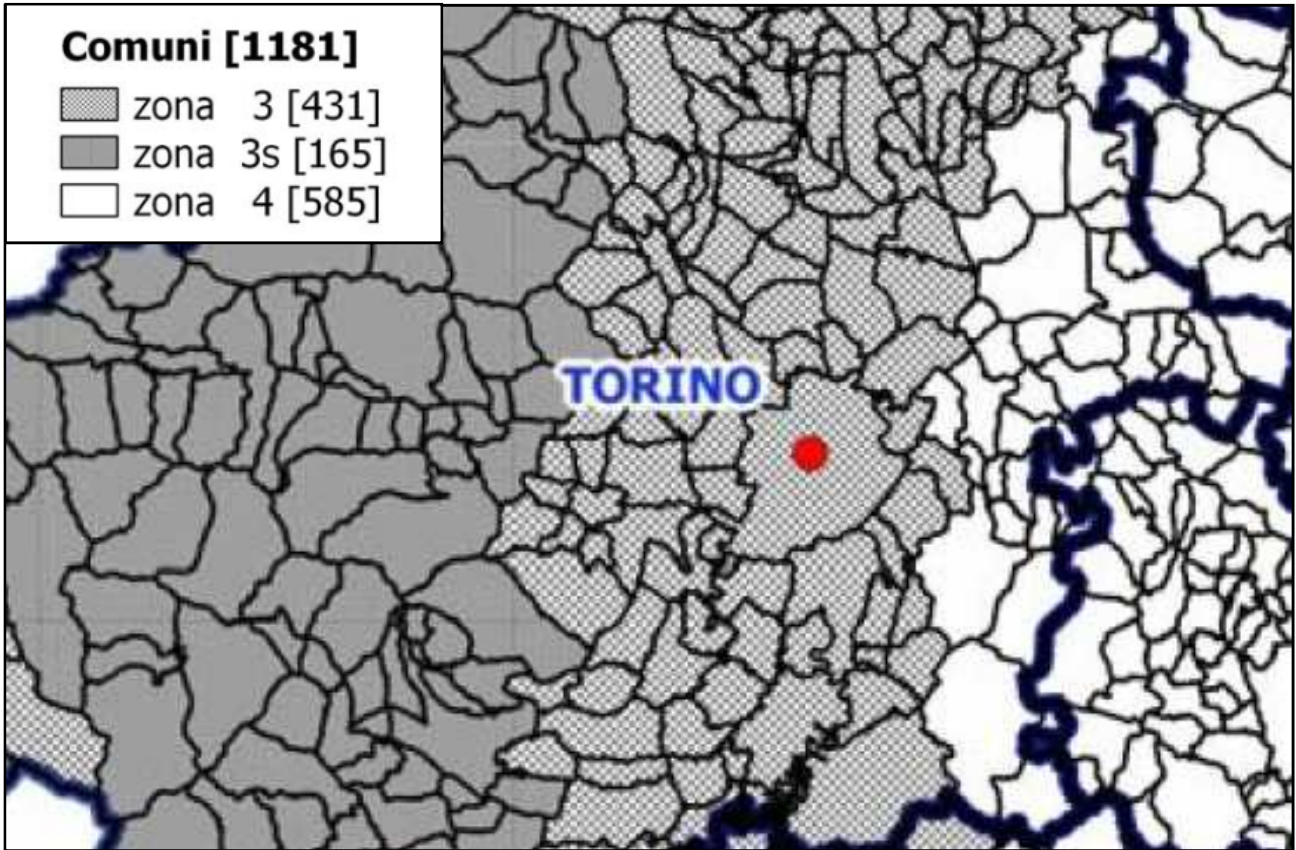


Figura 4: Estratto della carta relativa alla classificazione sismica dei comuni del Piemonte aggiornata al 6/2/2019

## 3.2. VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ E D'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA

In relazione alle condizioni di pericolosità geomorfologiche e d'idoneità all'utilizzazione urbanistica la città di Torino è dotata di un PRCG adeguato al PAI con specifico riferimento alla variante n. 100 (approvata dalla Regione Piemonte con la D.G.R. N. 21-9903 del 27/10/2008 (B.U.R. n. 45 del 6/11/2008) che costituisce a tutti gli effetti parte integrante del PRG vigente.



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

Con riferimento alla Carta di sintesi, tavola n. 3/DORA, Foglio n. 8A, il settore di interesse risulta essere interamente compreso nella classe I(P), la quale non presenta limitazioni alla realizzazione dell'intervento, per come ipotizzato in questa fase di approfondimento progettuale.

Di seguito si riporta uno estratto della cartografia e della norma di riferimento (Volume I allegato B, norme sull'assetto idrogeologico e di adeguamento al P.A.I. – testo coordinato al 01.01.2023).

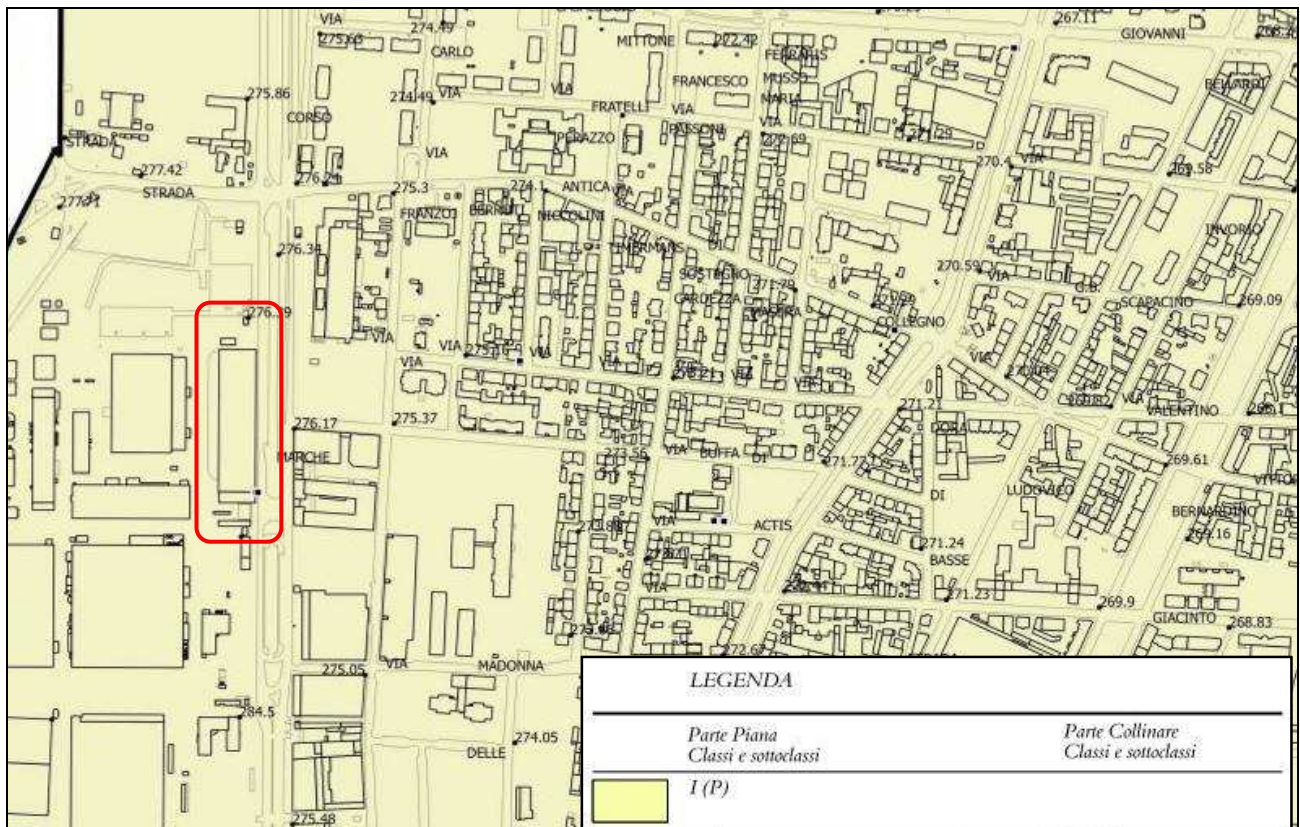


Figura 5: Estratto della carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'ideoneità all'utilizzazione urbanistica (Tavola n. 3/DORA , Foglio n. 8A)



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

#### **2.1.2 DISPOSIZIONI SPECIFICHE PER LE ZONE SOTTOPOSTE CLASSIFICAZIONE IDROGEOMORFOLOGICA - PARTE PIANA (P)**

Fatte salve le ulteriori prescrizioni del PAI e del capitolo 1 del presente allegato prescrizioni per le diverse classi e sottoclassi di pericolosità in cui è stato suddiviso territorio di pianura sono le seguenti.

[\*] Nota variante: id 226, var. n. 100 - variante geologica , approvata il 06/11/2008

##### **CLASSE I(P)**

Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88 e del D.M. 14/01/20 "Approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni".

[\*] Nota variante: id 226, var. n. 100 - variante geologica , approvata il 06/11/2008

Per le aree inserite in tale classe si applicano le destinazioni d'uso, i tipi di intervento, procedure, le limitazioni e le specificazioni previste dalle Norme Urbanistico Edilizie Attuazione del P.R.G., relative alle singole zone e aree normative e dell'allegato B.

[\*] Nota variante: id 226, var. n. 100 - variante geologica , approvata il 06/11/2008

Figura 6: Estratto delle norme tecniche di attuazione di tipo geologico

### **3.3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

Il settore di intervento è posto all'interno del terrazzo di origine fluvioglaciale della fase Riss ed è caratterizzato da una morfologia sostanzialmente pianeggiante, tale terrazzo rappresenta il livello fondamentale della pianura occidentale di Torino; al di sotto del quale risulta essere presente il terrazzamento, sempre fluvioglaciale riconducibile al fluvio glaciale della fase Mindel.

Al di sotto dei terreni fluvioglaciali affiorano i depositi granulometricamente fini costituiti da alternanze di limi ed argille di ambiente lacustre - facies Villafranchiana; la successione stratigrafica sedimentaria prosegue, ancor più in profondità, con sabbie e subordinati livelli

argillosi, di età pliocenica, depositati in ambiente di tipo marino; in generale lo spessore di questo primo orizzonte presenta uno spessore variabile e compreso tra un minimo di 30 e un massimo di 60 m. la sequenza sedimentaria complessivamente presenta invece uno spessore massimo di circa 250 m.



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

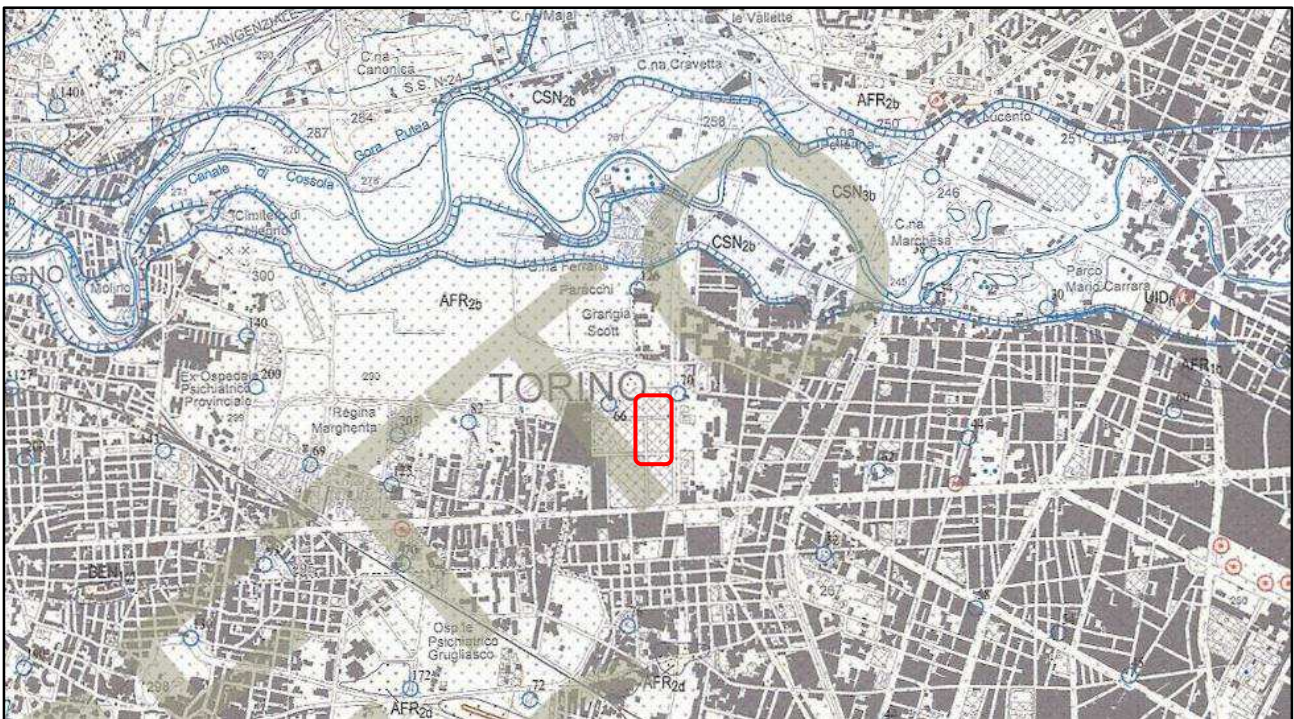
## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

I terreni naturali presenti in sito, al di sotto di un primo livello di materiale di riporto di natura antropica di spessore ridotto (generalmente inferiore al metro), sono tutti di ambiente continentale e risalgono al periodo Pleistocenico dell'Era Quaternaria.

Sono costituiti prevalentemente da materiali ghiaiosi, sabbiosi e limosi compresenza talvolta di ciottoli silicatici, silicei e calcarei di grosse dimensioni. Nella loro parte sommitale sono caratterizzati dalla presenza di un paleosuolo rosso-arancio tendente al bruno, limoso argilloso.

Nel Foglio 155 “Torino Ovest” della Carta Geologica d'Italia - scala 1:50.000 del Progetto CARG redatta da ISPRA con il contributo di Arpa Piemonte, dell'Università di Torino e del C.N.R., l'area in esame è inserita in corrispondenza del “Sintema di Frassinere” e, nello specifico, all'interno del “Subsintema di Col Giansesco” costituito in tale settore da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con clasti eterometrici di quarziti, serpentiniti, gneiss e subordinatamente di prasiniti, calcescisti e marmi grigi (depositi fluvioglaciali); di seguito si riporta un estratto del Foglio CARG di riferimento.



RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso

**ROSSIPRODI  
ASSOCIATI**



**aei** progetti



Studio Associato  
CMC

Ing.  
Margherita Converso



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

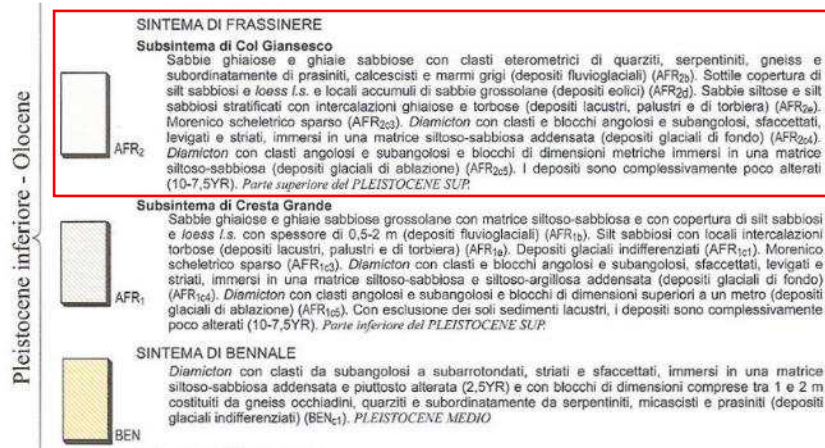


Figura 7: Estratto del foglio 155 “Torino ovest” della Carta Geologica d’Italia progetto CARG (ISPRA 2009 con il contributo di Arpa Piemonte, dell’Università di Torino e del C.N.R.)

### 3.4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il sito oggetto di intervento ricade all'interno del territorio comunale della Città di Torino (TO) ad una quota altimetrica di circa 275 m.s.l.m. ed è caratterizzato da una morfologia sostanzialmente pianeggiante.

In base alla ricostruzione geologico-stratigrafica del sottosuolo lo schema idrogeologico generale della pianura torinese è caratterizzato dalla presenza di un acquifero libero ospitato dal materasso alluvionale ghiaioso-sabbioso, caratterizzato da una permeabilità elevata la cui alimentazione, oltre che dagli apporti pluviometrici diretti, è legata alla ricarica operata dai corsi d'acqua alpini principalmente allo sbocco in pianura, le linee di deflusso della falda sono orientate generalmente WNW - ESE, con andamento circa perpendicolare al Fiume Po che drena l'acquifero.



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

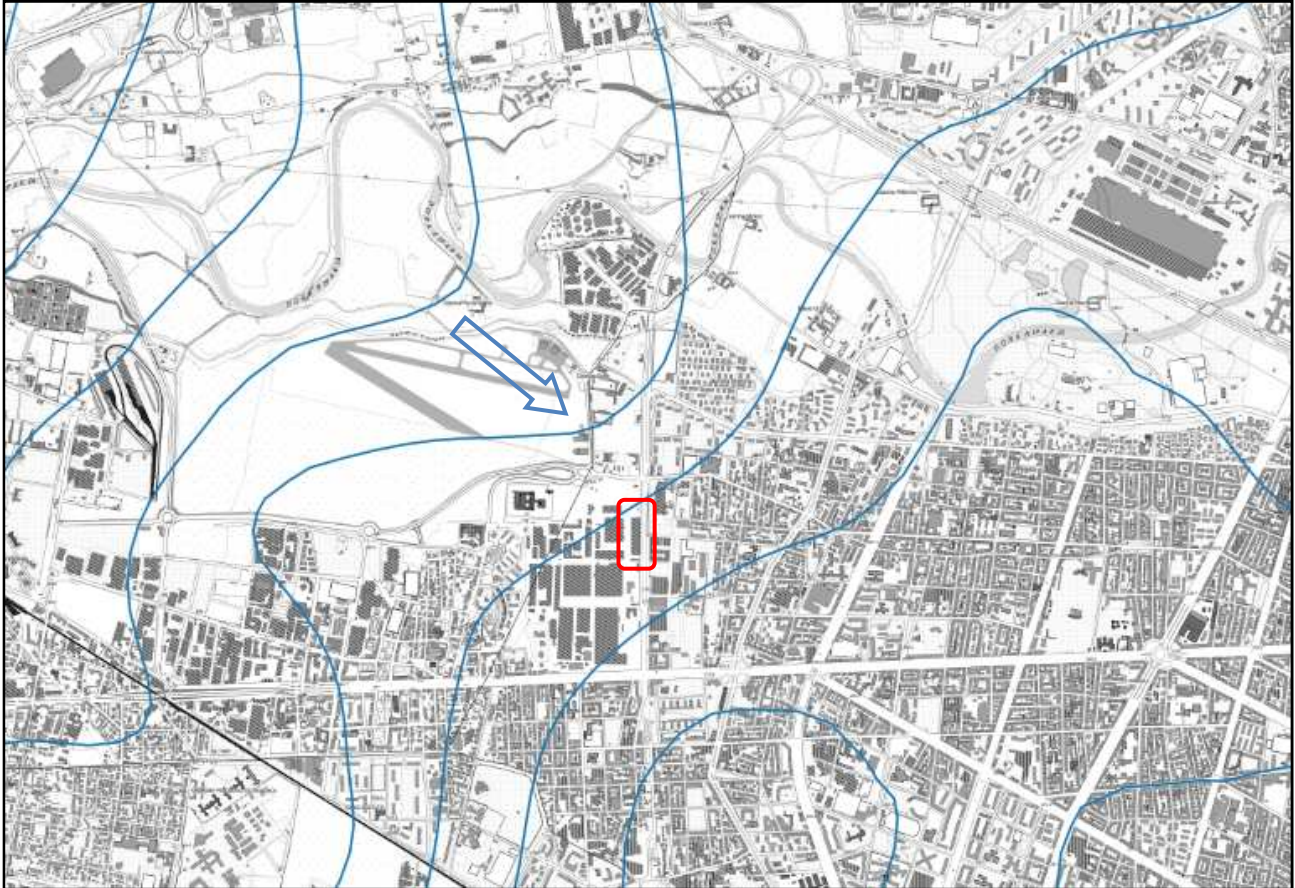


Figura 8: Andamento della base dell'acquifero superficiale<sup>1</sup>

Per quanto riguarda l'area di intervento, al fine di verificare la soggiacenza della falda rispetto al piano campagna si è fatto riferimento ai dati disponibili sul geoportale di ARPA Piemonte relativi alla rete piezometrica della città di Torino.

Per ogni piezometro sono disponibili informazioni anagrafiche e dati tecnici relativi alla perforazione, all'ubicazione e allo stato dello strumento; il piezometro più prossimo all'area d'intervento è denominato Pz\_18, le campagne di misura piezometrica hanno inizio nel 2012 e sono aggiornate con cadenza semestrale fino al 2018.

<sup>1</sup> (tratto dal geoportale di ARPA Piemonte Dati acquisiti nell'ambito del Piano di Tutela delle Acque (PTA) - prima pubblicazione nell'ambito del PTA; aggiornata con D.D. 229 del 6/7/2016, D.D. 63 del 7/3/2022 e D.D. 140 del 5/4/2022)



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

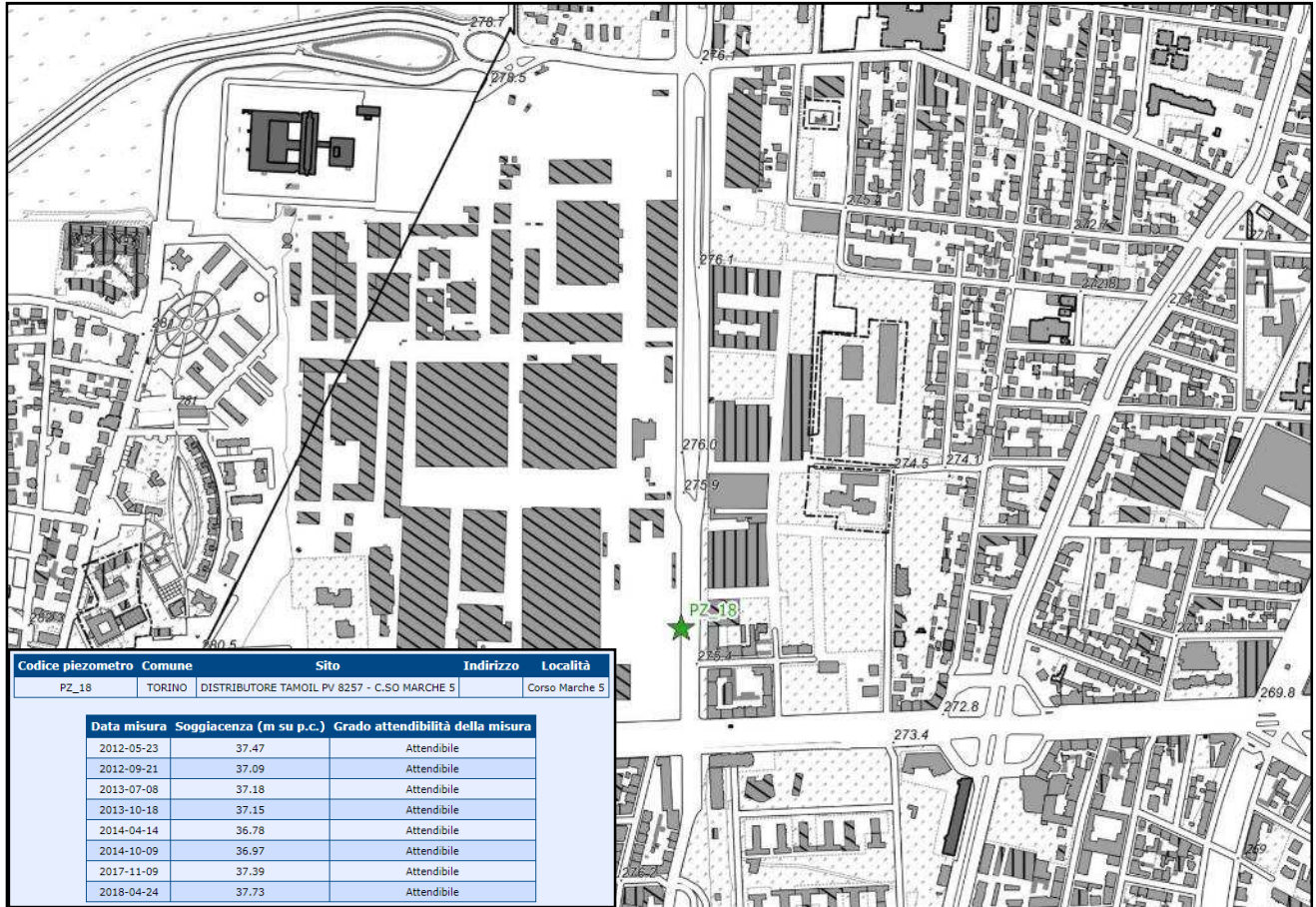


Figura 9: Ubicazione Pz\_18 e livelli di soggiacenza della falda nel periodo di osservazione 2012-18 (tratto dal geoportale di ARPA Piemonte)

I dati disponibili consentono di attestare la superficie piezometrica della prima falda freatica in condizioni di regime idrogeologico ordinario a profondità superiori a 35 m dal p.c. attuale.



## RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

### 4. ANALISI SISMICA

#### 4.1. DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO

Al fine di definire puntualmente la categoria di suolo è stata effettuata un'indagine sismica di superficie utilizzando la procedura denominata MASW (Multichannel Analysis Surface Waves).

La MASW consente di determinare il valore del parametro sismico  $V_s$  medio attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh, al fine di risalire alla categoria di suolo di fondazione e procedere al calcolo dell'azione sismica di progetto per mezzo degli spettri di risposta elastici.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo (registrazione sismogramma);
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$  che descrive la variazione di  $V_s$  con la profondità.

Per ottenere un profilo della velocità delle onde sismiche di taglio  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. La strumentazione utilizzata è composta da una unità di acquisizione dati, dall'apparato di ricezione e dall'apparato di energizzazione.

La prova è stata eseguita all'interno del capannone aerospazio 37; per registrare le vibrazioni del terreno sono stati utilizzati 24 geofoni posti a 2 m di distanza, per uno stendimento di 46 m di lunghezza con i quali si convertono in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno.

Per generare le onde sismiche è stata utilizzata una massa battente di 10 kg su di un piattello metallico standard (20x20 cm); l'impulso viene trasmesso immediatamente al sismografo attraverso il geofono starter, per consentire una registrazione sincronizzata al tempo 0.

Come unità di acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo EEG BR24 a 24 canali dotata di supporto magnetico per la registrazione dei dati ottenuti dopo opportuna amplificazione e filtraggio.





**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

e conversione analogico/digitale, per la registrazione simultanea degli impulsi sismici rilevati dai geofoni.

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.

Per ottenere un profilo verticale della Vs della curva di dispersione viene stimato un valore di densità del terreno sulla base della tipologia dei materiali attraversati.

In allegato 2 sono riportati i risultati della prova eseguita nell'area indagata.



Figura 10: stendimento indagine MASW

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso

**ROSSIPRODI  
ASSOCIATI**



**aei** progetti



**Studio Associato  
CMC**

**Ing.  
Margherita Converso**



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

La velocità  $V_s$  equivalente calcolata nel caso specifico corrisponde al valore di 540 m/s ne consegue, sulla base della classificazione individuata nella precedente tabella, una categoria di suolo di fondazione di tipo B definita nel modo seguente:

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

## 4.2. INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

In base delle caratteristiche del suolo riscontrate in situ, si possono determinare gli spettri di risposta sismici, calcolati mediante l'ausilio del software Geostru-PS a partire dalla posizione dell'intervento.

Al fine di scegliere univocamente gli spettri di progetto è necessario conoscere la vita nominale dell'opera e il coefficiente d'uso. La vita nominale di un'opera strutturale ( $V_n$ ) è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata; la vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata di seguito.



**RELAZIONE GEOLOGICA**

**PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37**

Nel caso in studio la vita nominale è di tipo 2

Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni		
Tipi di costruzione	Vita Nominale VN (in anni)	
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
<b>2</b>	<b>Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari</b>	<b>50</b>
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

La classe d'uso di una struttura è invece definita, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso della stessa, nel modo riportato in tabella. La struttura in esame corrisponde ad una classe IV.

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

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (amax) attesa in superficie ed una forma spettrale connessa ad essa. Il valore di amax può essere ricavato dalla relazione  $amax = S_s \cdot ag$  dove  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.



RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

Circa l'effetto dovuto alla topografia, il D.M., per configurazioni topografiche superficiali adotta la classificazione espressa in tabella; l'opera in esame rientra nella categoria T1.

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 $i > 30^\circ$

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VR per il coefficiente d'uso CU.

Il valore del coefficiente d'uso CU, al variare della classe d'uso così come definita in precedenza, è indicato nella seguente tabella:

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente CU	0.7	1	1.5	2

Pertanto, per un'opera quale quella prevista si ritiene che la vita nominale (VN) sia  $\geq 50$  anni e la classe d'uso sia la IV, pertanto il periodo di riferimento (espresso in anni) è:

$$VR = VN * CU = 75 * 1 = 75 \text{ anni}$$

Per il sito in esame sono validi i seguenti parametri sismici  $A_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  in funzione dei tempi di ritorno e stati limite considerati:

Sito in esame:

- Coordinate: latitudine 45,08104 / longitudine 7,615022
- Classe d'uso: 3
- Vita nominale: 50



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

Siti di riferimento:

– Sito 1	ID: 13570	Lat: 45,0912	Lon: 7,6138	Distanza: 1133,603
– Sito 2	ID: 13571	Lat: 45,0946	Lon: 7,6844	Distanza: 5651,651
– Sito 3	ID: 13793	Lat: 45,0448	Lon: 7,6893	Distanza: 7091,107
– Sito 4	ID: 13792	Lat: 45,0413	Lon: 7,6187	Distanza: 4426,105

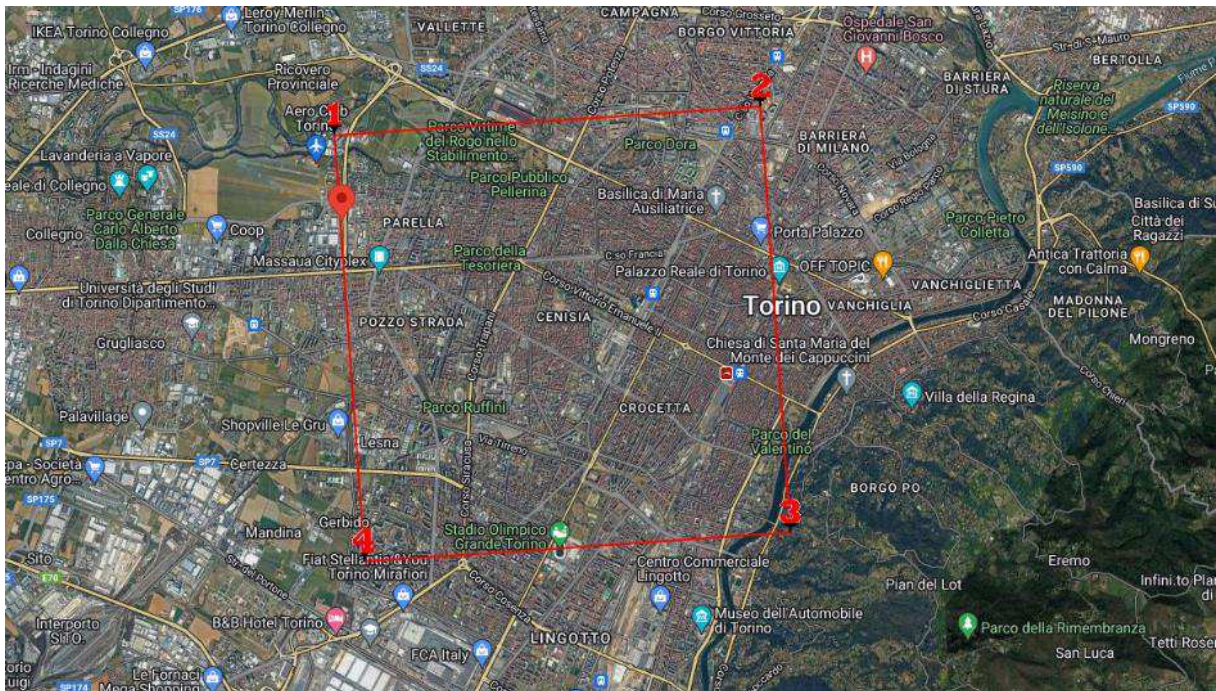


Figura 11: maglia di riferimento - tratta da <http://geoapp.eu/parametrismici2018/>

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso

**ROSSIPRODI  
ASSOCIATI**



**aei** progetti



**Studio Associato  
CMC**

**Ing.  
Margherita Converso**



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

Parametri sismici:

- Categoria sottosuolo: B
- Categoria topografica: T1
- Periodo di riferimento: 75 anni
- Coefficiente cu: 1,5

Stato Limite	Probabilità di superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0.029	2.573	0.195
Danno (SLD)	63	75	0.035	2.618	0.213
Salvaguardia vita (SLV)	10	712	0.065	2.779	0.280
Prevenzione collasso (SLC)	5	1462	0.077	2.829	0.288

A questo punto è possibile, in relazione alla tipologia di sottosuolo presente, alle considerazioni fatte ai paragrafi precedenti relative alla struttura in progetto, alla categoria di suolo (B) e quella topografica (T1), fornire i coefficienti di amplificazione Ss e Cc caratteristici e i relativi fattori di amplificazione considerati con il tipo di elaborazione riferito alle opere di sostegno NTC 2018 e muro rigido ossia non in grado di subire deformazioni.

Stato Limite	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta
SLO	1.20	1.530	1.0	0.007	0.003	0.340	0.200
SLD	1.20	1.500	1.0	0.008	0.004	0.408	0.200
SLV	1.20	1.420	1.0	0.016	0.008	0.762	0.200
SLC	1.20	1.410	1.0	0.018	0.009	0.903	0.200

Infine, occorre valutare la suscettibilità dei terreni di fondazione alla liquefazione, cioè una perdita di resistenza al taglio e/o di rigidezza dovuta all'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico che possa produrre deformazioni permanenti significative, o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

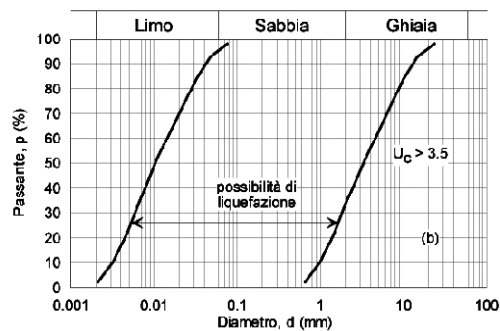
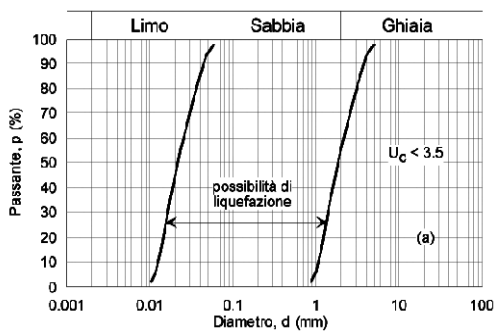
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  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  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in figura (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



Nello specifico, si esclude la verifica alla liquefazione in quanto la falda si attesta ad una profondità di circa 35 metri dal p.c. e quindi è soddisfatta la circostanza prevista dal punto 2 del precedente elenco, inoltre, l'accelerazione massima attesa agli SLV è inferiore a 0.1 g.



## RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

### 5. MODELLO GEOLOGICO LOCALE

In questo paragrafo si riportano le considerazioni generali e preliminari per la descrizione del modello geologico locale, inteso come la definizione dei caratteri fisici dei materiali e dei terreni direttamente interessati dall'interazione tra l'area di intervento e l'opera.

#### 5.1. INDAGINI PREGRESSE

Al fine di giungere alla definizione del modello geologico dell'area, oltre che ai risultati delle indagini eseguite direttamente sull'area in questa fase, si è fatto riferimento anche alle analisi ed indagini precedenti:

- Risultati delle indagini ambientali ai sensi del D.lgs. 152/06 (ex DM 471/99) eseguite in corrispondenza dell'Edificio 37 (Golder Associates S.r.l. – 09/2021), contenuti nel memorandum tecnico consegnato come documentazione tecnica preliminare alla progettazione.
- I risultati del sondaggio riportato all'interno della relazione geologica redatta a corredo della verifica della vulnerabilità sismica del fabbricato 61 dello stabilimento Leonardo divisione velivoli di Torino - Corso Francia eseguito nel 2016 dalla società Icarus S.C.p.A. ubicato a margine dell'area di progetto messo a disposizione come documentazione tecnica preliminare alla progettazione.
- Le indagini presenti nel portale cartografico di ARPA Piemonte e nella Banca Dati Geotecnica del Piemonte ritenute significative per l'area di interesse quali i sondaggi Pz10 e Pz15 ed un pozzo identificato riportato nell'estratto con la sigla PO1.

Di seguito si riportano:

- la planimetria estratta dalla banca dati geotecnica della Regione Piemonte con individuazione dell'area di progetto (rettangolo di colore rosso).
- L'ortofoto dell'area oggetto d'intervento con ubicazione dei punti d'indagine i cui risultati sono stati messi a disposizione come documentazione tecnica preliminare alla progettazione mentre le stratigrafie dei sondaggi si riportano in allegato.





**RELAZIONE GEOLOGICA**

**PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37**

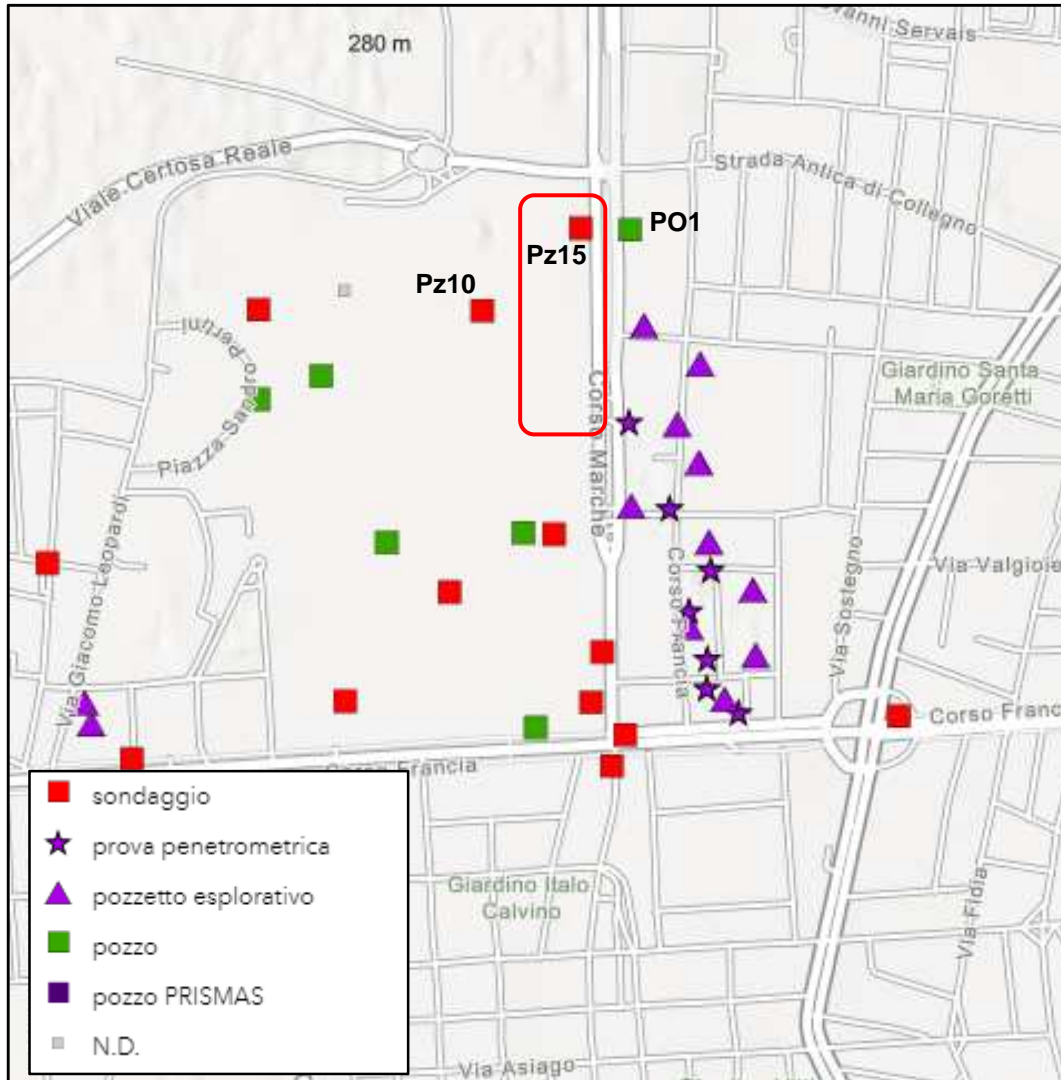


Figura 12: estratto banca dati geotecnica del Piemonte  
(<https://webgis.arpa.piemonte.it/agportal/apps/webappviewer/>)



**RELAZIONE GEOLOGICA**

**PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37**

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
Pz10	TORINO	TO	corso Marche
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
19/7/2004	19/7/2004	52.00	Piano di caratterizzazione

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
109978	1.40	riporto in ghiaia e ciottoli
109978	31.00	sabbia e ghiaia
109978	33.50	ghiaia in matrice argillosa
109978	34.50	ghiaia in matrice limoso argillosa
109978	36.00	argilla
109978	37.20	ghiaia in matrice limoso argillosa
109978	50.00	sabbia e ghiaia con ciottoli
109978	52.00	limo argilloso sabbioso addensato

Figura 13: stratigrafia semplificata Pz10

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
Pz15	TORINO	TO	corso Marche
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
12/7/2004	12/7/2004	52.50	Piano di caratterizzazione

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
109980	1.00	ghiaia e ciottoli sabbioso limosa in matrice
109980	2.00	sabbia limosa addensata
109980	3.00	ciottoli e ghiaia in matrice limosa e sabbiosa
109980	10.00	ghiaia prevalentemente grossolana con ciottoli
109980	14.50	ghiaia e ghiaietto con sabbia
109980	15.00	sabbia limosa
109980	25.00	ghiaia con piccoli ciottoli e sabbia
109980	25.50	sabbia fine limosa addensata
109980	27.00	ghiaia e ciottoli limoso sabbiosa
109980	32.00	ghiaia e sabbia con piccoli ciottoli
109980	34.00	sabbia ghiaiosa
109980	34.50	ghiaia fine in matrice argillosa
109980	35.50	ghiaia fine in matrice argilloso sabbioso
109980	37.00	argilla
109980	39.00	ghiaia in matrice sabbioso argillosa
109980	39.30	argilla
109980	52.00	sabbia e ghiaia con ciottoli
109980	53.00	sabbia argillosa addensata

Figura 14: stratigrafia semplificata Pz15

I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
1000001186-O23/5-S126	TORINO	TO	STRATIGRAFIA NON DIGITALIZZATA
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
		70.00	

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
10026500	1.00	terreno vegetale
10026500	22.00	ghiaia, ghiaione, ciottoli e lenti di conglomerati
10026500	40.00	argilla compatta
10026500	44.00	ghiaia
10026500	65.00	ghiaia, ghiaietto e sabbione
10026500	70.00	argilla

Figura 15: stratigrafia semplificata pozzo



RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37



Figura 16: Ubicazione punti d'indagine contenute nella documentazione tecnica preliminare alla progettazione



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

Dall'analisi della documentazione pregressa è possibile ricostruire il seguente modello geologico locale costituito da tre livelli:

- primo strato di terreni e materiali di riporto di spessore inferiore al metro;
- Un secondo livello costituito da terreni limoso- sabbiosi e sabbia limosa di spessore massimo di circa 2.0 m;
- un terzo livello, di spessore plurimetrico costituito da ghiaie grossolane in matrice limosa, terreni che presentano un discreto grado di addensamento.

In sintesi, il modello geologico di riferimento per l'area di intervento e l'opera di prevista realizzazione è il seguente:

	spessore in m	litologia
Livello A	0.50/1.00	Terreni rimaneggiati e/o materiali di riporto
Livello B	2.00/2.50	Sabbie con alternanza di ghiaie e depositi sabbiosi debolmente limosi
Livello C	> 30	Ghiaia eterometrica grossolana e sabbie addensate



## RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

### 6. ANALISI GEOTECNICA

#### 6.1. INDAGINI GEOGNOSTICHE

In data 07/08/2023 sono stati eseguiti due sondaggi verticali a carotaggio continuo: S1 spinto fino alla profondità di 20 m e S2 spinto fino alla profondità di 30 m dal piano campagna che hanno permesso di campionare i terreni attraversati, poi conservati nelle apposite cassette catalogatrici, ed effettuare n. 11 prove SPT in foro(Standard Penetration Test) per la determinazione dei principali parametri geotecnici.

All'interno della fig.17 si riporta l'ubicazione delle indagini eseguite all'interno del capannone industriale, le stratigrafie dei sondaggi e le riprese fotografiche delle cassette catalogatrici sono riportate in allegato.

In funzione delle opere di previsto intervento, risulta possibile riferire la presenza di tre livelli distinti costituiti da un primo strato di terreni e materiali di riporto di spessore inferiore ai due metri, un secondo livello costituito da terreni sabbiosi con alternanza di ghiaie e depositi sabbiosi debolmente limosi fino a circa 9 m dal p.c. e un terzo livello di spessore plurimetrico costituito interamente da ghiaie e sabbie grossolane che presentano un elevato grado di addensamento che aumenta in funzione della profondità in cui non è possibile distinguere nettamente diversi strati di deposizione né correlare le prove eseguite tra di loro.

Il modello geologico di riferimento per l'area di intervento ricavato da una sintesi delle prove eseguite confrontato con il quadro delle analisi pregresse riportato al paragrafo precedente può essere riassunto nel modo seguente:

	spessore in m	litologia
Livello A	1.50/2.00	Terreni rimaneggiati e/o materiali di riporto
Livello B	9.00	Sabbie con alternanza di ghiaie e depositi sabbiosi debolmente limosi
Livello C	>30	Ghiaia eterometrica grossolana e sabbie addensate

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso

				Studio Associato CMC	Ing. Margherita Converso
---	---	---	---	-------------------------	-----------------------------



Politecnico  
di Torino

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

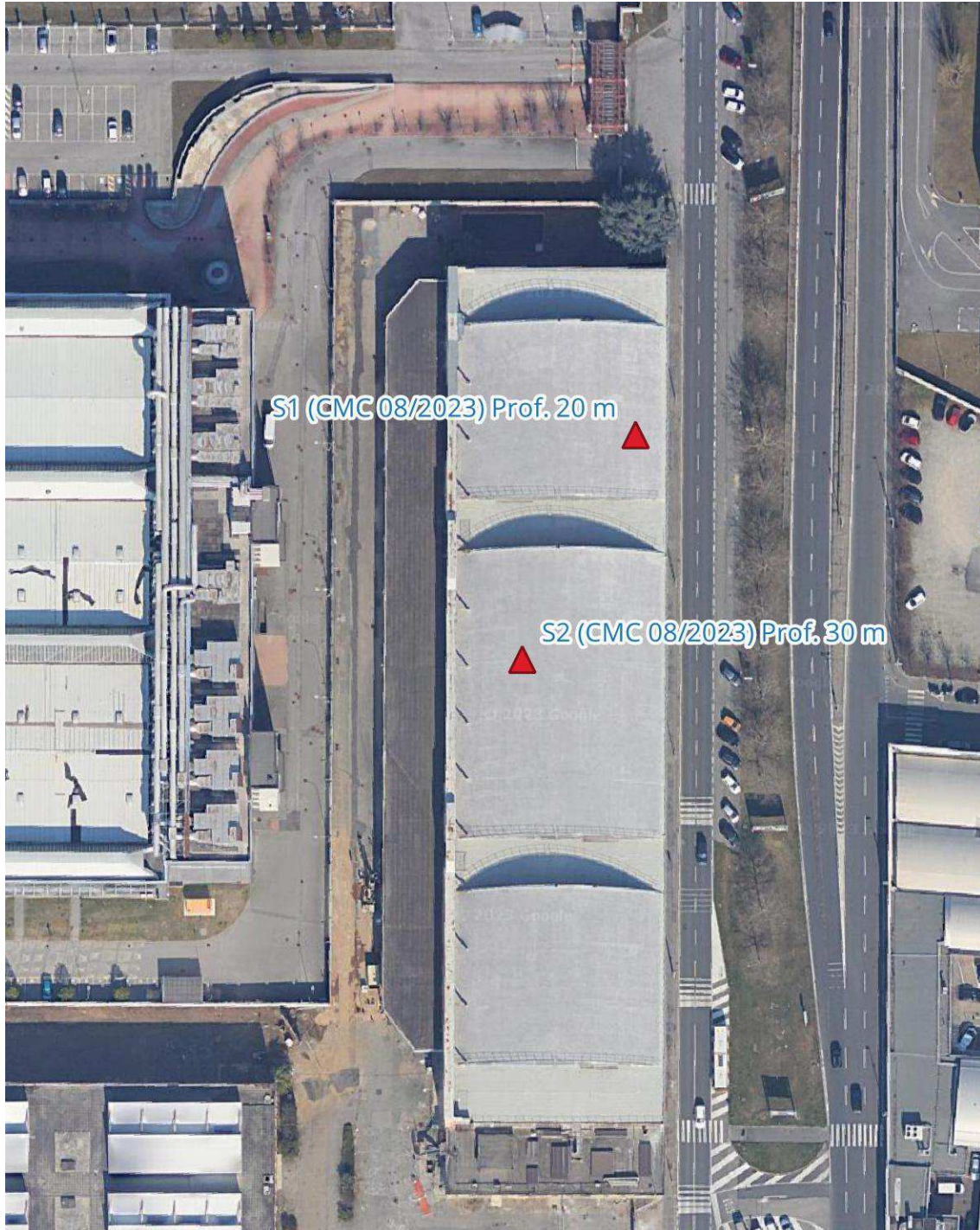


Figura 17 ubicazione sondaggi eseguiti dagli scriventi

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso

ROSSIPRODI  
ASSOCIATI



aei progetti



Studio Associato  
CMC

Ing.  
MargheritaConverso



RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

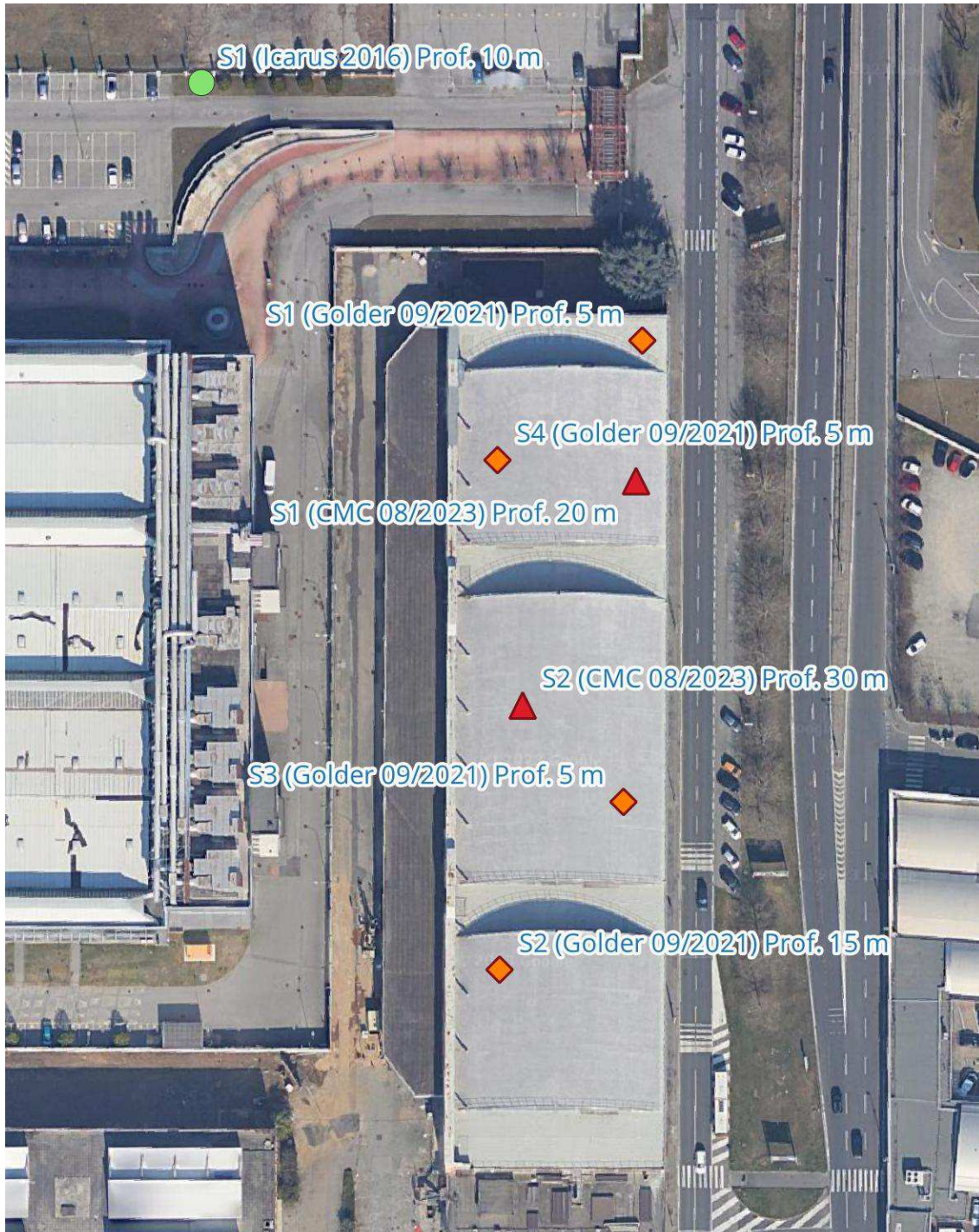


Figura 18 Quadro d'unione dei sondaggi disponibili



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

## 6.2. PROVE GEOTECNICHE IN SITO

Nell'ambito dei sondaggi geognostici S1 e S2 da cui è stato ricavato il modello stratigrafico locale, sono state eseguite n. 11 prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) 5 prove nel sondaggio S1 e 6 prove nel sondaggio S2, disposte a diverse profondità (cfr. alle stratigrafie); le prove, per la maggior parte sono andate a rifiuto per l'elevato grado di consolidamento dei terreni presenti in sito, quelle che non sono andate a rifiuto hanno permesso di procedere con la determinazione dei parametri geotecnici dei terreni attraversati.

Tra le varie prove geotecniche in sito la prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test) è una di quelle maggiormente usate; tale metodologia consiste nell'infiggere tramite battitura un campionatore lungo 45 cm, diviso in segmenti da 15 cm, sul fondo del foro di sondaggio a carotaggio continuo.

La prova e la strumentazione per la sua esecuzione sono standardizzate dalle norme: ISSMFE (Associazione Geotecnica Internazionale) che ha emesso la procedura di riferimento (ISOPT 1-1988).

Le norme AGI 1977 prevedono che il campionatore può essere sostituito da una punta chiusa in caso di terreni granulari ove gli elementi hanno diametro maggiore di quello del tubo campionatore (circa 4 cm); la punta conica ha dimensioni e angolo definiti dalle norme.

Le attrezzature e le modalità esecutive adottate per le prove sono descritte nei punti seguenti e risultano conformi a quanto previsto dalla normativa A.G.I. relativamente alle prove S.P.T.

Nel caso in studio la prova è stata effettuata con una punta chiusa.





## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37



Figura 19: Esecuzione prova SPT

I valori misurati alle varie profondità possono poi essere influenzati, oltre che dalle modalità di esecuzione e dalle caratteristiche dell'attrezzatura impiegata, anche dalla pressione del terreno sovrastante; per tale motivo si usa normalizzare i valori di colpi piede misurati in funzione della pressione verticale efficace mediante l'espressione:

$$N_1 = C_N \cdot N_{SPT}$$

dove  $C_N$  rappresenta un coefficiente di correzione ricavabile dal grafico proposto da K.Tokimatsu (1988).

Esistono dei fattori di variabilità connessi con i differenti dispositivi di infissione che possono essere tenuti in considerazione misurando il rendimento medio  $ER_{del}$  del dispositivo di infissione riferendo così il numero di colpi  $N$  ad un rendimento considerato in questo caso del 70%.

$$N_{160} = (ER_{IM}/60)N$$

Come indicato in precedenza delle 11 prove SPT eseguite solo 3 (2 nel sondaggio S1 e 1 nel sondaggio S2) hanno dato un risultato significativo in ragione del fatto che tutte le altre prove sono tutte andate a rifiuto nei primi colpi.



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti dall'esecuzione delle prove SPT nei sondaggi eseguiti dove, per le prove che non sono andate a rifiuto nei primi 30 cm, nell'ultima colonna, sono riportati i valori complessivi del numero di colpi.

Profondità della prova dal p.c.	N° colpi	N <sub>spt</sub>
<b>Sondaggio S1</b>		
4.00 - 4.45	18-27-30	57
9.00 - 9.45	11-33-R (10 cm)	83
12.00-12.45	R (8 cm)	-
18.00-18.45	R (10 cm)	-
<b>Sondaggio S2</b>		
6.00-6.45	R (5 cm)	-
9.00-9.45	11-R (10 cm)	-
13.00-13.45	R (6 cm)	-
15.00-15.45	R (5 cm)	-
18.00-18.45	7-21-R (7 cm)	71
21.00-21.45	R (3 cm)	-
26.00-26.45	5-R (8 cm)	-



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

Sulla base dei valori  $N_{spt}$  è stato possibile procedere ad una valutazione di alcuni dei principali parametri geotecnici dei terreni investigati ricavati dall'elaborazione fatta con il software Dynamic Probing della Geostru Software, nonché sulla base di esperienze e osservazioni condotte in contesti analoghi; in particolare sono stati valutati i seguenti parametri:

Per la definizione dell'**angolo d'attrito  $\phi(^{\circ})$**  si è optato per la scelta di due diversi autori in base alle differenze stratigrafiche e alle profondità:

Per le prove eseguite nel livello B è stata utilizzata la correlazione di Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956; tale correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi, si tratta di una correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda.

Per le prove eseguite nel livello C è stata utilizzata la correlazione di Shioi-Fukuni 1982 (Japanese Nationalrailway) dove l'angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

Per la definizione della densità relativa (%) è stata utilizzata la correlazione di Meyerhof (1957), per la definizione del Modulo edometrico è stata utilizzata la correlazione di Begemann (1974).

Vista la stratigrafia dell'area e la profondità prevista per il piano d'imposta delle fondazioni il livello A descritto nel modello geotecnico precedente non è stato indagato direttamente ma i dati per la sua caratterizzazione sono stati desunti dai risultati delle indagini pregresse in quanto il piano di posa delle fondazioni previste sarà ad una quota inferiore e verosimilmente sarà impostato all'interno del Livello B.



**RELAZIONE GEOLOGICA**

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

**6.3. MODELLO GEOTECNICO**

LIV.	LITOLOGIA	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	n (%)	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (t/m <sup>3</sup> )	$M_{ed}$ (MPa)	Dr (%)	$\phi'$ (°)	Cu (t/m <sup>2</sup> )
<b>A</b>	Terreni rimaneggiato e/o materiali di riporto*	2.65	40	1.70	2.10	-	37	30	-
<b>B</b>	Sabbie con alternanza di ghiaie e depositi sabbiosi debolmente limosi	2.65	33	2.20	2.45	15	90	43	-
<b>C</b>	Ghiaia eterometrica grossolana e sabbie addensate	2.65	26	2.30	2.48	19	100	50	-

\* Per la caratterizzazione del livello A del modello geotecnico sono stati utilizzati i parametri desunti dai risultati delle indagini geognostiche eseguite nel 2016

$\gamma$ : peso specifico dei granuli

Dr: densità relativa

n: porosità

$\phi'$ : angolo di attrito efficace

$\gamma_d, \gamma_s$ : pesi di volume terreno asciutto e saturo

Cu: coesione non drenata

$M_{ed}$ : Modulo edometrico (MPa)

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CMC | Ing. Margherita Converso

				Studio Associato CMC	Ing. Margherita Converso
--	--	--	--	-------------------------	-----------------------------



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

#### 6.4. ANALISI STATISTICA DEI PARAMETRI GEOTECNICI E DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO

La valutazione dei parametri caratteristici dei terreni di fondazione è stata condotta secondo le “Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici (CSLP) sulle Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Secondo tali istruzioni i valori caratteristici possono essere assunti prossimi ai valori medi quando è coinvolto un elevato volume di terreno e prossimi ai valori minimi nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno.

Il valore caratteristico rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili dalle prove eseguite.

Per la definizione dei i valori minimi dell’angolo d’attrito efficace e della coesione si procede alla loro determinazione mediante l’utilizzo delle seguenti relazioni:

$$\varphi'_k = \varphi'_m (1 + X \cdot V\varphi' / (n^{0,5}))$$

$$c'_k = c'_m (1 + X \cdot Vc' / (n^{0,5}))$$

Dove:

$\varphi'_k$  = valore caratteristico dell’angolo d’attrito interno

$\varphi'_m$  = valore medio dell’angolo d’attrito interno

$V\varphi'$  = Coefficiente di variazione (COV) di  $\varphi'$  adottato pari a 0,07 (Harr 1987)

$c'_k$  = valore caratteristico della coesione

$c'_m$  = valore medio della coesione

$Vc'$  = Coefficiente di variazione (COV) di  $\varphi'$  adottato pari a 0,4 (Harr 1987)

$X$  = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottate.

$n$  = numerosità del campione (in questo caso è stato adottato pari al valore corrispondente al numero di prove penetrometriche eseguite per il Livello A e del numero di prove di tagli eseguite sui materiali del livello B).



## RELAZIONE GEOLOGICA

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

La normativa vigente, in particolare l'Eurocodice 7, fissa per una probabilità di non superamento del 5% per una distribuzione di tipo gaussiano, che ben rappresenta il parametro di resistenza al taglio, un valore di X pari a -1,645.

LIV.	LITOLOGIA	$\phi'$ Medio (°)	$\phi'$ minimo (°)	$c'$ Medio (°)	$c'$ minimo (°)
B	Sabbie e ghiaie mediamente addensate	43	38	0.0	0.0
C	Sabbie fini, debolmente limose, sovraconsolidate	50	46	0.0	0.0

Il modello geotecnico di progetto è il seguente:

LIV.	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	n (%)	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (t/m <sup>3</sup> )	$M_{ed}$ (MPa)	$D_r$ (%)	$\phi_{med}$ (°)	$\phi_{min}$ (°)	$Cu_{med}$ (t/m <sup>2</sup> )	$Cu_{min}$ (t/m <sup>2</sup> )
A	2.65	40	1.70	2.10		37	30		0.0	0.0
B	2.65	25	2.20	2.45	55	90	43	38	0.0	0.0
C	2.65	18	2.30	2.48	15	100	50	46	0.0	0.0

Dove:

$\gamma$ : peso specifico dei granuli

$n$ : porosità

$\gamma_d$ : peso di volume terreno asciutto

$\gamma_s$ : peso di volume saturo

$M_{ed}$ : Modulo edometrico (MPa)

$M_Y$ : Modulo di Young (MPa)

$M_p$ : Modulo di Poisson

OCR: Rapporto di sovraconsolidazione

$D_r$ : densità relativa

$\phi_{med}$ : angolo di attrito efficace medio

$\phi_{min}$ : angolo di attrito efficace minimo

$Cu_{med}$ : coesione non drenata media

$Cu_{min}$ : coesione non drenata minima



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## RELAZIONE GEOLOGICA

PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37

### 7. CONCLUSIONI

L'area di previsto intervento è situata in corrispondenza di una zona caratterizzata dalla presenza diffusa di depositi alluvionali grossolani con spessori elevati e buone caratteristiche geotecniche.

Per l'area in oggetto non si osservano elementi di potenziale dissesto legata alla dinamica idraulica; dal punto di vista idrogeologico si osserva che i depositi presenti in sito sono sede di una falda freatica posta ad elevata profondità rispetto al piano campagna che non interferisce con la realizzazione di quanto previsto in progetto.

Al fine di giungere alla definizione della categoria di suolo ai fini sismici all'interno dell'area di progetto è stata eseguita una prova MASW la cui interpretazione ha evidenziato che i terreni presenti in sito appartengono ad una categoria B.

A seguito delle indagini eseguite in sito e dall'osservazione dei dati e delle osservazioni pregresse messe a disposizione è stato possibile ricostruire il modello geologico e geotecnico dell'area oggetto d'intervento che ha confermato l'assetto geologico generale con la presenza fino alla profondità di 30 metri dal p.c. (profondità massima raggiunta dalle indagini in sito) di depositi alluvionali grossolani, all'interno del modello geotecnico sono stati individuati 3 livelli aventi caratteristiche geotecniche in generale buone con modeste differenze; le nuove strutture saranno fondate all'interno del libello B del modello geotecnico proposto.

Verbania, ottobre 2023

Dott. Geol.  
Massimiliano Coretta  
(f.to digitalmente)



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

**PIANO DI GESTIONE INFORMATIVO**

**PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37**

## ALLEGATO 1

Indagini pregresse  
Stratigrafie

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CmC | Ing. Margherita Converso

 ROSSIPRODI  
ASSOCIATI



 **aei** progetti



Studio  
associato  
CMC

Ing.  
Margherita Converso



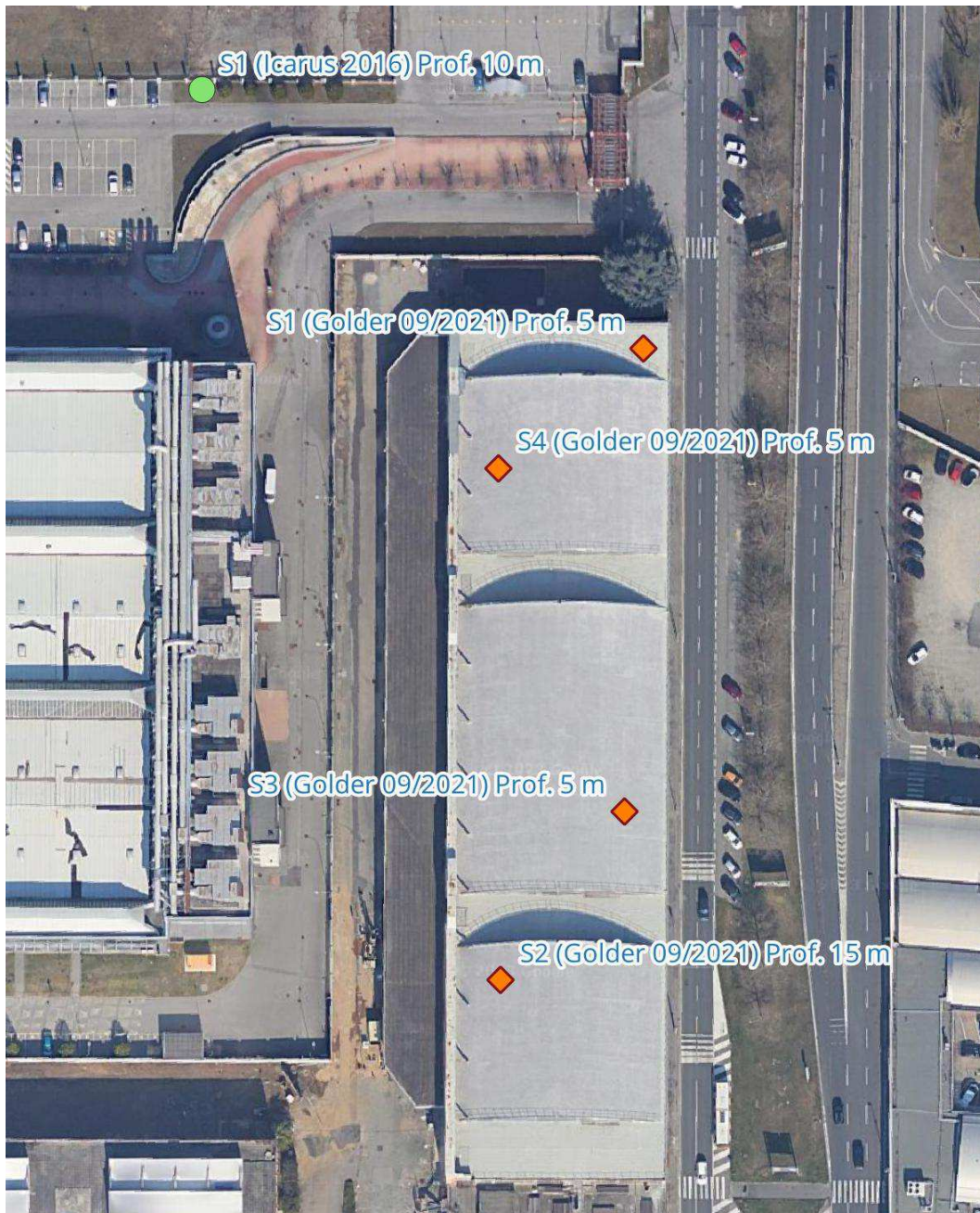


**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## PIANO DI GESTIONE INFORMATIVO

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37



### Ubicazione indagini pregresse

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CmC | Ing. Margherita Converso

ROSSIPRODI  
ASSOCIATI




aei progetti



Studio  
associato  
CMC

Ing.  
Margherita Converso

**Certificato n° 586 del 28/10/2016**

	Committente	Icarus S.C.p.A.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Corso Marche, 79	<b>S1</b>	<b>1/1</b>
	Località	Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	26/10/16	Data Fine	26/10/16

Profondita'	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.40	0.40			Coltre vegetale di riporto sabbioso limoso; colore bruno rossiccio.									
1.00	0.60	1		Terreno eterogeneo di riporto limoso sabbioso ghiaioso con ciottoli; colore da bruno grigiastro a bruno rossiccio.		127						1.50	
1.40	0.40			Limo sabbioso e sabbia fine limosa; colore bruno rossiccio.			127					6-3-7	
2.20	0.80	2		Sabbia fine, sciolta o debolmente addensata, con ghiaia media; colore bruno.								3.00	
4.90	2.70	3		Ghiaia eterometrica con sporadici piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in abbondante matrice sabbiosa e sabbioso limosa, addensata e a tratti cementata; colore bruno chiaro.								17-22-18	
		4											
		5											
		6		Ghiaia eterometrica con frequenti ciottoli (diam. max 12-15 cm) di natura metamorfica (pietre verdi e quarziti) in matrice limoso sabbiosa e sabbiosa, addensata e a tratti debolmente cementata, a tratti abbondante; colore variabile da bruno chiaro a bruno grigiastro.	101			90				6.00	40-R
		7											
		8											
		9											
10.00	5.10	10										9.00	R (8 cm)


**Certificato n° 1364 del 13/01/2023**

	Committente	Politecnico di Torino		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Fabbricato 37		<b>S1</b>	<b>1/1</b>
	Località	Corso Marche, 43 - Torino		Quota (p.c.)	
	Data Inizio	22/12/22	Data Fine		

Profondita'	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.15	0.15			Pavimentazione in calcestruzzo.									0.00
0.40	0.25	0.5		Sottofondo di riporto ghiaioso ciottoloso debolmente sabbioso; colore grigiastro.									<b>C1</b>
0.60	0.20	1.0		Terreno rimaneggiato e di riporto limoso sabbioso con poca ghiaia; colore bruno rossiccio.									1.00
1.30	0.70	1.5		Limo e limo sabbioso, a tratti debolmente argilloso; colore rossiccio.									1.00
1.60	0.30	2.0		Sabbia eterometrica con sporadica ghiaia debolmente alterata; colore bruno rossiccio.									2.00
2.50	0.90	2.5		Sabbia eterometrica, sciolta, con poca ghiaia fine e rari clasti pluricentrici; colore da bruno scuro a bruno rossiccio.		131	127						2.00
3.80	1.30	3.0		Ghiaia eterometrica con piccoli ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, addensata e a tratti abbondante; colore bruno chiaro.				90					<b>C2</b>
5.00	1.20	4.0		Ghiaia eterometrica con rari piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) in matrice limosa e limoso sabbiosa, molto addensata e a tratti cementata; colore bruno chiaro grigiastro.		101							<b>C3</b>
5.00	4.5	5.0											5.00




**Certificato n° 1364 del 13/01/2023**

	Committente	Politecnico di Torino	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Fabbricato 37	<b>S3</b>	<b>1/1</b>
	Località	Corso Marche, 43 - Torino	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	20/12/22	Data Fine	20/12/22

Profondità	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.20	0.20			Pavimentazione in calcestruzzo.									0.00
0.50	0.30	0.5		Terreno di riporto sabbioso limoso ghiaioso con rari ciottoli; colore bruno.									<b>C1</b>
1.30	0.80	1.0		Limo e limo sabbioso, a tratti debolmente argilloso; colore rossiccio.									1.00
1.80	0.50	1.5		Sabbia eterometrica, a tratti debolmente limosa, con poca ghiaia fine; colore bruno rossiccio.									
3.00	1.20	2.0		Sabbia eterometrica, da sciolta a poco addensata, con ghiaia eterometrica, a tratti debolmente alterata; colore variabile da bruno scuro a bruno rossiccio.		131	127						2.00
		2.5						90					<b>C2</b>
5.00	2.00	3.0		Sabbia medio fine, a tratti sciolta, con ghiaia prevalentemente fine con rari clasti pluricentimetrici e piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm). La matrice si presenta a tratti molto addensata. Colore bruno chiaro.									3.00
		3.5											
		4.0											4.00
		4.5											<b>C3</b>
		5.0				101							5.00

**Certificato n° 1364 del 13/01/2023**

	Committente	Politecnico di Torino		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Fabbricato 37		<b>S4</b>	<b>1/1</b>
	Località	Corso Marche, 43 - Torino		Quota (p.c.)	
	Data Inizio	21/12/22	Data Fine		

Profondita'	Potenza	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni	
0.20	0.20			Pavimentazione in calcestruzzo.									0.00	
0.40	0.20	0.5		Sottofondo di riporto sabbioso ghiaioso ciottoloso; colore grigiastro.									<b>C1</b>	
0.60	0.20	1.0		Terreno di riporto sabbioso limoso ghiaioso con piccoli frammenti di laterizi; colore bruno rossiccio.									1.00	
1.30	0.70	1.5		Limo e limo sabbioso; colore rossiccio.									1.00	
1.60	0.30	2.0		Sabbia media, sciolta; colore bruno rossiccio.									2.00	
2.40	0.80	2.5		Sabbia e sabbia limosa, addensata, con ghiaia eterometrica; colore bruno chiaro.		131	127						2.00	
2.40		3.0		Ghiaia eterometrica con frequenti ciottoli (diam. max 15-18 cm) in matrice limosa e limosa sabbiosa, molto addensata, a tratti cementata e a tratti abbondante; colore bruno chiaro grigiastro.				90					3.00	
		3.5												3.00
	2.60	4.0												4.00
		4.5												4.00
5.00		5.0				101							<b>C3</b>	
													5.00	



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

**PIANO DI GESTIONE INFORMATIVO**

**PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37**

## ALLEGATO 2

Sondaggi geognostici  
Stratigrafie e documentazione fotografica

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CmC | Ing. Margherita Converso

 ROSSIPRODI  
ASSOCIATI



 aei progetti



Studio  
associato  
CMC

Ing.  
Margherita Converso

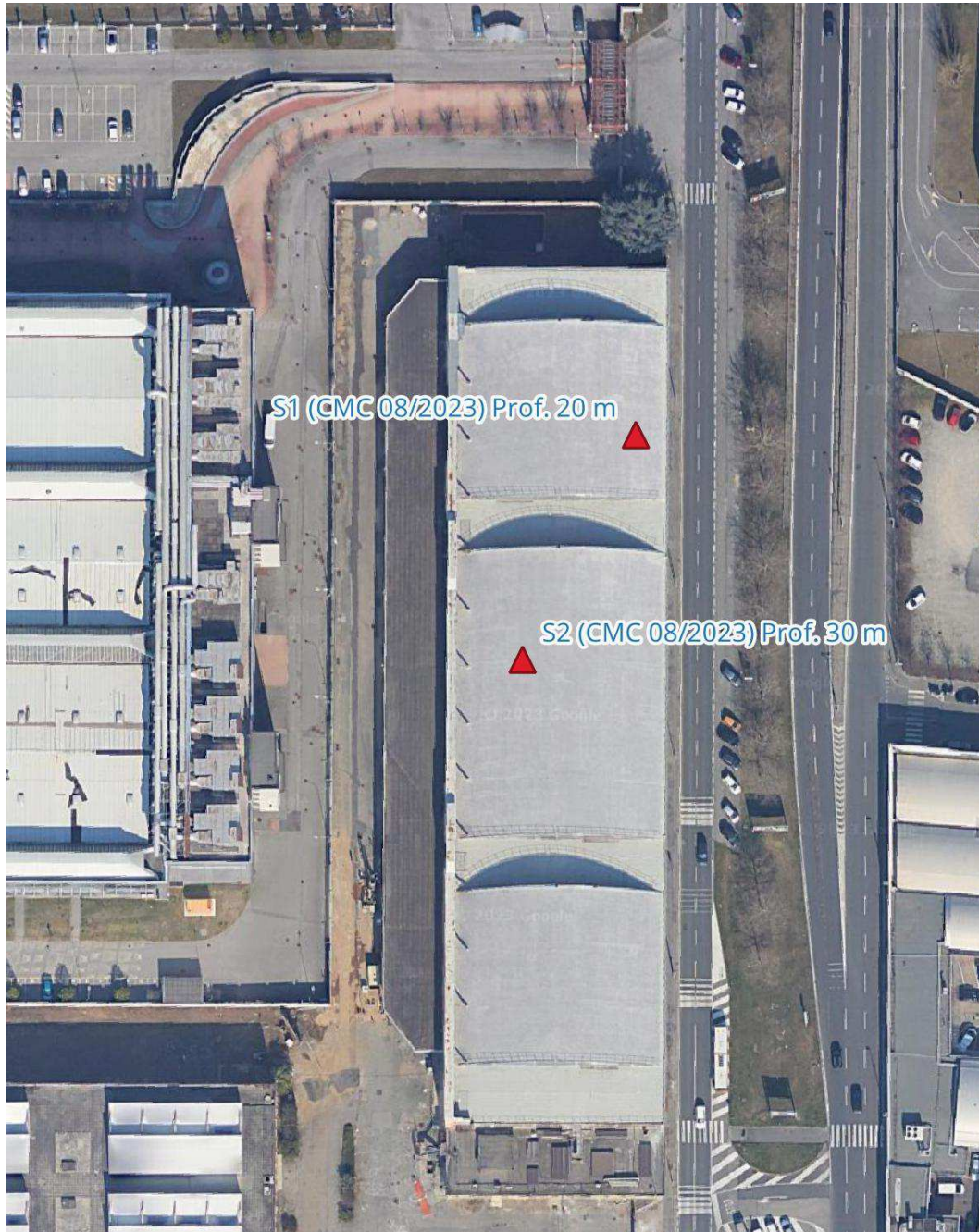


**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

## PIANO DI GESTIONE INFORMATIVO

### PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37



Ubicazione indagini eseguite nell'agosto 2023

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CmC | Ing. Margherita Converso

ROSSIPRODI  
ASSOCIATI



aei progetti



Studio  
associato  
CMC

Ing.  
Margherita Converso



# Studio CMC

Via Olanda n. 13  
28922 Verbania Pallanza (VB)

Committente Politecnico di Torino

Cantiere Aerospazio 37

Località Corso Marche 43 Torino

Data Inizio 07/08/2023

Data Fine 08/08/2023

SONDAGGIO

**S1**

PROFONDITA'

**20.00 m**

Scala 1:100	Profondita' [m da p.c.]	spessore [m]	Stratigrafia	Descrizione	S.P.T.				Falda	Campioni	Altro
					prof.	15	30	45			
1	0.50	0.50		soletta in calcestruzzo	4.0 m	18	27	30			
	1.50	1.0		materiale rimaneggiato e/o di riporto							
2	5.00	3.50		sabbia e ghiaia con ciottoli e clasti poligenici							
3											
4											
5											
6	5.60	0.60		sabbia con ghiaia leggermente limosa, color grigio marrone							
	6.00	0.40		sabbia deb. ghiaiosa color grigio nocciola							
7	7.00	1.0		sabbia debolmente limosa con ciottoli, color grigio nocciola, a 6.90 ciottolo di 10 cm							
8	9.00	2.0		sabbia debolmente limosa con ciottoli arrotondati e sub arrotondati color grigio chiaro							
9											
10											
11	12.0	3.0		ghiaia debolmente sabbiosa con limo, ciottoli pluridecimetrici di diversa natura tra 9.00 e 9.60m							
12											
13	12.60	0.60		ghiaia con ciottoli < 1 cm poligenici, ben selezionato, grigio scuro							
	13.50	0.90		sabbia ghiaiosa, debolmente limosa, con rari ciottoli arrotondati di varia natura							
14	15.00	1.50		sabbia con ghiaia con ciottoli pluricentrici, poligenici. Ciottolo di circa 10 cm a 14.90m							
15											
16	15.70	0.70		ghiaia grossolana debolmente sabbiosa, nocciola/grigio							
17	17.00	1.30		sabbia da limosa a debolmente limosa di color nocciola/grigio. A 17.00 m presenza di ciottolo							
18	18.00	1.00		sabbia con ghiaia, con ciottoli < 1 cm, color nocciola/grigio. Ciottolo a 18.00 m di 10 cm							
19	20.00	2.00		sabbia da limosa a debolmente limosa, con rari ciottoli, color grigio							
20											

Studio CMC Via Olanda n. 13 28922 Verbania Pallanza (VB)			Committente <u>Politecnico di Torino</u> Cantiere <u>Aerospazio 37</u> Località <u>Corso Marche 43 Torino</u> Data Inizio <u>07/08/2023</u> Data Fine <u>08/08/2023</u>				SONDAGGIO <b>S2</b>		PROFONDITA' <b>30.00 m</b>	
Scala 1:100	Profondita' [m da p.c.]	spessore [m]	Stratigrafia	Descrizione	S.P.T. prof. 15 30 45			Falda	Campioni	Altro
1	0.50	0.50		soletta in calcestruzzo						
2	1.80	1.30		materiale rimaneggiato e/o di riporto						
3	5.00	3.20		ghiaie e sabbie con ciottoli e clasti poligenici da centimetrici a decimetrici di colore grigio						
4										
5										
6					6.0 m	R				
7										
8	9.80	4.80		ghiaie e sabbie debolmente limose con ciottoli e clasti poligenici da centimetrici a decimetrici.						
9					9.0 m	11	R			
10										
11	11.0	1.20		ghiaie e sabbie debolmente cementate con clasti e ciottoli centimetrici color grigio						
12										
13	13.50	2.50		sabbia ghiaiosa, con rari ciottoli arrotondati di varia natura	13.0 m	R				
14										
15					15.0 m	R				
16										
17										
18	18.00	5.50		sabbia e sabbia fine ghiaiose con ciottoli centimetrici	18.0 m	7	21	R		
19										
20	20.60	2.60		sabbia e ghiaie conciotoli centimetrici						
21					21.0 m	R				
22										
23	23.40	2.80		sabbie fini debolmente limose , grigie nei primi 60 cm poi color beige/nocciola						
24	24.00	0.60		sabbia ghiaiosa con ciottoli arrotondati e sub arrotondati centimetrici color grigio-marroncino						
25										
26					26.0 m	5	R			
27										
28		6.00		sabbie fine debolmente limosa con qualche ciotolo centimetrico color grigio/ nocciola con alcune sfumature ocra/arancione						
29										
30	30.00									

**SONDAGGIO S1**



*Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 da p.c.*



*Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 da p.c.*



*Cassetta catalogatrice da 10.00 a 15.00 da p.c.*



*Cassetta catalogatrice da 15.00 a 20.00 da p.c.*

## SONDAGGIO S2



*Cassetta catalogatrice da 0.00 a 5.00 da p.c.*



*Cassetta catalogatrice da 5.00 a 10.00 da p.c.*



*Cassetta catalogatrice da 10.00 a 15.00 da p.c.*



*Cassetta catalogatrice da 15.00 a 20.00 da p.c.*



*Cassetta catalogatrice da 20.00 a 25.00 da p.c.*



*Cassetta catalogatrice da 25.00 a 30.00 da p.c.*



**Politecnico  
di Torino**

Direzione Progettazione,  
Edilizia e Sicurezza

**PIANO DI GESTIONE INFORMATIVO**

**PIATTAFORMA AEROSPAZIO – FABBRICATO 37**

## **ALLEGATO 3**

Report MASW

RTP: ROSSIPRODI ASSOCIATI s.r.l. | Sbarch. Architetti Associati | AEI Progetti srl | SANI INGEGNERIA srl, Studio Associato CmC | Ing. Margherita Converso

**ROSSIPRODI  
ASSOCIATI**



**aei** progetti



**Studio  
associato  
CMC**

**Ing.  
Margherita Converso**



Eurogeo S.r.l.

Sito:  
Corso Marche, Torino (TO)



Indagine sismica con metodologia MASW finalizzata alla determinazione del parametro  $V_{s_{eq}}$  per la classificazione sismica dei suoli

## Relazione Tecnica

Relazione n.: 23-269  
Revisione n.: 0  
Data: 09/08/23  
Redatto da: 0  
Controllato da:

---

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>pag. 1</b>
<b>2</b>	<b>Strumentazione utilizzata</b>	<b>pag. 1</b>
<b>3</b>	<b>Acquisizione ed elaborazione dati</b>	<b>pag. 1</b>
<b>4</b>	<b>Normativa sismica vigente</b>	<b>pag. 2</b>
<b>5</b>	<b>Risultati della prova MASW</b>	<b>pag. 4</b>

ALLEGATO A      Certificato esito prova MASW

ALLEGATO B      Cenni teorici sulla metodologia MASW

---

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzate presso:

Sito:	Corso Marche, Torino (TO)				Regione:	Piemonte
Norm. regione:	D.G.R. n. 6-887 del 30.12.2019 e s.m.i.				Zona sismica:	3
Progetto:	Classificazione sismica					
Coordinate GPS	Datum: WGS84	Proiezione: UTM	Zona: 32N	EST: 390909	NORD: 4992763	

Scopo dell'indagine è definire il parametro  $V_{s_{eq}}$  per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al D.M. 17.01.2018 e successivi aggiornamenti). In quanto segue si illustrano ed analizzano i risultati ottenuti.

## 2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link IV, Seismic Source Ltd.). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope ® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

Cenni relativi alla metodologia di indagine sono riportati in Appendice B.

## 3 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Come detto nel capitolo introduttivo, l'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW, la cui ubicazione viene riportata in Allegato A – pag. 1).

La prova, secondo quanto previsto dagli standard internazionali riportati nella Tabella 1 della pagina seguente, è stata eseguita con un set-up di acquisizione composto da:

<b>Geofoni</b>	Numero 24	Frequenza [Hz] 4.5	Interasse [m] 2	Lungh. linea [m] 46
<b>Energizzazioni</b>	Mazza [Kg] 10	Punti energ. [n°] 6	Max dist.da G1 [m] 22	Min dist.da G1 [m] 2

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici.

**Tabella 1 - Disposizione geometrica ottimale su linea MASW in relazione alla profondità di indagine**

Recommended Values in ( )														
Depth ( $Z_{max}$ ) <sup>1</sup> (m)	Source (S) <sup>2</sup> (lb)	Receiver (R) <sup>3</sup> (Hz)	Receiver Spread (RS) (m)				SR Move <sup>6</sup> (dx)			Recording <sup>8</sup>				
			Length <sup>4</sup> (D)	Source Offset <sup>5</sup> (X <sub>1</sub> )	Receiver Spacing (dx)		Lateral Resolution <sup>7</sup>			dt <sup>9</sup> (ms)	T <sup>10</sup> (sec)	Vertical Stack <sup>11</sup>		
					24-ch*	48-ch	High	Medium	Low			C	N	VN
≤ 1.0	≤ 1 (1)**	4.5-100 (40)	1-3 (2.0)	0.2-3.0 (0.4)	0.05-0.1 (0.1)	0.02-0.05 (0.05)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (0.5)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
1-5	1-5 (5)	4.5-40 (10)	1-15 (10)	0.2-15 (2)	0.05-0.6 (0.5)	0.02-0.3 (0.25)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (0.5)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
5-10	5-10 (10)	≤ 10 (4.5)	5-30 (20)	1-30 (4)	0.2-1.2 (1.0)	0.1-0.6 (0.5)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
10-20	≥ 10 (20)	≤ 10 (4.5)	10-60 (30)	2-60 (10)	0.4-2.5 (1.5)	0.2-1.2 (1.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	1.0-2.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
20-30	≥ 10 (20)	≤ 4.5 (4.5)	20-90 (50)	4-90 (10)	0.8-3.8 (2.0)	0.4-1.9 (1.5)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	1.0-2.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
30-50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	30-150 (70)	6-150 (15)	1.2-6.0 (3.0)	0.6-3.0 (2.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	1.0-3.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
> 50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	> 50 (150)	> 10 (30)	> 2.0 (6.0)	> 1.0 (4.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	≥ 1.0 (2.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Surfseis V. 6.4.1 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

#### 4 NORMATIVA SISMICA VIGENTE

La normativa vigente individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  (in m/s) e viene calcolato mediante l'espressione:

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

$h_i$  = spessore dello strato i-esimo (espresso in m)  
 $V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio dell'i-esimo strato (espressa in m/s)  
 $N$  = numero di strati  
 $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800

Nella Tabella 2 riportata nella pagina seguente, si presenta la classificazione sismica prevista dal Decreto Ministeriale del 17.01.2018 (T.U. costruzioni).

**Tabella 2 - Classificazione del tipo di suolo secondo la vigente normativa sismica italiana**

<b>TIPO DI TERRENO</b>	<b>PROFILO STRATIGRAFICO</b>	<b><math>V_{S,eq}</math> [m/s]</b>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore	<b>&gt; 800</b>
<b>B</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.	<b>&lt; 800 &gt; 360</b>
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s	<b>&lt; 360 &gt; 180</b>
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 a 180 m/s.	<b>&lt; 180 &gt; 100</b>
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m. nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le suddette classi di suolo consentono il calcolo semplificato delle azioni sismiche secondo le indicazioni fornite al § 3.2.3 delle NTC 2018; per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

## 5 RISULTATI DELLA PROVA MASW

L'analisi del profilo stratigrafico, riportato in Allegato A – pag. 2, evidenzia un assetto sismo-stratigrafico descritto nella tabella seguente.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 0.5	Pavimentazione in calcestruzzo	410
2	0.5 ÷ 2	Secondo sismostrato costituito da terreno di riporto sabbioso limoso con rari ciottoli	193
3	2 ÷ 30	Terzo sismostrato costituito da ghiaia eterometrica con presenza di ciottoli e clasti con matrice sabbiosa debolmente limosa mediamente addensata. Probabile presenza di livelli metrici con parziale cementazione (circa 8-14 m da p.c.)	398 ÷ 872

Il valore di  $V_{s_{eq}}$  calcolato al piano campagna è pari a 540 m/s. Pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "B".

$V_{s_{eq}}$ [m/s]	Classe di suolo	Profilo stratigrafico
540	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.

Relazione redatta da:



**ALLEGATO A**  
**Certificato esito prova MASW**

---

COMMITTENTE	Rossi-Prodi Srl
RELAZIONE	23-269
LOCALITA'	Corso Marche, Torino (TO)
DATA	09/08/2023

**UBICAZIONE INDAGINE MASW**



**LEGENDA**


- Stendimento linea MASW
- Centro linea MASW Ubicaz. profilo Vseq

Ubicazione centro MASW	
Coordinate UTM WGS84	
Zona	32N
EST	390909
NORD	4992763

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

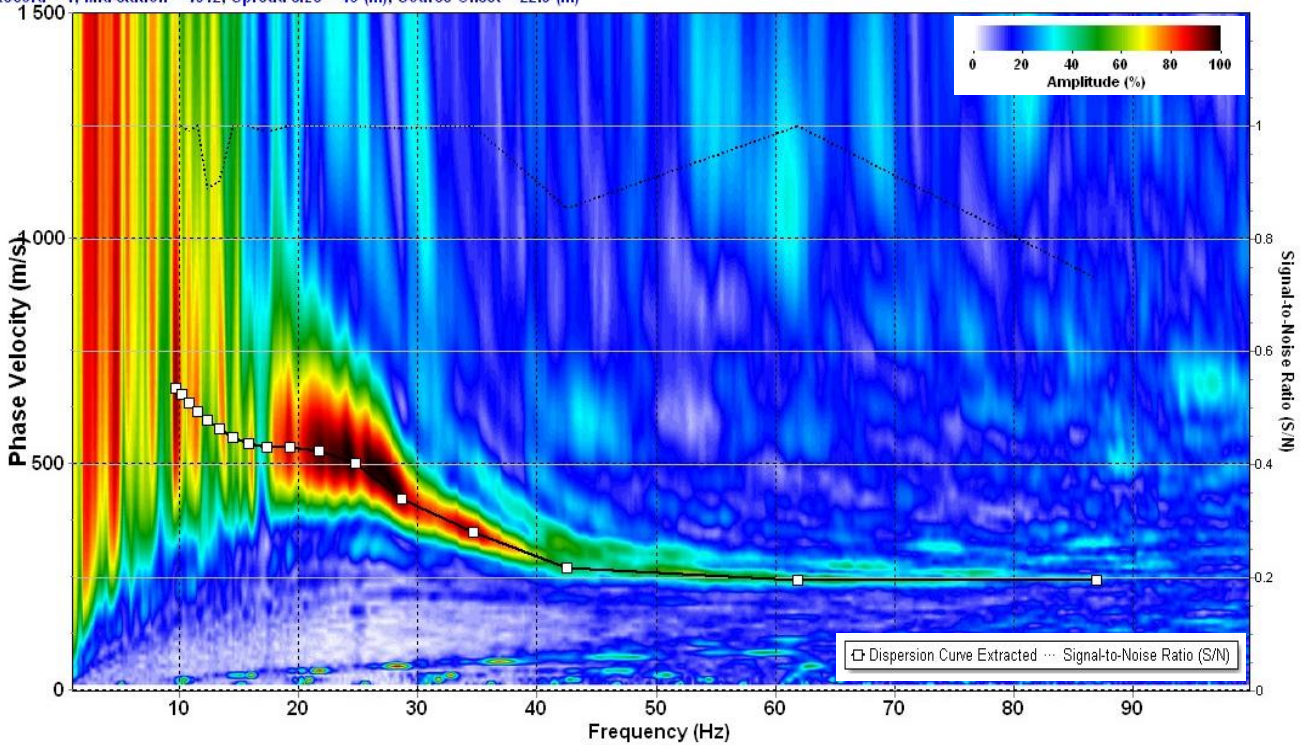




COMMITTENTE	Rossi-Prodì S.r.l.	SISMOGRAFO	DAQ LINK IV	 EuroGeo Srl Via Soriano 3-5 20017 Paderno Dugnano (MI) Tel. 02/9104491 Fax. 02/9108919 info@eurogeo.it
RELAZIONE	23-269	GEOFONI	24 (freq. 4.5 Hz)	
LOCALITA'	Corso Marche, Torino (TO)	ACQUISITION TIME	1.0 s	ALLEGATO A
DATA	09/08/2023	SAMPLE INTERVAL	0.50 ms	Pagina 2

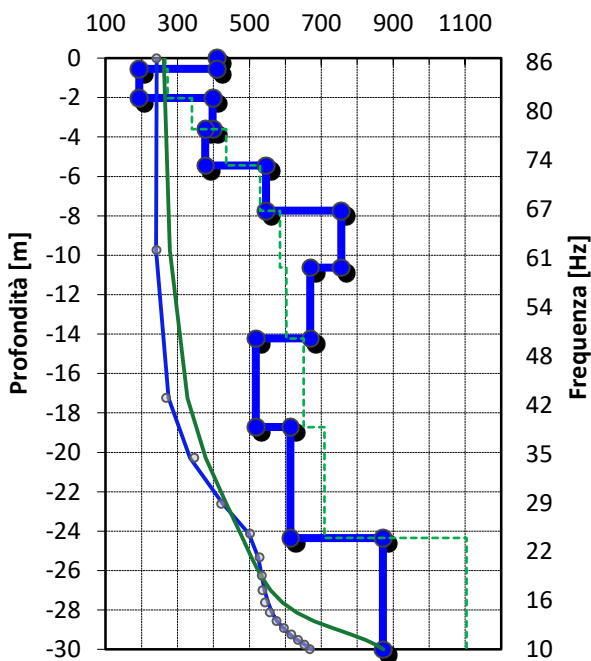
**PROVA MASW - CURVA DI DISPERSIONE DELLE ONDE DI RAYLEIGH**

Record = 1: Mid-station = 1012; Spread size = 46 (m); Source Offset = 22.0 (m)



**PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO**

**Velocità onde di taglio Vs [m/s]**



LEGENDA	
<b>Modello di velocità Vs</b>	
<span style="color: green;">---</span>	Vs iniziale
<span style="color: blue;">—●—</span>	Vs finale
<b>Curva di dispersione <math>V_{fase}/f</math></b>	
<span style="color: green;">---</span>	Curva di disp. iniziale
<span style="color: blue;">---</span>	Curva di disp. Finale
○	Modo fond. misurato

MODELLO Vs A 9 STRATI			
Strato	Profondità [m]		Vs [m/s]
	da	a	
1	0.0	-0.5	410
2	-0.5	-2.0	193
3	-2.0	-3.6	398
4	-3.6	-5.4	377
5	-5.4	-7.7	546
6	-7.7	-10.6	755
7	-10.6	-14.2	670
8	-14.2	-18.7	518
9	-18.7	-24.3	614
10	-24.3	-30.0	872

Codice di calcolo: SurfSeis 6.4.1

SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	Vs <sub>eq</sub> [m/s]
<b>B</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.	540 (media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -30m)

## **ALLEGATO B**

### **Cenni sulla metodologia MASW**

## CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA DI INDAGINE MASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multimodale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (Surface Waves Multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che, per i limiti indotti dal campionamento, non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato nelle Figure 1, 2 e 3, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione dati (Figura 1);
- 2) Elaborazione dati (Figura 2);
- 3) Inversione numerica (Figura 3).

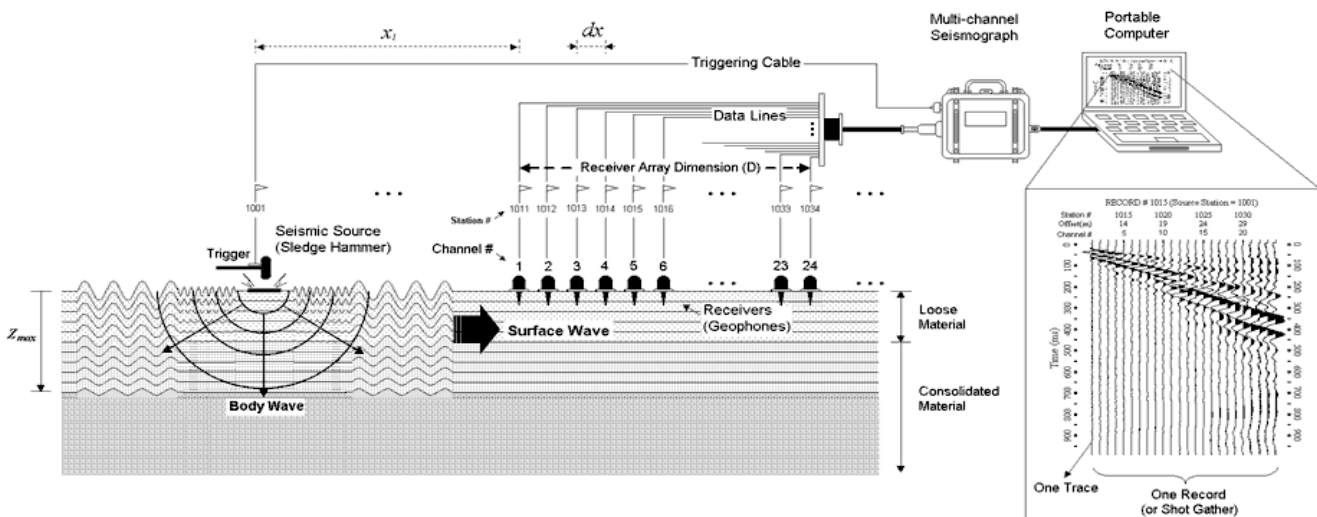


Figura 1 - Schema di acquisizione dati MASW

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis® versione 4.0.2, Kansas University USA).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere la curva di dispersione delle onde di Rayleigh, nell'ipotesi che, nell'intervallo di frequenze analizzato, le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali, nonchè un comportamento dispersivo delle stesse.

Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh  $V_R$ , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R (f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori  $(V_R, f)$  in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 2). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 3).

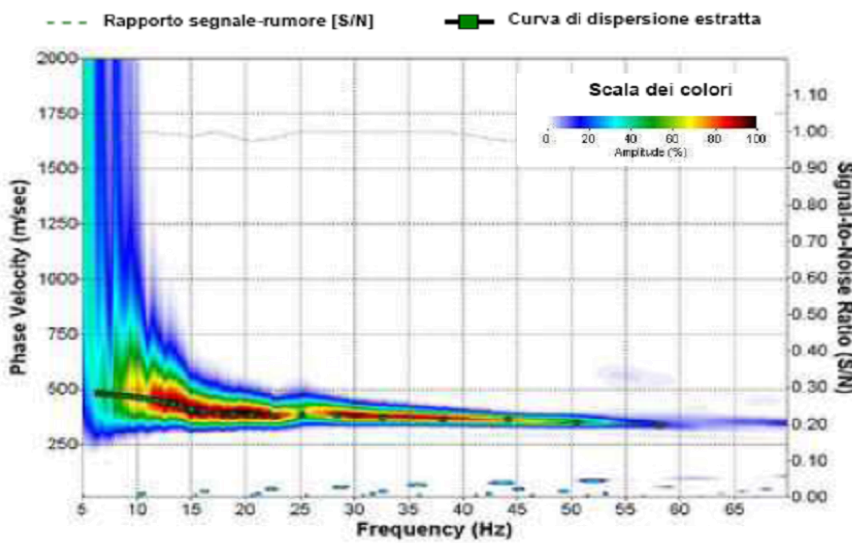


Figura 2 - Curva di dispersione della velocità  $V_s$  in funzione della frequenza e della velocità di fase

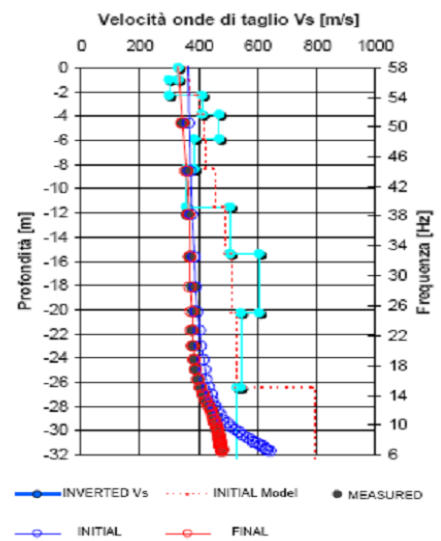


Figura 3 - Modello di propagazione delle velocità delle onde  $V_s$