

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane  
Piazza della Croce Rossa, 1 - 00161 Roma

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

### ACCESSIBILITA' ALLA NUOVA STAZIONE AV BELFIORE E NUOVO COLLEGAMENTO BELFIORE - FIRENZE SMN FASE 1

G.I.G.

GEOLOGIA IDROGEOLOGIA GEOTECNICA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA,  
CON PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

SCALA:

IL PROGETTISTA

IL GEOLOGO



Infrarail srl - IFR

sede legale: Piazza della croce Rossa, 1 – 00161 Roma

PEC: infrarail.pec@legalmail.it

Codice Fiscale e P. IVA: 06956550484

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO	DISCIPLINA	PROGR.	REV.
0002	00	F	ZZ	RH	GE0000	001	A

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
A	EMISSIONE	G.PAOLINI	28/12/22	F.SIRIANNI	03/01/23	R.SORBELLO	03/01/23





## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
1.1. Generalità .....	1
1.2. Descrizione delle opere e degli interventi .....	1
1.3. Individuazione catastale, Regolamento Urbanistico e vincoli territoriali .....	1
1.4. Indagini svolte e fasi di lavoro .....	3
1.5. Tipo di indagini .....	3
<b>2. RELAZIONE GEOLOGICA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Inquadramento geologico .....	5
2.1.1. Evoluzione tettonica del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia .....	5
2.1.2. Geologia dell'area di intervento .....	6
2.1.2.1 <i>Depositi olocenici</i> .....	6
2.2. GEOMORFOLOGIA E STABILITÀ .....	7
2.3. IDROLOGIA E ASPETTI IDROLOGICO-IDRAULICI .....	7
2.3.1. Permeabilità delle unità litostratigrafiche affioranti .....	7
2.4. SOGGIACENZA DELLA FALDA .....	8
2.5. CLASSI DI PERICOLOSITÀ .....	10
2.5.1. Pericolosità geologica .....	10
2.5.2. Pericolosità idraulica .....	10
2.5.3. Pericolosità sismica .....	11
2.5.4. Fattore di amplificazione .....	11
2.6. FATTIBILITÀ .....	11
2.7. INDAGINI GEOFISICHE E GEOGNOSTICHE .....	16
2.7.1. Campagna geofisica e geognostica .....	16
<b>3. RELAZIONE SISMICA</b> .....	<b>16</b>
3.1. Zona sismica .....	16
3.2. Parametri sismici .....	17
3.2.1. Aspetti generali .....	17
3.2.2. Categoria di sottosuolo .....	17
3.2.3. Categoria topografica .....	17
3.2.4. Parametri dell'azione sismica locale .....	18
3.2.5. Spettri di risposta elastici .....	19
<b>4. MODELLAZIONE GEOLOGICA, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO</b> .....	<b>20</b>
4.1. Riferimenti normativi .....	20
4.2. Premessa alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito .....	21
4.3. Modello geologico del sottosuolo .....	21
4.4. Sezioni stratigrafiche .....	22
4.5. Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni presenti nel volume significativo e definizione del modello geotecnico di sottosuolo .....	23
4.5.1. Aspetti generali .....	23
4.5.2. Modello geotecnico .....	23
<b>5. LIQUEFAZIONE</b> .....	<b>30</b>
<b>6. TERRE E ROCCE DA SCAVO</b> .....	<b>32</b>
<b>7. CONCLUSIONI</b> .....	<b>32</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Slide intervento IFR .....	2
Figura 2 - Ubicazione dell'area in oggetto (estratto dai fogli n. 275030 e n. 275040 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000). .....	4



Figura 3 - Estratto della Fig. 5 – Carta freaticometrica di morbida (2/3) – 1997 della Relazione Idrogeologica del 16/12/2020 relativa al passante AV .....	9
Figura 4 - Estratto delle Tavole 4/1, 4/2, 4/3 e 4/4 – Pericolosità Geologica della Variante al Piano Strutturale di Firenze. In rosso l'area di intervento (scala 1:10.000). .....	12
Figura 5 - Estratto delle Tavole 5/1, 5/2, 5/3 e 5/4 – Pericolosità Idraulica della Variante al Piano Strutturale di Firenze. In rosso l'area di intervento (scala 1:10.000). .....	13
Figura 6 - Estratto delle Tavole 6/1, 6/2, 6/3 e 6/4 – Pericolosità Sismica della Variante al Piano Strutturale di Firenze. In azzurro l'area di intervento (scala 1:10.000). .....	14
Figura 7 - Spettri di risposta elastici per le componenti orizzontale e verticale, per ciascuno stato limite. ....	20
Figura 8 - Elaborazione valori NSPT da prove eseguite nei sondaggi area di progetto IFR Circondaria- People Mover SMN .....	24
Figura 9 - Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT – parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella. (1/4) .....	25
Figura 10 - Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT – parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella. (2/4) .....	26
Figura 11 - Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT – parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella. (3/4) .....	27
Figura 12 - Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT – parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella. (4/4) .....	28
Figura 13 - Modello geotecnico e valori caratteristici (mediana) – da prove di laboratorio eseguite. ...	29
Figura 14 - Valutazione della liquefacibilità dei terreni prevalentemente sabbiosi costituenti i livelli geotecnici superficiali (in part. liv. geotecn. II), tramite metodi semplificati basati sullo stato tensionale da prove in sito SPT [rif. abaco CSR vs N1(60)] .....	31

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Classi di permeabilità. ....	8
Tabella 2 - Classi di fattibilità .....	11
Tabella 3 - Condizioni di esclusione della verifica a liquefazione .....	30

## ELABORATI FUORI TESTO

- 2 – Carta geologica
- 3 – Carta geomorfologica
- 4 – Carta idrogeologica
- 5 – Carta del reticolo idrografico
- 6 – Carta di Microzonazione Sismica
- 7 – Carta del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)
- 8 – Sezioni geologiche
- 9 – Sezioni geomorfologiche
- 10 – Sezioni idrogeologiche
- 11 – Sezioni stratigrafiche
- 12 – Planimetria delle indagini geognostiche e prove in situ
- 13 – Profilo geotecnico
- 14 – Profilo idrogeologico

\* \* \*



## **1. PREMESSA**

### **1.1. Generalità**

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica Geomorfologica e Sismica con parametrizzazione geotecnica preliminare, redatta ai sensi del D.M del 17/01/2018<sup>1</sup>, del D.P.G.R. n.1/R del 19 gennaio 2022 e del D.L. n. 77/2021, in merito al Progetto di Fattibilità Tecnico Economica relativo all'Accessibilità alla nuova stazione AV Belfiore e nuovo collegamento Belfiore -Firenze SMN Fase 1.

### **1.2. Descrizione delle opere e degli interventi**

L'intervento prevede la realizzazione di una nuova stazione lungo la linea ferroviaria esistente adiacente la nuova stazione AV Belfiore, di strutture di collegamento pedonale (sottopassi) tra quest'ultima, la stazione in progetto e la viabilità cittadina circostante ed un collegamento tramviario (People Mover) tra la stazione di progetto, AV Belfiore e quella di Firenze SMN, mediante l'adeguamento di un binario esistente (figure 1 e 2).

### **1.3. Individuazione catastale, Regolamento Urbanistico e vincoli territoriali**

L'area di progetto avente un'estensione complessiva di circa 66.000 mq di cui circa 47500 mq, occupati dalla nuova stazione di Via Circondaria ricade entro il Foglio n. 45 particella 904, Foglio 56 particelle e 503, Foglio 75 particella 838 e Foglio 155 particella 2 della Mappa Catastale del Comune di Firenze. Nel Regolamento Urbanistico l'area d'intervento è classificata come "Infrastrutture per la mobilità" lungo il tratto ferroviario e come "Emergenze di valore storico architettonico – beni culturali" nei pressi della stazione di S.M.N. (Estratto Tavole 10, 11, 16 e 17 – Disciplina del suolo e degli insediamenti" del Regolamento Urbanistico Vigente)

L'area è sottoposta al vincolo paesaggistico ai sensi del D.M. 25 maggio 1955 avente come oggetto *Dichiarazione di notevole interesse pubblico della zona dei viali di circonvallazione, sita nell'ambito del Comune di Firenze* (Codice identificativo vincolo: 132-1955 Codice regionale vincolo: 9048045). L'area di Santa Maria Novella fa parte inoltre dei beni architettonici tutelati ai sensi della Parte II del D.Lgs 42/2004 (identificativo bene: 90480171077, denominazione: Stazione S.M.N. nel suo complesso).

---

<sup>1</sup> Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"



Figura 1 - Slide intervento IFR



## 1.4. Indagini svolte e fasi di lavoro

La presente relazione geologica, comprensiva del modello geologico e di una prima parametrizzazione geotecnica dei terreni interessati dai carichi delle opere di progetto, utilizza i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche messe a disposizione da IFR ed effettuate prevalentemente per il progetto della nuova stazione Belfiore, in corso di costruzione (cfr. Tavola FEW1-00-E-ZZ-G4-GE001-001-A *Carta Geologica di inquadramento*).

Il lavoro è stato articolato secondo le seguenti fasi di lavoro:

- consultazione degli elaborati costituenti le indagini geologico–tecniche e le indagini idrologico–idrauliche di supporto al Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico del Comune di Firenze (approvati con deliberazione 2015/C/00025 del 05.10.2015) per quanto riguarda, in particolare, gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, geologico tecnici, sismici e di pericolosità;
- presa visione del Piano di Bacino del Fiume Arno – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI – Norme di attuazione ed allegati) redatto dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale;
- presa visione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) redatto dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale;
- elaborazione del modello geologico e della parametrizzazione di massima dei terreni costituenti il sottosuolo dell’area di progetto sulla base delle indagini a disposizione.

## 1.5. Tipo di indagini

Ai sensi del D.P.G.R. n.1/R del 19 gennaio 2022 e del relativo Allegato 1 – Linee guida sulle tipologie e classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare ai progetti da presentare ai sensi dell’art. 3 del Reg. 1R/2022, l’intervento in progetto non prevede la realizzazione di “opere a volume” così come intese al punto 2 bis del paragrafo 2 dell’Allegato 1 - art. 5 del DPGR suddetto.

Non potendo pertanto individuare una classe di indagine ai sensi del paragrafo 3 del DPGR suddetto, nel corso delle successive fasi di progettazione si farà riferimento a quanto riportato al sottopunto 8 del punto 1.4 del paragrafo suddetto che recita:

“Per le opere non inquadrabili nelle opere a volume, per le quali sono previste le classi di indagine, si dovrà tener conto della significatività in merito all’interazione terreno-struttura ai fini del dimensionamento strutturale. Nei soli casi in cui tale significatività sia considerata modesta, possono essere sufficienti l’utilizzo di indagini esistenti nello stesso contesto geologico”.

In ogni caso per la presente relazione geologica di supporto al progetto di fattibilità tecnico economica per l’accessibilità alla nuova stazione AV Belfiore e nuovo collegamento Belfiore – Firenze SMN Fase 1 si sono utilizzati i dati delle verticali di indagine riportate nella tavola 8 - sezione stratigrafica 1 – 1’, fra quelli messi a disposizione da IFR raccolti dalle indagini di supporto al progetto della stazione AV Belfiore.

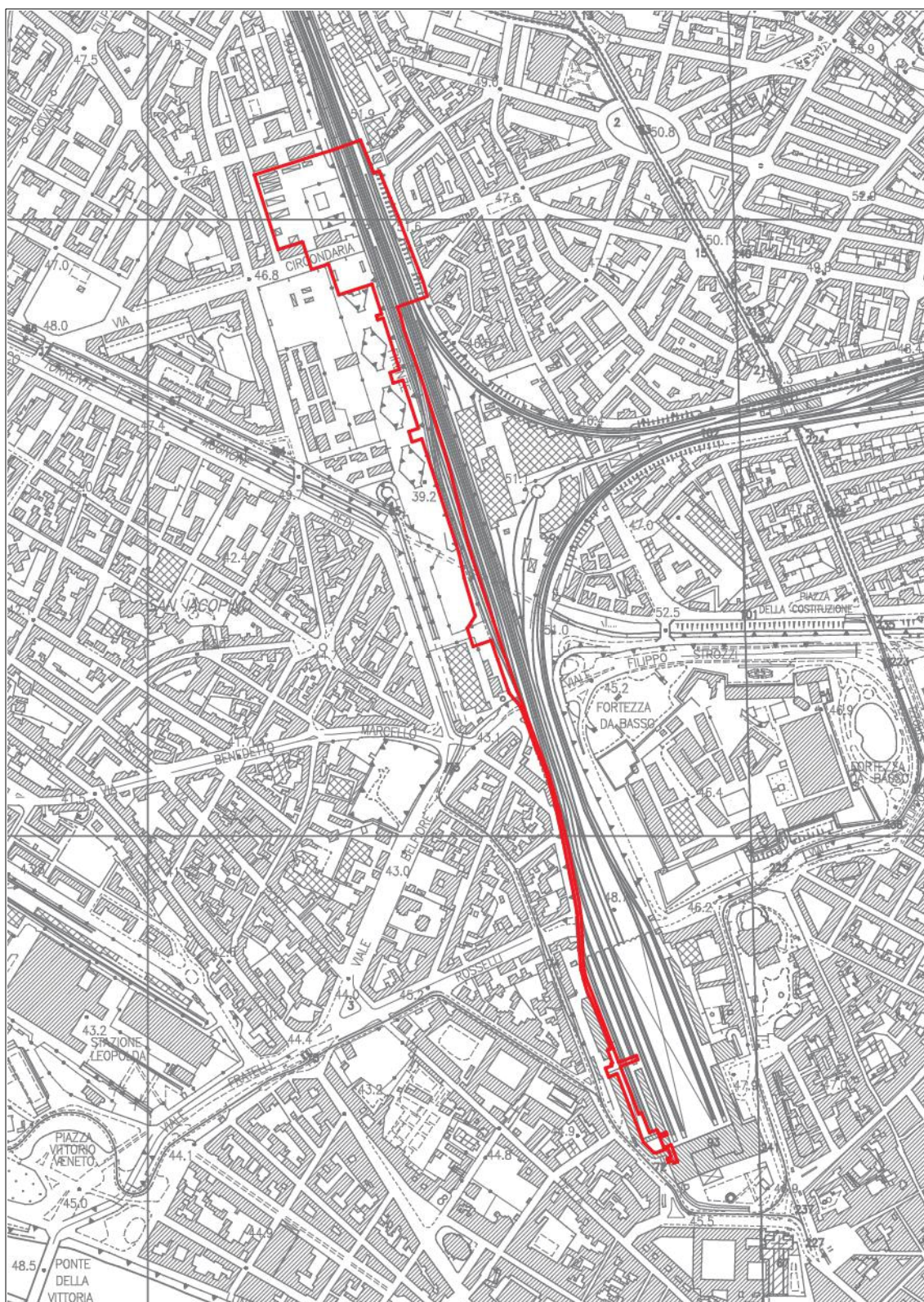


Figura 2 - Ubicazione dell'area in oggetto (estratto dai fogli n. 275030 e n. 275040 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000).





## **2. RELAZIONE GEOLOGICA**

### **2.1. Inquadramento geologico**

#### **2.1.1. Evoluzione tettonica del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia**

Il bacino di Firenze-Prato-Pistoia, posto alla quota media di 45 m sul livello del mare, si sviluppa in direzione NO-SE per una lunghezza di 45 km ed una larghezza massima di circa 10 km. Esso è delimitato a nord-nord-est dai Monti della Calvana e dal Monte Morello, con altitudine di circa 900 m sul livello del mare, e a sud-sudovest dal Montalbano con altitudine di oltre 600 m sul livello del mare. Il bacino di Firenze-Prato-Pistoia presenta una geometria a semi-graben fortemente asimmetrica, con un margine nord-orientale molto acclive, in corrispondenza della faglia principale di Fiesole e da una rampa di raccordo poco inclinata a luoghi interessata da faglie minori sul versante sud-occidentale. I depositi di riempimento del bacino si sono sviluppati con ampi delta e fan-delta clastici alla base del sistema di faglie maggiori. In questo tipo di bacini il sollevamento tettonico dei margini, e il corrispondente allargamento del drenaggio fluviale, portano alla formazione di potenti sequenze sedimentarie clastiche grossolane in corrispondenza delle aree centrali. Nel dettaglio, dal punto di vista tettonico-geometrico, l'area di Firenze è caratterizzata dalla presenza di una fascia interessata da più faglie disposte a gradinata e in parte sepolte al di sotto dei depositi fluvio-lacustri di età villafranchiana, localizzata nell'area pedemontana a nord della pianura di Firenze, e dalla presenza delle faglie sepolte Castello-Scandicci e Maiano-Bagno a Ripoli che interessano il substrato pre-lacustre, trasversalmente al bacino. Le faglie controllano la morfologia dell'area fiorentina determinando, rispetto al basso morfologico-strutturale della pianura di Firenze, l'alto delle colline di Castello-Trespiano-Fiesole nel settore settentrionale, e delle colline di Bellosguardo-Arcetri-S.Miniato a Monte a sud della città. L'area fiorentina risulta quindi delimitata a nord da lineamenti tettonici paralleli a direzione NNO-SSE, che hanno giocato come faglie a movimento verticale distensivo determinando lo sviluppo del bacino fluvio-lacustre con il ribassamento del blocco meridionale. La principale attività delle faglie è riferita a un periodo anteriore al Pliocene inferiore, periodo in cui si è determinato il maggiore movimento verticale; successivamente si è registrata una ripresa di movimenti al tetto del Pliocene inferiore, a cui è associato il movimento verticale responsabile dell'origine della depressione lacustre, e un'ultima pulsazione al termine del Villafranchiano, che ha determinato il sollevamento del blocco di Firenze rispetto al resto del lago e ha stabilito i rapporti tettonico-geometrici attuali. La master fault, a cui viene attribuito il principale movimento verticale, è manifestata da una scarpata tettonica che ha determinato lo sviluppo dei ripidi versanti meridionali delle colline di Castello-Monte Rinaldi-Fiesole; in realtà si tratta di una zona interessata da varie faglie disposte a gradinata, di cui solo la più orientale affiora con la scarpata degradata dei versanti di Fiesole, mentre le altre sono sepolte sotto i depositi villafranchiani di San Domenico, o addirittura sotto l'area delle Cure-Campo di Marte. Tali faglie sono dislocate da lineamenti tettonici trasversali che interessano il substrato con generali direzioni NNE-SSO e il cui movimento risulta prevalentemente verticale distensivo. Le faglie a carattere prevalentemente distensivo, di Castello-Scandicci a ovest e di Maiano-Bagno a Ripoli a est, sono risultate attive a più riprese a partire dal Pliocene inferiore, giocando successivamente, verso la fine del Villafranchiano, un ruolo determinante per il sollevamento dell'area fiorentina rispetto al restante bacino lacustre. Questi elementi strutturali hanno sollevato la pianura di Firenze, ribassando il blocco a NO nel caso



della faglia occidentale, e il blocco a SE per la faglia orientale con un rigetto globale stimabile in alcune centinaia di metri. Nel Villafranchiano sono state documentate due fasi tettoniche lungo tali lineamenti, probabilmente avvenuti in un regime di tipo compressivo, in accordo con evidenze regionali. Nella zona nord-orientale dell'area fiorentina lungo le colline di Fiesole-Monte Rinaldi, il motivo strutturale è dato da una piega anticlinale con asse orientato in direzione NO-SE, delimitato a SO dalla omonima zona di faglia che mette in contatto le arenarie torbiditiche del Macigno con i depositi recenti fluvio-lacustri; la struttura è interessata da faglie minori ad andamento NE-SO e un prevalente movimento verticale. L'assetto tettonico delle Unità Liguri affioranti a NO di Firenze e nell'area meridionale è dato da una blanda monoclinale immergente in genere verso N-NE con valori medi di inclinazione minori di 40°. I depositi lacustri villafranchiani risultano dislocati dalle faglie sinsedimentarie trasversali al bacino, ma mantengono una giacitura sub-orizzontale su entrambi i blocchi dislocati; i depositi alluvionali recenti e attuali sono ancora in giacitura primaria. Per nessuna delle faglie presenti nella zona ci sono indizi geologici di attività tettonica avvenuta in un momento più recente di circa 500.000 anni.

### **2.1.2. Geologia dell'area di intervento**

Come mostrato nella carta geologica riportata nella relativa tavola allegata fuori testo (Tavola 2) ,ottenuta dalla Carta Geologica Regionale della Regione Toscana – Servizio Geologico Regionale (Progetto Carg) utilizzando i fogli n. 275030 e 275040, nell'area in studio affiorano ovunque i Depositi Olocenici, rappresentati dai Depositi alluvionali attuali (b); solo localmente ed in particolare in corrispondenza dello scavo della nuova stazione AV Belfiore si rileva la presenza di Alluvioni Recenti (Ac) costituite da ghiaie e ciottolami puliti testimonianze di vecchi tratti di paleoalveo del F.Arno.

La pianura delle alluvioni attuali nei dintorni dell'area di progetto risulta inoltre interrotta da rilevati strutturali ferroviari, stradali e dall'alveo del T.Mugnone che viceversa risulta canalizzato ed incassato rispetto al piano campagna. Lungo i tracciati dei rilevati e del canale sono presenti terreni prevalentemente di riporto e depositi antropici.

Nei paragrafi seguenti si descrivono le unità presenti (dalla più antica alla più recente).

#### **2.1.2.1 Depositi olocenici**

- **Depositi alluvionali attuali (b)**

I sedimenti della pianura alluvionale comprendono quasi esclusivamente le alluvioni attuali che nell'area in oggetto affiorano estesamente ovunque. Sono costituiti da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, soggetti a evoluzione con ordinari processi fluviali.

- **Alluvioni recenti (Ac)**

Sono presenti solo localmente all'interno della pianura alluvionale. Le alluvioni recenti sono formate in genere da sedimenti grossolani: si tratta soprattutto di ghiaie e ciottolami puliti che rappresentano tratti di paleoalvei del Fiume Arno e, nel caso della zona in esame, probabilmente anche del T.Mugnone. L'unità "Ac" affiora nell'area di progetto nello scavo della nuova stazione AV Belfiore e risulta sottostante la sezione del rilevato ferroviario lungo la quale l'intervento prevede la riapertura del sottopasso pedonale esistente.



- **Depositi antropici (h5)**

L'unità raggruppa tutti quei depositi connessi con l'attività umana. Comprende quindi terreni di riporto, rilevati stradali, terreni di bonifica per colmata; nell'area di progetto la pianura risulta inoltre interrotta da rilevati strutturali ferroviari, stradali e dall'alveo del T.Mugnone che viceversa risulta canalizzato ed incassato rispetto al piano campagna. Lungo i tracciati dei rilevati e del canale sono presenti terreni prevalentemente di riporto e depositi antropici.

## **2.2. GEOMORFOLOGIA E STABILITÀ**

L'area che racchiude gli interventi di progetto più significativi, come già accennato nel paragrafo precedente, è interamente pianeggiante ad eccezione dei rilevati strutturali realizzati sia per i tracciati ferroviari che per quelli stradali. A conoscenza degli scriventi lungo le scarpate dei rilevati strutturali nei tratti interessati dagli interventi di progetto non sono visibili fenomeni di instabilità o assestamento dei terreni. Gli interventi previsti dal progetto ricadranno tra le quote di 46,50 e 51,90 m s.l.m. e cioè tra la quota stradale di Via Circondaria, nel tratto che sottopassa il rilevato ferroviario, e la sommità di quest'ultimo, lungo la quale verrà adeguato il binario per la realizzazione del People Mover di collegamento con la stazione di Firenze SMN.

Per gli aspetti geologici e geomorfologici le interazioni terreno struttura delle opere di progetto saranno pertanto limitate allo spessore del rilevato strutturale del tracciato ferroviario e dei primi metri di terreno naturale sottostante.

In relazione all'andamento della superficie topografica del piano campagna da entrambi i lati del tratto di rilevato interessato dalle opere, il terreno superficiale non presenta forme o processi significativi dal punto di vista geomorfologico né si rilevano segni quali lesioni o fessurazioni nelle facciate dei fabbricati poste lungo via Piero Cironi e via Scipio Sighele che possano costituire in questa fase limitazioni alla fattibilità degli interventi. Gli aspetti appena suddetti saranno comunque oggetto di approfondimento negli studi geologici di supporto alle fasi successive di progettazione (cfr. Tav. 3 – Carta Geomorfologica).

## **2.3. IDROLOGIA E ASPETTI IDROLOGICO-IDRAULICI**

### **2.3.1. Permeabilità delle unità litostratigrafiche affioranti**

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche delle formazioni geologiche presenti nell'area in esame, è possibile stimare la permeabilità su base qualitativa, in funzione degli elementi da cui essa dipende (caratteristiche litologiche, densità del reticolo idrografico, informazioni ricavate dai pozzi).

Nel dettaglio i terreni di origine alluvionale presenti nelle aree di pianura sono dotati di permeabilità per porosità primaria legata alla presenza di pori tra le particelle del terreno, acquisita al momento della loro formazione.

Questa permeabilità è in genere media sia per le Alluvioni recenti (Ac) che per i Depositi alluvionali attuali (b) e diminuisce o aumenta in corrispondenza rispettivamente dei livelli fini o grossolani. I Depositi antropici (h5), invece, sono generalmente caratterizzati da una permeabilità molto bassa. Le formazioni geologiche presenti nell'area sono state suddivise in base alla permeabilità precedentemente indicata e riassunta



nella tabella seguente. Per quanto riguarda le alluvioni recenti Ac queste sono state inserite in tabella sia come terreni con permeabilità media (come generalmente si possono considerare) sia come terreni con permeabilità molto elevata in quanto la Carta idrogeologica del Piano Strutturale del 2015 attribuisce questa ultima permeabilità a due aree di paleo alveo del F. Arno affioranti nell'area di progetto.

Soltanto a seguito di specifiche indagini sarà possibile attribuire un valore di permeabilità a tali terreni che sottostanno il sottopasso pedonale che collega via Scipio Sighele con la stazione AV Belfiore.

Classe	Terreni permeabili per porosità primaria	Permeabilità
1	Depositi antropici (h5)	molto bassa
2	-	bassa
3	Depositi alluvionali attuali (b); Depositi alluvionali recenti (Ac)	media
4	-	alta
5	Depositi alluvionali recenti (Ac)	molto alta

Tabella 1 - Classi di permeabilità.

## 2.4. SOGGIACENZA DELLA FALDA

La falda nell'area fiorentina è posizionata in corrispondenza dei depositi alluvionali recenti oppure, nella zona delle Cascine-Osmannoro, nei depositi alluvionali antichi; l'acquifero più superficiale può essere rinvenuto nella maggior parte della pianura.

Gli acquiferi sopra elencati sono caratterizzati da porosità primaria e, dal punto di vista granulometrico, sono composti da ciottoli, ghiaia e sabbia, con una percentuale variabile di matrice limoso-argillosa.

La falda è di tipo libero nella maggior parte della piana di Firenze, quindi il livello freatico e quello piezometrico corrispondono. Invece, ai margini della piana, dove sono presenti maggiori spessori degli intervalli superficiali composti dai limi di esondazione, la falda è di tipo semi-confinato (o addirittura confinato) e la superficie freatica si attesta a quote prossime alla superficie topografica. Nella piana di Firenze le isofreatiche indicano, come andamento generale, un flusso di falda che dai rilievi collinari si dirige verso il Fiume Arno, con una componente verso ovest in modo concorde con la direzione di flusso dell'Arno. Il gradiente idraulico diminuisce dalle zone pedecollinari verso il centro della valle (da 1,0÷1,5 % a 0,2 %); ciò è dovuto all'aumento dei valori di trasmissività dei sedimenti.

Per quanto riguarda l'area oggetto della presente relazione, facendo riferimento all'elaborazione dei risultati della campagna freatimetrica del maggio 1997 riportata nella Relazione Idrogeologica a firma dell'ing. Rosario Sorbello del 16/12/2020 relativa al passante AV (della quale si riporta estratto nella figura seguente), la superficie freatica della falda nel tratto di rilevato compreso tra il sottopasso di via Circondaria e l'inizio del nuovo binario per il People Mover scende con direzione di flusso verso sudovest da 39 a 38,5 m s.l.m. con una





in materia.

### **2.5.1. Pericolosità geologica**

Nella Carta della pericolosità geologica (Tavole 4/1, 4/2, 4/3 e 4/4 della Variante al Piano Strutturale di Firenze del 2015 approvata con deliberazione C.C n. 2015/C/00025 del 02/02/2015), un estratto della quale è riportato in figura 4, l'area interessata dagli interventi di progetto ricade interamente in classe G2 MEDIA come "aree di pianura in cui sono presenti litologie afferibili a depositi alluvionali recenti dalle scadenti o modeste caratteristiche geotecniche...".

Per quanto riguarda il Piano di Bacino del Fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico, la zona in studio non risulta classificata nella perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici.

### **2.5.2. Pericolosità idraulica**

L'area di progetto ricade in classe di pericolosità idraulica media I.2 nella Carta della pericolosità idraulica (Tavole 5/1, 5/2, 5/3 e 5/4 della Variante al Piano Strutturale di Firenze del 2015 approvata con deliberazione C.C n. 2015/C/00025 del 02/02/2015), di cui si riporta un estratto in figura 5 ad eccezione di una parte urbanizzata posta lungo via Scipio Sighele che rientra in classe di pericolosità molto elevata I.4.

Con riferimento al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), che rappresenta il riferimento in materia di pericolosità e rischio di alluvioni, l'area interessata dagli interventi che possono apportare modifiche morfologiche risulta interamente caratterizzata dalla classe di pericolosità idraulica P3 (cfr. Elaborato n. 7 – Carta di Piano Gestione Rischio Alluvioni PGRA) per tutta la porzione dell'area di progetto posta a sud di via Circondaria e P2 per quella posta a nord della stessa.

Le aree classificate dal PGRA in pericolosità P3 sono quelle nelle quali si possono verificare eventi alluvionali con tempo di ritorno  $T = 30$  anni e cioè alluvioni frequenti mentre per quelle classificate in pericolosità P2 gli eventi alluvionali risultano poco frequenti con tempo di ritorno  $30 < T < 200$  anni.

La legge regionale n. 41 del 24/07/2018 prevede per tali aree alcune condizioni alla fattibilità degli interventi.

In particolare l'art. 13 della L.R. n. 41/2018 al comma 3 per "l'adeguamento e l'ampliamento di infrastrutture a sviluppo lineare esistenti e delle relative pertinenze ...", quali quelle oggetto dell'intervento, né consente la realizzazione "...nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti, indipendentemente dal magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 (così come definito dall'art.1 punto 2.2 del DPCM del 29/09/1998 – Atto di indirizzo e coordinamento del l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1 ,commi 1 e 2 , del D.L. n. 180 del 11/06/1998) e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali".

In aggiunta a quanto sopra il comma 5 dell'art. 13 della L.R. n. 41/2018 recita:

*"Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'art. 8, comma 1, lettera a)".*



In merito a questo ultimo comma al fine del raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2, è necessario prevedere adeguati interventi di difesa locale, così come richiesto dall'art. 8 della L.R. n. 41/2018, che andranno implementati nelle successive fasi di progettazione con particolare riferimento ai due sottopassi pedonali previsti, sulla base dei battenti idraulici forniti dall'Autorità di Bacino, che sono indicati negli specifici studi idraulici (DBS: ID0000).

### **2.5.3. Pericolosità sismica**

La Carta della pericolosità sismica (Tavole 6/1, 6/2, 6/3 e 6/4 della Variante al Piano Strutturale di Firenze del 2015 di cui si riporta un estratto in figura 6, classifica l'area di progetto sia in classe di pericolosità sismica locale media S2 (area settentrionale) che elevata S3 (area meridionale).

### **2.5.4. Fattore di amplificazione**

La cartografia di supporto alla Variante 2015 al Piano Strutturale 2010, approvata con deliberazione C.C. n. 2015/C/00025 del 02/04/2015, di cui alla Tavola 1/1 – Carta del fattore di amplificazione sismico locale (F.A. calcolato), assegna all'area di intervento un valore di F.A. pari a 1.5-1.6 (cfr. Elaborato Tav. 6 – Carta di Microzonazione Sismica).

## **2.6. FATTIBILITÀ**

Il progetto in esame rientra interamente all'interno delle aree di infrastrutture alle quali il RU non attribuisce una classe di fattibilità geologica, idraulica o sismica riportata nelle varie tavole specifiche.

Tuttavia tenendo presenti le Matrici della fattibilità geologica, idraulica e sismica riportate all'art. 73 delle NTA del RU si ottengono le seguenti attribuzioni sulla base della pericolosità geologia, idraulica e sismica ricavabili dalle tavole del PS.

Intervento	Pericolosità		
	Geologica G2	Idraulica I4	Sismica S3
	Fattibilità		
Infrastrutture	FG2/3	FI4	FS3

Tabella 2 - Classi di fattibilità

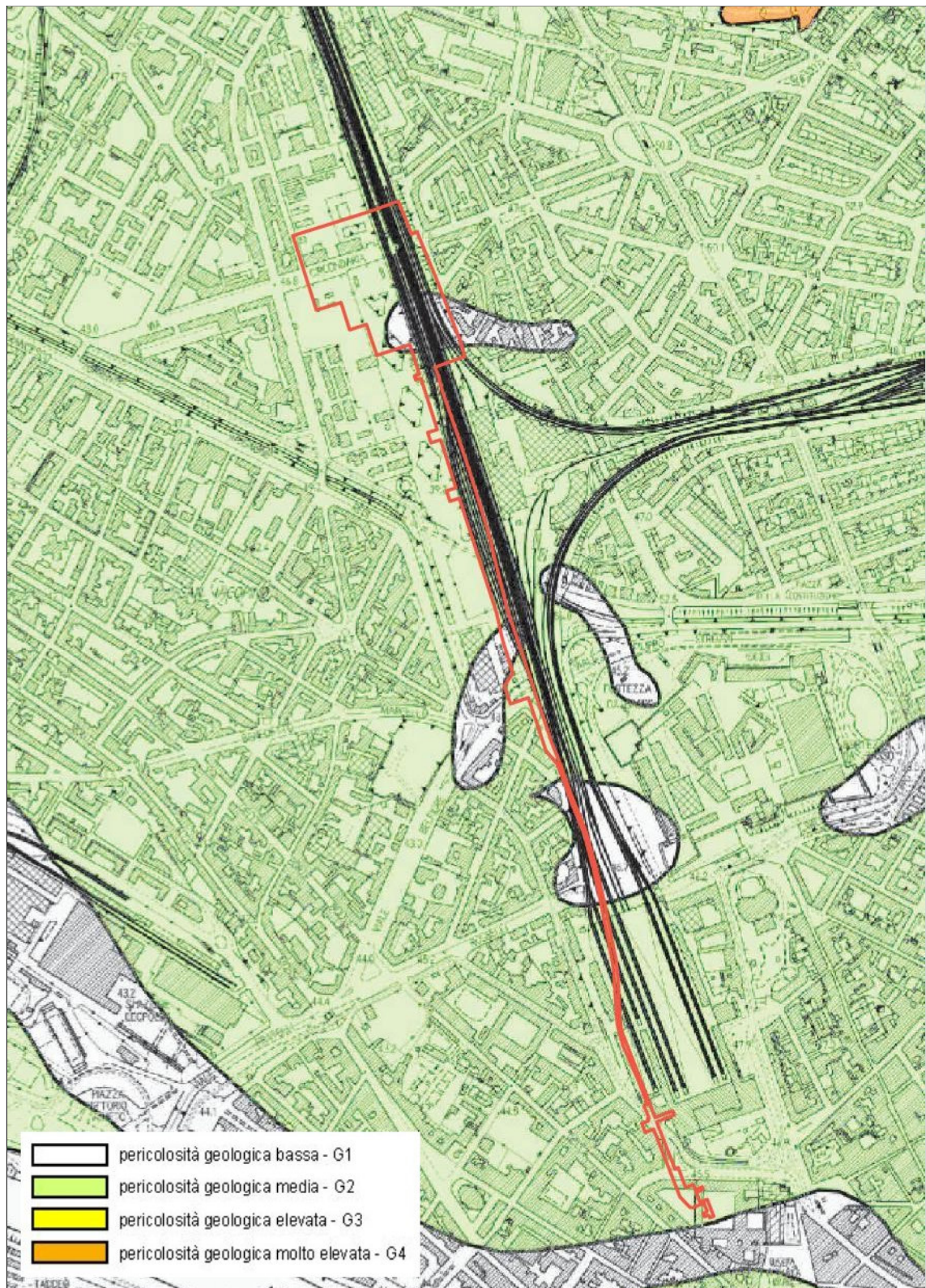


Figura 4 - Estratto delle Tavole 4/1, 4/2, 4/3 e 4/4 – *Pericolosità Geologica* della Variante al Piano Strutturale di Firenze. In rosso l'area di intervento (scala 1:10.000).



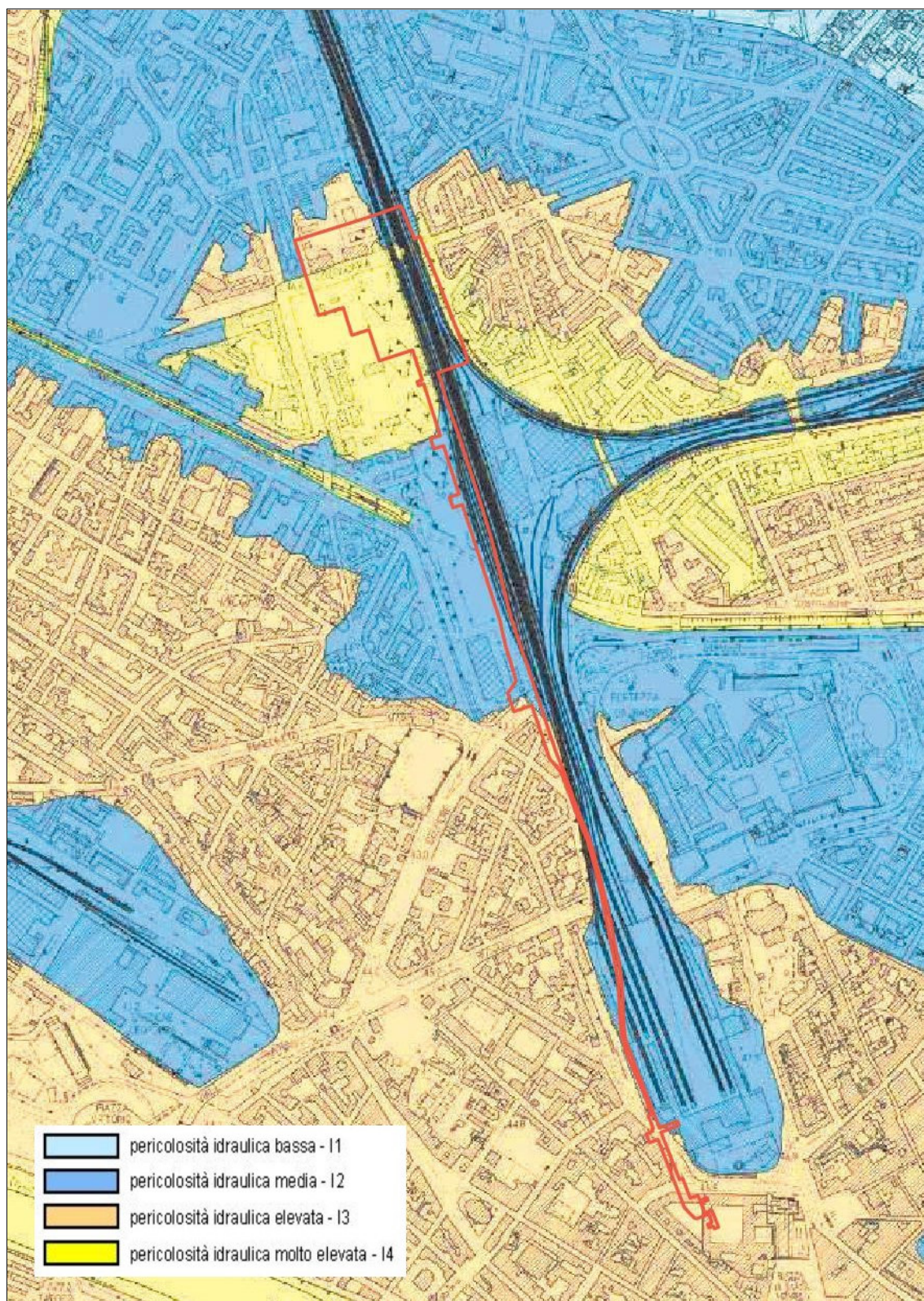


Figura 5 - Estratto delle Tavole 5/1, 5/2, 5/3 e 5/4 – Pericolosità Idraulica della Variante al Piano Strutturale di Firenze. In rosso l'area di intervento (scala 1:10.000).

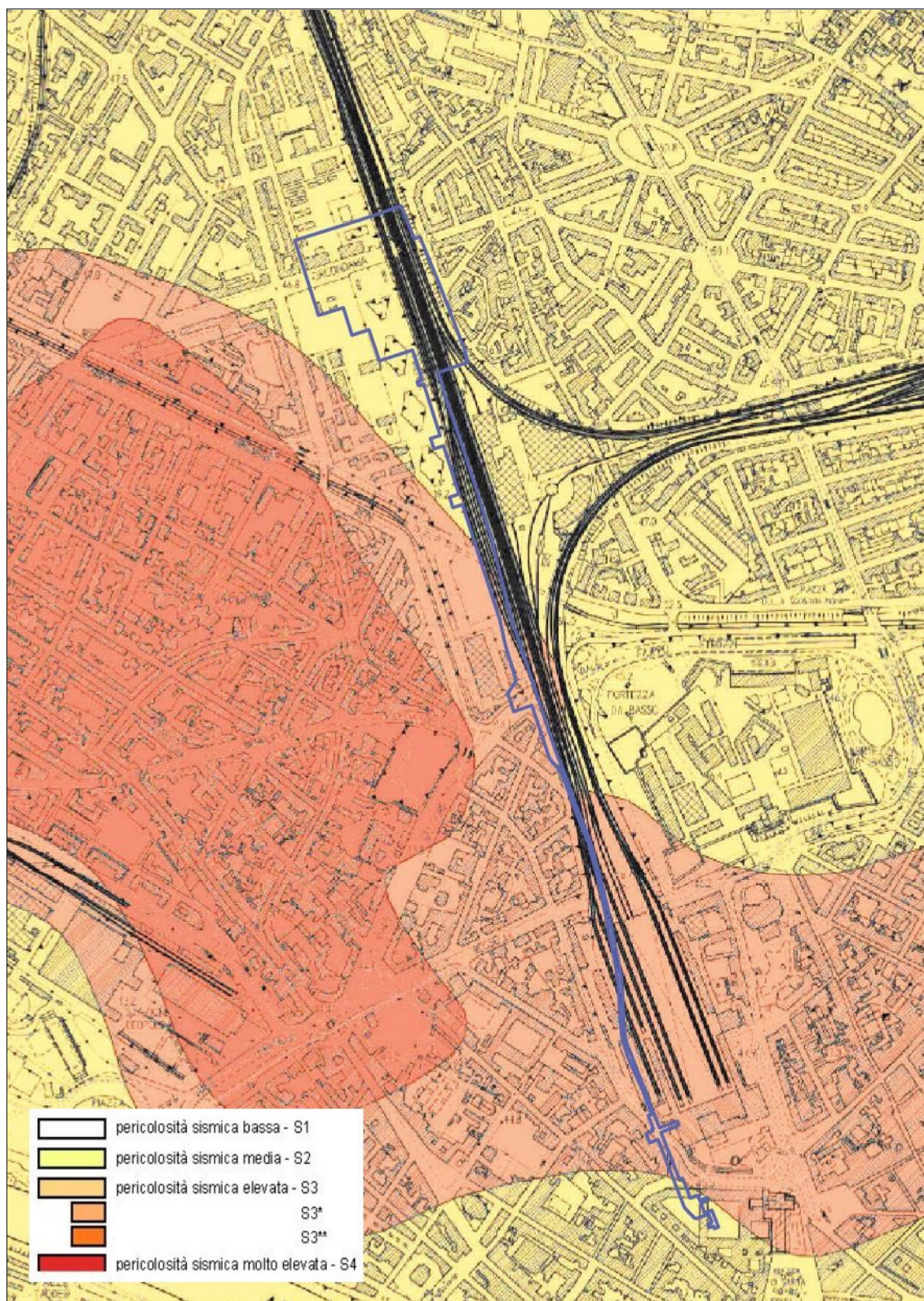


Figura 6 - Estratto delle Tavole 6/1, 6/2, 6/3 e 6/4 – *Pericolosità Sismica* della Variante al Piano Strutturale di Firenze. In azzurro l'area di intervento (scala 1:10.000).



Per quanto sopra si attribuiscono le seguenti fattibilità:

fattibilità geologica condizionata FG3: con riferimento all'intervento di cui al presente studio per tale classe (normata dall'art. 74 delle norme del RU), sono consentiti gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture condizionati alla preventiva o contestuale esecuzione di interventi di consolidamento, bonifica, protezione e sistemazione funzionali alla loro messa in sicurezza a livello di ambito di influenza inteso come area sede di fenomeni che sia direttamente che indirettamente potrebbero interessare l'intervento.

Tali interventi di messa in sicurezza sono definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici di dettaglio e devono essere comunque tali da:

- non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;
- consentire sempre il controllo della funzionalità e la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

Sono consentiti, a condizione che siano realizzati senza compromettere la manutenzione di eventuali opere di consolidamento in aree adiacenti, gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e risanamento conservativo e ristrutturazione edilizia senza demolizione e ricostruzione, nonché tutti gli interventi manutentivi necessari a garantire il corretto funzionamento delle reti dei servizi pubblici e privati.

Per gli interventi che prevedono scavi o riporti di profondità o altezza maggiori di tre metri, devono essere condotti studi specifici per la valutazione della stabilità locale con estensione anche ad un intorno significativo.

Per gli interventi che prevedono scavi o riporti di profondità o altezza minori di tre metri, sarà cura del progettista verificare le condizioni di fattibilità degli interventi.

fattibilità geologica con normali vincoli FG2: sono consentiti gli interventi di nuova edificazione e di realizzazione di nuove infrastrutture.

fattibilità idraulica condizionata FI4: in tale classe è consentita la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche per la quale sono richieste le prescrizioni di cui all'art. 75 comma 1 e 3 delle N.T.A.; è comunque consentita la realizzazione di tratti viari di collegamento tra viabilità esistenti (compresi manufatti di attraversamento fluviale) con sviluppo comunque non superiore a 200 m, assicurandone la trasparenza idraulica ed il non aumento del rischio nelle aree contermini. Sono consentiti senza specifici condizionamenti gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e risanamento conservativo e ristrutturazione edilizia senza demolizione e ricostruzione, nonché tutti gli interventi manutentivi necessari a garantire il corretto funzionamento delle reti dei servizi pubblici e privati.

Sono consentiti senza particolari limitazioni tutti gli interventi che per loro natura non modificano la superficie morfologica e non aumentano il livello di rischio della zona di intervento e delle zone limitrofe.

Come già riportato al par. 2.5.2. l'area di progetto rientra tra le aree classificate dal PGRA in pericolosità P3 in cui si possono verificare eventi alluvionali con tempo di ritorno  $T = 30$  anni e cioè alluvioni frequenti. La legge regionale n. 41 del 24/07/2018 prevede per tali aree alcune condizioni alla fattibilità degli interventi.

In particolare l'art. 13 della L.R. n. 41/2018 al comma 3 per "l'adeguamento e l'ampliamento di infrastrutture



a sviluppo lineare esistenti e delle relative pertinenze ...”, quali quelle oggetto dell'intervento, né consente la realizzazione “...nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti, indipendentemente dal magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 (così come definito dall'art.1 punto 2.2 del DPCM del 29/09/1998 – Atto di indirizzo e coordinamento del l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1 ,commi 1 e 2 , del D.L. n. 180 del 11/06/1998) e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali”.

In aggiunta a quanto sopra il comma 5 dell'art. 13 della L.R. n. 41/2018 recita:

“Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi a condizione che siano realizzate le opere idrauliche di cui all'art. 8, comma 1, lettera a).

In merito a questo ultimo comma al fine del raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2 gli interventi di difesa locale, previsti dall'art. 8 della L.R. n. 41/2018

dovranno essere inseriti nelle successive fasi di progettazione con particolare riferimento ai due sottopassi pedonali previsti, sulla base dei battenti idraulici forniti dall'Autorità di Bacino.

fattibilità sismica condizionata FS3: questa classe di fattibilità sismica, come contenuto nell'art. 76, comma 3 delle N.T.A., per l'intervento consente la realizzazione di nuove infrastrutture ad elevata vulnerabilità o classe di esposizione anche se deve essere considerato il periodo di oscillazione del terreno in relazione a quello delle opere da realizzare.

## **2.7. INDAGINI GEOFISICHE E GEOGNOSTICHE**

### **2.7.1. Campagna geofisica e geognostica**

Per lo studio delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area di intervento, si è fatto riferimento alle indagini eseguite durante le varie campagne geognostiche (1997, 1998, 2000, 2001, 2007) realizzate per il nodo AV di Firenze. Inoltre, si è fatto riferimento al Sistema Informativo Geologico del Sottosuolo del Comune di Firenze (sondaggi per la Direttissima FI-RM, per la metropolitana, ecc.)

## **3. RELAZIONE SISMICA**

### **3.1. Zona sismica**

La nuova classificazione sismica è stata approvata con Deliberazione della Giunta Regionale della Toscana n. 421 del 26 maggio 2014, che ha apportato modifiche (per accorpamento di alcuni Comuni) alla classificazione sismica regionale definita con la Delibera della Giunta Regionale della Toscana n. 878 dell'8 ottobre 2012. L'aggiornamento introdotto con quest'ultima delibera, redatto ai sensi dell'O.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519 si era reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle NTC e di rendere la classificazione sismica maggiormente aderente all'approccio “sito-dipendente” introdotto da tali norme. Inoltre, contestualmente all'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, è stato approvato il



regolamento 58/R del 22 ottobre 20122, di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Il Comune di Firenze è inserito nella “zona sismica 3” (in fascia di pericolosità B, contraddistinta da  $0,125 < a_g \leq 0,15$  g, secondo il D.P.G.R. 19 gennaio 2022, n. 1/R, in vigore dal 20 febbraio 2022).

## 3.2. Parametri sismici

### 3.2.1. Aspetti generali

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita tramite un approccio sito-dipendente. Come riportato al § 3.2 del D.M. 18 gennaio 2018 e al § C3.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, è possibile fare riferimento all'*Allegato A* del D.M. 14 gennaio 2008 nel quale i parametri necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto vengono calcolati attraverso le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (nella *Tabella 1 - Allegato B* del medesimo decreto NTC2008 vengono forniti, per ciascuno dei 10.751 nodi della griglia che costituisce il reticolo, i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$ , per nove valori del periodo di ritorno: 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2.475 anni).

Nel presente documento si è utilizzato il software fornito da *GeoStru S.r.l.* che permette di calcolare i coefficienti sismici per un generico sito del territorio nazionale. Mediante questo programma, inserendo le coordinate del sito e le caratteristiche progettuali, è possibile ottenere direttamente i parametri relativi al computo dell'azione sismica.

### 3.2.2. Categoria di sottosuolo

In base alle informazioni contenute nella *Relazione Geotecnica e di Calcolo Sottopasso*, redatta da IFR, si assegna al sito la **categoria di sottosuolo C** (“*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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.*” - da Tab. 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018 e § C3.2.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019).

### 3.2.3. Categoria topografica

In considerazione dell'ubicazione dell'area di progetto, ai sensi del § 3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C.3.2.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, al sito di intervento viene assegnata la **categoria topografica T1** (*superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$* , Tab. 3.2.III del D.M. 17 gennaio 2018), alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  pari a 1.0 (Tab. 3.2.V del decreto suddetto).

### 3.2.4. Parametri dell'azione sismica locale

Per ricavare i valori dei parametri dell'azione sismica locale per l'area di progetto, si è utilizzato il programma fornito da *GeoStru S.r.l.* assegnando le seguenti coordinate geografiche (WGS84): *latitudine*

---

2 Regolamento di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica.



**43.776489, longitudine 11.191584.** Per determinare gli spettri di risposta elastici del sito, tenuto conto degli effetti locali dovuti all'amplificazione sia stratigrafica che topografica, vengono assegnati determinati parametri progettuali. Questi ultimi, per la definizione dell'azione sismica, sono adottati come segue, ai sensi del § 2.4 del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C2.4 della Circolare n. 7/2019:

- vita nominale di progetto ( $V_N$ ) 100 anni (*Costruzioni con livelli di prestazioni elevati*);
- classe d'uso IV (*Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti*);
- coefficiente d'uso ( $C_U$ ) pari a 2,0;
- vita o periodo di riferimento per l'azione sismica ( $V_R = V_N * C_U$ ) pari a 200 anni.

#### Parametri sismici

##### Sito in esame.

latitudine: 43,790644  
longitudine: 11,242656  
Classe: 4  
Vita nominale: 100

##### Siti di riferimento

Sito 1	ID: 19836	Lat: 43,8126	Lon: 11,2039	Distanza: 3956,629
Sito 2	ID: 19837	Lat: 43,8139	Lon: 11,2731	Distanza: 3560,019
Sito 3	ID: 20059	Lat: 43,7640	Lon: 11,2749	Distanza: 3938,014
Sito 4	ID: 20058	Lat: 43,7626	Lon: 11,2057	Distanza: 4300,871

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 200anni  
Coefficiente  $c_u$ : 2

#### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 120 [anni]  
ag: 0,076 g  
Fo: 2,596  
Tc\*: 0,285 [s]

#### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 201 [anni]  
ag: 0,094 g  
Fo: 2,524  
Tc\*: 0,294 [s]

#### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 1898 [anni]  
ag: 0,204 g  
Fo: 2,407  
Tc\*: 0,316 [s]

#### Prevenzione dal collasso (SLC):



Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	2475	[anni]
ag:	0,221	g
Fo:	2,414	
Tc*:	0,318	[s]

**Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii**

## SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,590
St:	1,000
Kh:	0,023
Kv:	0,011
Amax:	1,124
Beta:	0,200

## SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,570
St:	1,000
Kh:	0,028
Kv:	0,014
Amax:	1,376
Beta:	0,200

## SLV:

Ss:	1,410
Cc:	1,540
St:	1,000
Kh:	0,081
Kv:	0,040
Amax:	2,823
Beta:	0,280

## SLC:

Ss:	1,380
Cc:	1,530
St:	1,000
Kh:	0,085
Kv:	0,043
Amax:	2,992
Beta:	0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 43.789687

longitudine: 11.241673

### 3.2.5. Spettri di risposta elastici

In figura 7 sono riportati gli spettri di risposta elastici per gli stati limite di progetto (SLE – SLU), ottenuti dal programma fornito da *GeoStru S.r.l.*

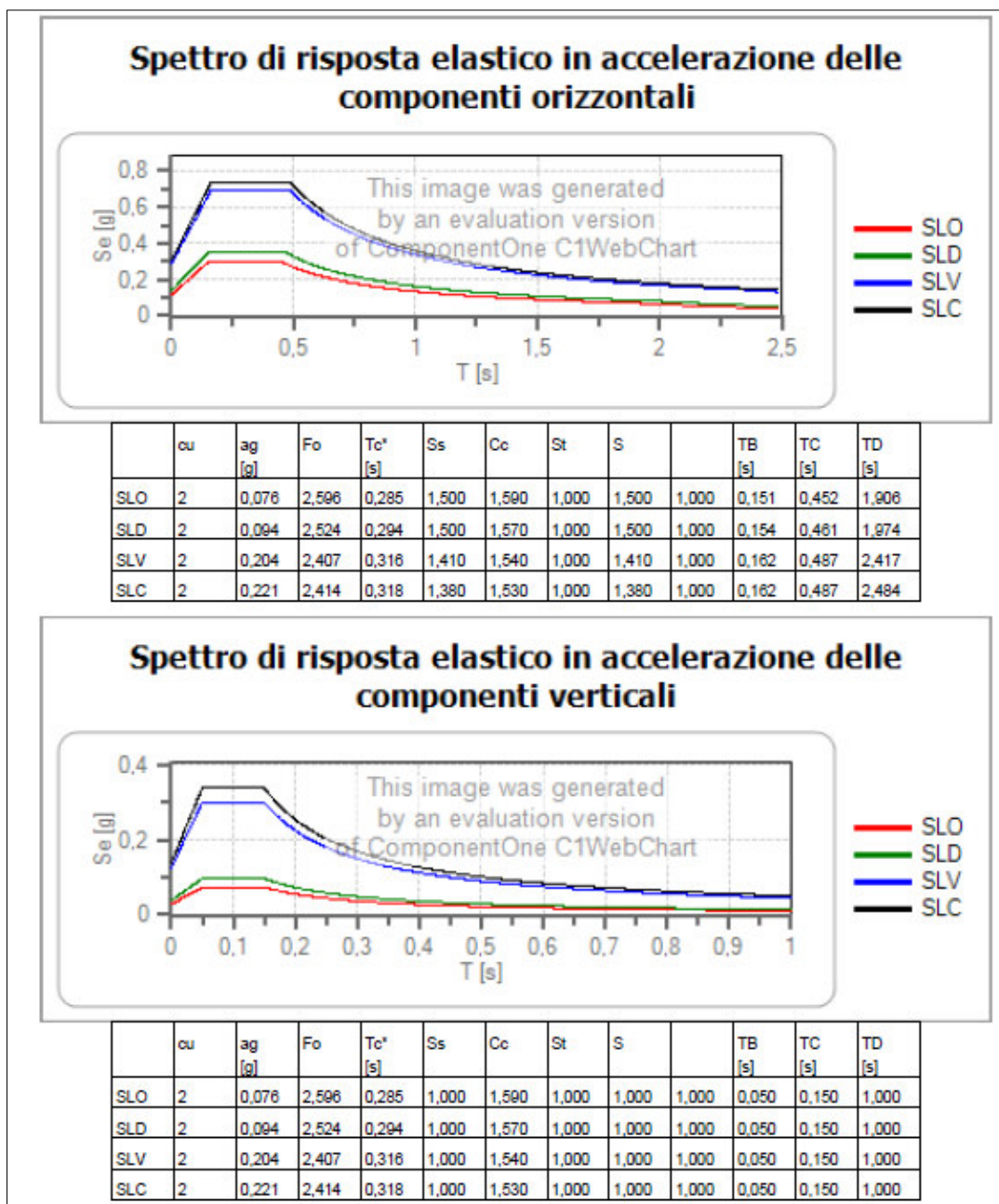


Figura 7 - Spettri di risposta elastici per le componenti orizzontale e verticale, per ciascuno stato limite.

## 4. MODELLAZIONE GEOLOGICA, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

### 4.1. Riferimenti normativi

Con riferimento al capitolo 6 delle NTC 2018 *Progettazione geotecnica*, ed in particolare al paragrafo 6.2, il progetto di un'opera e degli interventi ad esso correlati prevedono lo sviluppo delle seguenti fasi:

- caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
- scelta del tipo di opera o di intervento e programmazione delle indagini geotecniche;





- caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo;
- definizione delle fasi e delle modalità costruttive;
- verifiche della sicurezza e delle prestazioni;
- programmazione delle attività di controllo e monitoraggio.

La programmazione delle indagini geotecniche, riportate al secondo punto, è di fatto definita a seguito di un modello geologico e geotecnico preliminare, basato sulle conoscenze geologiche e geotecniche a disposizione, necessario per la scelta definitiva delle indagini stesse previste al secondo punto.

Di seguito verranno pertanto trattate la *caratterizzazione e modellazione geologica del sito* (§ 4.2) e la *caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni presenti nel volume significativo e definizione del modello geotecnico di sottosuolo* (4.3).

## **4.2. Premessa alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito**

Per la definizione dei modelli geologico e geotecnico del sottosuolo dell'area di progetto si è fatto riferimento alle indagini realizzate durante le varie campagne geognostiche eseguite nell'arco degli ultimi 25 anni circa per l'alta velocità del nodo di Firenze

Inoltre, sono stati analizzati anche sondaggi, con indagini in sito e di laboratorio, reperibili nell'archivio S.I.G.S. - Sistema Informativo Geologico del Sottosuolo del Comune di Firenze (fra cui sondaggi inizi anni '80 per la Direttissima Firenze-Roma; sondaggi fine anni '80 per la Metropolitana).

Nell'area di interesse sono state eseguite alcune sezioni stratigrafiche (Elaborato 11 fuori testo).

## **4.3. Modello geologico del sottosuolo**

Il modello geologico del sottosuolo dell'area di progetto è caratterizzato dalla presenza, a partire dai terreni più recenti, di:

1. sedimenti di origine alluvionale attuali [Dr<sub>a-b</sub> – età: Olocene], in facies (i) sia prevalentemente coesiva [Dr<sub>a</sub>] costituita da limi e limi argillosi (“lp” secondo la classificazione USCS) e da limi ghiaiosi e limi sabbiosi (“ls”); (ii) sia prevalentemente incoerente [Dr<sub>b</sub>] costituita soprattutto da ghiaie pulite (“gp”) e ghiaie sporche (“gs”) ed in minor misura da sabbie pulite (“sp”) e sabbie sporche (“ss”);
2. sedimenti di origine alluvionale antichi [Da<sub>a-b</sub> – età: Pleistocene sup.], in facies (i) sia prevalentemente coesiva [Da<sub>a</sub>] costituita da limi e limi argillosi (“lp”) e da limi ghiaiosi e limi sabbiosi (“ls”); (ii) sia soprattutto in facies incoerente [Da<sub>b</sub>] costituita soprattutto da ghiaie pulite (“gp”) e ghiaie sporche (“gs”) ed in minor misura da sabbie sporche (“ss”);
3. depositi di origine lacustre e palustre [FPT – età: Pliocene sup. - Pleistocene inf., “Villafranchiano” Auctt.] come attività di riempimento del bacino di Firenze-Pistoia, attribuibili a due distinte facies: (i) alla preponderante facies coesiva [FPTa, FPTc], costituita da limi e limi argillosi (“lp”), da limi ghiaiosi e limi sabbiosi (“ls”) e da limi argillosi/argille limose inorganiche grigio-azzurrognole a bassa-media plasticità (“as”, “ap”); e (ii) alla facies incoerente [FPTb], costituita soprattutto da ghiaie sporche (“gs”) e ghiaie pulite (“gp”) e talvolta da sabbie sporche (“ss”).



Al primo punto dell'elenco citato, sono i terreni da ricondurre all'evoluzione recente del sistema fluviale dell'Arno e dei suoi affluenti ( $Dr_a$ ,  $Dr_b$  – Supersintema dell'Arno), fra questi ultimi in particolare il Sintema del Terzolle.

Al secondo punto, i terreni da ricondurre all'evoluzione del sistema fluviale del paleo-Arno ( $Da_a$ ,  $Da_b$  – Supersintema di Firenze e Sintema del paleo-Arno), che risultano assenti nell'area Circondaria e presenti in profondità solo dalla zona del Viale Redi verso la Stazione SMN.

Al terzo punto, i terreni più antichi ( $FPT_{a-b-c}$  – Supersintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia) da ricondurre all'attività di colmamento del bacino lacustre-palustre, con apporti sedimentari da parte dei paleo-corsi d'acqua che si immettevano nel lago, fluendo dai bacini a monte, costruendo sistemi deposizionali tipo fan-delta (Sintema del paleo-Terzolle e Sintema del paleo-Mugnone), a prevalente componente granulometrica granulata grossolana (ghiaie, sabbie -  $FPT_b$ ) nelle zone prossimali e a prevalente componente granulometrica coesiva (limi, argille -  $FPT_a$ ) nelle zone distali. A distanze non interferenti con tali attività deposizionali, si andavano a sedimentare granulometrie fini (*“Argille azzurre/turchine”* Aucct.) di ambiente tipicamente lacustre ( $FPT_c$ ) (Sintema delle Argille Turchine).

Il substrato litoide viene stimato alla profondità di circa 85 m p.c. (*Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica*, Variante 2015 al Piano Strutturale 2010 del Comune di Firenze).

La falda superficiale, acquifero ubicato nei depositi ghiaiosi e sabbiosi recenti [ $Dr_b$ ] o talora in quelli antichi [ $Da_b$ ], è situata alla quota media di circa 39 m.s.l.m. (38÷40 m.s.l.m.), ad una profondità oscillante in media dai 7÷8 m p.c. (piano campagna urbano) ai 10÷12 m p.c. (piano campagna rilevato ferroviario).

## 4.4. Sezioni stratigrafiche

Le sezioni stratigrafiche tracciate nell'area di interesse (sezioni 1÷1', 2÷2', 3÷3'), contenute nell'Elaborato n. 11, mostrano la successione stratigrafica e litologica descritta al paragrafo precedente.

I terreni alluvionali attuali e recenti di natura prevalentemente coesiva o mista [ $Dr_a$ ] si ritrovano fino ad una profondità di 4÷5 m p.c. (area Circondaria) e anche fino a circa 9 m p.c. lungo il tratto Circondaria-SMN. I corrispondenti attuali e recenti di natura incoerente [ $Dr_b$ ] si rinvengono fino ad una profondità media di circa 13 m p.c. (area Circondaria) e fino a circa 15 m p.c. lungo il tratto Circondaria-SMN.

I terreni alluvionali antichi sia coesivi che granulari [ $Da_{a-b}$ ] sono presenti, dalla zona di Viale Redi fino alla Stazione SMN, fino ad una profondità media di 27÷28 m p.c..

I terreni del Supersintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia [ $FPT_{a-b-c}$ ], ubiquitari in profondità nell'area di interesse, si presentano soprattutto nella facies delle “argille turchine” al cui interno e a vari livelli si riscontrano lenti ed intervalli, in genere con spessori limitati a qualche metro ma talvolta anche cospicui, dei fan-delta del paleo-Terzolle e del paleo-Mugnone.

## 4.5. Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni presenti nel volume significativo e definizione del modello geotecnico di sottosuolo

### 4.5.1. Aspetti generali



Secondo l'EuroCodice 7 (EC7), il valore caratteristico è il *valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento*, per una serie teoricamente illimitata di valori. Significa, quindi, che solo una percentuale di valori, pari alla probabilità prefissata, risulterà inferiore al valore caratteristico. Con riferimento all'EC7, il valore *soglia* di probabilità di non superamento è il 5% (5° percentile o frattile).

Nelle NTC 2018 per valore caratteristico di un parametro s'intende *una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato* (§ 6.2.2. del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C6.2.2 della Circolare n. 7/2019). Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire a una scelta corretta dei valori caratteristici appare giustificato, secondo la Circolare, il riferimento a valori prossimi ai *valori medi* quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (come nel caso di fondazioni superficiali, fondazioni su pali relativamente alla resistenza laterale, verifiche di stabilità, opere di contenimento, di scatolari, di paramenti in terre rinforzate associati a rilevati stradali), mentre valori prossimi ai *valori minimi* dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (come nel caso di fondazioni su pali relativamente alla resistenza di punta).

Per il progetto preliminare in questione, per il quale si possono comunque prevedere compensazioni sia stratigrafiche che strutturali, le NTC indicano l'assunzione, come già accennato, di valori caratteristici prossimi al *valore medio* dei parametri geotecnici (unica deroga a questa assunzione è data dall'adozione di valori caratteristici prossimi ai *minimi* (riferimento al valore del 5° percentile) dei parametri geotecnici per quelle condizioni di rottura localizzata).

#### 4.5.2. Modello geotecnico

Prendendo a riferimento il modello geologico descritto al paragrafo 4.3, tenuto conto del volume significativo correlato al progetto in questione, è stato definito il modello geotecnico del sottosuolo dell'area di intervento. Sulla base delle prove geognostiche eseguite (figure 9, 10, 11 e 12), sono stati identificati i seguenti livelli, al di sotto dell'intervallo costituito da materiale di riporto:

- **livello geotecnico I (fino a 3.50 m p.c., poi da 9.00 a 12.00 m p.c.):** livello in eteropia laterale con il livello geotecnico II, composto da limo argilloso ( $I_{lp}$ ) e limo debolmente sabbioso ( $I_{ls}$ ), abbastanza compatto nella porzione più profonda;  $N_{SPT}$  ( $N_{SPT}$  corretto e normalizzato, da qui in avanti da intendersi come  $N_1(60)$ , anche per l'utilizzo nelle relazioni empiriche collegate a  $\phi$  e  $M_{cd}$ ) da medio ad elevato per  $I_{ls}$ , con 43 media indicativa, con  $\phi$  33.6° (Road Bridge Specification) e  $M_{cd}$  11.7 MPa (Menzebach & Malcev);  $N_{SPT}$  medio per  $I_{lp}$ , con valore indicativo di 25, con  $\phi$  31.0° (Road Bridge Specification) e  $M_{cd}$  9.6 MPa (Menzebach & Malcev);
- **livello geotecnico II (da 3.50 a 13.00÷15.00 m p.c.):** livello in eteropia laterale con il livello geotecnico I, costituito da ghiaia pulita ( $II_{gp}$ ) a ghiaia sporca ( $II_{gs}$ ), sabbia e sabbia con ghiaia ( $II_{sp}$ ), sabbia debolmente limoso-argillosa ( $II_{ss}$ ).  $N_{SPT}$  da medio ad elevato per  $II_{gp}$ , da 43 a rifiuto, con  $\phi$  33.9° (Japanese National Railways) e  $M_{cd}$  27.3 MPa (Menzebach & Malcev).  $N_{SPT}$  con valore mediana pari a 27 per  $II_{gs}$ , con  $\phi$  31.5° (Japanese National Railways) e  $M_{cd}$  19.1 MPa (Menzebach & Malcev).  $N_{SPT}$  con valore mediana pari a 46 per  $II_{sp}$ , con  $\phi$  35° (Japanese National Railways) e  $M_{cd}$  31.4 MPa (Menzebach & Malcev). Matrice con



bassa/media plasticità (ML-CL).

- **livello geotecnico III (da 13.00÷15.00 a 27.00÷28.00 m p.c.):** da ghiaia pulita (III<sub>gp</sub>) a ghiaia in matrice limoso sabbiosa o limoso argillosa (III<sub>gs</sub>), a sabbia con ghiaia debolmente limoso-argillosa (III<sub>ss</sub>). N<sub>SPT</sub> con valore medio pari a 39 per III<sub>gs</sub>, con  $\phi$  31.5° (Japanese National Railways) e M<sub>ed</sub> 19.1 MPa (Menzebach & Malcev); N<sub>SPT</sub> con valore simile anche per III<sub>ss</sub> (sebbene mostri ampia variabilità di valori). Matrice con bassa/media plasticità (ML-CL).
- **livello geotecnico IV (tetto a profondità variabile, da 15.00 m p.c. al substrato posto a circa 85 m p.c.):** da argilla con limo a limo con argilla, sabbiosi o debolmente sabbiosi, per i terreni IV<sub>c<sub>ap</sub></sub> (argille turchine) quale litotipo principale e rappresentato, con plasticità da media (CL) ad elevata (CH) con valore medio LL 47% e IP 24% (CL), così come per i terreni IV<sub>c<sub>ip</sub></sub> con valore medio LL 46% e IP 24% (CL). Risultati lievemente più bassi dalla carta di plasticità di Casagrande per i terreni IV<sub>a<sub>as</sub></sub>, abbastanza ben rappresentati e simili ai precedenti, con valore medio LL 43% e IP 19% (CL) e per i terreni IV<sub>a<sub>ls</sub></sub>, con valore medio LL 43% e IP 20% (CL). Risultati ben diversi invece per i terreni IV<sub>a<sub>ip</sub></sub>, anch'essi abbastanza ben rappresentati, altamente plastici con valore medio LL 55% e IP 32% (CH).

In figura 8 è riportata la tabella relativa all'elaborazione dei valori NSPT ottenuti dalle prove eseguite nei sondaggi dell'area di progetto IFR Circondaria-People Mover SMN, per calcolare il parametro corretto e normalizzato N<sub>1</sub>(60).

Elaborazione valori NSPT da prove eseguite nei sondaggi area di progetto IFR Circondaria-People Mover SMN												
livello geotecnico	prof. intervallo rif. (m p.c.)	descrizione litologica (stimata, se a punta chiusa, no campionatore)	NSPT (N2+N3)	NSPT correzione sotto falda	press litost efficace	correzione rapp energ	correzione diam foro	correzione met camp	correzione lunghe aste	NSPT correz per efficienza 60%	correz tipol sabbia e DR	NSPT correz press litost
					$\sigma'_v$	C <sub>e</sub> =E <sub>r</sub> /60	C <sub>e</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>r</sub>	N(60)	C <sub>n</sub>	N <sub>1</sub> (60)
					kPa							
IIsp	7	sabbia e sabbia con ghiaia	46		130	0.9	1.0	1.0	0.75	31	0.88	27
IIgs	8	ghiaie sporche	27		157	0.9	1.0	1.0	0.75	18	0.80	15
IIgp	8	ghiaie pulite	43		165	0.9	1.0	1.0	0.75	29	0.78	23
IIls	8	limo debolmente sabbioso	43		153	0.9	1.0	1.0	0.75	29	0.81	23
IIIgs	15	ghiaie sporche	38	26.5	294	0.9	1.0	1.0	0.75	26	0.58	15
IIp	5	limo argilloso	25		97	0.9	1.0	1.0	0.75	17	1.02	17
IIsp [588 SPT1 (S6 metropoli)	5.00-5.45	sabbia deb limoso argillosa con ghiaia medio grossolana	33		99	0.9	1.0	1.0	0.75	22	1.01	22

Figura 8 - Elaborazione valori NSPT da prove eseguite nei sondaggi area di progetto IFR Circondaria-People Mover SMN



Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT - parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella																							
sottodivisione per sintemi e classificazione USCS (in numerazione romana i livelli del modello geotecnico)																							
sondaggio	ubicazione	quota p.c. m s.l.m.	camp. sigla	camp. m pc	analisi granulometrica (granulometria in %) (o descrizione campione)	sintema-subsintema (cod USCS)	n. colpi SPT	NSPT	Grandezze fisiche e proprietà indici		Limiti di Atterberg			Classificaz Casagrande	tg dir CD		TxUU		TxCU		TxCD		EDO Ce ind compress -
									peso vol nat kN/m3	umid nat W %	Limite liq LL %	Limite plast LP %	Indice plast IP %		φ' (°)	c' (kPa)	φ (°)	c (kPa)	φ' (°)	c' (kPa)	φ' (°)	c' (kPa)	
<b>Dr-a (I):</b>																							
<b>Dr-a-ls (L):</b>																							
588 (S6 metropolit)	Redi ang Cassia	44,30	SPT4	11.00 11.45	limo deb sabbioso-argilloso marrone mediamente compatto con ghiaia da fine a grossolana e ciottoli ghiaie e ciottoli sono disposti a livelli o a nuclei	Dr-a (ls)	16-18-22	40															
586 (S4 metropolit)	Alamanni	45,20	SPT4	12.00 12.45	limo deb sabbioso giallastro con ciottoli	Dr-a (ls)	16-23-24	47															
<b>Dr-a (lp) (Lp):</b>																							
1380 (SIECC006)	nodo AV cant Circondaria	49,06	SPT1	4.10 4.55	limo argilloso, marr sc, poco umido, consist. moder plastico	Dr-a (lp)	5-9-16	25															
<b>Dr-b (II):</b>																							
<b>Dr-b (sp) (II sp):</b>																							
588 (S6 metropolit)	Redi ang Cassia	44,30	SPT1	5.00 5.45	sabbia deb limoso argillosa marr con ghiaia medio grossolana. L'insieme si presenta mediamente denso da 6 a 6.5 sabbia limosa con abbondante concentrazione di ghiaia grossolana e ciottoli	Dr-b (sp)	17-18-15	33															
588 (S6 metropolit)	Redi ang Cassia	44,30	SPT2	6.00 6.45	sabbia deb limoso argillosa marr con ghiaia medio grossolana. L'insieme si presenta mediamente denso da 6 a 6.5 sabbia limosa con abbondante concentrazione di ghiaia grossolana e ciottoli	Dr-b (sp)	15-16-18	34															
596 (S14 metropolit)	Alamanni	44,30	SPT1	6.00 6.45	sabbia da fine a gross deb limosa con ciottoli aren e calc marn (diam 6-7 cm) l'insieme è mediam addensato	Dr-b (sp)	14-24-26	50															
E10	nodo TAV Redi	51,49	CR1	7.60 8.50	sabbia(62.0) ghiaiosa(18.5) deb argillosa(12.3) e limosa(7.2)	Dr-b (sp)			25	16	9	CL											
588 (S6 metropolit)	Redi ang Cassia	44,30	SPT3	8.00 8.45	sabbia deb limoso argillosa marr con ghiaia medio grossolana. L'insieme si presenta mediamente denso da 6 a 6.5 sabbia limosa con abbondante concentrazione di ghiaia grossolana e ciottoli	Dr-b (sp)	14-18-23	41															
586 (S4 metropolit)	Alamanni	45,20	SPT2	8.00 8.45	sabbia con ghiaia fine con sporadici ciottoli	Dr-b (sp)	4-23-29	52															
596 (S14 metropolit)	Alamanni	44,30	SPT2	9.50 9.95	sabbia fine deb limosa con ghiaia e sporadici arenacei e calcarenitici l'insieme è mediamente addensato	Dr-b (sp)	17-26-27	53															
<b>MEDIANA</b>								46	25	16	9												
<b>Dr-b (gp) (II gp):</b>																							
586 (S4 metropolit)	Alamanni	45,20	SPT1	5.00 5.45	ciottoli prevalentem calcaren in matr sabbiosa con ghiaia	Dr-b (gp)	rifiuto	rifiuto															
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR 1	10.50 10.95	ghiaia(61.5) con sabbia(30.2) (limo 4.2, argilla 4.1)	Dr-b (gp)			24	18	6	ML-CL											
596 (S14 metropolit)	Alamanni	44,30	SPT3	13.50 13.95	sabbia e ghiaia in scarsa matr limosa, l'insieme è mediam addensato tra 16 e 17 m presenza di ciottoli subarrotondati	Da-b (gp)	15-23-20	43															
<b>Dr-b (gs) (II gs):</b>																							
1408 (S0EBG010)	nodo AV cant Circondaria	50,76	SPT1	3.00 3.45	ghiaia eterometr, poligen, da subarrot ad angol, argill-limosa (fino a 4.40 m) o sabb-limosa, nocciola; alternato (2.75-3.00 m) liv argilla limosa nocciola; alternati liv di argilla lim grigia (11.75-11.90 m) e di limo	Dr-b (gs)	8-9-9	18															
1408 (S0EBG010)	nodo AV cant Circondaria	50,76	SPT2	6.00 6.45	ghiaia in matr limo-argillosa, umida, addensata a luoghi subcmentata, marrone. Ciottoli e blocchi preval calc marnosi da spigol a subarrot (diam. max 10 cm)	Dr-b (gs)	6-11-12	23															
1408 (S0EBG010)	nodo AV cant Circondaria	50,76	SPT3	10.00 10.45	ghiaia in matr limo-argillosa, umida, addensata, umida. A luoghi matrice più limo, argill, ciottoli e blocchi preval calc-marnosi da spigol a subarrot	Dr-b (gs)	15-15-17	32															
1380 (SIECC006)	nodo AV cant Circondaria	49,06	SPT3	11.20 11.65	ghiaia(68.1) sabbiosa(24.7) deb limosa (7.2) (argilla 0)	Dr-b (gs)	22-21-16	37															
1374 (USOEBN002)	nodo AV cant Circondaria	49,05	SPT1	7.20 7.65	ghiaia in matr sabbiosa, fine, marrone, addensata, umida. A luoghi matrice più limo, argill, ciottoli e blocchi preval calc-marnosi da spigol a subarrot	Dr-b (gs)	17-16-11	27															
1374 (USOEBN002)	nodo AV cant Circondaria	49,05	SPT2	11.10 11.55	ghiaia in matr sabbiosa, fine, marrone, addensata, umida. A luoghi matrice più limo, argill, ciottoli e blocchi preval calc-marnosi da spigol a subarrot	Dr-b (gs)	2-7-15	22															
1835 (scavalco TAV S1M)	nodo AV cant Circondaria	n.d.	CR ...	8.00 9.00	ghiaia(57.0) con sabbia(30.0) deb limosa(5.7)	Dr-b (gs)			26,38	6,1	23	18	5	ML									
1835 (scavalco TAV S1M)	nodo AV cant Circondaria	n.d.	CR ...	10.30 11.00	ghiaia(50.1) con sabbia(31.8) deb limosa (14.3) (argilla 3.7)	Dr-b (gs)			26,87	7,4	20	17	3	ML									
586 (S4 metropolit)	Alamanni	45,20	SPT3	10.00 10.45	ciottoli con ghiaia grossolana in matrice limo sabbiosa grigia	Dr-b (gs)	5-9-18	27															
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR 2	15.00 15.45	ghiaia(57.0) con sabbia(30.0) deb limosa(7.3) e argillosa(5.7)	Dr-b (gs)			26	18	8	CL											
<b>MEDIANA</b>								27	26,6	6,8	23	18	5										

Figura 9 - Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT – parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella. (1/4)



## Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT - parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella

fonte: S.I.G.S. del Comune di Firenze e IFR

suddivisione per sintemi e classificazione USCS (in numerazione romana i livelli del modello geotecnico)

sondaggio	ubicazione	quota p.c. m s.l.m.	camp. sigla	camp. m pc	analisi granulometrica (granulometria in %) (o descrizione campione)	sintema-subsistema (cod USCS)	n. colpi SPT	NSPT	Grandezze fisiche e proprietà indici		Limiti di Atterberg			Classificaz Casagrande	tg dir CD	tg dir CD	TxUU	TxUU	TxCU	TxCU	TxCD	TxCD	EDO Cc ind compress -	
									peso vol nat kN/m3	umid nat W %	Limite liq LL %	Limite plast LP %	Indice plast IP %		φ' (°)	c' (kPa)	φ (°)	c (kPa)	φ' (°)	c' (kPa)	φ' (°)	c' (kPa)		
<b>Da-b (III):</b>																								
<b>Da-b (gp) (III gp):</b>																								
E8	nodo TAV Cittadella	49,04	CR 1	12,00 12,45	ghiaia(54.1) con sabbia(39.0) deb limosa(5.2) (argilla 1.7)	Da-b (gp)					22	17	5	ML-CL										
E8	nodo TAV Cittadella	49,04	CR 2	16,35 16,80	ghiaia(64.5) con sabbia(28.7) (argilla 3.6, limo 3.2)	Da-b (gp)					24	18	6	ML-CL										
E8	nodo TAV Cittadella	49,04	CR 3	18,00 18,45	ghiaia(54.4) con sabbia(32.6) deb limosa (6.6) e argillosa(6.4)	Da-b (gp)					30	19	11	CL										
E8	nodo TAV Cittadella	49,04	CR ...	20,60 20,80	ghiaia(57.7) con sabbia(26.8) deb limosa (8.2) e argillosa(7.3)	Da-b (gp)					35	20	15	CL										
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR 3	19,50 19,95	sabbia(40.8) con ghiaia(38.7) deb argill(11.0) e limosa(9.5)	Da-b (gp)					29	19	10	CL										
E8	nodo TAV Cittadella	49,04	CR ...	23,00 23,30	sabbia(59.3) con argilla(26.9) deb limosa(13.6) (ghiaia 0.2)	Da-b (gp)					31	20	11	CL										
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR ...	24,50 25,00	ghiaia(64.1) sabbiosa(21.9) deb argillosa(8.6) e limosa(5.1)	Da-b (gp)					33	20	13	CL										
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR 4	25,50 25,85	sabbia(46.3) con ghiaia(38.8) deb limosa(7.9) e argillosa(7.0)	Da-b (gp)					25	17	8	CL										
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR ...	26,00 26,50	ghiaia(50.5) con sabbia(38.8) deb argillosa(6.1) (limo 4.6)	Da-b (gp)					24	16	8	CL										
<b>MEDIANA</b>											<b>29</b>	<b>19</b>	<b>10</b>											
<b>Da-b (gs) (III gs):</b>																								
588 (S6 metropolit)	Redi ang Cassia	44,30	SPT7	18,00 18,45	ciottoli diam max >12cm e ghiaia fine-grossol in matr limo argill	Da-b (gs)	7-19-20	39																
596 (S14 metropolit)	Alamanni	44,30	SPT4	19,00 19,45	ghiaia medio fine deb sabbiosa in matr limosa, l'insieme è mediamente addensato	Da-b (gs)	13-18-20	38																
E8	nodo TAV Cittadella	49,04	CR 4	24,00 24,45	sabbia(40.5) argillosa(24.5) limosa(20.8) deb ghiaios (14.2)	Da-b (gs)					45	22	23	CL										
E8	nodo TAV Cittadella	49,04	CR ...	26,30 26,60	ghiaia(47.8) con sabbia(31.8) deb limosa (10.7) e argill(9.7)	Da-b (gs)					32	17	15	CL										
<b>MEDIANA</b>											<b>39</b>	<b>39</b>	<b>20</b>	<b>19</b>										
<b>Da-b (ss) (III ss):</b>																								
588 (S6 metropolit)	Redi ang Cassia	44,30	SPT5	13,00 13,45	sabbia con ghiaia da fine a grossol, limo argilloso sabbioso con ciottoli	Da-b (ss)	9-6-6	12																
588 (S6 metropolit)	Redi ang Cassia	44,30	SPT6	14,40 14,85	sabbia limoso argill, sabbia limosa deb argill con liv e nuclei sabbiosi	Da-b (ss)	5-16-24	40																

Figura 10 - Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT – parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella. (2/4)



## Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT - parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella

fonte: S.I.G.S. del Comune di Firenze e IFR

suddivisione per sintemi e classificazione USCS (in numerazione romana i livelli del modello geotecnico)

sondaggio	ubicazione	quota p.c. m.s.l.m.	camp. sigla	camp. m pc	analisi granulometrica (granulometria in %) (o descrizione campione)	sintema-subsintema (cod USCS)	n. colpi SPT	NSPT	Grandezze fisiche e proprietà indici		Limiti di Atterberg			Classificaz Casagrande	tg dir CD		TxUU φ	TxUU c	TxCU φ'	TxCU c'	TxCD φ'	TxCD c'	EDO Ce ind compress -
									peso vol nat kN/m3	umid nat W %	Limite liq LL %	Limite plast LP %	Indice plast IP %		φ' (°)	c' (kPa)							
<b>FPT (IV):</b>																							
<b>FPT-a (IVa):</b>																							
<b>FPT-a (IVa<sub>as</sub>):</b>																							
1837 (TAV S2GLP)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	16.60	limo(44.3) con sabbia(29.7) e argilla(25.7) (ghiaia 0.3)	FPT-a (as)			20,79	19,0	36	20	16	CL									
1836 (TAV S2M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CR ...	21.00	argilla(49.7) con limo(37.6) deb sabbiosa(12.7) (ghiaia 0)	FPT-a (as)			21,38	17,5	45	26	19	CL									
1836 (TAV S2M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	25.00	limo(54.1) con argilla(41.5) (sabbia 25.40 4.5, ghiaia 0.0)	FPT-a (as)			20,40	19,3	38	21	17	CL									
1836 (TAV S2M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI/CR ?	30.50	limo(38.6) con argilla(35.1) sabbioso(23.2) (ghiaia 3.1)	FPT-a (as)			20,40	23,5	49	27	22	CL-ML									
1835 (TAV S1M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	35.45	limo(73.0) con argilla(23.6) (sabbia 36.00 3.3, ghiaia 0.0)	FPT-a (as)			19,91	22,5	38	24	14	CL-ML									
1836 (TAV S2M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	36.00	argilla(50.4) con limo(39.6) deb sabbiosa(8.4) (ghiaia 1.5)	FPT-a (as)			19,22	21,6	45	26	19	CL									
1836 (TAV S2M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	40.50	limo(77.8) argilloso(18.0) (sabbia 40.90 4.2) (ghiaia 0)	FPT-a (as)			21,18	17,1	40	24	16	CL-ML									
1836 (TAV S2M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CR ...	45.00	limo(51.4) con argilla(36.0) deb sabbioso(12.5) (ghiaia 0.2)	FPT-a (as)			20,30	21,4	48	22	26	CL									
1835 (TAV S1M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	45.50	limo(39.0) con sabbia(31.1) e argilla(26.9) (ghiaia 3.0)	FPT-a (as)			19,91	16,9	37	21	16	CL									
1835 (TAV S1M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	55.00	limo(43.6) con sabbia(36.1) argilloso(19.4) (ghiaia 1.0)	FPT-a (as)			20,59	17,3	32	20	12	CL									
1836 (TAV S2M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CR ...	55.60	limo(48.7) con argilla(30.3) sabbioso(21.1) (ghiaia 0)	FPT-a (as)			21,08	18,4	47	26	21	CL									
1836 (TAV S2M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	56.00	limo(53.7) con argilla(25.9) sabbioso(19.8) (ghiaia 0.7)	FPT-a (as)			20,01	21,8	45	32	13	ML									
<b>MEDIANA</b>									<b>20,4</b>	<b>19,1</b>	<b>43</b>	<b>24</b>	<b>19</b>										
<b>FPT-a (IVa<sub>bp</sub>):</b>																							
E10	nodo TAV Redi	51,49	CR2	19.70	argilla(46.3) con limo(43.2) deb sabbiosa(7.2) (ghiaia 3.3)	FPT-a (lp)					61	26	35	CH									
E11	nodo TAV Zeffrini	50,87	CI A	18.40	limo(42.3) con argilla(39.3) sabbioso(17.3) (ghiaia 1.1)	FPT-a (lp)			20,01	19,8	50	23	27	CL-CH	19,0	121,60							
E10	nodo TAV Redi	51,49	CR...	19.20	argilla(36.4) con limo(34.9) e sabbia(28.3) (ghiaia 0.4)	FPT-a (lp)					50	22	28	CL-CH									
1408 (SOEBG010)	nodo AV Circondaria	50,76	SPT4	27.00	limo ghiaioso, localm argill, nocciola, con clasti di ghiaia	FPT-a (lp)	31-12-19	31															
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR ...	27.40	argilla(54.2) con limo(31.8) deb sabbiosa(13.9) (ghiaia 0.1)	FPT-a (lp)					65	28	37	CH									
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR ...	28.40	sabbia(58.6) con argilla(27.4) deb limosa(13.9) (ghiaia 0.1)	FPT-a (lp)					36	26	10	CL									
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR ...	29.30	argilla(41.6) con limo(33.0) sabbiosa(24.4) (ghiaia 1.0)	FPT-a (lp)					58	23	35	CH									
E6	nodo TAV Strozzi	43,88	CI A	28.65	argilla(37.8) con limo(33.9) e sabbia(26.6) (ghiaia 1.7)	FPT-a (lp)			19,71	21,9	55	23	32	CH			0,0	27,5			0,204		
E12	nodo TAV Corsica ASL	46,05	CI F	33.60	argilla(57.1) limosa(24.3) deb sabbiosa(12.6) e ghiaiosa(6.0)	FPT-a (lp)			19,12	25,0	78	28	50	CH	19,0	71,59							
1835 (TAV S1M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	64.45	limo(40.7) con sabbia(38.7) argilloso(19.5) (ghiaia 1.1)	FPT-a (lp)			20,20	19,1	35	22	13	CL									
<b>MEDIANA</b>									<b>19,9</b>	<b>20,9</b>	<b>55</b>	<b>23</b>	<b>32</b>		<b>19,0</b>	<b>96,6</b>		<b>0,0</b>	<b>27,5</b>		<b>0,204</b>		
<b>FPT-a (IVa<sub>b</sub>):</b>																							
1835 (TAV S1M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	15.20	limo(59.8) con argilla(25.4) deb sabbioso(14.8) (ghiaia 0.0)	FPT-a (ls)			19,52	23,1	41	27	14	ML									
1836 (TAV S2M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	18.00	limo(54.1) con argilla(38.8) deb sabbioso(7.1) (ghiaia 0.0)	FPT-a (ls)			19,81	18,9	43	24	19	CL									
1835 (TAV S1M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	25.00	sabbia(34.4) limosa(23.6) argillosa(21.8) ghiaiosa(20.2)	FPT-a (ls)			19,91	22,0	34	22	12	CL									
586 (S4 metropolit)	Alamanni	45,2	SPT5	27.00	limo argill marr con piccoli ciottoli verso il basso ciottoli	FPT-a (ls)	13-19-24	43															
<b>MEDIANA</b>									<b>19,8</b>	<b>21,9</b>	<b>43</b>	<b>23</b>	<b>20</b>										

Figura 11 - Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT – parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella. (3/4)



Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT - parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella																								
sottodivisione per sintemi e classificazione USCS (in numerazione romana i livelli del modello geotecnico)																								
sondaggio	ubicazione	quota p.c. m s.l.m.	camp. sigla	camp. m pc	analisi granulometrica (granulometria in %) (o descrizione campione)	sintema-subsintema (cod USCS)	n. colpi SPT	NSPT	Grandezze fisiche e proprietà indici		Limiti di Atterberg			Classificaz Casagrande	tg dir CD	tg dir CD	TxUU	TxUU	TxCU	TxCU	TxCD	TxCD	EDO Cc ind compress -	
									peso vol nat kN/m3	umid nat W %	Limite liq LL %	Limite plast LP %	Indice plast IP %		φ'	c'	φ	c	φ'	c'	φ'	c'		
<b>FPT-b (IVb):</b>																								
<b>FPT-b (IVb<sub>ca</sub>):</b>																								
1408 (SOEBG010)	nodo AV Circondaria	50,76	SPT5	34,20	ghiaia argill-limoso con clasti subarrot (phi max 3-5 cm)	FPT-b (gs)	50	50																
1835 (TAV S1M)	nodo AV Circondaria	n.d.	CR ...	66,00	ghiaia(43.4) con sabbia(39.5) deb limosa (10.7) argill(6.3)	FPT-b (gs)			35,4	27	18	9	CL											
<b>FPT-c (IVc):</b>																								
<b>FPT-c (IVc<sub>ap</sub>):</b>																								
E12	nodo TAV Corsica ASL	46,05	C1A	15,00	argilla(34.0) con sabbia(32.7) e limo(28.4) deb ghiaioso(4.9)	FPT-c (ap)			19,61	23,4	54	23	31	CH	25,0									
E13	nodo TAV Corsica cantiere	47,22	C1A	16,50	argilla(52.7) con limo(30.5) deb sabbiosa(14.3) (ghiaia 2.5)	FPT-c (ap)			19,52	22,3	58	23	35	CH	27,0	1,96							0,205	
E10	nodo TAV Redi	51,49	C1A	21,30	limo(43.5) con argilla(33.6) sabbioso(22.0) (ghiaia0.9)	FPT-c (ap)			19,91	20,0	42	21	21	CL										
E12	nodo TAV Corsica ASL	46,05	C1B	18,00	limo(40.7) con argilla(30.4) e sabbia(28.3) (ghiaia0.6)	FPT-c (ap)			20,40	18,4	40	21	19	CL			260,9							
E13	nodo TAV Corsica cantiere	47,22	C1B	19,50	limo(35.8) con argilla(34.2) e sabbia(28.4) (ghiaia 1.6)	FPT-c (ap)			19,81	17,8	41	20	21	CL	28,0									
E10	nodo TAV Redi	51,49	C1B	24,30	argilla(49.9) sabbiosa(24.5) limosa(22.0) (ghiaia 3.6)	FPT-c (ap)			19,22	23,4	55	25	30	CH										
E11	nodo TAV Zeffrini	50,87	C1B	26,00	limo(42.6) con argilla(41.0) sabbioso(16.2) (ghiaia0.2)	FPT-c (ap)			20,10	19,2	46	22	24	CL	21,0									
E12	nodo TAV Corsica ASL	46,05	C1C	21,00	limo(44.4) con argilla(33.9) sabbioso(21.7) (ghiaia0.0)	FPT-c (ap)			19,52	22,8	45	22	23	CL	33,0	1,96								
E10	nodo TAV Redi	51,49	C1C	27,30	argilla(44.8) con limo(30.8) sabbiosa(19.4) deb ghiaiosa (5)	FPT-c (ap)			20,01	19,9	52	24	28	CH						26,0	2,9			
E10	nodo TAV Redi	51,49	CR...	28,60	argilla(56.3) con limo(29.3) deb sabbiosa(10.2)(ghiaia 4.2)	FPT-c (ap)					71	26	45	CH										
E14	nodo TAV Corsica cantiere	49,89	C1B	27,70	argilla limosa	FPT-c (ap)			20,50	19,6	56	23	33	CH	35,0	2,94								
E12	nodo TAV Corsica ASL	46,05	C1D	24,00	limo(33.9) con argilla(32.6) e sabbia(29.3) deb ghiaioso(4.2)	FPT-c (ap)			20,10	19,0	41	20	21	CL			27,0	n.d.						
E13	nodo TAV Corsica cantiere	47,22	C1C	25,90	sabbia(37.3) con argilla(32.0) e limo(28.0) (ghiaia 2.7)	FPT-c (ap)			19,81	17,8	41	20	21	CL			345,2							
E10	nodo TAV Redi	51,49	C1D	30,30	argilla(45.5) con limo(38.7) deb sabbiosa(10.6)ghiaiosa (5.2)	FPT-c (ap)			19,61	22,0	70	26	44	CH			68,6							
E11	nodo TAV Zeffrini	50,87	C1C	30,00	argilla(42.9) con sabbia(30.4) e limo(26.3) (ghiaia0.4)	FPT-c (ap)			19,91	20,3	46	22	24	CL						26,0	1,0			
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR ...	31,20	argilla(47.8) con limo(30.3) sabbiosa(17.4) (ghiaia 4.5)	FPT-c (ap)					58	25	33	CH										
E8	nodo TAV Cittadella	49,04	CR 5	30,00	argilla(40.0) con limo(35.1) sabbiosa(23.7) (ghiaia 1.2)	FPT-c (ap)					58	24	34	CH										
E12	nodo TAV Corsica ASL	46,05	C1E	27,00	argilla(49.0) con limo(33.8) sabbiosa(16.4) (ghiaia0.8)	FPT-c (ap)			19,52	23,7	65	25	40	CH						18,0				
E13	nodo TAV Corsica cantiere	47,22	C1D	28,70	argilla(56.0) con limo(26.8) deb sabbiosa(13.3) (ghiaia 3.9)	FPT-c (ap)			19,42	25,0	57	24	33	CH	28,0	2,9								
E7	nodo TAV Ghiacciaie	49,78	CR ...	33,60	sabbia(36.7) con limo(31.6) e argilla(29.7) (ghiaia 2.0)	FPT-c (ap)					45	24	21	CL										
E10	nodo TAV Redi	51,49	CR3	35,30	limo(40.2) con argilla(40.0) sabbioso(18.7) (ghiaia1.1)	FPT-c (ap)					57	24	33	CH										
E13	nodo TAV Corsica cantiere	47,22	C1E	31,50	argilla(43.8) con limo(39.4) deb sabbiosa(14.2) (ghiaia 2.6)	FPT-c (ap)			20,01	20,1	62	24	38	CH										
E11	nodo TAV Zeffrini	50,87	C1D	36,30	limo(42.2) con argilla(37.0) sabbioso(20.1) (ghiaia0.7)	FPT-c (ap)			20,01	18,8	44	23	21	CL	36,0	4,90								
E14	nodo TAV Corsica cantiere	49,89	C1C	37,10	argilla limosa	FPT-c (ap)			20,59	17,4	45	21	24	CL										
1408 (SOEBG010)	nodo AV Circondaria	50,76	SPT6	44,50	ghiaia eterometr poligenica, da subarrot ad arrotond, limoso-	FPT-c (ap)	10-12-20	32																
1837 (TAV S2GLP)	nodo AV Circondaria	n.d.	CR ...	21,50	limo(52.1) con argilla(42.4) deb sabbioso(5.5) (ghiaia 0)	FPT-c (ap)			19,81	19,9	45	27	18	CL-ML										
1837 (TAV S2GLP)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	22,50	limo(61.0) con argilla(37.85) sabbiosa(1.1, ghiaia0)	FPT-c (ap)			20,20	19,1	44	21	23	CL										
1837 (TAV S2GLP)	nodo AV Circondaria	n.d.	CI ...	30,00	sabbia(52.0) ghiaiosa(18.3) sabbioso(15.7) deb limosa(14.1)	FPT-c (ap)			19,81	22,2	47	31	16	ML										
1837 (TAV S2GLP)	nodo AV Circondaria	n.d.	CR ...	34,60	limo(48.7) con argilla(40.0) deb sabbioso(10.0) (ghiaia1.3)	FPT-c (ap)			20,79	20,6	44	23	21	CL										
<b>MEDIANA</b>									19,9	20,0	47	23	24		28,0	2,5	28,0	164,8	27,0	26,0	2,0	0,205		
<b>FPT-c (IVc<sub>ap</sub>):</b>																								
E14	nodo TAV Corsica cantiere	49,89	C1A	19,50	argilla limosa	FPT-c (lp)			19,81	21,7	46	22	24	CL							29,0	5,9		
E9	nodo TAV Belfiore Redi	51,17	C2 (A)	30,20	argilla(51.6) con limo(26.2) sabbiosa(18.3) (ghiaia3.9)	FPT-c (lp)			19,22	23,3	65	27	38	CH							25,0	8,8	0,223	
E9	nodo TAV Belfiore Redi	51,17	C3 (B)	34,40	sabbia(43.0) con argilla(30.0) e limo(25.9) (ghiaia 1.1)	FPT-c (lp)			20,01	20,0	41	22	19	CL			17,0	136,3						
<b>MEDIANA</b>									19,8	21,7	46	22	24		17,0	136,3			27,0	7,4	0,223			

Figura 12 - Risultati prove di laboratorio e prove in foro SPT – parametri geotecnici sondaggi tratto Circondaria-Santa Maria Novella. (4/4)



Modello geotecnico e valori caratteristici (valore mediana) - da prove di laboratorio eseguite																			
livello geotecnico				Peso vol nat	Limite liq	Limite plast	Indice plast	Classificaz. Casagrande	NSPT	$\varphi'$	$c'$	$\varphi'$	$\varphi$	Cu	$\varphi'$	$c'$	Med	Cc	
livello geotecn	subliv geotecn	profondità m p.c.	sintema- subsintema (USCS)	kN/m <sup>3</sup>	LL %	LP %	IP %			(°)	(kPa)	(°)	(°)	(kPa)	(°)	(kPa)	(MPa)	-	
									SPT	TG DIR CD	TG DIR CD	f(N <sub>i</sub> [60])	TxUU	TxUU	TxCD	TxCD	f(N <sub>i</sub> [60])	EDOM	
<b>I</b>	II <sub>ls</sub>	0.0 ÷ 3.5, 9.0 ÷ 12.5 (in eteropia con II)	D <sub>rs</sub> (lp-ls)						44			33,6					11,7		
	II <sub>lp</sub>									25			31,0					9,6	
<b>II</b>	II <sub>sp</sub>	3.5 ÷ 13.0/15.0 (in eteropia con I)	D <sub>rs</sub> (gs-gp-ss-sp)		25	16	9	CL	46			35,0					31,4		
	II <sub>ss</sub>																		
	II <sub>gp</sub>				24	18	6	CL-ML	43				33,9					27,3	
	II <sub>gs</sub>				23	18	5	CL-ML	27				31,5					19,1	
<b>III</b>	III <sub>gp</sub>	13.0/15.0 ÷ 27.0/28.0	D <sub>a-b</sub> (lp-ls,gp-gs-ss)		29	19	10	CL											
	III <sub>gs</sub>				39	20	19	CL	39			31,5					19,1		
	III <sub>ss</sub>																		
<b>IV</b>	IV <sub>as</sub>	15.0 ÷ 85.0 (tetto a prof variab; substrato litoide a 85 m pc)	FPT <sub>a-b-c</sub> (ls-lp-as- ap,gs-gp-ss)		20,4	43	24	CL											
	IV <sub>ap</sub>				19,9	55	23	CH										0,204	
	IV <sub>as</sub>				19,8	43	23	CL	43										
	IV <sub>gs</sub>				27	18	9	CL	50										
	IV <sub>cp</sub>				19,9	47	23	24	CL		28,0	2,5		28,0	165	26,0	2,0		0,205
	IV <sub>cp</sub>				19,8	46	22	24	CL					17,0	136	27,0	7,4		0,223

Figura 13 - Modello geotecnico e valori caratteristici (mediana) – da prove di laboratorio eseguite.

Come anticipato al § 4.3, la falda superficiale, collocata nei depositi ghiaiosi e sabbiosi recenti [D<sub>r</sub><sub>b</sub>] o talora in quelli antichi [D<sub>a</sub><sub>b</sub>], è situata alla quota media di circa 39 m.s.l.m. (38÷40 m.s.l.m.), ad una profondità oscillante in media dai 7÷8 m p.c. (piano campagna urbano) ai 10÷12 m p.c. (piano campagna rilevato ferroviario).

Nella tabella in figura **13** viene riportato il *modello geotecnico* del sottosuolo dell'area di progetto ed i *valori caratteristici*, per questa fase di progettazione preliminare definiti in base ai soli valori medi (mediana).

La tabella del modello geotecnico (deliberatamente mostrante l'assenza o la scarsità di dati per alcuni orizzonti) mette in evidenza la necessità di condurre un'apposita campagna di indagini sia geofisiche che geognostiche per la fase progettuale successiva; in particolare risulta da caratterizzare in modo più approfondito dal punto di vista geotecnico e geofisico la porzione più superficiale di sottosuolo (i livelli geotecnici I e II presso l'area di progetto della Stazione Circondaria).

## 5. LIQUEFAZIONE

Ai sensi del § 7.11.3.4 del D.M. 17 gennaio 2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
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  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test – C.P.T.*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1a e b delle NTC 2018.

§ 7.11.3.4 DM 17-01-18	Criteri per omissione verifica	Valore	Verifica liquefazione	Note
1	Accelerazione max attesa al p.c. < 0.1 g	0.204 g (per SLV)	si	
2	Profondità falda > 15 m	da 7÷8 m p.c. (piano campagna urbano) a 10÷12 m p.c. (piano campagna rilevato ferroviario)	si	
3	$q_{c1N} > 180$ $(N_1)_{60} > 30$	n.d.	n.d.	
4	Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle fig. 7.11.1 a) e b) delle NTC 2018	Rif. fuso granulometrico campione rimaneggiato CR prof 7.60-8.50 nel sondaggio E10 (nodo TAV Redi) con granulometria e classificazione AGI 1977: sabbia (62.0) ghiaiosa (18.5) deb argillosa (12.3) e limosa (7.2)	si	

Tabella 3 - Condizioni di esclusione della verifica a liquefazione

Le condizioni di esclusione non risultano soddisfatte ed indicano pertanto la non possibilità di omettere la verifica a liquefazione. A tal fine, si è fatto riferimento alla valutazione della liquefacibilità dei terreni prevalentemente sabbiosi costituenti i livelli geotecnici superficiali (in particolare il livello geotecnico IIsp) tramite metodi semplificati basati sullo stato tensionale da prove in sito SPT [rif. abaco CSR vs N1(60)].

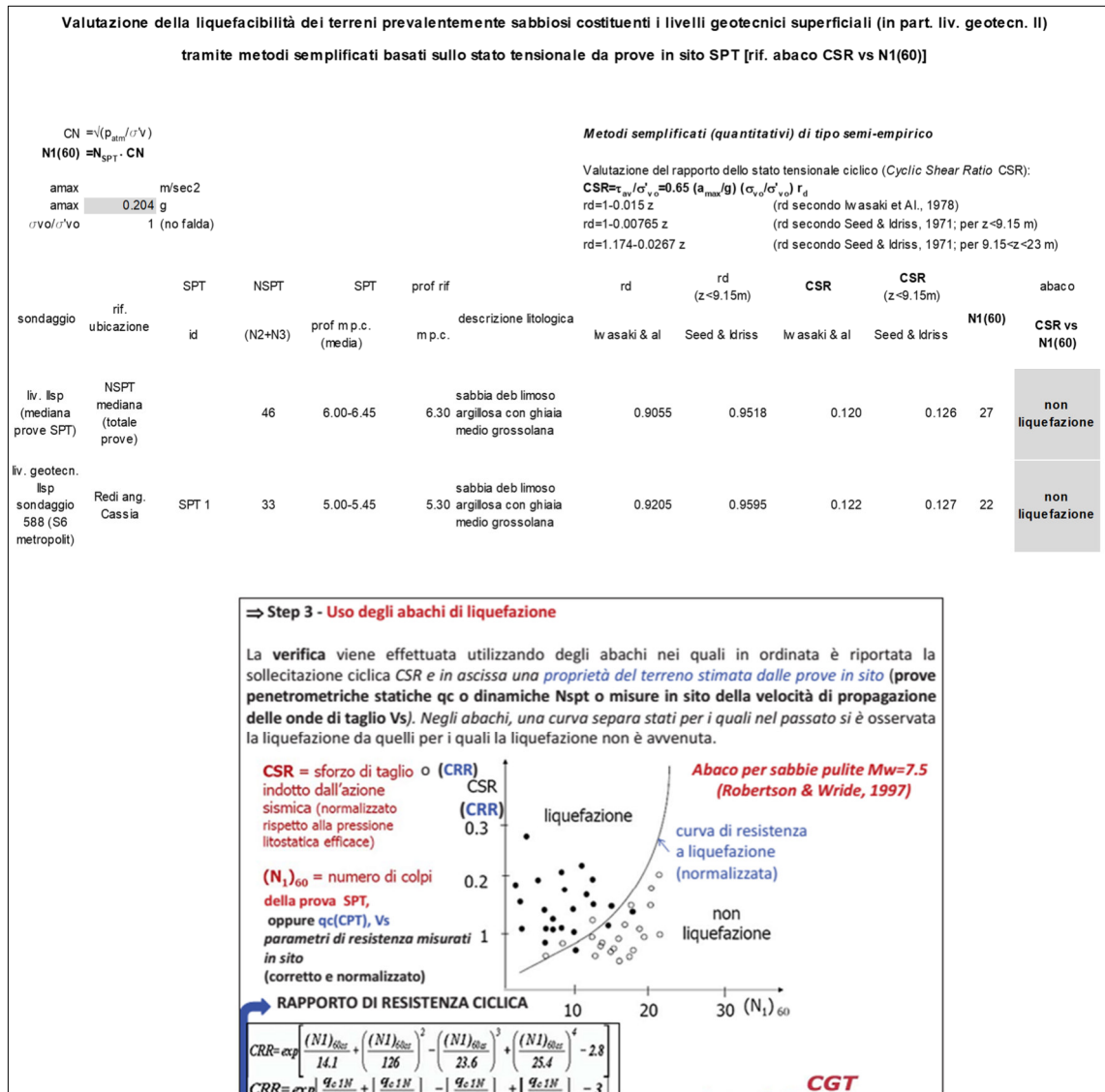


Figura 14 - Valutazione della liquefacibilità dei terreni prevalentemente sabbiosi costituenti i livelli geotecnici superficiali (in part. liv. geotecn. II), tramite metodi semplificati basati sullo stato tensionale da prove in sito SPT [rif. abaco CSR vs N1(60)]



Come mostrato in figura 14, la valutazione è stata condotta per:

- la totalità delle prove SPT disponibili per tale livello geotecnico, con il valore della mediana NSPT ( $NSPT=46$ ,  $N1(60)=27$ ) e il valore medio della profondità di prova (assunto pari a 6.30 m p.c.);
- a titolo esemplificativo, relativamente alla singola prova SPT1 (prof. 5.00-5.45 m p.c., prof rif. 5.30 fra N2 e N3) eseguita nel sondaggio S6 del progetto Metropolitana (sondaggio 588 in S.I.G.S.) ubicato nei pressi del Viale Redi ang. Via Cassia.
- La valutazione, con riferimento all'abaco CSR vs  $N1(60)$ , evidenzia l'esito di "non liquefazione" dei terreni (medi) costituenti tale livello geotecnico (IIsp), secondo il parametro del rapporto dello stato tensionale ciclico (*Cyclic Shear Ratio CSR*) in funzione del parametro del valore  $N_{SPT}$  corretto e normalizzato  $N1(60)$ .

## 6. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il terreno che sarà scavato nel corso della realizzazione dei lavori in progetto potrà essere gestito in tre diverse modalità:

- escluso dal regime di rifiuto secondo la lett. c) del comma 1 dell'art. 185 del D.Lgs. 152/2006. In questo caso preliminarmente allo scavo dovrà essere effettuato uno o più campioni da sottoporre ad analisi chimica secondo il set analitico minimo costituito da Arsenico, Cadmio, Cobalto, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Mercurio, Idrocarburi  $C>12$ , Cromo totale, Cromo VI, Amianto;
- come sottoprodotto secondo le procedure previste dal DPR 120/2017. In questo caso preliminarmente allo scavo dovrà essere effettuato uno o più campioni da sottoporre ad analisi chimica secondo il set analitico minimo di Tab. 4.1 costituito da Arsenico, Cadmio, Cobalto, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Mercurio, Idrocarburi  $C>12$ , Cromo totale, Cromo VI, Amianto;
- come rifiuto secondo le procedure previste dalla parte IV del D.Lgs. 152/2006.  
In questo caso sarà necessario procedere alla classificazione del rifiuto e all'esecuzione del test di cessione.

## 7. CONCLUSIONI

Viste le caratteristiche di progetto e quelle geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e di stabilità dell'area, geotecniche e sismiche, si ritiene fattibile l'intervento in progetto, a condizione che siano osservate le prescrizioni espresse nella presente relazione.

In particolare si sottolinea nuovamente la necessità per la realizzazione delle opere che possono comportare aggravamento delle condizioni di rischio idraulico, quali i sottopassi pedonali di progetto, al fine del raggiungimento almeno di un livello di rischio idraulico medio R2 (così come definito dall'art.1 punto 2.2 del DPCM del 29/09/1998 – Atto di indirizzo e coordinamento del l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2 , del D.L. n. 180 del 11/06/1998) di prevedere adeguati interventi di difesa locale, così come richiesto dall'art. 8 della L.R. n. 41/2018, che andranno implementati nelle successive



fasi di progettazione sulla base dei battenti idraulici forniti dall'Autorità di Bacino, che sono indicati negli specifici studi idraulici (DBS: ID0000).

Pur essendo l'area di via Circondaria già stata abbondantemente indagata per il sottoattraversamento ferroviario AV di Firenze, saranno inoltre da programmare le necessarie campagne di indagini per la corretta parametrizzazione geotecnica dei terreni più superficiali compresi i materiali di riporto che costituiscono il rilevato ferroviario strutturale, per i quali i dati disponibili non risultano esaustivi.

Firenze, 28 dicembre 2022

Dott. Geol. Fabio Picchi

Dott. Geol. Gabriele Paolini