

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

NODO DI ROMA

PRG DI ROMA TUSCOLANA

*RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA*

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NR2E 00 R 69 RG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	PFTE	F. Ravasi	Novembre 2020	F. Mancini	Novembre 2020	T. Paoletti	Novembre 2020	M. Comedini Novembre 2020

File: NR2E00R69RGGE0001001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	9
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
4.1.1	<i>Assetto strutturale</i>	9
4.1.2	<i>Assetto stratigrafico</i>	12
4.1.3	<i>Inquadrameno geomorfologico</i>	18
4.1.4	<i>Geomorfologia dell'area</i>	18
5	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	23
6	CARTOGRAFIA DEL RISCHIO	28
7	INDAGINI.....	31
7.1	PREMESSA	31
8	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO DELL'AREA DI PROGETTO	33
8.1	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA	34
9	INQUADRAMENTO SISMICO.....	35
9.1	PREMESSA.....	35
9.2	AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE	36
9.3	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	40
9.3.1	<i>Generalità</i>	40
9.3.2	<i>Vita utile e classe d'uso</i>	41

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
 sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	3 di 48

9.3.3	<i>Stati limite e probabilità di superamento</i>	42
9.3.4	<i>Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g</i>	43
9.3.5	<i>Risposta sismica locale</i>	44
9.4	ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE	46
10	CONCLUSIONI	49
11	BIBLIOGRAFIA	51

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	4 di 48

TAVOLE DI RIFERIMENTO

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		N	R	2	E	0	0	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Carta geologica e profilo geologico	1:5000 1:2000/200	N	R	2	E	0	0	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000 1:2000/200	N	R	2	E	0	0	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	1	A

ELABORATI DI RIFERIMENTO

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		N	R	2	E	0	0	R	6	9	S	G	G	E	0	0	0	5	0	0	1	A
Indagini geognostiche	-	N	R	2	E	0	0	R	6	9	S	G	G	E	0	0	0	5	0	0	1	A
Indagini geofisiche	-	N	R	2	E	0	0	R	6	9	I	G	G	E	0	0	0	5	0	0	1	A

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 5 di 48

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica, Geomorfologica e Sismica di inquadramento redatto nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica del PRG nell'area della stazione di Roma Tuscolana.

Lo studio raccoglie e sintetizza le informazioni attualmente disponibili derivanti sia da fonti bibliografiche sia da indagini geognostiche appositamente realizzate da Italferr e comprendenti:

- n. 4 sondaggi geognostici spinti sino a 50 m di profondità da p.c. attrezzati con piezometri a tubo aperto, con associate prove di permeabilità a carico variabile tipo Lefranc e prove SPT.
- n. 2 sondaggi geognostici spinti sino a 50 m di profondità da p.c. con associate prove sismiche down-hole per la definizione dell'azione sismica di progetto.

In sintesi, nei capitoli seguenti verranno approfondite le seguenti tematiche:

1. inquadramento geografico;
2. inquadramento generale dell'area di studio comprendente gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici;
3. inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento, analisi del rischio di liquefazione;
4. Conclusioni geologiche sulla base dei dati a disposizione.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 6 di 48

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.M. 17/01/2018, sostituzione del D.M. 14/01/2008, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n. 617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248”.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	7 di 48

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'interesse si trova nel Municipio VII del Comune di Roma, capoluogo della Regione Lazio, nei pressi della stazione ferroviaria di Roma Tuscolana, a nord est della stazione, lungo la ferrovia tirrenica .

L'area di studio del presente elaborato è individuabile, evidenziata in rosso, su immagine aerea in Figura 3-1 e sulla carta stradale in Figura 3-2.



Figura 3-1 – Immagine aerea della zona oggetto di studio con l'ubicazione dell'area di progetto (in rosso)

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	8 di 48

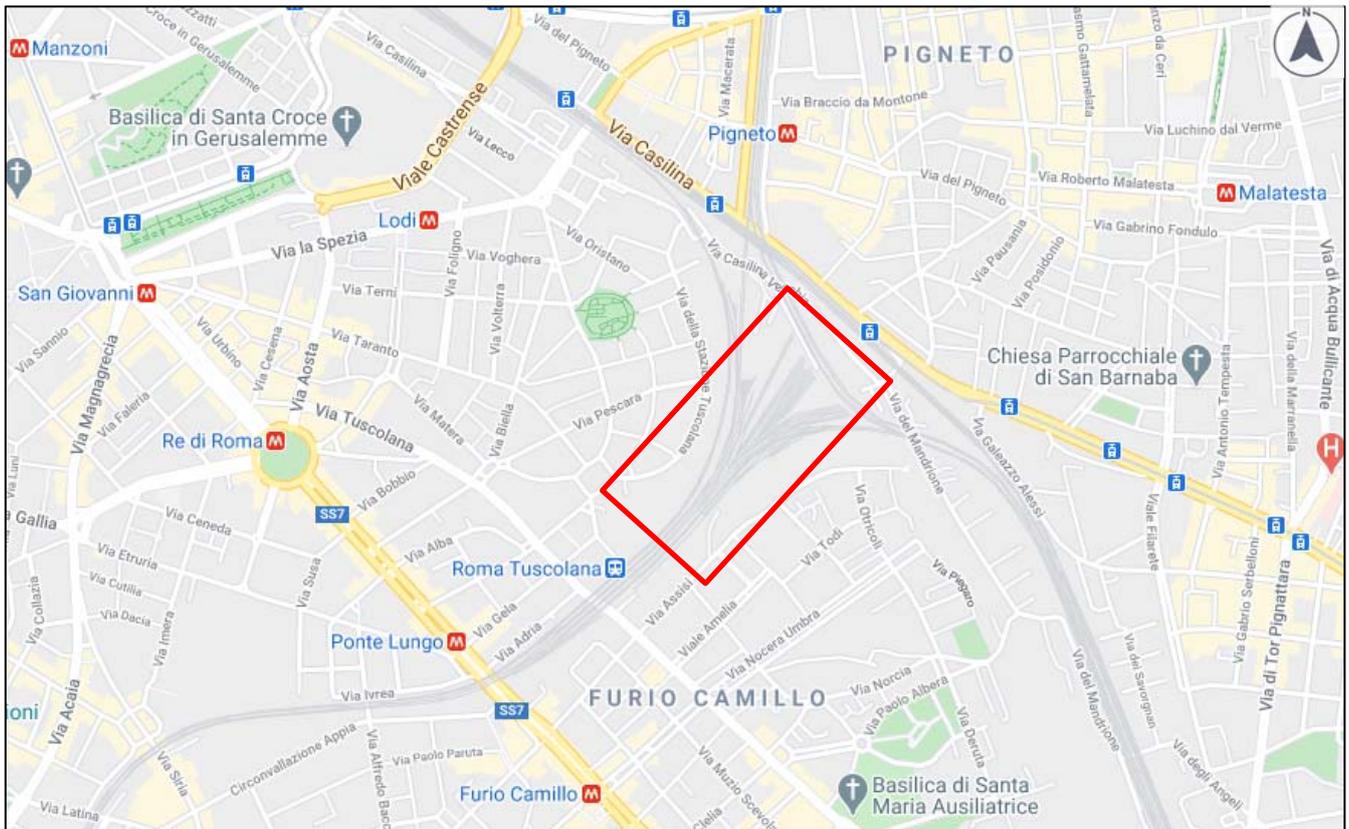


Figura 3-2 – Carta stradale dell’area in esame.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	9 di 48

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Nei paragrafi seguenti si riporta l'inquadramento tettonico e strutturale, l'inquadramento geologico regionale e l'inquadramento geomorfologico dell'area di progetto. Per l'inquadramento dell'area in esame si è fatto riferimento alla Relazione Geologica Generale del PRG del Comune di Roma e alle carte geolitologica, geomorfologica e idrogeologica del territorio comunale (Succhiarelli et al., 2008).

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1.1 *Assetto strutturale*

Nel PRG del Comune di Roma il territorio comunale viene suddiviso in 6 zone, per via delle notevoli differenze geomorfologiche si riscontrano in un territorio così vasto; in particolare:

- Zona orientale
- Delta e piana del Tevere
- Zon sud-occidentale
- Zona nord-occidentale
- Zona nord-orientale
- Centro storico

All'interno delle singole zone, semplificando e schematizzando, si hanno caratteristiche geologiche più o meno uniformi, che vengono descritte per ciascuno dei settori individuati. In particolare, la stazione di Roma Tuscolana, facente parte del territorio del Municipio di Roma VII, rientra nella zona orientale.

Introducendo quella che è l'evoluzione geologica e paleogeografica della città di Roma bisogna dire che ha avuto una storia geologica complessa, legata all'evoluzione geodinamica dell'area mediterranea tuttora in corso, che ha determinato un assetto del territorio molto articolato.

Da un punto di vista geologico-strutturale l'area romana è legata all'evoluzione del margine tirrenico che a partire dal Pliocene viene interessato da un progressivo processo di rifting, che porta ad un notevole assottigliamento crostale. A causa di tale processo l'intera area viene sommersa da un mare piuttosto profondo, dal quale emergevano alti strutturali rappresentati dalle isole del Monte Soratte e dei Monti Cornicolani, in cui si accumulava nel tempo una potente serie di terreni prevalentemente argilloso-marnosi dello spessore di diverse centinaia di metri. Durante il Pleistocene inferiore, si assiste ad un mutamento delle condizioni paleogeografiche del bacino di sedimentazione dovute sia a movimenti tettonici sia dal ripetersi di periodi glaciali e interglaciali che provocarono oscillazioni del livello marino. Tali mutamenti portarono ad una diversificazione dei prodotti di sedimentazione che da depositi prevalentemente argillosi marini passarono progressivamente verso l'alto a sedimenti limosi e sabbioso di origine

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	10 di 48

continentale. Tali terreni costituiscono oggi le unità più antiche che affiorano sul territorio comunale formando una serie ritmica di depositi argilloso-marnosi, argilloso-sabbiosi e sabbiosi conosciute in letteratura con diversi nomi: Argille Vaticane, Argille Azzurre, Unità di Monte Vaticano, sabbie dell'Astiano.

Per i terreni descritti la letteratura moderna con l'evolversi delle conoscenze stratigrafiche ha istituito nuove formazioni e nuove suddivisioni, nel presente lavoro invece si è preferito mantenere una distinzione prevalentemente litologica per cui i terreni del Plio-Pleistocene sono stati suddivisi in due unità definite "Formazione di Monte Vaticano" e "Complesso dei depositi sabbiosi" che raggruppano numerose unità geologiche. I due termini costituiscono la base sedimentaria marina al di sopra della quale si rinvengono tutti i terreni del "Pleistocene Glaciale" (sedimentario e vulcanico) direttamente osservabili entro il territorio comunale.

Dopo una fase glaciale (emersione - avanzamento della linea di costa - periodo erosivo), databile a circa 750.000 anni fa, con l'interglaciale (immersione - arretramento della linea di costa - periodo deposizionale) si instaura su gran parte del territorio un ambiente di tipo continentale con deposito di sedimenti argillosi, sabbiosi e ghiaiosi, che ricoprono i sottostanti orizzonti marini del Plio-Pleistocene.

A tale sequenza sedimentaria continentale di colmamento viene dato il nome di Unità del Paleotevere 1 e 2 o Formazione di Ponte Galeria (In questa unità sono state inserite anche altre formazioni conosciute in letteratura con i termini Unità di Santa Cecilia, Monte Ciocci e fosso della Crescenza). A questo periodo seguono altre glaciazioni e periodi interglaciali, con variazioni del livello del mare e colmamenti delle zone precedentemente incise.

Al termine di uno dei cicli glaciali (erosione e poi deposito), si ha la formazione di due distinti distretti vulcanici, i Colli Albani a sud-est e i Sabatini a nord-ovest, della città di Roma, che manifestano la loro attività quasi contemporaneamente. I materiali dei due apparati ricoprono migliaia di km² di territorio, con spessori variabili da pochi metri nelle zone distali, a diverse centinaia di metri nelle aree prossimali ai centri eruttivi. L'attività vulcanica ha dato luogo a vari tipi di depositi: piroclastiti di ricaduta, colate piroclastiche, colate di tipo idromagmatico e colate laviche.

A sud e ad est di Roma si hanno prevalentemente i prodotti vulcanici legati all'attività dei Colli Albani, mentre a nord e a ovest quelli dei numerosi centri eruttivi dei Sabatini (Baccano, Bracciano, Sacrofano, Trevignano e molti altri centri minori).

Più a nord, nei pressi dei centri eruttivi dei Sabatini, quasi nello stesso periodo si depositarono altre vulcaniti conosciute con diversi nomi: il Tufo giallo della Via Tiberina, il Tufo di Grottarossa e il Tufo di Sacrofano, il Tufo Rosso a Scorie Nere ed altre vulcaniti largamente presenti nella porzione settentrionale del territorio comunale. La sequenza dei terreni vulcanici non è continua e le eruzioni si susseguono con intervalli, che durano anche più di 100.000 anni, durante i quali si hanno episodi di sedimentazione di terreni continentali alluvionali a colmamento

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	11 di 48

delle valli. Si depositarono così formazioni contenenti vulcaniti rimaneggiate, paleosuoli e sedimenti lacustri tra le quali assume importanza per l'area romana l'Unità di San Paolo.

Alla messa in posto di questi terreni fa seguito un nuovo periodo erosivo cui segue una fase deposizionale di sedimenti argillosi e sabbiosi, l'Unità Aurelia. Dopo un lungo periodo di stasi, l'attività vulcanica riprende con l'emissione di materiale vulcanico frammisto a brandelli di materiali lapidei delle serie sedimentarie presenti in profondità. Si tratta degli ultimi prodotti degli apparati vulcanici sia dell'area Sabatina che Albana. Un sollevamento generale dell'area precede l'ultimo glaciale che tanta importanza ha rivestito nella geologia romana.

È in questo periodo che si mettono in posto colate di fango vulcanico di tipo alluvionale (i lahars) a volte con materiale vulcanico eiettato da coni avventizi.

L'ultimo glaciale è il responsabile dell'assetto morfologico del territorio così come noi lo osserviamo attualmente.

Circa 120 mila anni fa ha inizio l'ultimo importante periodo glaciale che provoca una discesa progressiva e lenta del livello marino fino a raggiungere un minimo di circa -120 m rispetto al livello attuale, tra 15 e 18 mila anni fa.

Successivamente, il livello marino risale rapidamente fino a raggiungere una quota prossima a quella attuale circa 5 7 mila anni fa. Le ultime modeste variazioni, dell'ordine dei decimetri, sono incerte e ancora oggetto di studio e di dibattito. Questa imponente discesa del livello del mare ha provocato una forte erosione e modellamento del territorio con la formazione di profonde valli in corrispondenza dei principali corsi d'acqua. La successiva risalita ha portato al riempimento delle valli, dei principali corsi d'acqua (Tevere, Aniene, Galeria, Magliana ecc..) precedentemente scavate dai fiumi, con l'accumulo di enormi spessori (fino a 70-80 m) di materiale alluvionale.

Le aree prossime al mare, in tempi recenti hanno continuato a subire variazioni notevoli in conseguenza dei lavori antropici realizzati in epoche Romane, di grandi episodi alluvionali (significativo quello del XVI secolo che tagliò un meandro e allontanò la linea di costa di alcuni Km). Attualmente il mare erode la costa a causa sia della distruzione della duna costiera sia per la forte riduzione del trasporto solido da parte del Tevere. I lavori idraulici nell'entroterra (le numerose dighe costruite sul Tevere e sui principali affluenti) trattengono il limo e la sabbia che apportavano materiale al mare.

Oltre ai depositi descritti l'area romana, e soprattutto le zone del centro storico sono caratterizzate dalla presenza di vistosi accumuli di materiale di riporto antropico, dovute a varie attività, derivanti dal modellamento del territorio legato alla realizzazione di opere ingegneristiche, linee ferroviarie, strade, bonifiche, escavazione di materiale di cava con accumuli di scarti di lavorazione. In alcuni casi, molto circoscritti, lo spessore di tali depositi può superare anche i 20,0 metri, diventando il materiale prevalente nell'interazione con opere in costruzione, per cui la loro caratterizzazione geotecnica risulta di fondamentale importanza.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	12 di 48

4.1.2 Assetto stratigrafico

Come detto al paragrafo precedente, la stazione di Roma Tuscolana rientra nel settore omogenei "Orientale" così descritto:

- Zona orientale:** La zona è delimitata geograficamente a nord dal Fiume Aniene, a sud ed est dai confini del territorio comunale e ad ovest dalla città storica e, a sud-ovest, dalla piana del Tevere. Risulta caratterizzata dalla presenza di terreni prevalentemente vulcanici derivanti dall'attività del Distretto Vulcanico Albano. Tali depositi durante l'ultimo ciclo glaciale (ultimi 100 mila anni) sono stati profondamente incisi dai torrenti principali e dall'Aniene; successivamente, durante il successivo periodo interglaciale, queste incisioni sono state colmate da alluvioni recenti. Al di sopra delle alluvioni possono essere presenti, localmente, terreni di riporto, recenti e antichi, a volte derivanti dal riempimento di depressioni, artificiali o naturali. Al disotto della serie vulcanica è presente un substrato sedimentario antico caratterizzato da terreni sedimentari continentali fluvio-lacustri, costituiti da ghiaie, sabbie, limi e argille (Formazione del Paleotevere) che poggia sui livelli argillosi marini del Plio-Pleistocene. Questi ultimi non affiorano nella zona in esame, ma sono stati rinvenuti tramite perforazioni su tutta l'area.

Di seguito vengono descritte le unità geolitologiche cartografate nella "Carta geolitologica del territorio comunale" alla scala 1:20.000, dai termini più recenti ai più antichi:

Terreno di riporto (25): depositi eterogenei dovuti all'accumulo di volumi significati di materiale per rilevati stradali e ferroviari, argini fluviali, ruderi di età romana, ricolmata di cave dismesse e per bonifica storica di aree paludose. Spessore fino a 30 m. Olocene. Depositi storici.

Duna e interduna litoranea recente (24): depositi prevalentemente sabbiosi di taglia medio-fine, a tratti ghiaiosi (24a - duna costiera consolidata) e fine a tratti debolmente limosa (24b spiaggia attuale e duna litoranea recente), di colore grigio-giallastro; depositi interdunari formati da alternanze di limo, argilla limosa e limo sabbioso, con frequenti livelli di argilla torbosa (24b). Olocene. Età assoluta tra 10 mila anni e l'attuale

Depositi alluvionali (23): depositi limo-sabbiosi e limo-argillosi con lenti di argilla e argilla torbosa, di riempimento delle valli dei corsi d'acqua principali; i materiali torbosi sono prevalenti nelle valli in sinistra orografica del Tevere; nella piana alluvionale del Fiume Tevere e del Fiume Aniene, alla base, sono presenti livelli ghiaiosi e sabbiosi. Spessore fino a 60-70 m. Pleistocene superiore - Olocene. Età assoluta tra 18.000 anni e l'attuale

Depositi palustri e lacustri recenti (22): depositi limosi, limoso-sabbiosi, torbe lagunari e depositi di riempimento dei laghi craterici di Valle Marciana e Castiglione, costituiti da depositi ad elementi vulcanici siltoso-sabbiosi alternati a livelli argillosi. Spessore >10 m. Pleistocene superiore - Olocene. Età tra 100 mila anni e l'attuale.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 13 di 48

Travertino (21): depositi travertinosi incrostanti di ambiente lacustre e fluviale, generalmente associati e/o posteriori alle ultime fasi esplosive del vulcanismo Albano. Pleistocene superiore - Olocene.

Depositi eruttivi finali del Distretto Vulcanico Sabatino (20): prodotti idromagmatici finali dei centri eruttivi di Baccano, Martignano e la Conca, formati da alternanze di livelli a granulometria da sabbiosolapillosa a cineritica arricchita in litici lavici e del substrato sedimentario. Colata piroclastica del centro eruttivo di Baccano a matrice pomiceo-cineritica ricca in blocchi vulcanici e del substrato sedimentario. Pleistocene superiore. Età assoluta 83 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *idromagmatica di Baccano, Martignano, La Conca; Colata piroclastica di Baccano.*

Depositi eruttivi finali del Distretto Vulcanico Albano (19): brecce piroclastiche d'esplosione, con lapilli, proietti leucocrati, xenoliti di lave leucitiche e del substrato (argille, arenarie, calcari mesozoici) con intercalati livelli a granulometria sabbiosa e cineritica, in strati e banchi. Diffusa presenza di Peperini, tufi lapidei usati in antichità come pietre da costruzione. Al tetto sono presenti livelli sabbiosi e sabbioso-conglomeratici ad elementi vulcanici da massivi a stratificati, in facies fluviale e da flusso iperconcentrato con meccanismi di deposizione tipo lahar. Spessore fino a 10 metri. Età Pleistocene superiore. Età assoluta 15 - 37 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Tavolato, Valle Marciana, Corona del Lago, Lapis Albanus, Lapis Gabinus.*

Formazione di Vitinia (18): depositi legati al penultimo ciclo interglaciale, il Tirreniano, formati da alternanze di ghiaie e sabbie fluviali, ad elementi vulcanici molto ricchi in leucite analcimizzata, a laminazione incrociata, con livelli di limi-argillosi avana grigiastri con gasteropodi salmastri e concrezioni travertinose. In giacitura di terrazzo fluviale con superficie di tetto a quote di circa 30 m s.l.m. Spessore fino a 20 m. Pleistocene medio – superiore. Età tra 120 e 100 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Tirreniano, Saccopastore, Vitinia.*

Depositi terrazzati di piana costiera (17): depositi terrazzati di piana costiera antica prevalentemente sabbiosi, grigi e giallastri, localmente con ghiaie a piccoli ciottoli, a volte cementati. Intercalazioni di depositi alluvionali e/o palustri argillo-limosi e argillo-torbosi in lenti e strati. Pleistocene medio – superiore. Età 120 – 100 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori : *Casal Bernocchi, Campo Selva, Riserva della Macchia.*

Unità delle Lave di Capo di Bove (16): lave grigio scure, provenienti dal Distretto Vulcanico Albano, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite, clinopirosseno ed occasionalmente olivina; alla base depositi di scorie e ceneri da ricaduta e rimaneggiati. Pleistocene Medio. Età 277 mila anni.

Unità di Castel Porziano (15): sabbie fini giallo-rossastre dell'antico cordone di dune con croste ferruginose e intercalazioni di ghiaie a ciottoli silicei, terrazzate. Pleistocene medio. Età tra 350 e 300 mila anni.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	14 di 48

Formazione Aurelia (14): ghiaie e sabbie fluviali ad elementi vulcanici a laminazione incrociata, limi argillosi avana grigiastri e concrezioni travertinose, con materiale vulcanico rimaneggiato alla base, a riempimento di paleovalli lungo le attuali sponde del Tevere e dell'Aniene. Spessore fino a 20 m. Pleistocene medio. Età tra 350 e 300 Milioni di anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Fluviolacustre, Unità Aurelia*

Complesso dei depositi piroclastici del Distretto Vulcanico Albano (12-13): unità piroclastiche del Distretto Vulcanico Albano riferibili all'ultima eruzione ignimbratica di grande volume dell'apparato Tuscolano-Artemisio con meccanismi di colata piroclastica e lahar. **Deposito massivo (12),** costituito da scorie rossastre o nere, in una matrice cineritico-lapillosa grossolana da rossa a grigia, ricca in cristalli di leucite e pirosseni; nella matrice sono presenti anche litici lavici e grosse scorie nere, generalmente incoerente. Spessore massimo 30 m.

Tufo Lionato (13): vulcanite massiva, litoide a matrice cineritico-lapillosa con scorie grigie, litici lavici e olocristallini, di colore da giallo a rosso-fulvo a marrone in gradazione verticale, spesso fino a 25 m. **Deposito ignimbratico di colore nero (12),** pozzolanaceo, massivo e caotico, a matrice scoriaceo-cineritica, tabulare; alla base è presente un livello di lapilli scoriacei di ricaduta; spessore tra i 5 e i 20 m.

Intercalati nella successione descritta, localmente, è possibile trovare una sequenza di sabbie e ghiaie generalmente a stratificazione incrociata e a festoni, da classate a mal classate, intercalate a livelli sabbiosi massivi, mal stratificati in facies fluviale e da flusso iperconcentrato, costituiti interamente di scorie nere e rosse, litici olocristallini e lavici, cristalli di leucite più o meno analcimizzata, con spessore massimo, in affioramento, fino a 10 m circa. Pleistocene Medio. Età tra 407 e 388 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Pozzolane Nere, Tufo Lionato, Tufo rosso Litoide, Tufo dell'Aniene, Tufo di Monte Verde, Tufo di Villa Senni, Tufo a Occhi di Pesce, Pozzolanelle, Successione di Sette Ville.*

Unità di San Paolo (11): depositi continentali legati ad una o più fasi interglaciali, formati da alternanze di ghiaie, sabbie e limi poligenici in facies fluviale e fluvio-lacustre da classati a mal classati, mal stratificati in banchi, con elementi vulcanici derivanti prevalentemente dall'erosione delle unità eruttive delle Pozzolane rosse, del Tufo Rosso a Scorie Nere; silts calcarei a luoghi fortemente cementati e argille in alternanze irregolari che passano lateralmente a depositi di travertini fitoclastici e livelli cementati. Spessore fino ad alcune decine di metri. Pleistocene Medio. Età circa 400 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Fluvio Lacustre, Formazione di S. Cosimato p.p., Formazione S. Paolo, Unità Nuova California, Unità del Conglomerato Giallo, Unità di Fosso del Torrinodi.*

Unità delle Pozzolane Rosse (9-10): colata piroclastica del Distretto Vulcanico Albano (9), massiva e caotica, da semicoerente a coerente, da rosso a viola vinaccia a grigio scuro, a matrice scoriacea povera della frazione cineritica, con scorie di dimensioni fino a 15 cm, litici lavici, sedimentari termometamorfosati e olocristallini di dimensioni fino a 20 cm e abbondanti cristalli di leucite, pirosseno e biotite. La geometria del deposito è tabulare. L'unità è riferibile

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	15 di 48

ad una eruzione ignimbratica di grande volume dell'apparato Tuscolano-Artemisio con alla base un deposito da flusso piroclastico tipo surge. All'interno dell'unità si trovano intercalati due livelli lavici:

- **Lave di Vallerano** (10) formate da lave leucititiche grigio scure, a frattura da concoide a scheggiosa, con rari cristalli a leucite e clinopirosseno (2-3 mm). Raggiungono spessori massimi di 20 m.

- **Lave di Fosso Tre Rami** (10) formate da lave grigio scure, a frattura scheggiosa, da afiriche a microcristalline a leucite e clinopirosseno (1-2 mm). Spessori fino a 10 m. *Pleistocene Medio*. Età tra 460 - 457 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Pozzolane Rosse, Lave di Vallerano, Unità di Casale del Cavaliere, Lave di Fosso Tre Rami*.

Complesso dei depositi piroclastici del Distretto Vulcanico Sabatino (6-7-8): depositi piroclastici di ricaduta (6), el Distretto Vulcanico Sabatino, lapillosi e cineritici, in strati contenenti scorie e litici lavici di dimensioni centimetriche, intercalati a livelli vulcanoclastici rimaneggiati; presenza di orizzonti pedogenizzati e depositi limno-palustri. Nella parte intermedia della successione presenza di livelli con pomici di ricaduta bianco-giallastre. **Tufo rosso a scorie nere** (7): è intercalato nella sequenza ed è costituito da un deposito piroclastico massivo a matrice cineritica, coerente, con abbondanti scorie nere decimetriche, litoide per zeolitizzazione, di colore giallo-rossastro. **Lave del fosso della cascata** (8): intercalate nella sequenza piroclastica sono formate da lenti di lave grigio-scure, da compatte a vacuolari, generalmente fratturate. Alla base è localmente presente un livello di pomici di ricaduta. Spessore fino a 20 m. *Pleistocene Medio*. Età tra 488 e 416 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Successione di Sacrofano, Successione di La Storta, Tufo di Grotta Oscura, Tufo Rosso a Scorie Nere, lave del Fosso della cascata*.

Formazione di Valle Giulia (5): travertini fitoclastici in banchi, inglobanti lenti di ghiaie vulcanoclastiche, sabbie e limi sabbiosi a concrezioni carbonatiche. Spessore fino a 30 m. *Pleistocene Medio*. Età tra 518 e 500 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Fluvio-lacustre, Unità di Valle Giulia*

Complesso delle Vulcaniti antiche dei Distretti Vulcanici Sabatino e Albano (4): depositi piroclastici a matrice cineritica, massivi, con cristalli di leucite alterata, pomici centimetriche giallo-biancastre, abbondanti scorie grigio-chiare, nere e verdi, litici lavici, costituiti da più orizzonti sovrapposti derivanti sia da eruzioni ignimbratiche del Distretto Vulcanico Sabatino, sia da eruzioni freatomagmatiche con meccanismi di deposizione da colata piroclastica dell'apparato Tuscolano-Artemisio. I principali litotipi presenti sono: colata piroclastica, massiva, caratterizzata da pomici gialle disperse in una matrice cineritica con lapilli; orizzonti lapillosi scoriacei più o meno cementati, contenenti piccoli litici lavici; deposito massivo e litoide, costituito da scorie grigie o nere disperse in una matrice cineritica ricca in fenocristalli di biotite, pirosseno, sanidino; ignimbrite massiva, prevalentemente litoide, costituita da pomici centimetriche ricche in leucite, in una matrice cineritico-pomicia con cristalli di sanidino, leucite e

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	16 di 48

pirosseno. La sequenza si presenta, quindi, generalmente coerente o litoide con spessori massimi fino a 10-20 m.. Pleistocene Medio. Età assoluta 561 – 514 mila anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Tufo Pisolitico, Tufi granulari, Granturco, tufi Antichi, Tufi Pisolitici, Tufo Giallo inferiore della Via Tiberina, Tufo del Palatino, Unità di Tor dei Cenci, Unità di Prima Porta.*

Formazione di Ponte Galeria (3): depositi di ambiente da lagunare a fluvio-deltizio, formati da alternanze di sabbie gialle e ghiaie a stratificazione parallela e incrociata in matrice sabbiosa, costituite da ciottoli eterometrici, arrotondati e appiattiti, di natura calcarea e silicea, con alternanze irregolari di argille e limi sabbiosi. Argille grigie, sabbie quarzose e limi avana-grigiastri. Verso l'alto alternanze ed interstratificazioni di sabbie e limi ad elementi vulcanici. Presenza di alternanze di strati cineritici a lapilli accrezionari, pomici e ceneri avana con orizzonti pedogenizzati. Pleistocene medio. Età assoluta tra 1,2 e 0,6 Milioni di anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Maremmano, Siciliano, Galeriano, Paleotevere 1 e 2, Monte Ciocci, Unità di Fosso Crescenza, Unità di Santa Cecilia.*

Complesso dei depositi sabbiosi (2): depositi di ambiente da infralitorale a spiaggia formati da sabbie grigie passanti verso l'alto a sabbie gialle, con intercalazioni di arenarie in livelli e lenti, di modesto spessore, di panchina bioclastica in strati, di spessore compreso tra 1 e 2 m. Nella sequenza sono presenti anche argille e argille-sabbiose grigio-verdastre con rari livelli sabbiosi. Al tetto della serie, nelle zone di Monte Mario, Gianicolo e Monteverde, è presente una sequenza di terreni trasgressivi formati da sabbie quarzose fini, con livelli di ghiaia molto evolute, eterometriche ed eterogenee e a tratti cementate, la serie si chiude con limi sabbiosi biancastri ed uno strato di sabbie quarzose ossidate. Pleistocene inferiore. Età tra 1,8 e 1,4 Milioni di anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Astiano, Formazione di Monte Mario, Unità di Monte Ciocci.*

Formazione di Monte Vaticano (Argille di base) (1): argille e argille limose grigio-azzurre, da consolidate a molto consolidate, con intercalazioni di sabbie fini e limi, passanti verso l'alto in continuità a limi e limi sabbiosi grigi con frequenti orizzonti ossidati, sabbie fini micacee giallo-ocra con intercalazioni argillose centimetriche, di origine marina. Pliocene - Pleistocene inferiore. Età: 2,8-1,8 Milioni di anni. Comprende le seguenti unità degli autori: *Argille Azzurre, Argille Vaticane, Unità di Monte Vaticano, Unità di Campo Ascolano, Unità di Pratica di Mare, Unità di Marco Simone, Unità di Valle dell'Inferno.*

In Figura 4-1 viene presentato uno stralcio della carta geologica allegata nel PRG del Comune di Roma in cui si può osservare come, nell'area interessata dal seguente studio, la litologia principale è caratterizzata dai depositi piroclastici (**Complesso dei depositi piroclastici del Distretto Vulcanico Albano e Unità delle Pozzolane rosse**) del **Distretto Vulcanico Albano** in accordo con quanto esposto nella descrizione geologica del settore orientale del comune di Roma.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	17 di 48

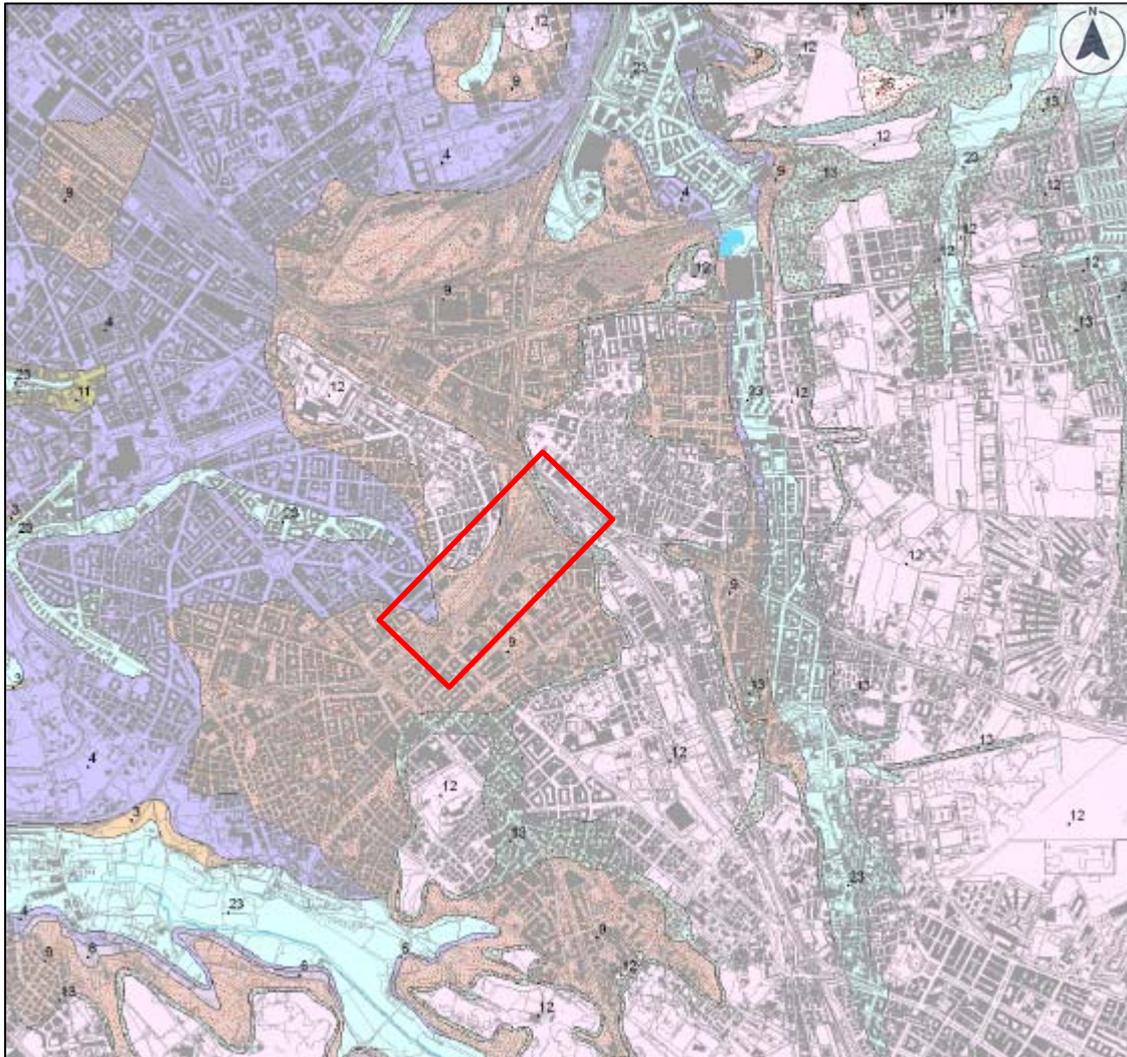


Figura 4-1 - Stralcio della Carta geologica proposta nel PRG del Comune di Roma (Scala 1:20.000). Il riquadro rosso corrisponde all'ubicazione della stazione oggetto di questo studio

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	18 di 48

4.1.3 Inquadramento geomorfologico

4.1.4 Geomorfologia dell'area

L'evoluzione geologica del territorio dell'area metropolitana romana ha portato alla formazione di un paesaggio articolato in varie morfologie, prodotte dalla combinazione degli effetti delle attività geodinamiche (o endogene alla crosta terrestre) e di quelle esogene.

Le forze endogene si sono esplicate attraverso:

- la formazione di faglie tettoniche e deformazioni a carattere distensivo della crosta terrestre con sollevamenti e abbassamenti differenziali che, a partire dal Pliocene al Pleistocene medio, interessarono il margine tirrenico;
- attività eruttive dei complessi vulcanici dei Monti Sabatini e dei Colli Albani che dal Pleistocene medio (circa 600.000 anni fa) al deterioramento climatico dell'ultima fase glaciale di 20.000 anni fa, trasformarono ripetutamente il territorio con imponenti deposizioni di sedimenti prevalentemente piroclastici.

Con l'esaurirsi delle attività vulcaniche costruttive di accumulo, le forze esogene prevalsero con la loro azione sul modellamento dei rilievi del territorio mediante:

- la forza della gravità;
- le attività climatiche (acqua, vento, crioclastismo e termoclastismo);
- i processi fluviali, lacustri e marini di erosione, trasporto e deposizione dei sedimenti.

I loro effetti, che hanno dato luogo alla morfologia attuale del paesaggio, si sono diversificati in funzione dei fattori tettonici e litologici, della granulometria, della coesione e intensità di fratturazione dei depositi vulcanici e sedimentari che costituiscono il territorio del Comune di Roma. La struttura paesaggistica del sistema naturale del territorio comunale (Succhiarelli, 2003) può essere ricondotta a sei ambiti geomorfologici principali:

- *piana deltizia del Fiume Tevere;*
- *terrazzi dell'antica costa tirrenica;*
- *valli fluviali;*
- *altopiani di tipo piroclastico e clastico;*
- *rilievi collinari di alto strutturale.*

Per ambito geomorfologico si intende lo spazio di territorio dove le componenti fisiche presentano caratteri di omogeneità nelle forme e nell'ambiente di formazione.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	19 di 48

Nell'ambito della caratterizzazione geomorfologica del territorio romano, gli ambiti morfologici sono costituiti da unità di paesaggio geologico (Arnoldus – Huyzendveld et al., 1997), prevalentemente riconducibili e connesse, nella loro origine, con le attività vulcaniche (dei Colli Albani e dei Monti Sabatini) e con i processi fluviali e marini.

Data l'ubicazione dell'area di studio, si è deciso di approfondire maggiormente l'ambito geomorfologico degli altopiani di tipo piroclastico e clastico.

AMBITO GEOMORFOLOGICO DEGLI ALTOPIANI DI TIPO PIROCLASTICO E CLASTICO

Questo ambito geomorfologico può essere distinto, in base alle tipologie litologiche che lo costituiscono, in tre tipi di rilievi di altopiano:

- piroclastico;
- con costituzione litologica piroclastica e clastica;
- clastico.

Altopiani di tipo piroclastico

Sono distinti a seconda della tipologia eruttiva (esplosiva, effusiva) e del successivo meccanismo di trasporto e deposizione al suolo dei prodotti emessi (da caduta e da flusso) in:

- *altopiani con coltri piroclastiche di origine idromagmatica*, che formano le morfologie di altopiano che furono prodotte da ripetute eruzioni esplosive. Si crearono durante le attività finali dei Complessi vulcanici dei Monti Sabatini e dei Colli Albani. I rilievi di altopiano delle coltri piroclastiche di origine idromagmatica dei Colli albani sono disposti nella parte est del territorio romano;
- *altopiani con coltri piroclastiche ignimbrtiche e depositi di ricaduta*, composti da ceneri, litici e pomici depositati al suolo dopo il lancio balistico dell'eruzione esplosiva e attraverso il flusso viscoso di imponenti nubi gassose caratterizzate da alte temperature ed elevati volumi di materiale solido;
- *altopiani con coltri piroclastiche di ricaduta*, caratterizzano le morfologie delle pendici dell'orlo della Caldera del Tuscolano Artemisio del Complesso Vulcanico dei Colli Albani e della parte collinare destra del fiume Aniene, tra Lunghezza e Quarto dell'Inviolatella;
- *altopiani ignimbrtici*, presentano morfologie più o meno planari, che hanno avuto origine dopo le eruzioni del Complesso Vulcanico dei Colli Albani.

A questi ambiti geomorfologici sono associate anche un certo numero di morfostrutture, estremamente variabili nelle loro dimensioni, costituite da:

- crateri e orli di crateri di esplosione (valle di Gabii);

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	20 di 48

- colate laviche dei Colli Albani;
- espandimenti lavici dei Monti Sabatini.

Altopiani con costituzione litologica piroclastica e clastica

Sono costituiti da sedimenti sabbioso-ghiaiosi con coperture sommitali caratterizzati da depositi piroclastici aventi spessori variabili. La parte clastica è formata da sedimenti di origine marina, fluviale e lagunare che nel Pleistocene inferiore (1,6 – 0,8 milioni di anni fa = M.a. nel proseguimento del testo) si succedettero in seguito ai ciclici avanzamenti e ritiri della linea di costa prodotti dalla combinazione di attività tettoniche associate a oscillazioni climatiche delle fasi glaciali e interglaciali. I depositi piroclastici sommitali sono composti da ceneri e lapilli, più o meno coerenti, delle eruzioni esplosive del Complesso Vulcanico dei Monti Sabatini. Questa morfologia rappresenta le vaste aree poste alla destra del tratto metropolitano del Tevere.

Altopiani di tipo clastico

Gli altopiani di tipo clastico sono situati nella parte destra del Tevere, nei settori inferiori dei bacini idrografici del Rio Galeria e del fosso della Magliana. Questi territori sono sede di intense attività estrattive di sabbia e ghiaia destinate a impieghi edilizi. La loro formazione litologica coincide con quella degli altopiani con costituzione litologica piroclastica e clastica.

Parlando invece delle forze esogene l'area di interesse, potrebbe essere interessata da *“Forme e processi gravitativi”*. Infatti, per la sua conformazione morfologica e per l'intensa attività antropica sul territorio, l'interno del Comune di Roma è caratterizzato da forme e processi gravitativi distinti in:

- aree interessate da movimenti franosi lungo scarpate e/o pendii acclivi;
- aree interessate da movimenti franosi per sprofondamento catastrofico del piano campagna o stradale.

Le aree interessate da movimenti franosi, riguardano le scarpate e/o pendii acclivi, artificiali, quindi prodotti da interventi antropici, e naturali. Non essendo, l'area oggetto di questo lavoro situata in zone di scarpate e/o pendii acclivi, si è voluto dare maggiore all'altro processo gravitativo.

Le aree interessate da movimenti franosi per sprofondamento catastrofico del piano campagna o stradale hanno due origini principali

- sprofondamento per crollo della volta di cavità sotterranee artificiali (sinkholes antropici);
- sprofondamento per crollo di cavità sotterranee originatesi per processi idraulici.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 21 di 48

Gli sprofondamenti per crollo della volta di cavità sotterranee artificiali (denominati anche *sinkholes antropici* o *camini di collasso*) riguardano principalmente diverse aree territoriali che, dall'antichità fino al 1940 circa, sono state interessate, in modo discontinuo, da escavazione di estese reti di cave ipogee per l'estrazione di materiali destinati a impieghi edilizi, composti prevalentemente da pozzolane, tufi e ghiaie.

Gli sprofondamenti per crollo di cavità sotterranee originate da processi idraulici sono connessi a fenomeni di rottura delle reti fognarie e/o di acquedotto disposte nel sottosuolo. In determinate condizioni geolitologiche e idrogeologiche, la rottura della rete può dare origine a processi di *infiltrazione* ed *exfiltrazione* idrica. Nei processi di *infiltrazione* la rete fognaria è sede di immissione nel suo interno di flussi di acque sotterranee (definibili anche come acque parassite) di varia origine, che possono idroveicolare i depositi terrigeni limitrofi alla rete, creando progressivamente lo sviluppo di cavità che, nel corso del tempo, ampliandosi, attraverso un imprevedibile processo erosivo, possono causare l'apertura di voragini per il crollo del piano campagna o stradale sovrastante. Nei processi di *exfiltrazione* (o perdite) di acque reflue o di acquedotto, il processo è invertito: in questo caso è il flusso idrico della perdita che, in determinate condizioni geolitologiche e morfologiche del sottosuolo, può dare origine progressivamente allo sviluppo di cavità. Il tema degli sprofondamenti è stato introdotto perché, come si osserva nella carta geomorfologica del comune di Roma (Figura 4-2), l'area in esame, rientra in quelle zone in cui in passato sono state condotte escavazioni in sottosuolo in modo pervasivo e che quindi possono risultare suscettibili alla formazione di tali morfologie. Tali aree sono riportate in Figura 4-2 come “*aree interessate da sprofondamenti catastrofici del piano campagna per crollo di cavità sotterranee*” e si trovano a ovest e a sud rispetto all'area di progetto.

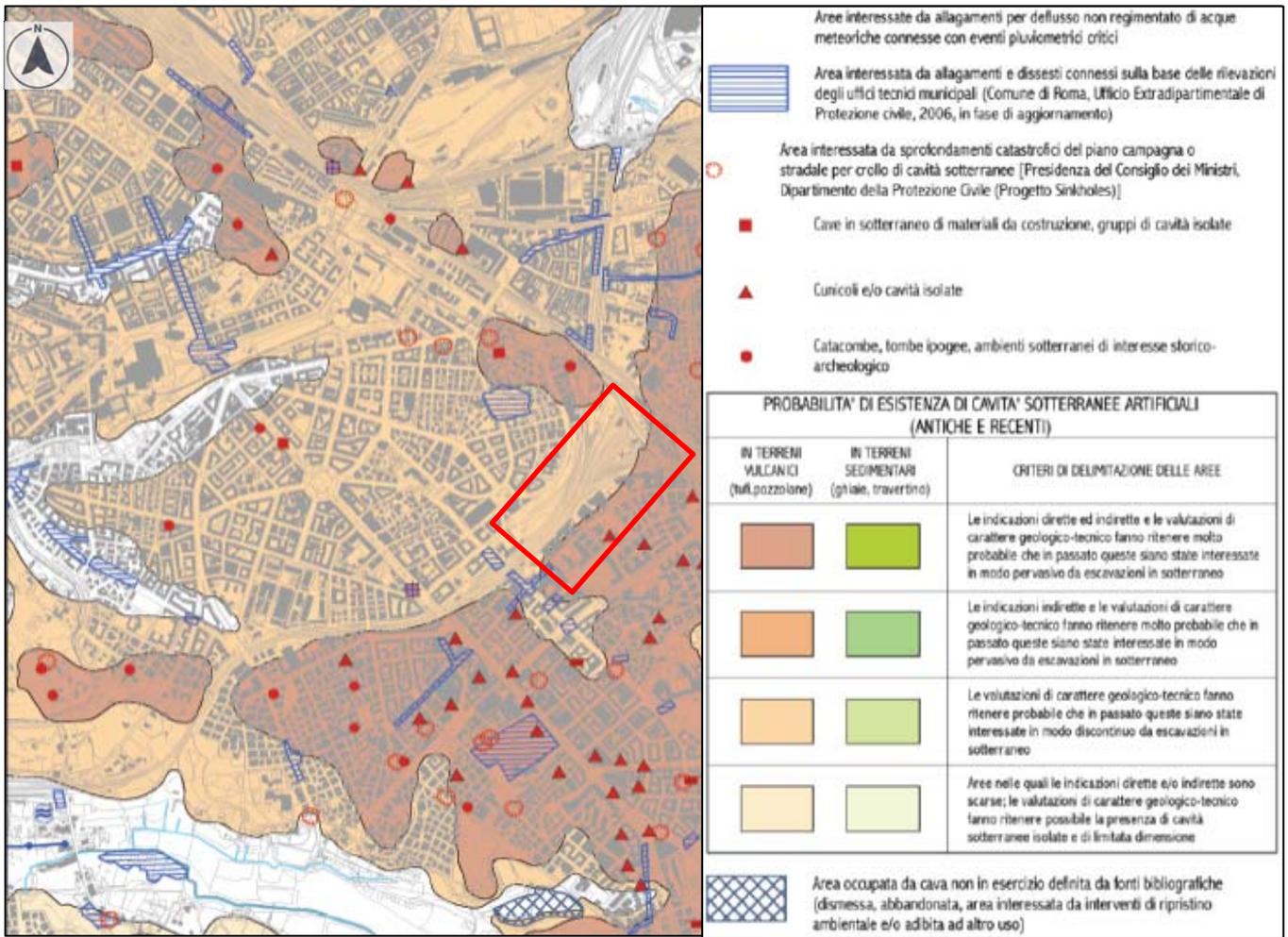


Figura 4-2 - Stralcio della Carta geomorfologica proposta nel PRG del Comune di Roma (Scala 1:20000) con legenda. Il riquadro rosso corrisponde all'ubicazione della stazione oggetto di questo studio.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	23 di 48

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio romano sono molto variabili in rapporto alla variabilità delle caratteristiche litologiche o giaciture dei terreni presenti. Le argille di base, con la loro permeabilità praticamente nulla, rappresentano il letto di ogni circolazione idrica sotterranea in tutta l'area. Al di sopra di tale substrato impermeabile poggiano le serie sedimentarie pre-vulcaniche con orizzonti più o meno sabbiosi e ghiaiosi, permeabili, alternati ad argille. Su tali sedimenti poggiano le serie vulcaniche dei Distretti vulcanici Sabatino e Albano che mostrano alternanze di livelli molto permeabili con orizzonti francamente impermeabili. Il sedimentario sin e post-vulcanico è da considerarsi molto poco permeabile, mentre le alluvioni, collegate ai corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale, presentano nel loro seno alternanze lenticolari o stratiformi di orizzonti permeabili; si comportano pertanto come un multiacquifero con livelli in pressione e livelli freatici.

Le frequenti variazioni di permeabilità, sia in senso orizzontale che in senso verticale, rendono la situazione idrogeologica del territorio romano abbastanza complessa per la presenza di numerose circolazioni idriche sotterranee, spesso in contatto idraulico tra loro. Le circolazioni superficiali hanno un andamento fortemente influenzato dalla topografia e dalla morfologia superficiale. L'andamento di quelle profonde, in pressione, è di difficile determinazione in quanto le perforazioni che le raggiungono hanno livelli statici spesso risultanti da una "miscela" tra circolazioni superficiali e profonde. Tutti i sistemi idrici sotterranei sono condizionati e controllati dalle argille di base, che spesso affiorano a quote elevate, determinando emergenze sorgentizie sospese, e dal reticolo idrografico, che corre a quote assolute basse e si raccorda con il gradiente generale delle circolazioni idriche aventi in esso il ricettore principale con sorgenti lineari a volte di grande importanza.

I corsi d'acqua principali rappresentano assi di drenaggio perenni nei confronti delle circolazioni idriche sotterranee. L'acqua può scorrere in superficie o come subalvea nelle alluvioni. In tal modo, gli acquiferi delle alluvioni dei corsi d'acqua principali sono alimentati, oltre che dalle piogge dirette, anche lateralmente da circolazioni idriche sotterranee contenute negli acquiferi subalvei o in quelli leggermente confinanti.

In base alle caratteristiche geologiche e idrogeologiche, il territorio comunale è suddivisibile in due grandi aree, Sinistra Tevere e Destra Tevere le quali sono a loro volta suddivise in altre sottoaree. Ai fini del seguente elaborato le aree che destano maggiore interesse sono il Settore sud orientale e sud occidentale del lato sinistro del Fiume Tevere.

Settore sud orientale

Questo settore è interessato dalla presenza di depositi vulcanici, derivanti dall'attività dell'Apparato dei Colli Albani. I depositi, di notevole spessore, sono costituiti da piroclastici e colate laviche a permeabilità abbastanza elevata e rappresentano il migliore acquifero dell'area romana.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	24 di 48

In essi sono contenute importanti circolazioni idriche alimentate in gran parte dalle acque meteoriche che cadono sui rilievi albanici. Queste circolazioni idriche sotterranee ricevono anche apporti laterali provenienti da altri bacini idrogeologici, in particolare dai Monti Tiburtini e dalla porzione nord dei Lepini che, prima delle grandi eruzioni che hanno colmato la stretta di Ardena, comunicava con la piana romana tramite un antico corso d'acqua, il Paleosacco, affluente del Paleotevere. I dati analitici delle acque sotterranee mostrano che le acque provenienti direttamente dai rilievi vulcanici sono molto più dolci di quelle ipoteticamente connesse anche all'alimentazione dai rilievi appenninici, che mostrano livelli di durezza elevati. Sembra evincersi che, mentre la comunicazione idrografica è interrotta, quella idrogeologica profonda sia, almeno in parte, ancora attiva.

La ricostruzione della superficie piezometrica delle circolazioni idriche provenienti dai Colli Albani indica che questa segue un andamento semicircolare con progressivo abbassamento di quota man mano che ci si avvicina agli assi drenanti rappresentati, per la porzione nord, dall'Aniene, dove si ha la presenza della grande emergenza sorgentizia che da due millenni alimenta l'acquedotto Vergine, mentre a ovest il drenaggio è controllato dai torrenti affluenti del Tevere che drenano una parte del flusso e lasciano emergere numerose sorgenti anche di discreta importanza.

Settore sud occidentale

In questo settore lo spessore delle vulcaniti, sovrapposte a terreni sedimentari di modesta permeabilità, è minore rispetto a quello del settore precedente; ciò riduce la loro capacità di trasporto e accumulo d'acqua e, di conseguenza, la potenzialità della circolazione idrica contenuta nelle vulcaniti si riduce notevolmente. Nel dettaglio si tratta, anche in questo caso, di più acquiferi sovrapposti e suddivisi localmente da livelli poco permeabili la cui circolazione idrica scorre verso il Tevere. La circolazione è sospesa sulle valli ed è drenata dalle varie incisioni. Lungo i pendii si hanno, o per meglio dire si avevano, numerose emergenze sorgentizie di modesta importanza.

Tenendo conto di tutte le sottoaree idrogeologiche che caratterizzano il comune di Roma si può dire che la città è interessata da tre acquiferi:

- Le vulcaniti, che ricoprono i colli con spessori che si riducono avvicinandosi alla piana del Tevere. Nella loro porzione orientale, davano luogo ad alcune delle emergenze sorgentizie utilizzate in epoca romana come fonti sacre e per l'approvvigionamento locale. Nel centro storico, le vulcaniti, rappresentate quasi esclusivamente dalle sequenze dei "tufi antichi", hanno permeabilità modeste o nulle. L'alimentazione delle vulcaniti proviene, lateralmente, da un "corridoio" compreso tra i Fossi di Caffarella e di Portonaccio, creando una parziale continuità tra la circolazione proveniente dai Colli Albani e i rilievi collinari della città, e direttamente dalle precipitazioni atmosferiche che cadono su di esse;
- Le alluvioni del Tevere e dei suoi affluenti, al cui interno si rinvengono numerosi livelli a elevata permeabilità costituiti da sabbie e ghiaie. Nel centro della città le alluvioni del Tevere hanno uno spessore totale che supera

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	25 di 48

in più punti i 50 metri. L'alimentazione delle alluvioni avviene da monte, tramite le stesse alluvioni presenti lungo tutta la valle del Tevere, e dalle sponde, nel momento in cui i pacchi alluvionali entrano in contatto con formazioni acquifere presenti sia in destra che in sinistra idrografica. Un livello ghiaioso, ubicato quasi alla base delle alluvioni, localizzato a quote sempre inferiori al livello del mare attuale, rappresenta il principale acquifero delle alluvioni. Tale orizzonte è sede di circolazioni in pressione, presumibilmente fossili e, quasi sempre, fortemente mineralizzate;

- Le ghiaie dei depositi del Paleotevere, che rappresenta l'acquifero principale della città e si rinviene a quote di poco superiore al livello del mare attuale. Le sue acque, mediamente dure, nel tempo sono state mescolate, tramite i pozzi per il prelievo dell'acqua, con le acque del superiore acquifero delle vulcaniti, più dolci. L'alimentazione di questo acquifero è poco conosciuta ma sembra doversi connettere con i rilievi montuosi posti a oriente della città o con le ghiaie della fossa presente tra l'Aniene e i Colli Albani. L'insieme delle circolazioni idriche sotterranee del centro storico, escludendo quelle dei riporti, era drenato dal reticolo idrografico e dalle emergenze sorgentizie .

Oltre a questi acquiferi viene segnalato un ulteriore acquifero legato alla coltre dei riporti che, con spessori variabili da pochi metri a oltre 20 metri, ricopre tutta la città. Questo acquifero assume una grande importanza in quanto non solo ha elevata potenzialità ma si rinviene a modesta profondità sotto il piano di calpestio e costituisce un fattore limitante di qualsiasi attività in sotterraneo. L'acquifero, come già ricordato, è alimentato dalle perdite delle reti acquedottistica e fognaria e riceve l'apporto di numerose emergenze sorgentizie ormai sepolte sotto la coltre dei riporti.

In Figura 5-1 viene riportato lo stralcio della carta idrogeologica del comune di Roma in cui si osserva come nell'area in esame la permeabilità dei terreni sia da media ad alta per via delle porosità e della fratturazione del litotipo presente nella zona, appartenente ai Depositi Piroclastici del Distretto Vulcanico Albano. Questo fa sì che l'area di studio sia ubicata tra due aree considerate *“critiche rispetto all'emungimento della risorsa idrica sotterranea”*.

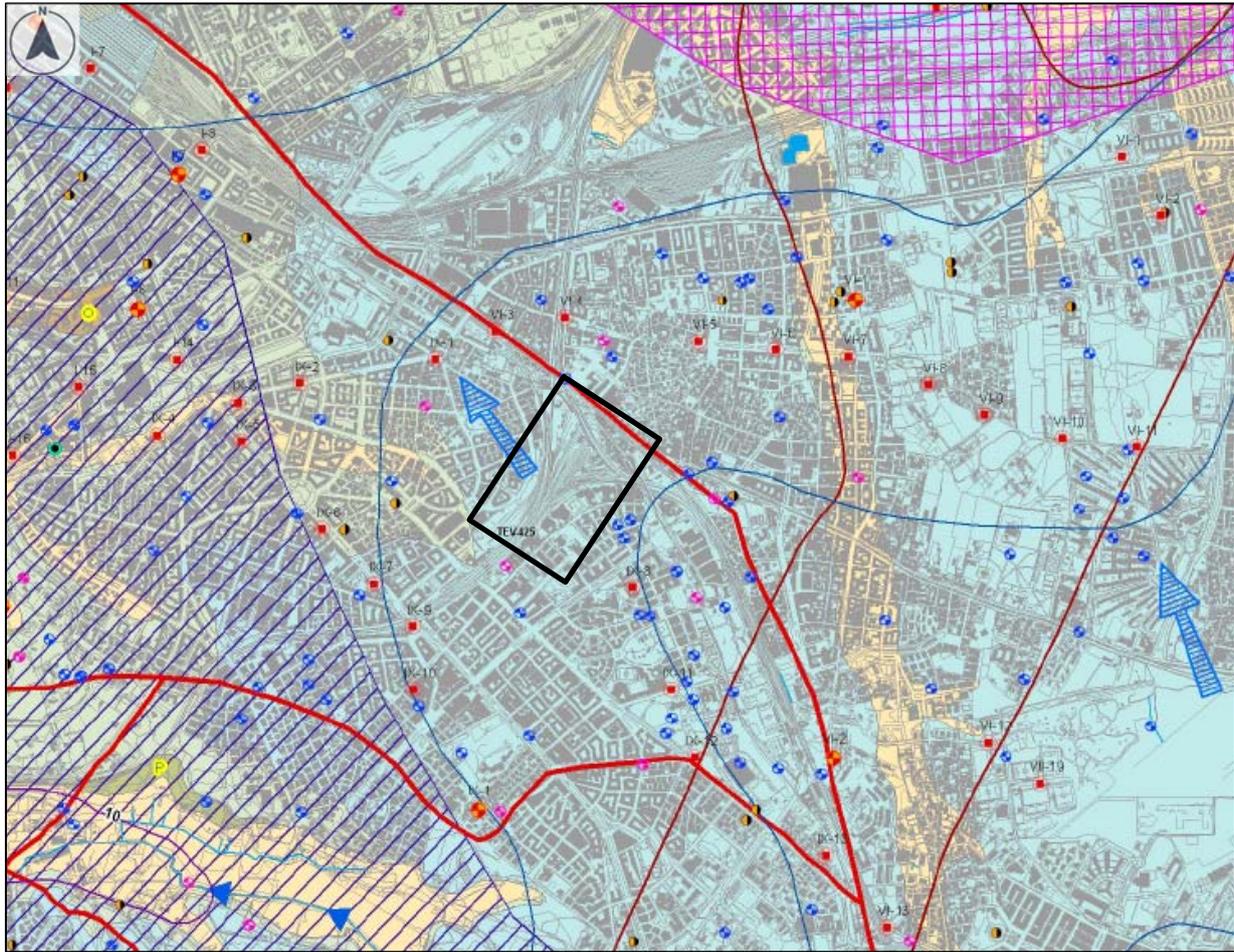
Sulla carta idrogeologica del PRG del comune di Roma sono anche riportate le isopiezometriche dell'acquifero delle vulcaniti, nell'area di studio la quota della falda nei depositi piroclastici risulta compresa tra 20 e 25 m s.l.m.. Per quanto concerne i livelli di falda all'interno dei depositi del Paleotevere (riportati in Tabella 5-1), essi sono stati definiti nei sondaggi eseguiti nell'area di interesse (descritti nel capitolo 7) e si attestano ad una profondità di circa 15 m da p.c..

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
 sismica

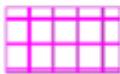
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	26 di 48

Tabella 5-1 – Livelli di falda registrati nei sondaggi (Italferr 2020)

ID	Data	Livello di falda in corso di perforazione (m da p.c.)	Livello fenestrato (m da p.c.)
S2	20/10/2020	-16.75	27.00-37.00
S3	22/10/2020	-12.90	26.00-28.00
S5	30/09/2020	-13.40	26.00-47.00
S7	07/10/2020	-13.70	23.00-47.00
S10_DH_50	17/09/2020	-17.65	-
S11_DH_40	14/10/2020	-15.35	-



Direzione e verso di scorrimento indicativi del flusso idrico profondo



Caratteristiche quantitative e qualitative delle acque sotterranee
Area critica rispetto all'emungimento della risorsa idrica sotterranea con tendenza a un depauperamento quantitativo rilevante (Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Autorità dei Bacini Regionali - Università degli Studi Roma Tre, Piano Stralcio dell'Uso Compatibile della Risorsa Idrica, PUC)



Area d'attenzione rispetto all'emungimento della risorsa idrica sotterranea con tendenza a un depauperamento quantitativo meno rilevante (Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Autorità dei Bacini Regionali - Università degli Studi Roma Tre, Piano Stralcio dell'Uso Compatibile della Risorsa Idrica, PUC)

XV-1

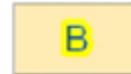


Captazione di acque con numero identificativo per Municipio (pozzo romano, pozzo trivellato o sorgente) con presenza di coliformi totali e/o fecali in 100 ml [ARPA Lazio (ex Presidio Multizonale di Prevenzione di Roma - USL RM 5, 1992)]

Unità Idrogeologiche



Riporti antropici



Depositi alluvionali



Depositi piroclastici del Distretto vulcanico Albano

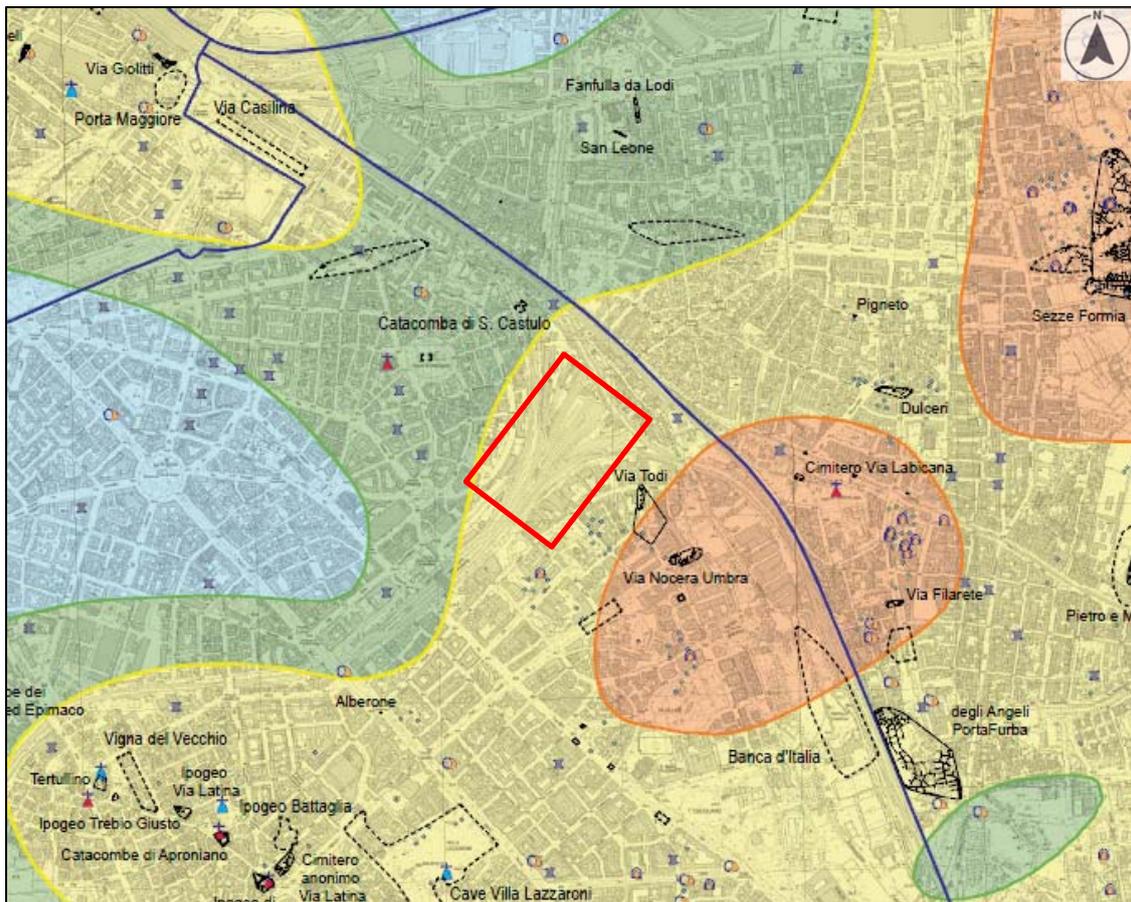


Depositi piroclastici del Distretto vulcanico Sabatino

Figura 5-1 - Stralcio della Carta idrogeologica proposta nel PRG del Comune di Roma (Scala 1:20.000). Il riquadro nero corrisponde all'ubicazione della stazione oggetto di questo studio.

6 CARTOGRAFIA DEL RISCHIO

Il rischio geologico e geomorfologico nell'area di progetto è dovuto alla presenza di cavità sotterranee, ampiamente descritte al paragrafo 4.1.4. L'area di progetto si trova in una zona a elevata densità di cavità nei pressi di diverse cavità ipogee antropiche, riportate sulla Carta delle cavità sotterranee di Roma (Nisio et al., 2017), della quale si riporta uno stralcio in Figura 6-1. Il rischio connesso alla presenza di cavità sotterranee è legato alla possibile formazione di doline di crollo che danneggino ciò che si trova in superficie.



	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
	Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A



Figura 6-1 - Stralcio della Carta delle cavità sotterranee di Roma (Scala 1:15.000). Il riquadro rosso corrisponde all'area di progetto.

Per quanto concerne i rischi di natura idraulica è stata analizzata la cartografia tematica resa disponibile dal Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico del Fiume Tevere (sul sito web <http://www.abtevere.it/node/1010>). Presa visione di tutta la cartografia, la tratta oggetto di intervento non ricade in nessuna zona soggetta a rischio idraulico. In Figura 6-2 viene riportato uno stralcio della carta del rischio idraulico del Fiume Tevere, in cui viene evidenziate l'area oggetto di studio (rettangolo rosso).

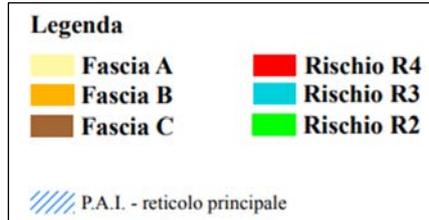
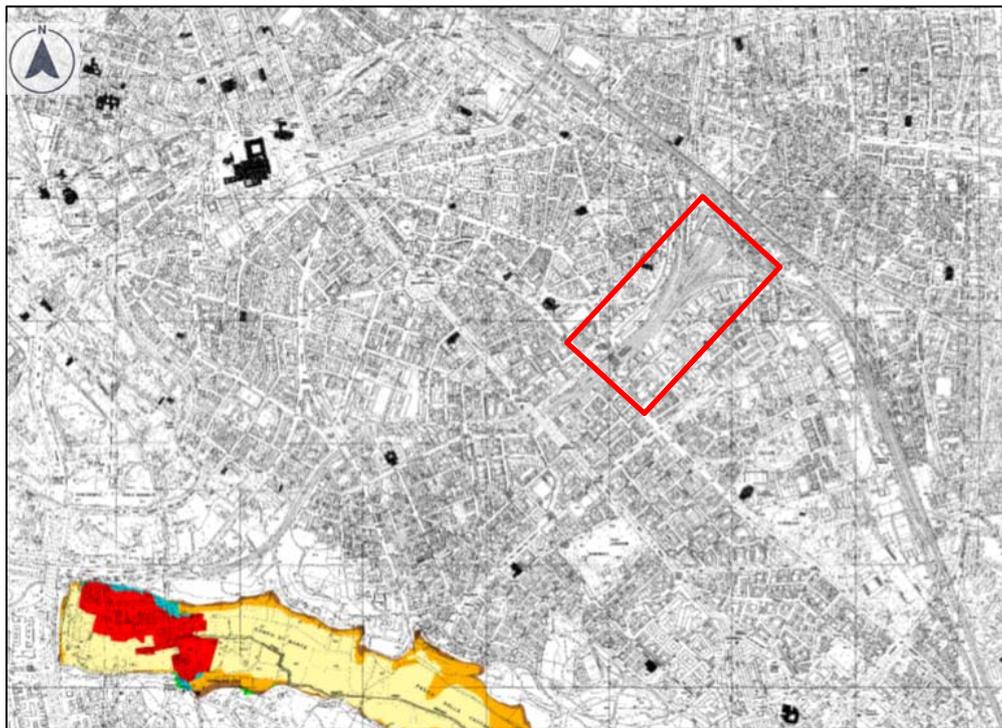


Figura 6-2 - Stralcio, non in scala, della carta del rischio idrogeologico proposta dal PAI del Fiume Tevere (scala originale 1: 10.000; 2012). Il riquadro rosso corrisponde all'area oggetto di studio.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
	Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A

7 INDAGINI

7.1 PREMESSA

I dati stratigrafici a supporto del presente studio derivano dalla campagna indagini di settembre e ottobre 2020 realizzata da SONDEDILE s.r.l. su incarico di Italferr S.p.A per il presente progetto.

La campagna indagini di Italferr, eseguita nel 2020 per il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica del quadruplicamento PRG di Roma Tuscolana, comprende n. 6 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT, prove in foro di tipo Lefranc, installazione di verticali piezometriche e prove geofisiche in foro di tipo Down Hole.

In Tabella 7-1 è riportato l'identificativo dei sondaggi, la profondità, la data di esecuzione, la quota, le coordinate UTM Zone 33 T e l'attrezzatura installata in essi: piezometri a tubo aperto o tubazioni per prove Down Hole.

In Tabella 7-2 sono stati riportati i risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione del sondaggio, mentre il valore di conducibilità idraulica determinato attraverso prove di permeabilità di tipo Lefranc è definito in Tabella 7-3.

Tabella 7-1 - Ubicazione dei sondaggi (Italferr 2020)

Sondaggi						
ID	Profondità (m da p.c.)	Data esecuzione	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33 T		Attrezzatura
				E	N	
S2	30	16-20/10/2020	41.472	2314662.998	4639420.018	Piezometro PVC 3" a tubo aperto
S3	40	20-22/10/2020	41.423	2314723.132	4639489.285	Piezometro PVC 3" a tubo aperto
S5	50	24/09/2020-01/10/2020	41.618	2314829.352	4639700.769	Piezometro PVC 3" a tubo aperto
S7	50	02-08/10/2020	41.649	2314925.914	4639697.368	Piezometro PVC 3" a tubo aperto
S10_DH_50	50	10-17/09/2020	43.018	2314984.105	4639811.454	tubo PVC 3" per prova geofisica di tipo Down Hole
S11_DH_40	40	09-14/10/2020	41.489	2314856.454	4639816.677	tubo PVC 3" per prova geofisica di tipo Down Hole

Tabella 7-2 - Valori di N_{spt} registrati nei sondaggi (Italferr; 2020)

Profondità prova (m da p.c.)	S2 (N _{spt})	S3 (N _{spt})	S5 (N _{spt})	S7 (N _{spt})	S10_DH_50 (N _{spt})	S11_DH_40 (N _{spt})
1.5	21	19	-	50	7	24

Profondità prova (m da p.c.)	S2 (Nspt)	S3 (Nspt)	S5 (Nspt)	S7 (Nspt)	S10_DH_50 (Nspt)	S11_DH_40 (Nspt)
1.7	-	-	9	-	-	-
4.4	17	-	-	-	-	-
4.5	-	17	8	65	11	R
7.5	48	38	R	95	R	R
10.5	33	30	R	R	-	34
12.1	-	-	-	-	83	-
13.5	36	45	34	R	40	37
18.0	-	39	7	34	-	41
18.5	55	-	-	-	-	-
19.0	-	-	-	-	16	-
24.0	R	45	41	12	-	45
24.5	-	-	23	-	-	-
27.2	-	-	-	-	16	-
30.0	-	-	16	-	-	67
30.6	-	-	-	43	-	-
32.6	-	-	-	-	40	-
36.0	-	-	36	-	-	71
36.6	-	-	-	37	-	-
42.0	-	-	R	R	89	-
46.8	-	-	-	-	45	-
48.0	-	-	-	70	-	-

Tabella 7-3 - Valori di K (m/s) calcolati tramite prove Lefranc eseguite in foro di sondaggio

ID	Profondità prova (m da p.c.)	K (m/s)
S2	4.0-5.0	3.37E-05
S3	3.0-4.0	2.77E-05
S5	3.5-4.5	2.59E-05
S7	4.5-6.0	2.33E-05
S10	4.0-4.5	2.71E-04
S11	3.0-4.5	2.59E-05

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	33 di 48

8 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO DELL'AREA DI PROGETTO

Le indagini realizzate a supporto del presente progetto, e riportate nel paragrafo precedente, hanno consentito di ricostruire un modello geologico di riferimento per la tratta soggetta a PRG alla stazione ferroviaria di Roma Tuscolana. È stato quindi elaborato un profilo stratigrafico di riferimento lungo linea, riportato nell'Elaborato NR2E00R69NZGE0001001A.

Sono stati utilizzati i dati stratigrafici relativi ai sondaggi S2, S3, S5, S7, S10_DH_50, S11_DH_40 e S14 realizzati nel 2020 a supporto della presente fase progettuale.

Le stratigrafie di tutti i sondaggi eseguiti mostrano la presenza di depositi piroclastici più o meno litificati (piroclastiti) fino a circa 25 m di profondità da p.c., sovrastanti a depositi argilloso limosi con lenti sabbiose, a loro volta depositi sopra a un livello di ghiaie e sabbie, situate tra 35 e 45 m da p.c.; sotto ai depositi grossolani si trovano infine argille e argille sabbiose fino a 50 m di profondità da p.c., dove si sono spinti i sondaggi più profondi (S5, S7 e S10_DH_50).

Il profilo geologico è stato eseguito lungo la line ferroviaria, con orientazione SW-NE. Partendo dall'estremo occidentale si incontrano i sondaggi S2 e S3, che distano 25/30 m dal profilo e 94 m tra di loro. Il sondaggio S2 è stato spinto fino a 30 m di profondità da p.c. ed è costituito da terreno di riporto potente 4 m, in particolare il riporto è costituito da 0.5 m di ghiaia poligenica sopra a 3.5 m di depositi piroclastici sabbiosi con clasti e laterizi. Sotto al materiale di riporto si trovano depositi piroclastici appartenenti all'Unità delle Pozzolane Rosse. Tali depositi hanno granulometria sabbioso limosa, arrivano fino a 24.7 m di profondità da p.c. e hanno al loro interno livelli di piroclastite da semi-litoide a litoide, tra 5.8 e 6.8 m e da 15 a 24.7 m da p.c. Sotto ai depositi piroclastici sono presenti sedimenti argilloso limosi fino a fondo foro appartenenti alla Formazione di Ponte Galeria, descritta al paragrafo 4.1.2.

Spostandosi a NW lungo il profilo si incontra il sondaggio S3, il cui profilo stratigrafico identifica 2.6 m di materiale di riporto sopra a 21.4 m di depositi piroclastici sabbioso limosi appartenenti all'Unità delle Pozzolane Rosse. Proseguendo in profondità si trovano i depositi argilloso limosi della Formazione di Ponte Galeria, questi depositi sono ossidati al tetto e contengono una lente di sabbia limosa debolmente ghiaiosa tra 26.5 e 27.0 m di profondità da p.c. e arrivano fino a 36.6 m da p.c. A 24 m di profondità si trova un livello di ghiaia sabbioso limosa presente fino a fondo foro (40 m di profondità da p.c.) e appartenente alla Formazione di ponte Galeria.

A 235 m a nord ovest del sondaggio S3 lungo la sezione si trovano i sondaggi S5 e S7, distanti tra loro 97 m e dalla traccia del profilo rispettivamente 23 e 53 m.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	34 di 48

Il sondaggio S5 individua materiale di riporto fino a 3 m da p.c., con 1.9 m di materiale piroclastico e laterizi. Sotto al riporto si trovano 24.5 m di depositi piroclatici con livelli di piroclastiti da semilitoi a litoidi tra 6.0 e 17.4 m e tra 23.00 e 24.5 m da p.c. Sotto a tali sedimenti, appartenenti all'Unità delle Pozzolane Rosse, si trovano depositi argilloso limosi con lenti sabbiose con spessore di 12.7 m deposti sopra a ghiaie sabbiose potenti 8 m a loro volta sovrastanti deposte sopra a argille molto consistenti con livelli di argille con sabbie, presenti fino a fondo foro.

Tra le ghiaie e le argille si trova il contatto tra la Formazione di Ponte Galeria e i sedimenti del Complesso dei depositi sabbiosi, descritto al paragrafo 4.1.2. La stratigrafia del sondaggio S7 è molto simile a quella del sondaggio S5 con la presenza di uno spesso livello di piroclastiti da semi-litoidi a litoidi (17 m di spessore).

All'estremo orientale del profilo sono ubicati i sondaggi S11_DH_40 e S10_DH_50, distanti circa 130 m l'uno dall'altro e, rispettivamente, 77 e 27 m dalla traccia della sezione.

Nei sondaggi S10_DH_50 e S11_DH_40 si trovano sequenze stratigrafiche simili a quelle osservate nei sondaggi precedentemente descritti con in aggiunta la presenza di una lente di sabbie cementate individuate dal sondaggio S10_DH_50 tra 33.6 e 38.9 m di profondità da p.c., sopra alle ghiaie poligeniche della Formazione di Ponte Galeria.

8.1 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

Per quanto concerne le permeabilità dei materiali presenti nell'area di progetto, oltre che ai dati bibliografici già riportati al paragrafo 5, si fa riferimento alle prove di permeabilità eseguite nei sondaggi a supporto del presente progetto. In ogni sondaggio è stata eseguita una prova di permeabilità Lefranc, che ha consentito di stabilire i valori di conducibilità idraulica delle piroclastiti dell'Unità delle Pozzolane Rosse, compresi tra $1,74 \times 10^{-5}$ e $3,37 \times 10^{-5}$ m/s e i valori di k per i depositi piroclastici rimaneggiati (riporto), che hanno valori più elevati, tra $2,71 \times 10^{-4}$ e $2,75 \times 10^{-5}$ m/s.

Per quanto concerne invece la soggiacenza della falda, in quattro dei sei sondaggi eseguiti (S2, S3, S5, S7) sono stati installati piezometri a tubo aperto con i filtri posti all'interno dei depositi della Formazione di Ponte Galeria. La superficie piezometrica ricostruita si basa su dati ottenuti in corso di perforazione di sondaggio, quindi desunti.

Essa è stata rilevata nei sondaggi S3, S5 e S7 (Tabella 5-1 al paragrafo 5), e si attesta a profondità comprese tra 12.9 e 13.70 m da p.c., mentre nel sondaggio S2 è stata definita alla profondità di 16.75 m da p.c.. Nei sondaggi S10_DH_50 e S11_DH_40 è stato misurato il livello di falda al termine della perforazione ed è stato rilevato a profondità, rispettivamente, di 17.65 e 15.35 m da p.c., in tal caso non è stata misurata solamente la falda all'interno dei depositi alluvionali e lacustri, ma anche nelle sovrastanti piroclastiti.

Si ritiene opportuno effettuare misure periodiche di soggiacenza all'interno dei piezometri sopra citati al fine di valutare l'oscillazione della falda durante l'anno idrogeologico.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	35 di 48

9 INQUADRAMENTO SISMICO

9.1 PREMESSA

Nel seguito, si fornisce un inquadramento dal punto di vista della sismicità locale, a partire dall'individuazione delle sorgenti sismiche di interesse e dei risentimenti macrosismici osservati al sito di progetto nel corso di terremoti storici. Successivamente, sulla scorta delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni¹ (nel seguito NTC2018), verrà definita l'azione sismica funzione delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento basato sulla vita nominale delle opere, la loro classe d'uso, nei diversi Stati Limite considerati. Seguendo sempre le indicazioni normative, l'accelerazione di progetto si definirà in base all'effettiva localizzazione delle opere.

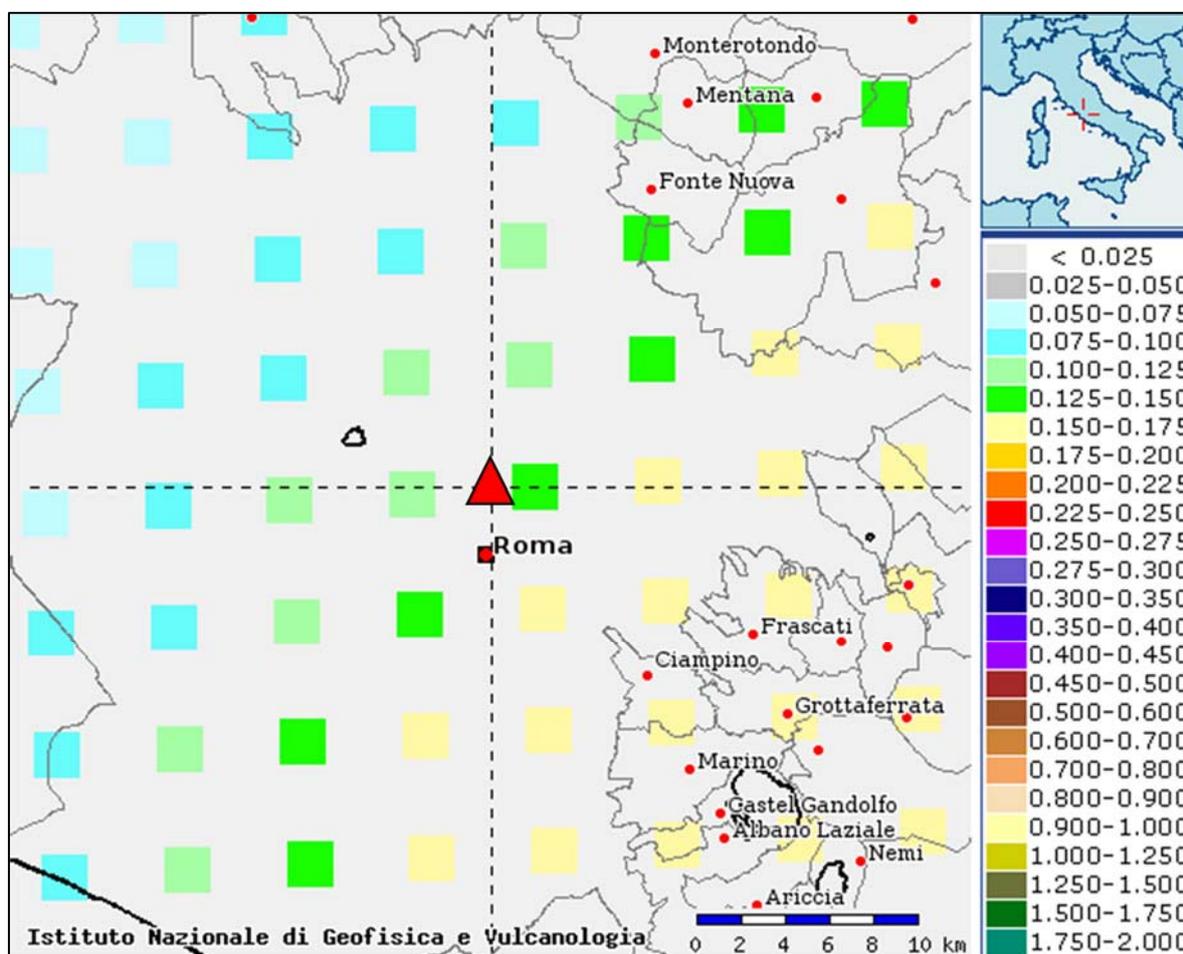


Figura 9-1 - Valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione di riferimento su suolo rigido (g) nell'intorno del sito di progetto (triangolo rosso), da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

¹ Norme Tecniche per le Costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20.02.2018 – Supplemento Ordinario n. 8.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	36 di 48

Le NTC2018 dispongono che l'azione sismica sia innanzitutto determinata in campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1); allo scopo, le tabelle allegate alla edizione 2008 delle NTC (non aggiornate nella nuova edizione delle Norme) elencano i valori di accelerazione massima al suolo, oltre ai parametri spettrali, nei punti di una griglia di passo 5x5 km a coprire il territorio nazionale (vedasi il dettaglio dell'area di progetto in Figura 9-1).

Per la localizzazione dell'opera in progetto, può essere fatto riferimento alla Figura 9-2 dove vengono altresì indicati i punti sede di indagini geofisiche e geotecniche.

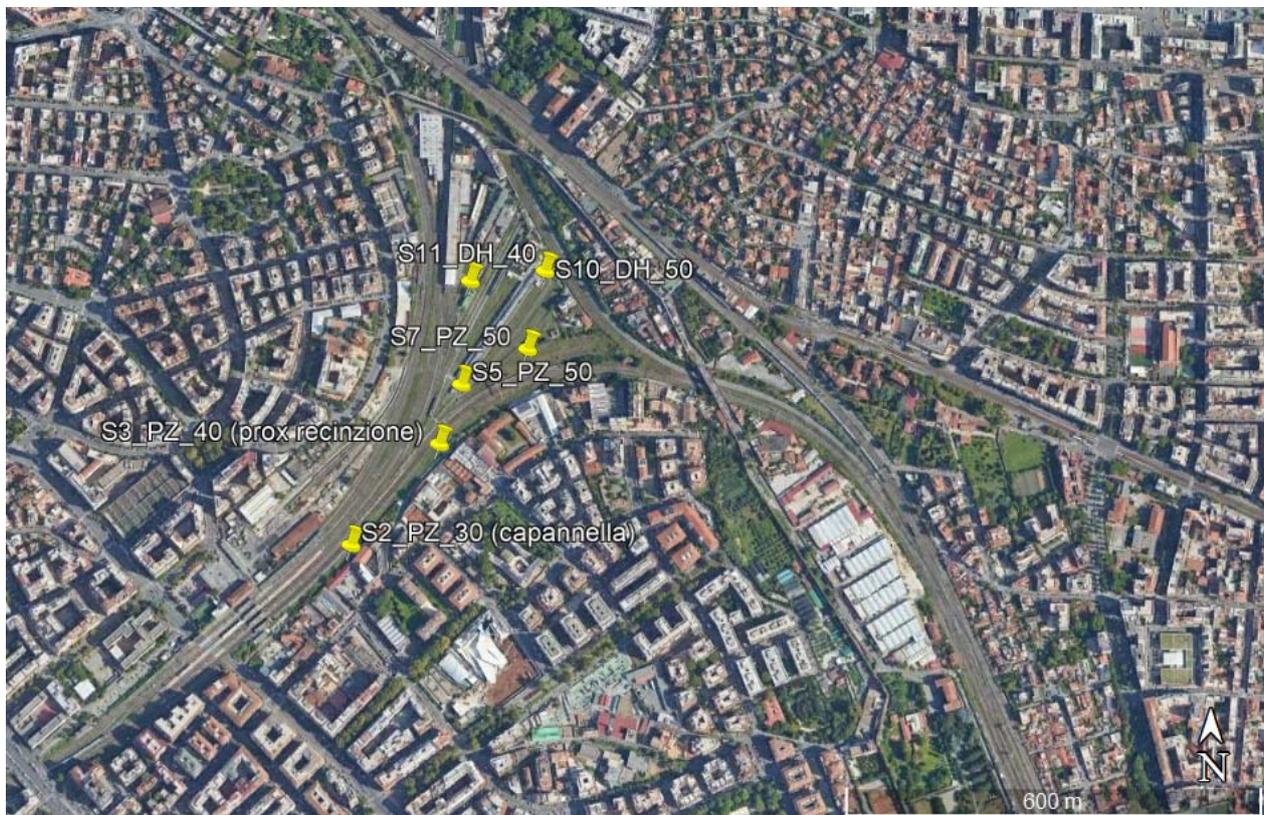


Figura 9-2 - Localizzazione dell'opera di progetto con sondaggi e prove geofisiche eseguite.

9.2 AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE

La struttura dell'Appennino Centrale è dominata dalla sovrapposizione di varie unità tettoniche, deformate e scollate, parzialmente o totalmente, dal proprio basamento. L'impilamento e la traslazione delle scaglie tettoniche, provenienti dalla deformazione di domini paleogeografici molto diversi, è avvenuto attraverso un lungo processo cominciato nell'Oligocene.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	37 di 48

In termini strettamente sismologici, la Figura 9-3 mostra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 (Rovida et al., 2016). Assieme agli epicentri sono riportate le sorgenti sismiche del modello di zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al., 2008), alla base dell'attuale mappa di pericolosità del territorio italiano associata alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 e NTC2018). Sono inoltre riportate le principali faglie individuali (ISS) e le faglie composite (CSS) tratte dalla base di dati del progetto DISS3 (Haller e Basili, 2011). Si osserva come la definizione delle zone sismogenetiche ZS9 rifletta sia la distribuzione delle faglie sul territorio nazionale, come quella degli epicentri dei terremoti. Il modello sismogenetico racchiude pertanto informazioni sia di natura tettonica, sia dettate dalla sismicità storica.

La fascia a maggior rilascio di energia dell'Appennino centrosettentrionale corrisponde al settore più interno della catena appenninica generalmente interessato da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche. Nel modello sismo-tettonico ZS9, questa lunga fascia è stata suddivisa in tre zone (ZS915, ZS919 e ZS923) ad includere le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che hanno caratterizzato l'arco appenninico settentrionale e centrale. Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante i tradizionali approcci geomorfologici. Nella zona, di maggiore interesse, più meridionale (923, a sud della Valnerina) sono presenti le sorgenti più estese ed i terremoti con magnitudo più elevata; in questa zona sono state comprese anche le aree dei terremoti del 1654 e del 1349, per i quali le indagini geologiche di superficie non sono ancora state in grado di definire sorgenti sismogenetiche.

Nella fascia tirrenica, vengono definite le zone 921 e 922 (dove è localizzata il sito del progetto) e coincidono con i distretti vulcanici del Lazio settentrionale e dei Colli Albani. Tale settore è caratterizzato da una sismicità diffusa ma con moderato rilascio di energia, con pochi eventi a magnitudo più elevata. Per la zona 922, si conferma la tendenza ad una limitata estensione areale dei danni più significativi probabilmente legata ad una bassa profondità ipocentrale e conseguentemente una distribuzione dei risentimenti a livello provinciale. La zona 921, è caratterizzata da eventi con magnitudo tra 5.0 e 5.5 con eccezione del terremoto di Bagnoregio del 1695 al quale viene assegnato una magnitudo prossima a 6.0. Vicino al sito di interesse, troviamo anche la zona 920 che viene descritta come coincidente con il settore tirrenico a tettonica distensiva, caratterizzato da una sismicità a bassa energia con sporadici eventi a magnitudo relativamente elevata.

Nell'Appennino meridionale, troviamo la ZS927, zona di dorsale caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione che ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990) a partire da ca. 0.7 Ma. La ZS927 è sede di alcuni tra i maggiori rilasci di energia della storia sismica italiana, come ad es. quello di Val d'Agri del 1857.

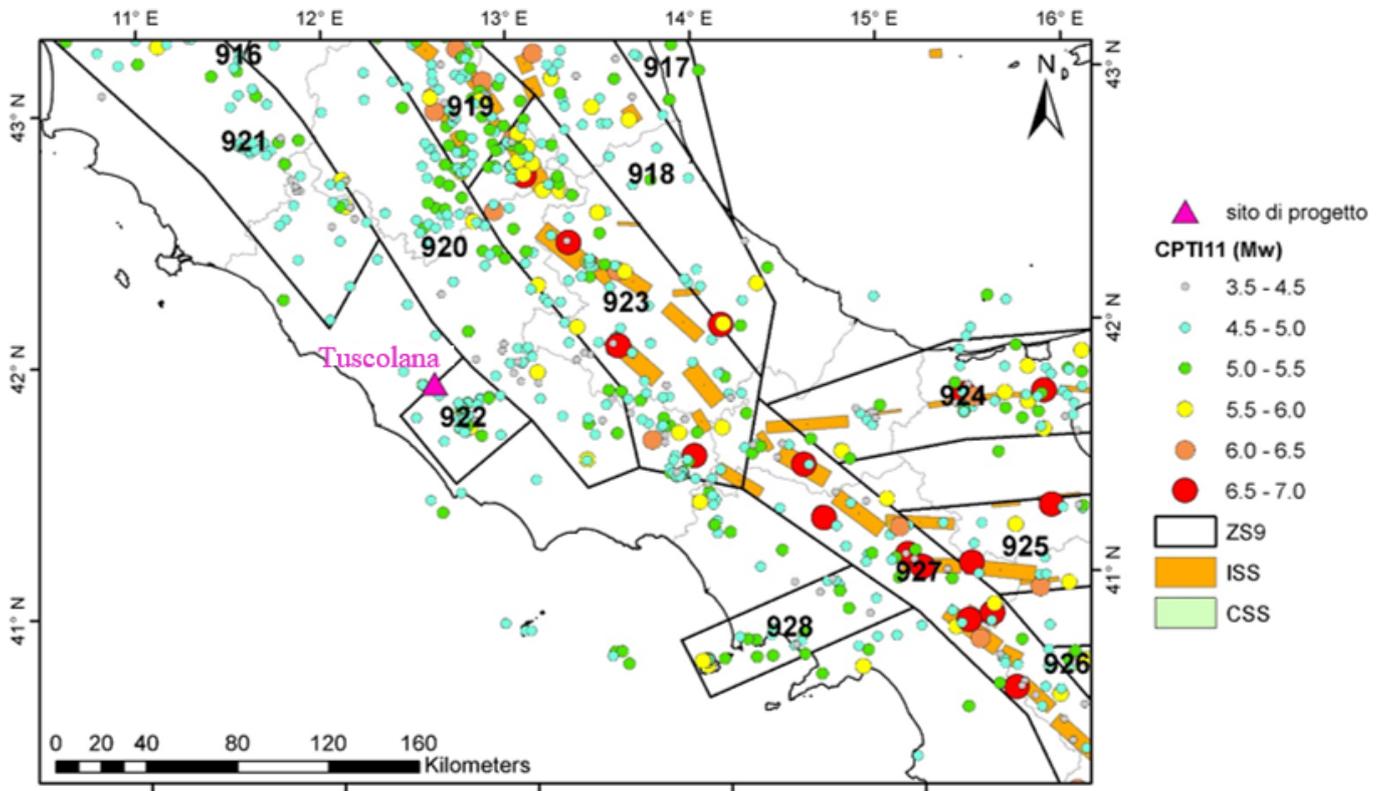


Figura 9-3 – Contesto sismo-tettonico della regione estesa nell'intorno dell'area di progetto: i poligoni in nero rappresentano i confini delle sorgenti sismogenetiche del modello ZS9 (Meletti et al., 2008), i cerchietti colorati rappresentano gli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). I rettangoli arancioni rappresentano le faglie individuali del modello DISS3 mentre quelli verdi i sistemi di faglie composite.

I lineamenti di faglia più prossimi al sito di progetto (vedi l'estratto dal database italiano delle zone sismogenetiche DISS3.2 riportato nella Figura 9-4) sono costituiti da sistemi di faglie composite (CSS), all'interno dei quali si classificano alcune sorgenti individuali (ISS). La faglia più vicina al sito è la ITC086 (Castelli Romani), dove è stato localizzato l'epicentro del terremoto di Colli Albani del 1806 (M_w 5.6), correlabile alla sorgente individuale ITIS059. Più lontano dal sito, è localizzata la faglia ITCS025 (Salto Lake-Ovindoli-Barrea) per la quale il catalogo storico riporta diversi eventi tra i quali il terremoto del 1349 Aquilano (M_w 6.5) ed il distruttivo evento del 1915 a Avezzano (M_w 7.0).

Sulla base delle indicazioni del catalogo delle Faglie Capaci ITHACA, curato da ISPRA, non sono state individuate lineeazioni potenzialmente interagenti con il sito di progetto. (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>).

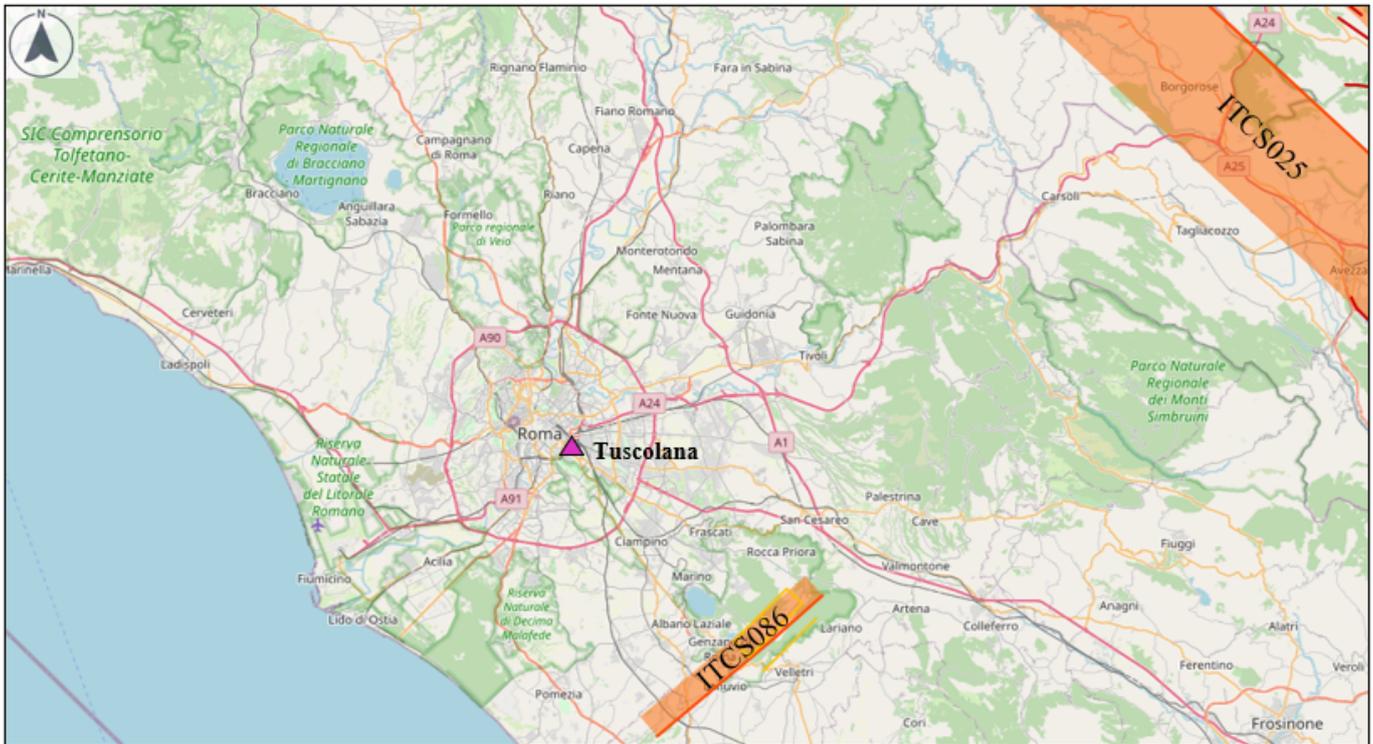


Figura 9-4 Sorgenti sismogenetiche individuali e composite dal “Database of Individual Seismogenic Sources” (DISS 3.2.1) rilevanti per l’area in oggetto (triangolo rosso).

Per comporre un quadro completo dei livelli di sismicità dell’area di interesse, un utile riferimento è costituito dal Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati et al., 2016), il quale contiene tutte le informazioni riguardanti le intensità macrosismiche (I_{MCS}) risentite a seguito dei terremoti accaduti fino al 2014. In particolare, la Figura 9-5 mostra la storia sismica associata al comune di Roma in termini di intensità macrosismica. Si nota come la frequenza di eventi sismici in grado di produrre risentimenti al sito sia significativa, e che le intensità sismiche massime avvertite siano dell’ordine 7-8. L’evento più importante in termini di intensità percepita nell’area del Comune di Roma è costituito dal terremoto del 1349 della Aquilano. Fra gli altri eventi storici più significativi ($I_{MCS} \geq 6$) si ricordano:

- 1091 Roma, $M_w = 5.14$
- 1703 Appennino umbro-reatino, $M_w = 6.74$
- 1703 Aquilano, $M_w = 6.72$
- 1730 Valnerina, $M_w = 5.92$
- 1812 Roma, $M_w = 4.93$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	40 di 48

- 1899 Colli Albani, $M_w = 5.13$
- 1915 Avezzano, $M_w = 7.00$
- 1927 Colli Albani, $M_w = 4.93$

Da quanto sopra si evince come sia associabile al sito di progetto una sismicità media.

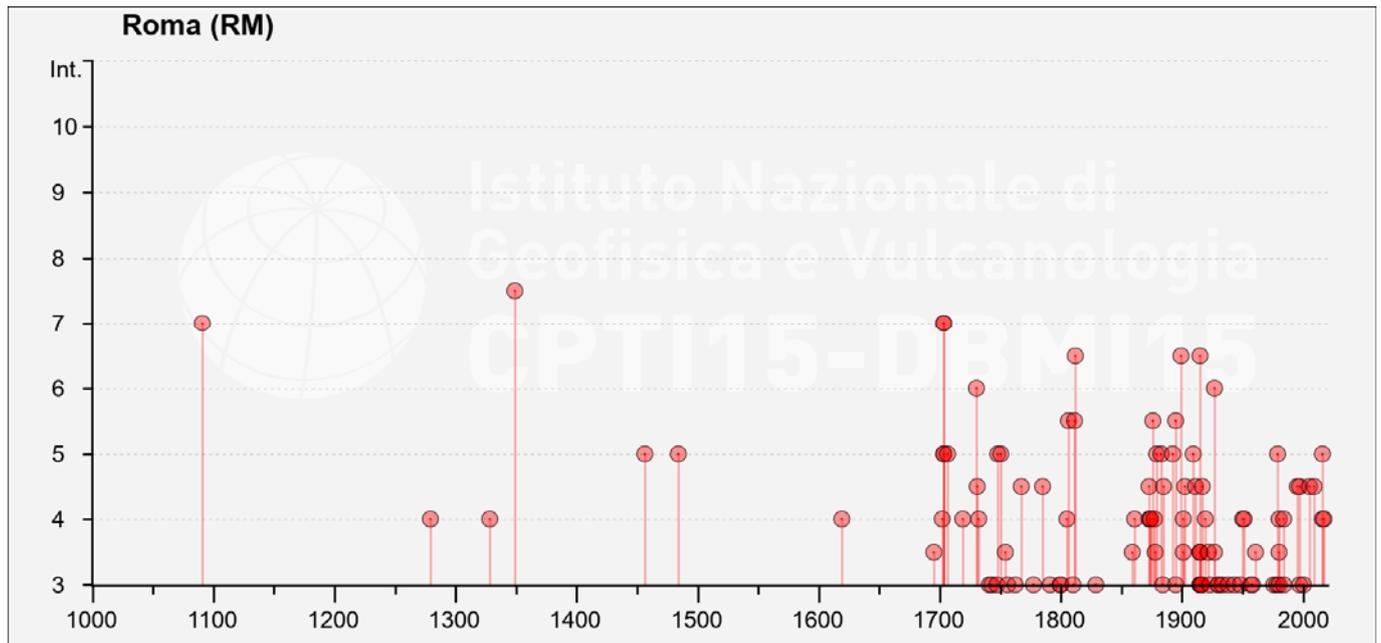


Figura 9-5 – Storia sismica del comune di Roma (dal catalogo DBMI 2015, Rovida et al., 2016).

9.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

9.3.1 Generalità

La definizione dell'azione sismica di progetto per l'opera segue quanto disposto dalle NTC2018. In particolare, l'azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto (di esercizio – SLE e Ultimi - SLU) deve essere definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, a sua volta esprimibile in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	41 di 48

vita utile della struttura. Data la probabilità di superamento nel periodo temporale di riferimento, funzione dello Stato Limite considerato per la verifica, la forma degli spettri di risposta di progetto è definita dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima per sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima determinato il periodo di riferimento per l'azione sismica (par. 9.3.2) sulla base delle indicazioni progettuali in termini di vita utile e classificazione delle opere. Successivamente, nel par. 9.3.3 saranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica da considerare determinata a sua volta per suolo rigido ed in corrispondenza dei punti definiti. La determinazione della categoria di suolo (e topografica) di riferimento attraverso l'interpretazione delle indagini geotecniche e geofisiche disponibili sarà oggetto del par. 9.3.5 arrivando a definire, per i diversi stati limite, l'azione sismica di riferimento da adottare per le verifiche.

9.3.2 Vita utile e classe d'uso

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il periodo temporale entro cui l'opera stessa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2018:

- $V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie e opere provvisionali.
- $V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel caso in esame, ai fini della definizione dell'azione sismica, i progettisti hanno assunto:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita in base all'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. Nel caso in esame, sempre sulla base delle indicazioni dei progettisti, le opere appartengono alla Classe d'Uso IV, ossia:

“Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 42 di 48

dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.”

Pertanto, sulla base delle indicazioni NTC2018, alla Classe d’Uso IV corrisponde un coefficiente d’uso C_U pari a:

$$C_U = 2.0$$

Il periodo di riferimento V_R si ottiene moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d’uso C_U . Nel caso in esame:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2.0 = 100 \text{ anni}$$

L’azione sismica di progetto va quindi determinata in funzione degli Stati Limite di verifica e delle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R .

9.3.3 Stati limite e probabilità di superamento

L’azione sismica di progetto va quindi determinata in funzione degli Stati Limite di verifica e delle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R .

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

- Stati Limite Ultimi (SLU):
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
 - Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.
- Stati limite di Esercizio (SLE):
 - Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell’evento sismico.
 - Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell’opera ed il suo immediato utilizzo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	43 di 48

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento P_{VR} dalla relazione:

$$T_R = - V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Nel caso in esame, i valori di periodo di ritorno dell'azione sismica e le probabilità di superamento per i diversi Stati Limite sono mostrati in Tabella 9-1.

Tabella 9-1 – Periodi di ritorno per l'azione sismica di progetto per i diversi stati limite.

Stato limite di riferimento		Probabilità di superamento P_{VR}	Periodo di ritorno dell'azione sismica T_R
Stati limite di esercizio (SLE)	Stato limite di immediata operatività (SLO)	81%	60
	Stato limite di danno (SLD)	63%	101
Stati limite ultimi (SLU)	Salvaguardia della vita umana (SLV)	10%	949
	Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)	5%	1950

9.3.4 Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g

In allegato al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (riferita dalle NTC2018) i valori a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_o (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_{c^*} (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) sono forniti per ognuno dei 10751 nodi del reticolo di riferimento a coprire il territorio nazionale. I valori corrispondenti a punti intermedi alla griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti. In Tabella 9-2, si riporta l'identificativo dei nodi del reticolo di riferimento entro cui è compreso il punto di calcolo dell'azione sismica (elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009).

I risultati dell'interpolazione per i parametri a_g , F_o e T_{c^*} per i diversi Stati Limite per il sito di progetto sono indicati in Tabella 9-3.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
	Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A

Tabella 9-2 – Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno del sito di progetto. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.

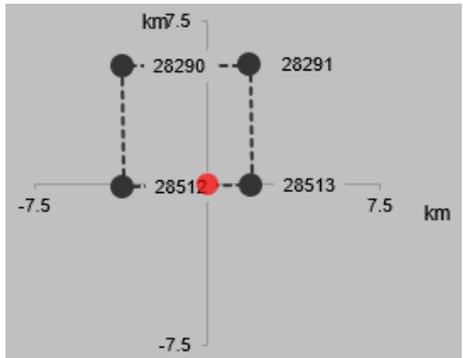
ID Punto	Longitudine	Latitudine	Localizzazione punti di griglia
Tuscolana	12.526618°	41.881892°	

Tabella 9-3 – Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per gli stati limite di riferimento per il sito di progetto (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3.xls, CSLP (2009)) per $V_R = 100$ anni.

SL	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (s)
SLO	60	0.063	2.479	0.273
SLD	101	0.079	2.488	0.279
SLV	949	0.172	2.579	0.289
SLC	1950	0.214	2.530	0.299

9.3.5 Risposta sismica locale

Le NTC2018 definiscono il fattore S di amplificazione di sito come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_S), che dell'andamento della superficie topografica (attraverso il coefficiente S_T):

$$S = S_S \cdot S_T$$

La classificazione del sottosuolo si definisce sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) definito dall'espressione:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 45 di 48

dove:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = valore di velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per il presente studio, è stata considerata la campagna di indagini geofisiche che ha compreso l'esecuzione di n. 2 prove sismiche di tipo Down Hole sulle verticali dei sondaggi S10 ed S11 (vedi Figura 9-2). I risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati restituiscono i valori equivalenti di velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$, pari a 356 m/s per S10 (indicando la categoria di suolo C in accordo alla Tabella 9-4) e 467 m/s per S11 (categoria di suolo B in accordo alla Tabella 9-4). Come già menzionato nei capitoli precedenti, i sondaggi eseguiti mostrano la presenza di depositi piroclastici più o meno litificati (piroclastiti) sovrastanti a depositi argilloso limosi con lenti sabbiose. Perciò, sulla base dei valori di $V_{s,eq}$ e le condizioni stratigrafiche, il sito di progetto è classificabile nelle categorie di sottosuolo C e B. Tuttavia, in via cautelativa, si procede con la categoria di suolo C per definire le azioni sismiche per il tracciato di progetto.

Tabella 9-4 – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. (Tabella 3.2.II delle NTC2018).

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 46 di 48

I coefficienti S_S per la categoria di sottosuolo C si ottengono dalla seguente espressione (vedi Tabella 3.2.IV del par. 3.2.3 delle NTC2018):

$$S_S = 1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1.50$$

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, il sito di progetto si colloca su superficie sostanzialmente pianeggiante (cat. T1 - Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018). Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta pari a:

$$S_T = 1$$

Sulla base di quanto sopra, i valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto $a_{max} = S \cdot a_g$ per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono riportati in Tabella 9-5.

Si rimanda al testo delle NTC2018 per ogni altra indicazione, ad esempio in merito alla definizione degli spettri elastici di risposta.

Tabella 9-5 – Valori di a_g e dei coefficienti di sito S ($S_T=1$) e accelerazione di progetto a_{max} per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLPP (2009)) per $V_R = 100$ anni per il sito di progetto.

SL	T_R (anni)	a_g (g)	S (-)	a_{max} (g)
SLO	60	0.063	1.500	0.095
SLD	101	0.079	1.500	0.118
SLV	949	0.172	1.434	0.246
SLC	1950	0.214	1.375	0.294

9.4 ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa qualora si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 47 di 48

3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ 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 qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve che delimitano il campo di suscettibilità, fornite nelle NTC2018.

Sulla base dell'accelerazione massima, dell'altezza di falda e delle caratteristiche dei terreni, nessuno dei criteri di esclusione di cui sopra è a priori verificato e, pertanto, si dovrà procedere alla verifica a liquefazione, oggetto della Relazione Geotecnica.

Per la definizione del valore di magnitudo di riferimento per le verifiche a liquefazione, oltre al quadro sismo-tettonico esposto ai paragrafi precedenti, può essere considerata l'analisi di disaggregazione dei valori di pericolosità sismica (accelerazione su suolo rigido orizzontale) di cui alle NTC2018, fornita quale elaborazione aggiuntiva direttamente dal progetto INGV-DPC S1 (vedi Figura 9-6), qui considerata per il periodo di ritorno dell'azione sismica più vicino a quello dello stato limite ultimo di verifica (SLV, cfr. i valori di pericolosità sismica al sito riportati in Tabella 9-5). I risultati di tale analisi, svolta per il punto di griglia più prossimo al sito di progetto (N. 28513) per un periodo di ritorno di 975 anni (probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni) mostrano come siano dominanti terremoti con valori di magnitudo ridotti (4.0 e 5.5) ed epicentro a distanza compreso fra 0 e 20 km. Il valore medio di magnitudo da analisi di disaggregazione di Figura 9-6 è pari a 4.67, con distanza di 5.28 km.

Sulla base della sismicità storica e tenendo conto dei terremoti storici con maggiore risentimento nell'area (cfr. paragrafi precedenti) è ragionevole assumere, per il sito di progetto, una magnitudo di riferimento per la verifica a liquefazione pari a **5.8**.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	48 di 48

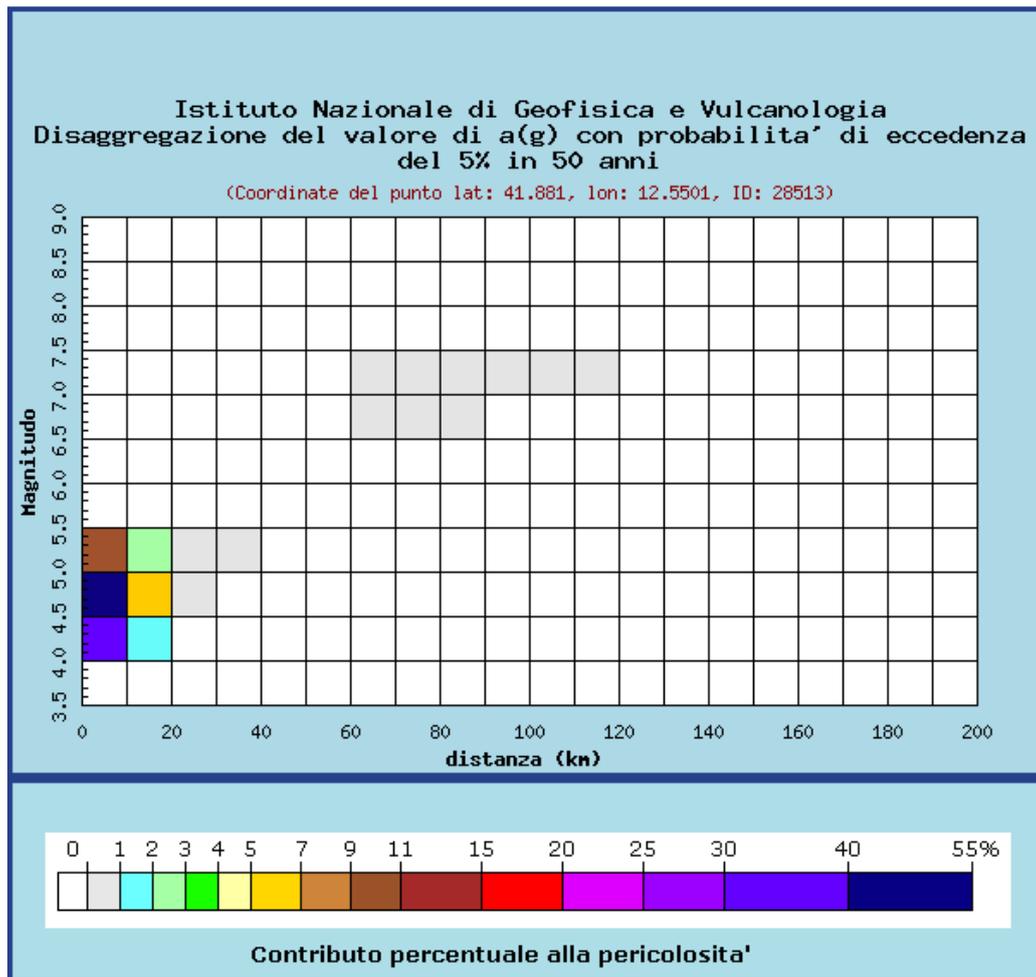


Figura 9-6 – Analisi di disaggregazione del dato di pericolosità per il punto di griglia 28513 corrispondente al sito di progetto per $T_R = 975$ anni (da elaborazioni DPC-INGV S1, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR2E	00	R69RG	GE0001 001	A	49 di 48

10 CONCLUSIONI

In conclusione, si può affermare che:

- Dal punto di vista geografico, l'area di progetto è situata nel Comune di Roma, presso la stazione ferroviaria di Roma Tuscolana, a sud- est del centro di Roma.
- Dal punto di vista geologico-strutturale l'area romana è legata all'evoluzione del margine tirrenico che a partire dal Pliocene viene interessato da un progressivo processo di rifting, che porta ad un notevole assottigliamento crostale. Durante il Pleistocene inferiore si assiste ad un mutamento delle condizioni paleogeografiche del bacino di sedimentazione dovute sia a movimenti tettonici sia dal ripetersi di periodi glaciali e interglaciali che provocarono oscillazioni del livello marino. Tali mutamenti portarono ad una diversificazione dei prodotti di sedimentazione che da depositi prevalentemente argillosi marini passarono progressivamente verso l'alto a sedimenti limosi e sabbiosi di origine continentale. Tali terreni costituiscono oggi le unità più antiche che affiorano sul territorio comunale. A sud e ad est di Roma si hanno prevalentemente i prodotti vulcanici legati all'attività dei Colli Albani, mentre a nord e a ovest quelli dei numerosi centri eruttivi dei Sabatini.
- Dal punto di vista geomorfologico il paesaggio risulta articolato in varie morfologie dovute ad attività geodinamiche (faglie, deformazione di carattere distensivo ed attività eruttive) ed esogene (come ad esempio i processi fluviali, lacustri e marini di erosione). Particolare a cui è necessario prestare estrema attenzione durante i lavori è l'altissima probabilità che nella zona di progetto siano state effettuate escavazioni in sotterraneo, come infatti si osserva dalla Carta delle cavità sotterranee di Roma, l'area si trova in una zona a grande densità di cavità ipogee. Sarà quindi necessario assicurarsi che non siano presenti ipogei nella zona. Inoltre, le zone limitrofe a ovest e a sud del tracciato ferroviario risultano interessate dal fenomeno dei sinkholes (doline di crollo), è perciò importante tenere sotto controllo l'area anche per questo tipo di fenomeno.
- Da un punto di vista idrogeologico il territorio romano si mostra molto variabile in rapporto alla variabilità delle caratteristiche litologiche o giaciture dei terreni. Le argille rappresentano il letto di ogni circolazione idrica sotterranea e al di sopra di tale substrato impermeabile poggiano le serie sedimentarie pre-vulcaniche con orizzonti più o meno sabbiosi e ghiaiosi (con buona permeabilità) alternati ad argille. Le frequenti variazioni di permeabilità dei terreni, sia in senso orizzontale che in senso verticale, rendono la situazione idrogeologica del territorio romano complessa. Questo quadro è ulteriormente complicato per la presenza di numerose circolazioni idriche sotterranee, spesso in contatto idraulico tra loro, le quali possono causare (e causano comunemente) fenomeni di scavo sotterraneo che pongono le basi per la generazione di sinkholes

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
sismica

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NR2E

00

R69RG

GE0001 001

A

50 di 48

nel territorio romano. L'area in progetto è inserita nella zona di depauperamento della risorsa idrica sul territorio e si trova su terreni a permeabilità variabile tra media e alta a causa della elevata porosità del terreno sciolto vulcanico e dell'intensa fratturazione che coinvolge la roccia sottostante. Sono presenti localmente all'interno dei terreni alluvionali (B) livelli limoso-argillosi a permeabilità bassa, che non interessano però l'area di progetto, la quale rientra completamente in terreni di classe G, cioè appartenenti al distretto piroclastico Albano. Nei sondaggi sono state eseguite 6 prove di permeabilità nei depositi piroclastici che hanno restituito valori di conducibilità medio-bassa (tra $3.37 \cdot 10^{-5}$ e $2.71 \cdot 10^{-4}$). Inoltre, in 4 dei sei sondaggi sono stati installati dei piezometri a tubo aperto fenestrati all'interno dei depositi alluvionali e lacustri sotto alle piroclastiti, i valori di soggiacenza del livello piezometrico, misurati in corso di perforazione, sono risultati pari a 12/13 m di profondità da p.c. I dati permettono di stabilire l'assenza di interazione tra le opere in progetto e la falda, però non si esclude la presenza di una falda superficiale all'interno dei materiali di riporto.

- Dal punto di vista sismico, il sito risulta caratterizzato da sismicità media. Sulla base dei risultati delle prove geofisiche eseguite a supporto del progetto si assegna all'area di progetto la categoria di suolo di tipo C. Per quanto riguarda il potenziale di liquefazione dei terreni, nessuno dei motivi di esclusione risulta verificato a priori, per cui dovrà essere effettuata una verifica del fenomeno di liquefazione che sarà oggetto della relazione geotecnica.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 51 di 48

11 BIBLIOGRAFIA

- Arnoldus – Huyzendveld A., Corazza A., De Rita D., Zarlenga F. (1997) – *Il paesaggio geologico ed i geotipi della Campagna Romana*, Quaderni dell’Ambiente, n. 5, Comune di Roma, ENEA, Fratelli Palombi Editore.
- Basili, R., and V. Kastelic (2011). D3.4 – *Database of active faults and seismogenic sources*, SHARE, 31.05.2011.
- Cinti F. R., Cucci L., Pantosti D., D’Addezio G. e Meghraoui M. (1997). A major seismogenic fault in a “silent area”: the Castovillari fault (southern Apennines, Italy). *Geophys. J. Int.*, 130, 595-605.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006, Progetto S1, Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Coordinatore: Carlo Meletti (INGV). Sito web: <http://esse1.mi.ingv.it/>.
- DeVita P., Angrisani A.C., DiClemente E. (2008). Proprietà geologico-tecniche della pozzolana flegrea ed effetto della suzione sulla stabilità dei fronti di scavo. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment* 2.
- DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: 10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.
- Galadini F., Poli M.E., Zanferrari A., (2005) – *Seismogenic source potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy)*. *Geophys. J. Int.*, **161**, 739-762.
- Giardini, D., J. Woessner, L. Danciu, G. Valensise, G. Grünthal, F. Cotton, S. Akkar, R. Basili, M. Stucchi, A. Rovida, D. Stromeyer, R. Arvidsson, F. Meletti, R. Musson, R., K. Sesetyan, M. B. Demircioglu, H. Crowley, R. Pinho, K. Pitilakis, J. Douglas, J. Fonseca, M. Erdik, A. Campos-Costa, B. Glavatovic, K. Makropoulos, C. Lindholm, T. Cameelbeeck (2013). *Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE)*: Online Data Resource, <http://portal.share-eu.org:8080/jetspeed/portal/>, doi: 10.12686/SED-00000001-SHARE, 2013.
- Haller K. M.m and Basili R. (2011). *Developing seismogenic source models based on geologic fault data*. *Seismol. Res. Lett.*, 82, 519-525.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A, Azzaro R., D’Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA					
	NODO DI ROMA PRG DI ROMA TUSCOLANA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NR2E	LOTTO 00	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 52 di 48

Macroseismic Database. *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

- Mantovani E., Babucci D., Albarello D., Mucciarelli M. (1990). *Deformation pattern in the central Mediterranean and behavior of the African-Adriatic promontory*. *Tectonophysics*, 179, 63-79, Mantovani E., La previsione della pericolosità sismica in Italia. *Le Scienze*, 257, 16-25, 1990.
- Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2008). *A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory*. *Tectonophysics*, 450(1), 85-108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003.
- Michetti A. M., Ferrelì L., Serva L. e Vittori E. (1997). Geological evidence for strong historical earthquakes in an “aseismic” region: the Pollino case (southern Italy). *J. Geodynamics*, 24, 67-86.
- Mongelli, F., Zito, G., Della Vedova, B., Pellis, G., Squarci, P. and Taft, L. (1991). *Geothermal regime of Italy and surrounding seas, in Exploration of the deep continental crust*, V. Cermak and L. Rybach eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 20 Febbraio 2018.
- Patacca E., Sartori R., e Scandone P. (1990). Tyrrhenian basin and apenninic arcs: kinematic relations since Late Tortonian times. *Mem. Soc. Geol. It.*, 45, 425-451.
- Piano Regolatore Regionale, Componenti geologica, idrogeologica e sismica, Relazione Illustrativa, Comune di Roma.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), (2016). CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- Succhiarelli C., (2003) – *Lineamenti geomorfologici del territorio romano interessato dal piano stralcio 5 del Bacino del Fiume Tevere in Tevere*, rivista trimestrale dell’Autorità di Bacino del Tevere, n. 23-24, Cangemi Editore, Roma.
- Succhiarelli C., D’Ottavio D., (2008) Piano Regolatore Generale, Componenti geologica, idrogeologica e sismica, Relazione Illustrativa, Comune di Roma.
- Valensise, G. and Pantosti, D. (a cura di) (2001). *Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy (DISS version 2.0)*. *Ann. Geofis.* 44, Suppl. 1, con CD-ROM