

acea

acea ACEA ATO 2 SPA
acqua

Il Responsabile del Procedimento
in fase di progettazione

acea

ACEA ELABORI SPA



**INTERVENTO DI MESSA IN
SICUREZZA DEL COLLETTORE COBIS –
DEMOLIZIONE DEL PONTE STRADALE –
REALIZZAZIONE PASSERELLA PEDONALE E
SISTEMAZIONE SPONDALE
DEL FOSSO MORICHELLA
COMUNE DI TREVIGNANO ROMANO(RM)**

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

ST49 R 003 0

DATA **SETTEMBRE 2018**

SCALA

Responsabile Ingegneria

Ing. Antonio Iele

Responsabile Team Progetti e Lavori

Ing. Davide D'Ottavio

Capo Progetto

Ing. Angelo Marchetti

Collaboratori

Dott. Geol. Stefano Tosti

RELAZIONE GEOLOGICA

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1			
2			
3			

Coordinatore per la sicurezza in fase di Progettazione

Ing. Angelo Marchetti

Consulente esterno

Indice

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	1
2.1	GEOMORFOLOGIA	3
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	6
4	CENNI DI SISMICITÀ E RIFERIMENTI ALLA NUOVA NORMATIVA ANTISISMICA.....	8
4.1	INDAGINI SVOLTE.....	13
4.2	STRATIGRAFIA	14
4.3	PROVE S.P.T.	14
4.4	PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	15
4.5	RISULTATI DELLA PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA MASW	16
5	MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO.....	18

In calce:

- Carta geologica di dettaglio (scala 1 : 1.000)
- Sezione geologico-geotecnica (scala 1 : 200)
- Risultati delle indagini geognostiche e geofisiche

1 Premessa

A supporto del progetto definitivo denominato “Intervento di messa in sicurezza del collettore COBIS - Demolizione del ponte stradale – Realizzazione passerella pedonale e sistemazione spondale del fosso Morichella”, nel Comune di Trevignano Romano (RM), è stato eseguito uno studio geologico-tecnico basato sulla raccolta dei dati disponibili in letteratura, integrati con le osservazioni registrate nel corso del rilievo geologico effettuato sull’ area di previsto intervento e con i dati di una mirata campagna di indagini geognostiche e geofisiche.

L’intervento prevede la demolizione del ponte esistente sul Fosso Morichella, ubicato in via della Rena, e la sistemazione spondale dell’ultimo tratto del Fosso, mediante posa di massi ciclopici.

Lo scopo dell’intervento è mettere in sicurezza il collettore esistente Cobis DN 400 in corrispondenza dell’attraversamento del Fosso Morichella all’altezza del tratto terminale del fosso stesso, su via della Rena. Nell’ambito dell’intervento si prevede la demolizione del ponte stradale sovrastante la tubazione e, quindi, la conseguente sistemazione dell’alveo del fosso tramite scogliere di massi ciclopici per una lunghezza pari a circa 18 metri.

La presente relazione tecnica, redatta ai sensi del D.M. 11/3/1988 (“*Indagini sui terreni e sulle rocce*”), del nuovo D.M. 17 gennaio 2018 (“*Norme tecniche per le costruzioni*”) e del Regolamento Regionale adottato dalla Regione Lazio con Deliberazione del 5 luglio 2016 n. 375, concernente “*Regolamento Regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l’esercizio delle funzioni regionali di prevenzione del rischio sismico e di repressione delle violazioni della normativa sismica. Abrogazione del regolamento regionale 7 febbraio 2012 n.2*”, illustra il quadro litostratigrafico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell’area in studio ed il modello geologico-geotecnico di riferimento per le necessarie verifiche progettuali.

2 Inquadramento geologico e geomorfologico

L’area del lago di Bracciano si caratterizza per la presenza di rocce vulcaniche originatesi dall’attività eruttiva del sistema multicentrico sabatino, che fa parte, assieme agli apparati vulcanici vulsino, cimino e albano, del complesso vulcanico laziale di età pleistocenica con prodotti magmatici basici principalmente sottosaturi.

L'attività vulcanica dell'area inizia in epoca antecedente al vulcanismo vicano con manifestazioni di tipo piroclastico precedenti i tufi stratificati varicolori vicani.

Questo primo periodo è caratterizzato da affioramenti posti al margine dell'espansione vulcanica (Tufi di Riano, peperino della Via Flaminia, tufi stratificati di Rio Filetto, Tufo Giallo della Via Tiberina, Tufo di Castelnuovo e Tufo stratificato di Sacrofano).

Un secondo periodo effusivo è coevo a quello vicano e produce depositi da fasi esplosive interposti tra i Tufi stratificati varicolori (base) e il Tufo rosso a scorie nere (tetto) del ciclo vicano. A questo periodo appartiene la formazione del Peperino di Mazzano.

Il terzo periodo è quello che più si articola e copre l'area vulcanica.

Partendo dai termini più antichi si individuano i seguenti gruppi:

I tufi stratificati di La Storta (poggiano sul Tufo rosso a scorie nere);

Il tufo di Trevignano, di Magliano, di Bracciano, ecc.;

Il tufo giallo di Sacrofano ed il Tufo di Vigna di Valle;

Il tufo di Baccano, sovrapposto al tufo giallo di Sacrofano;

Il tufo di Campagnano, il tufo di Cesano, ecc..

Nonostante l'attività vulcanica sia stata principalmente di tipo esplosivo non sono mancati numerosi e vistosi eventi effusivi.

Le più numerose colate sono sottostanti o intercalate ai tufi stratificati de La Storta, e sono venute a giorno attraverso un sistema di fratture creatosi intorno alla conca dell'attuale lago.

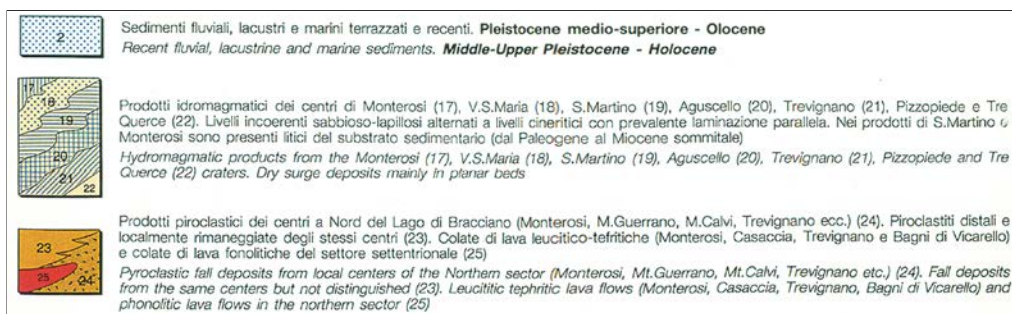
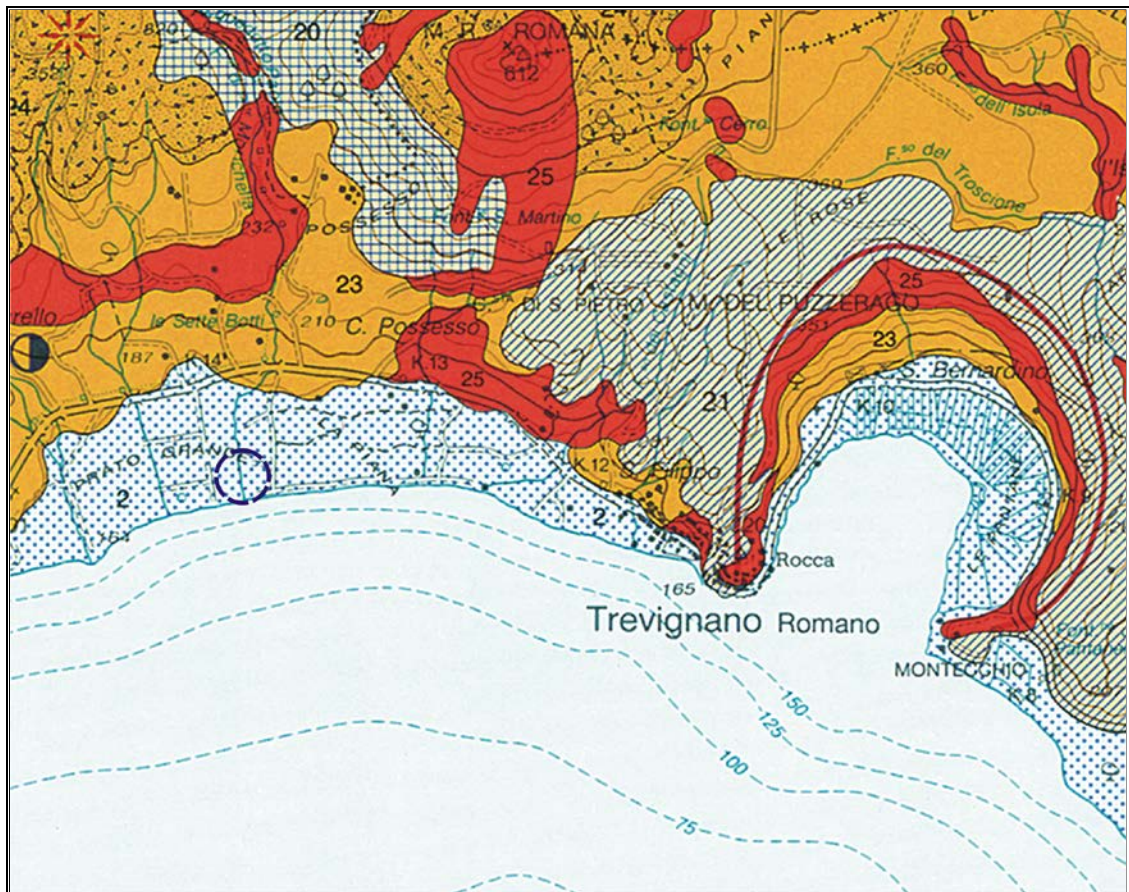
L'area calderica del lago si genera proprio per collassamento sulle linee di frattura che hanno emesso le spesse colate di lava.

All'interno dei prodotti vulcanici, vi sono livelli costituiti da prodotti piroclastici variamente argillificati, sedimenti lacustri intravulcanici, tracce di alterazione del paleosuolo vulcanico formatosi tra i vari periodi e fasi effusive, ecc..

Il substrato su cui poggiano le vulcaniti è in linea di massima costituito da terreni sedimentari in facies di flysch argilloscistoso o argillo-sabbioso e da depositi pliocenici prevalentemente sabbioso argillosi, pur verificandosi in zone limitate, rispetto alla distribuzione regionale, la presenza di altre formazioni appartenenti al complesso carbonatico (anticlinale sepolta di Cesano).

L'assetto geologico dell'area oggetto di studio è illustrato nella seguente figura, stralcio della "Carta Geologica del Complesso Vulcanico Sabatino" in scala 1 : 50.000, edita da De Rita, Di Filippo e Sposato nel 1988, nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR.

Gli interventi di progetto ricadono su terreni riferibili ai sedimenti lacustri recenti.



2.1 Geomorfologia

L'alternarsi dei periodi di attività e di stasi vulcanica e la varietà dei materiali emessi dai vari apparati vulcanici determinano condizioni stratigrafiche variabili da punto a punto, con conseguenti variazioni geomorfologiche derivanti dalla diversa tenacità ed erodibilità dei materiali.

La morfologia risulta così assai complicata nel settore settentrionale con i rilievi maggiori che degradano verso sud, ove la coltre delle vulcaniti si appiattisce per la presenza di depositi prevalentemente di tipo ignimbrico e tufaceo.

Ad oriente del Lago di Bracciano si hanno diverse depressioni, più o meno vaste, dovute ad antichi crateri (Lago di Martignano, Stracciaccia, La Conca, ecc).

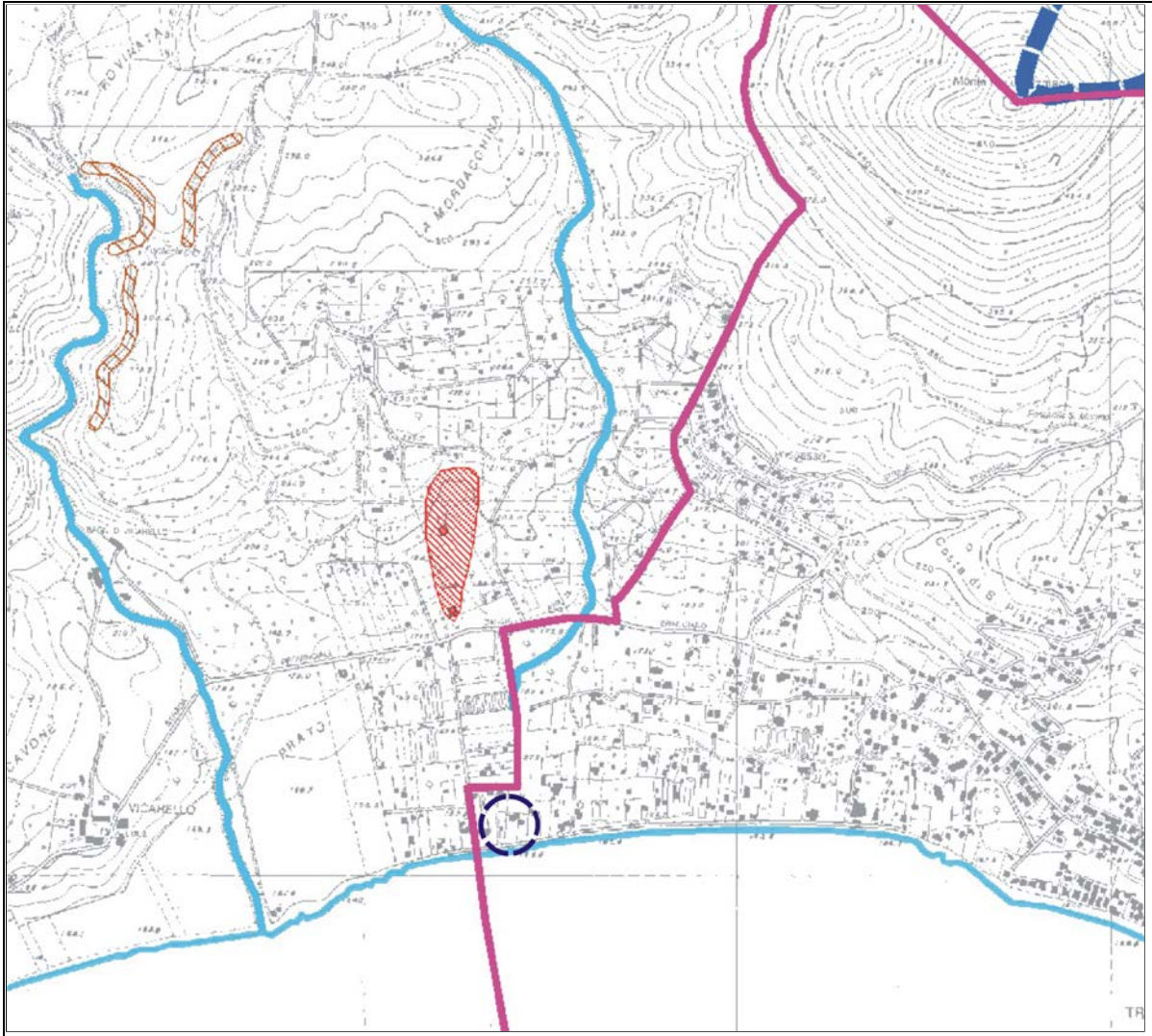
Il settore settentrionale del bacino idrografico del lago presenta le alture più importanti della regione come la Punta di Rocca Romana (612 m) e M. Termini, a NO di Rocca Romana (590 m): la zona comprende il settore fra i paesi di Trevignano, Bassano, Oriolo, Manziana e Bracciano.

La superficie dell'area è di circa 56 km² e la pendenza dei versanti è compresa tra il 10 e il 15%. La zona si presenta ricoperta da fitta vegetazione con velocità di scorrimento delle acque superficiali abbastanza elevata.

La sponda del lago, nel tratto compreso tra Anguillara e Colle di Polline, si presenta subverticale; da questo punto in poi, fino a Montecchio, la sponda è ampia e con debolissima pendenza, per poi divenire nuovamente sub verticale fino a Trevignano.

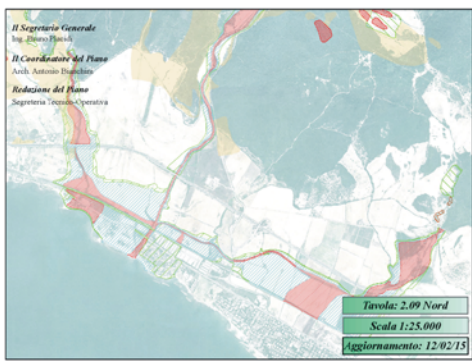
Il reticolo idrografico a maggior sviluppo coincide in quest'area con la zona a debole pendenza che presenta reticoli fluviali con un'evoluzione dendritica. Nella restante zona l'idrografia risulta poco marcata. Per quello che riguarda la rete idrografica, si individuano alcuni sottobacini con un reticolo definito e solo in parte gerarchizzato.

Come osservabile dalla cartografia di seguito riportata (Autorità dei Bacini Regionali del Lazio) la zona di previsto intervento non ricade in *aree sottoposte a tutela per dissesto idrogeologico*.










AUTORITA' DEI BACINI REGIONALI DEL LAZIO
 legge regionale 39/96 art. 11.
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)
 Approvato con Deliberazione Consiglio Regionale n° 17 del 04/04/2012 (R. 181), 31 del 07/06/2013 (R. 35) aggiornato con Decreti del Segretario Generale n° 1/2012, n° 2/2012, n° 3/2012, n° 4/2012, n° 5/2012, n° 6/2012, n° 7/2012, n° 8/2012, n° 9/2012, n° 10/2012, n° 11/2012, n° 12/2012, n° 13/2012, n° 14/2012, n° 15/2012, n° 16/2012, n° 17/2012, n° 18/2012, n° 19/2012, n° 20/2012, n° 21/2012, n° 22/2012, n° 23/2012, n° 24/2012, n° 25/2012, n° 26/2012, n° 27/2012, n° 28/2012, n° 29/2012, n° 30/2012, n° 31/2012, n° 32/2012, n° 33/2012, n° 34/2012, n° 35/2012, n° 36/2012, n° 37/2012, n° 38/2012, n° 39/2012, n° 40/2012, n° 41/2012, n° 42/2012, n° 43/2012, n° 44/2012, n° 45/2012, n° 46/2012, n° 47/2012, n° 48/2012, n° 49/2012, n° 50/2012, n° 51/2012, n° 52/2012, n° 53/2012, n° 54/2012, n° 55/2012, n° 56/2012, n° 57/2012, n° 58/2012, n° 59/2012, n° 60/2012, n° 61/2012, n° 62/2012, n° 63/2012, n° 64/2012, n° 65/2012, n° 66/2012, n° 67/2012, n° 68/2012, n° 69/2012, n° 70/2012, n° 71/2012, n° 72/2012, n° 73/2012, n° 74/2012, n° 75/2012, n° 76/2012, n° 77/2012, n° 78/2012, n° 79/2012, n° 80/2012, n° 81/2012, n° 82/2012, n° 83/2012, n° 84/2012, n° 85/2012, n° 86/2012, n° 87/2012, n° 88/2012, n° 89/2012, n° 90/2012, n° 91/2012, n° 92/2012, n° 93/2012, n° 94/2012, n° 95/2012, n° 96/2012, n° 97/2012, n° 98/2012, n° 99/2012, n° 100/2012.

AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER DISSESTO IDROGEOLOGICO








AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER PERICOLO D'INONDAZIONE
(art. 7 - 23 - 24 - 25 - 26)

-  Aree a Pericolo A1 (c. 2 art. 7 e art. 23)
-  Aree a Pericolo A2 (c. 2 art. 7 e art. 23 bis)
-  Aree a Pericolo B1 (c. 2 art. 7 e art. 24)
-  Aree a Pericolo B2 (c. 2 art. 7 e art. 25)
-  Aree a Pericolo C (c. 2 art. 7 e art. 26)




 Ambiti territoriali caratterizzati, allo stato delle conoscenze disponibili, dall'assenza di elementi documentali tali da consentire la definizione della pericolosità


AREE DI ATTENZIONE PER PERICOLO DI FRANA E D'INONDAZIONE
(artt. 9 - 19 - 27)

-  Aree di Attenzione Geomorfologia (artt. 9 e 19)
-  Aree di Attenzione Idraulica (artt. 9 e 27)
-  Aree di Attenzione per presenza di cavità naturali o artificiali soggette a crolli




 Corsi d'acqua principali classificati pubblici con D.G.R. n° 452 del 01/04/05 (artt. 9 e 27)
 Altri corsi d'acqua principali (artt. 9 e 27)

AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER PERICOLO DI FRANA
(artt. 6 - 16 - 17 - 18)

-  Aree a Pericolo A (c. 2 art. 6 e art. 16)
-  Aree a Pericolo B (c. 2 art. 6 e art. 17)
-  Aree a Pericolo C (c. 2 art. 6 e art. 18)

 Ambiti territoriali caratterizzati, allo stato delle conoscenze disponibili, dall'assenza di elementi documentali tali da consentire la definizione della pericolosità

LIMITI AMMINISTRATIVI

-  Limite Autorità dei Bacini Regionali
-  Limiti Comunali
-  Limite Regionale

3 Inquadramento idrogeologico

La zona in esame costituisce un complesso acquifero di origine vulcanica, con circolazione idrica complicata dall'esistenza di continue variazioni litologiche sia verticali che orizzontali, con conseguenti variazioni di permeabilità. Inoltre, come precedentemente accennato, i depositi vulcanici hanno alterato la paleomorfologia, colmando le incisioni vallive: queste ultime sono divenute zone di drenaggio, favorendo, con le variazioni di quota e di pendio del suolo sepolto, la creazione di più falde sovrapposte, anche intercomunicanti attraverso le soluzioni di continuità tipiche dei depositi vulcanici.

A livello generale l'idrogeologia è schematizzabile in un ampio acquifero superficiale nella coltre vulcanica, di spessore variabile, sede di circolazione attiva e in linea di massima continua. Esso poggia su un substrato impermeabile, di separazione tra l'acquifero delle vulcaniti e l'acquifero profondo circolante nelle formazioni carbonatiche.

Si possono tuttavia individuare all'interno della copertura vulcanica alcuni orizzonti impermeabili o poco permeabili che costituiscono, a livello locale, il substrato di una circolazione pensile, con falde sospese, spesso collegate idraulicamente tra di loro e con la falda di base. Questo in particolare ove lo spessore delle vulcaniti è più elevato e si sovrappongono eventi effusivi diversificati.

La falda di maggiore importanza è comunque collegata alla circolazione nelle vulcaniti di base e controllata dalla morfologia del substrato impermeabile.

Lo studio isotopico a suo tempo eseguito sulle acque del lago di Bracciano da Gonfiantini e lo studio idrogeologico di Camponeschi & Lombardi portano ad escludere la connessione con la falda (o le falde) profonda in pressione.

Il maggiore contributo all'alimentazione del lago di Bracciano, avviene attraverso le falde sospese contenute nelle vulcaniti e soprattutto dalla falda di base.

L'andamento della morfologia di base porta ad avere lo spartiacque sotterraneo concentrico con il lago stesso, con linee di deflusso convergenti verso il lago.

Il pelo libero del lago di Bracciano si trova a quota max. 164 m s. m., con profondità massima pari a -160 m.

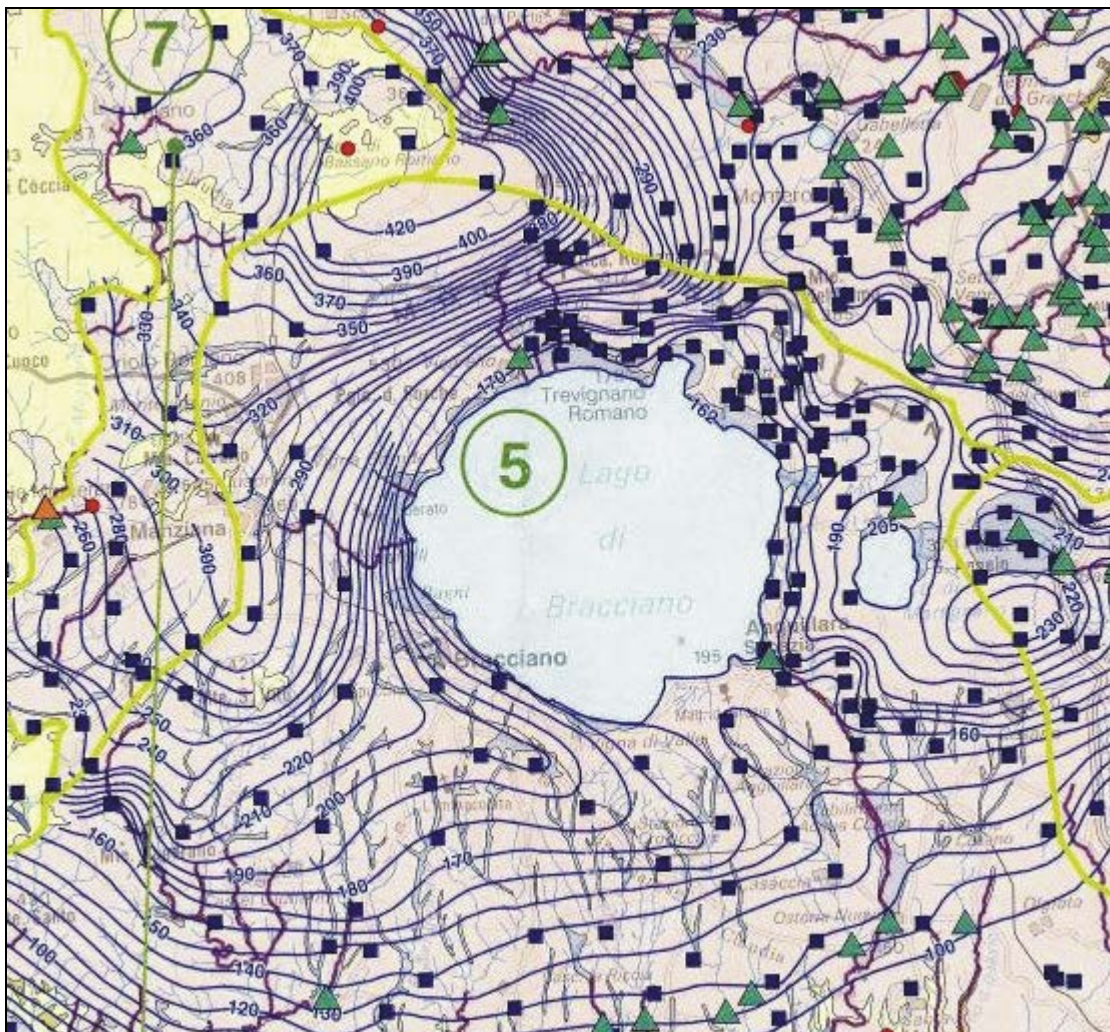
I principali studi idrogeologici disponibili sono di Ventriglia, che ha ipotizzato un bacino idrogeologico a sè stante per il Lago di Bracciano, e di Boni, che invece considera il comprensorio vulcanico del Lago di Bolsena e quello di Bracciano come un unico acquifero interconnesso.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico nell'area del lago di Bracciano, esso è costituito da una serie di piccoli corsi d'acqua che recapitano le acque raccolte o sul versante tirrenico o sul versante destro (orografico) del bacino del fiume Tevere o nel lago stesso.

Il lago di Bracciano ha come emissario il fiume Arrone che ha inizio sul contorno del lago in corrispondenza del punto di massima depressione superficiale, in prossimità di Anguillara Sabazia.

Le estensioni del bacino idrologico e di quello idrogeologico, lago escluso, sono rispettivamente di 91 e 110 km², con una differenziazione soprattutto nel settore sud-occidentale.

La ricostruzione della piezometria mette in evidenza l'esistenza di un'unica circolazione idrica sotterranea, che possiede direzione di scorrimento centripeto verso il lago (vedi cartografia di seguito riportata).



Carta idrogeologica regionale. Il dominio sabatino è evidenziato dal n°5.

4 Cenni di sismicità e riferimenti alla nuova normativa antisismica

La sismicità della provincia romana risulta nel complesso piuttosto modesta, almeno relativamente al contesto nazionale (Molin D. et Alii, Sismicità di Roma in Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, Vol. L - 1995). Nell'ambito dei caratteri di sismicità dell'area si inquadrano:

- a) eventi dovuti ad attività di origine locale (area romana compresa in un cerchio di circa 15 km di raggio);
- b) eventi dovuti ad attività sismica delle aree sismogenetiche prossime a Roma;
- c) eventi dovuti ad attività sismica delle aree sismogenetiche dell'Appennino centrale.

I primi presentano una frequenza non elevata, intensità massima corrispondente al VI-VII grado MCS (raggiunta in occasione del terremoto del 22/3/1812), magnitudo e profondità ipocentrali presumibilmente molto modeste.

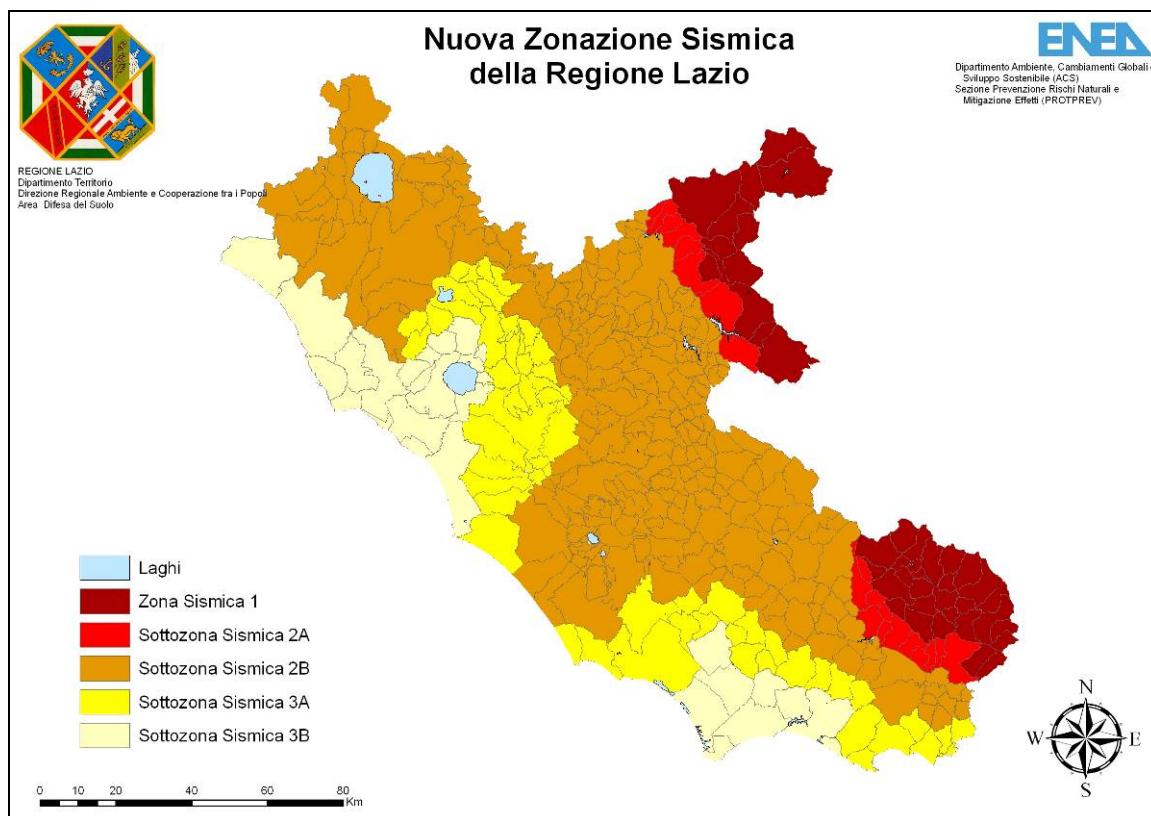
I secondi hanno origine sostanzialmente nei centri sismici dei Colli Albani, con risentimenti in Roma numerosissimi ma quasi sempre di bassa entità (\leq V grado MCS), e del litorale tirrenico, con rari risentimenti e che solo in occasione del terremoto del 1/11/1895 hanno prodotto nel centro storico danni leggeri e poco diffusi.

Di maggior rilevanza risultano altresì le ripercussioni dovute alla presenza nell'Appennino centrale, a distanze comprese tra i 60 ed i 130 km circa da Roma, di importanti aree sismogenetiche. Tra queste riveste maggior rilevanza quella corrispondente al centro sismico dell'Aquilano dove hanno avuto origine i grandi terremoti del 9/9/1349 e del 2/2/1703, risentiti in Roma con intensità rispettivamente del VII-VIII e VII grado MCS.

Il Lazio è caratterizzato da una sismicità che si distribuisce lungo fasce (Zone sismogenetiche) a caratteristiche sismiche omogenee, allungate preferenzialmente NW-SE, nella direzione della costa tirrenica e della catena montuosa appenninica. Lungo queste fasce la sismicità si distribuisce in modo omogeneo e gradualmente crescente dalla costa verso l'Appennino.

Quasi asismica risulta essere la provincia di Latina e poco sismica la zona costiera della provincia di Viterbo. Terremoti di media intensità ma molto frequenti, fino all'VIII° MCS/MSK, avvengono nell'area degli apparati vulcanici del Lazio, Colli Albani e Monti Vulsini, ed in alcuni aree del Frosinate e del Reatino; terremoti molto forti, fino al X-XI° della scala macrosismica MCS/MSK, ma relativamente poco frequenti, si hanno nelle conche di origine tettonica di Rieti, Sora e Cassino.

Questo andamento a fasce dei terremoti trova riscontro nella distribuzione degli effetti sismici osservabili nei comuni del Lazio, con massimi danneggiamenti nei comuni montani del reatino e del frosinate e gradualmente minori spostandosi verso le aree costiere.



La nuova classificazione si basa soltanto su 3 Zone Sismiche a differenza delle quattro della precedente classificazione del 2003, con la scomparsa della zona sismica 4. La Zona Sismica 1, quella più gravosa in termini di pericolosità sismica, non presenta sottozona in quanto il valore di a_g max previsto per il Lazio non giustifica ulteriori suddivisioni. Pertanto la creazione di sottozona ha interessato soltanto le zone sismiche 2 e 3, con la suddivisione in 4 sottozone sismiche (dalla 2A, ovvero la maggiore sottozona della zona sismica 2, fino alla sottozona sismica 3B, corrispondente alla sottozona meno pericolosa della zona sismica 3) come si evince dalla seguente tabella.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

- Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

Il Comune di Trevignano Romano secondo la nuova classificazione sismica della Regione Lazio ricade in zona sismica 3, sottozona B.

Ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 (“Nuove Norme tecniche per le Costruzioni”), così come già introdotto dalle NTC08, le azioni sismiche di progetto in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La risposta del terreno in superficie è poi trasmessa alle strutture interagenti con esso (fondazioni), ed è proprio la loro stessa reazione dinamica che dovrà, infine, essere verificata in termini di sicurezza e di prestazioni attese delle stesse costruzioni.

La valutazione dell’azione sismica di progetto va definita, secondo le NTC18, attraverso specifiche analisi di Risposta Sismica Locale (RSL). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà del terreno siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab 3.2.II delle norme, è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all’approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall’espressione (3.2.1 delle NTC18):

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

con:

- h_i spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ 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 depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

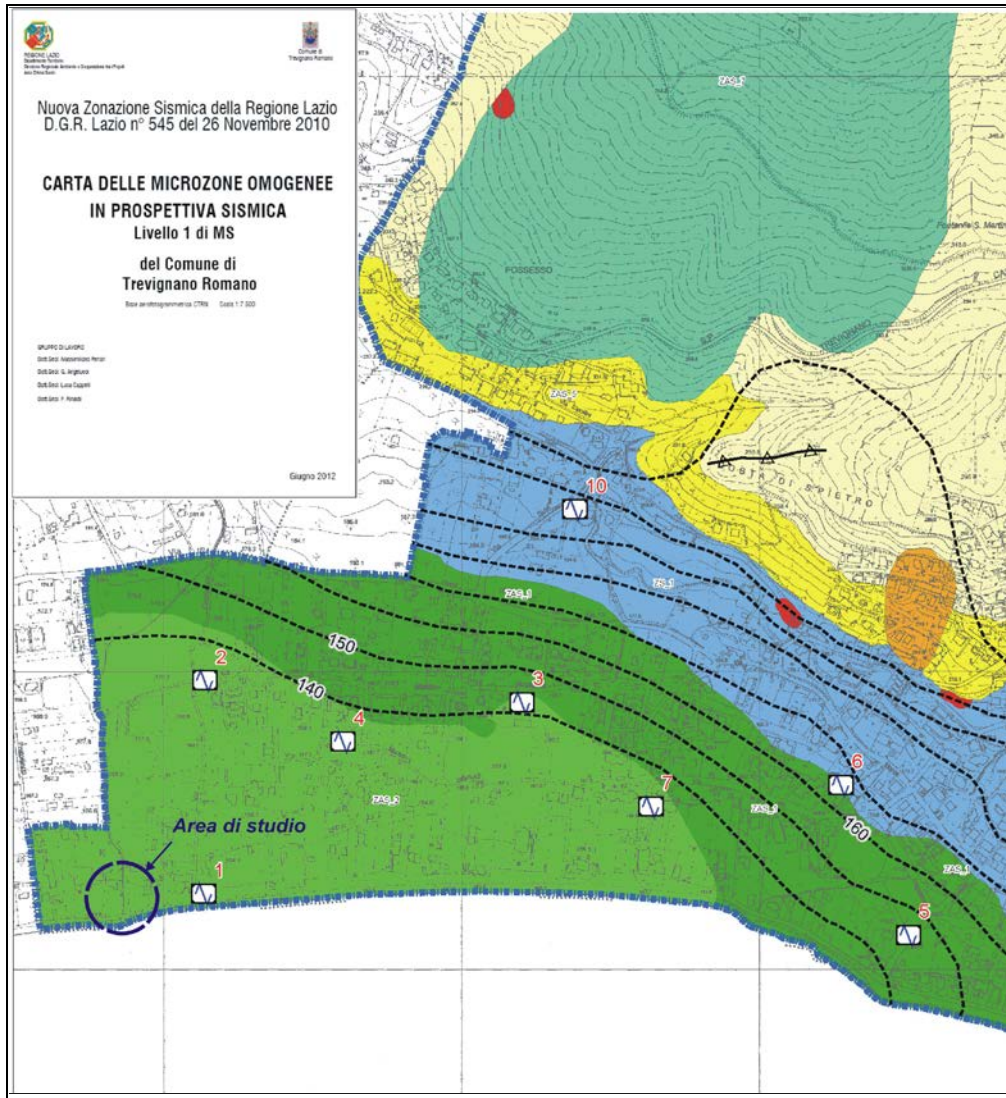
Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III delle NTC18):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Relativamente alla *categoria dei suoli di fondazione* i risultati delle indagini geofisiche eseguite (vedi paragrafi successivi) consentono di inquadrare i terreni oggetto di intervento nella categoria “D”.

In base alle caratteristiche della superficie topografica le aree di progetto sono classificabili nella categoria “T1”.

Come osservabile nello stralcio cartografico di seguito riportato, tratto dalla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) del Comune di Trevignano Romano, l’area di studio ricade in *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali* - ZS2 (aree con depositi alluvionali con spessori > 30 m su lave tefritiche-leucititiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m.



Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica	
ZONE STABILI	
	ZS 1 - Lave tefritiche-leucitiche affioranti o sub-affioranti con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m e coperture < 3 m
ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI	
	ZAS 1 Aree con coperture detritiche ed alluvionali con spessori compresi tra i 3 e 30 m su lave tefritiche-leucitiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m
	ZAS 2 Aree con depositi alluvionali con spessori > 30 m su lave tefritiche-leucitiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m
	ZAS 3 Aree con coperture detritiche con spessori > 3 m su serie piroclastica (la serie include colate laviche tefritiche-leucitiche) con spessori > 30 m
	ZAS 4 Aree con coperture detritiche con spessori > 3 m su serie piroclastica (la serie include colate laviche tefritiche-leucitiche) con spessori < 30 m poggiate su lave tefritiche-leucitiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m
	ZAS 5 Aree con serie piroclastica (la serie include colate laviche tefritiche-leucitiche) con spessori < 30 m poggiate su lave tefritiche-leucitiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m
	ZAS 6 Aree con serie piroclastica (la serie include colate laviche tefritiche-leucitiche) con spessori > 30 m poggiate su lave tefritiche-leucitiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m
	ZAS 7 Aree di affioramento di lave tefritiche-leucitiche con spessori < 20 m e $V_s > 700$ m/s su serie piroclastica con spessori > 30 m.
ZONE INSTABILI	
	ZI 1 Aree che presentano fenomeni di crollo e ribaltamento attivi e aree di affioramento di lave tefritiche-leucitiche con accivita $> 30^\circ$
	ZI 2 Corpi di frana. (Tipo di movimento: scorrimento traslazionale, Stato di attività: quiescente)
	ZI 3 Corpi di frana. (AUTORITA' DEI BACINI REGIONALI DEL LAZIO - Aree sottoposte a tutela per Pericolo di Frana - AREE A PERICOLO "A")
	ZI 4 Corpi di frana. (AUTORITA' DEI BACINI REGIONALI DEL LAZIO - Aree sottoposte a tutela per Pericolo di Frana - AREE A PERICOLO "B")
FORME DI SUPERFICIE	
	Picco isolato
	Cresta
INDAGINE DI NUOVA ESECUZIONE	
	Indagini sismiche (metodo HVSR-Horizontal to Vertical Spectral Ratio)
	numero identificativo della prova
	Isobata Substrato
	Confine Comunale

4.1 Indagini svolte

Il programma di indagini geognostiche eseguito presso l'area di previsto intervento è stato sviluppato in funzione delle opere di progetto, tenendo conto del volume significativo, come definito dal D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e in ottemperanza alla Deliberazione del 5 Luglio 2016 n. 375 inerente il "Regolamento Regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali di prevenzione del rischio sismico e di repressione delle violazioni della normativa sismica. Abrogazione del regolamento regionale 7 febbraio 2012 n. 2". Quest'ultimo definisce la tipologia e la quantità minima di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche in relazione al Livello di Vulnerabilità dell'Opera che identifica tre distinti livelli, Basso, Medio e Alto.

In particolare, sulla base dell'interazione fra la zona sismica (il Comune di Trevignano Romano è classificato in zona sismica 3B) e la Classe d'uso II dell'opera, si ottiene un Livello di Vulnerabilità dell'Opera Basso. Pertanto, per la ricostruzione del modello geologico-tecnico e la caratterizzazione sismica del sito di previsto intervento è stata realizzata una campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente nella realizzazione di:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 20 m dal piano campagna ed attrezzato con piezometro di tipo *a tubo aperto*.
- n. 1 prospezione sismica con metodologia M.A.S.W.

Di seguito è riportata l'ubicazioni dell'indagini.

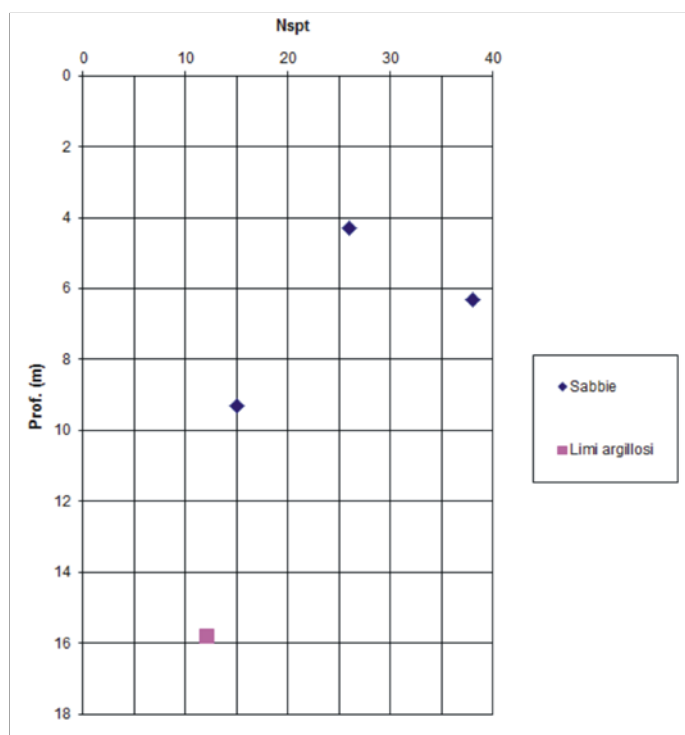


4.2 Stratigrafia

La stratigrafia dei terreni, ricostruita sulla verticale del sondaggio a carotaggio continuo eseguito, ha evidenziato la presenza di una coltre superficiale di riporto, costituito granulometricamente da sabbia limosa con ghiaietto dello spessore di circa 2 m, poggiante su una sequenza di depositi alluvionali di natura prevalentemente sabbiosa, moderatamente addensati, fino a circa 10 m di profondità, quindi limo-argillosi, da poco a moderatamente consistenti, rinvenuti fino a fondo foro (20 m dal piano campagna).

4.3 Prove S.P.T.

Al fine di valutare il grado di addensamento/consistenza dei terreni investigati si è proceduto nel corso delle perforazioni ad eseguire delle prove S.P.T. (Standard Penetration Test). Nel grafico di seguito riportato sono illustrati i risultati ottenuti in funzione della profondità di prova distinti per ciascuna delle unità litotecniche identificate.



Dal valore NSPT è possibile risalire, sulla base di formulazioni empiriche, ad una stima dei parametri di resistenza al taglio e di deformabilità del terreno investigato, riassunti nella seguente tabella.

Sond.	Prof. media strato	Litologia	γ_{nat}	Prof. falda	σ'_{vo}	Nspt	N'	COESIVI		GRANULARI	
								C_u	E_{ed}	ϕ'	E_{ed}
	m		t/mc	m	t/mq			kg/cmq	kg/cmq	°	kg/cmq
1	4.3	Sabbie	1.7	3	6.0	26	35	-	-	31	160
	6.3	Sabbie	1.7	3	7.4	38	45	-	-	33	197
	9.3	Sabbie	1.7	3	9.5	15	15	-	-	29	93
	15.8	Limi argillosi	1.7	3	14.1	12	10	0.7	50	28	73

Dove:

ϕ' = angolo di resistenza al taglio secondo De Mello: $\phi' = 19 - 0,38\sigma + 8,73\text{Log}(N_{SPT})$.

E_{ed} = modulo edometrico: Menzebach e Malcev (terreni granulari) $E_{ed} = BN_{SPT} + 38$ (sabbia fine: $B = 3,54$; sabbia media: $B = 4,46$; sabbia ghiaiosa: $B = 10,46$; sabbia con ghiaia: $B = 11,84$).

C_u = coesione non drenata: Sanglerat (terreni coesivi) $C_u = 0,125N_{SPT}$ (argille a media plasticità); $C_u = 0,100N_{SPT}$ (argille limose); $C_u = 0,067N_{SPT}$ (argille limo-sabbiose).

E_{ed} = modulo edometrico: Sanglerat (terreni coesivi) $E_{ed} = 5N_{SPT}$ (argille a media plasticità), $E_{ed} = 6N_{SPT}$ (argille a bassa plasticità)

4.4 Prove geotecniche di laboratorio

Sul campione indisturbato prelevato nel corso del sondaggio geognostico sono state eseguite prove di laboratorio geotecnico per la determinazione delle caratteristiche fisiche e dei parametri di resistenza al taglio e compressibilità. I risultati ottenuti sono riassunti nel seguente quadro sinottico:

 CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	ACEA ELABORI SpA		SOND.: 1	PAGINA: 1
	Ods 11/17 Rifacimento ponte via della Rena Trevignano Romano (RM)		da m: 15,00	N° IDENTIFICATIVO INTERNO
	DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 19/10/17		a m: 15,50	2352
			DATA EMISSIONE CERTIFICATI 15/11/17	

CARATTERISTICHE FISICHE

UMIDITA' NATURALE	W_n	44,0	(%)	PESO DI VOLUME NATURALE	γ_n	17,38	(kN/m ³)
INDICE DEI VUOTI	e	1,22	(-)	PESO DI VOLUME SECCO	γ_d	12,07	(kN/m ³)
POROSITA'	n	54,9	(%)	PESO DI VOLUME SATURO	γ_{sat}	17,45	(kN/m ³)
GRADO DI SATURAZ.	S_r	98,7	(%)	PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	26,74	(kN/m ³)

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)

LIMO CON SABBIA DEB. ARGILLOSO				PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)		64,7
GHIAIA (%): 1,2	SABBIA (%): 40,9	LIMO (%): 51,2	ARGILLA (%): 6,7	U.S.C.S.		AASHTO
64 - 2 mm	2 - 0,0625 mm	0,0625 - 0,0039 mm	< 0,0039 mm	N.D.		/

LA CARATTERIZZAZIONE FISICO-GRANULOMETRICA SI RIFERISCE ALLA PARTE BASSA DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E PERMEABILITA'

CLASSIFICAZIONE SECONDO ABACO DI PLASTICITA'			CONSISTENZA DEL MATERIALE SECONDO IC			/
LIMITE DI LIQUIDITA'	W_L	N.D.	(%)	LIMITE DI RITIRO	W_s	(%)
LIMITE DI PLASTICITA'	W_p	N.D.	(%)	INDICE DI CONSISTENZA	IC	N.D.
INDICE DI PLASTICITA'	IP	N.P.	(%)	ATTIVITA' (IP / % < 0,002mm)	Ac	(-)
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO			(kPa)	PERMEABILITA'	k	(m/sec)

LE CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' SI RIFERISCONO ALLA PARTE BASSA DEL CAMPIONE

CARATTERISTICHE MECCANICHE					
VAN TEST		Cu (kPa)	POCKET PENETROMETER		of (kPa)
ESPANSIONE LATERALE LIBERA			σ_r (kPa)	ϵ (%)	
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.			VALORI DI PICCO		VALORI RESIDUI
			C' (kPa)	C _r (kPa)	
			ϕ' (°)	ϕ_r (°)	
PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE	CID		CIU		UU
	C' (kPa)		C (kPa)	C _u (kPa)	
	ϕ' (°)		ϕ (°)	ϕ_u (°)	
CARATTERISTICHE EDOMETRICHE					
DA σ' (kPa)	A σ' (kPa)	E _{ed} (kPa)	m _v (kPa ⁻¹)	c _v (cm ² /sec)	k (cm/sec)
12,3	24,5	1879	5,32E-04		
25	49	1677	5,96E-04	N.D.	N.D.
49	98	2630	3,80E-04	N.D.	N.D.
98	196	3893	2,57E-04	N.D.	N.D.
196	392	5793	1,73E-04	N.D.	N.D.
392	785	9313	1,07E-04	N.D.	N.D.
785	1569	17049	5,87E-05		

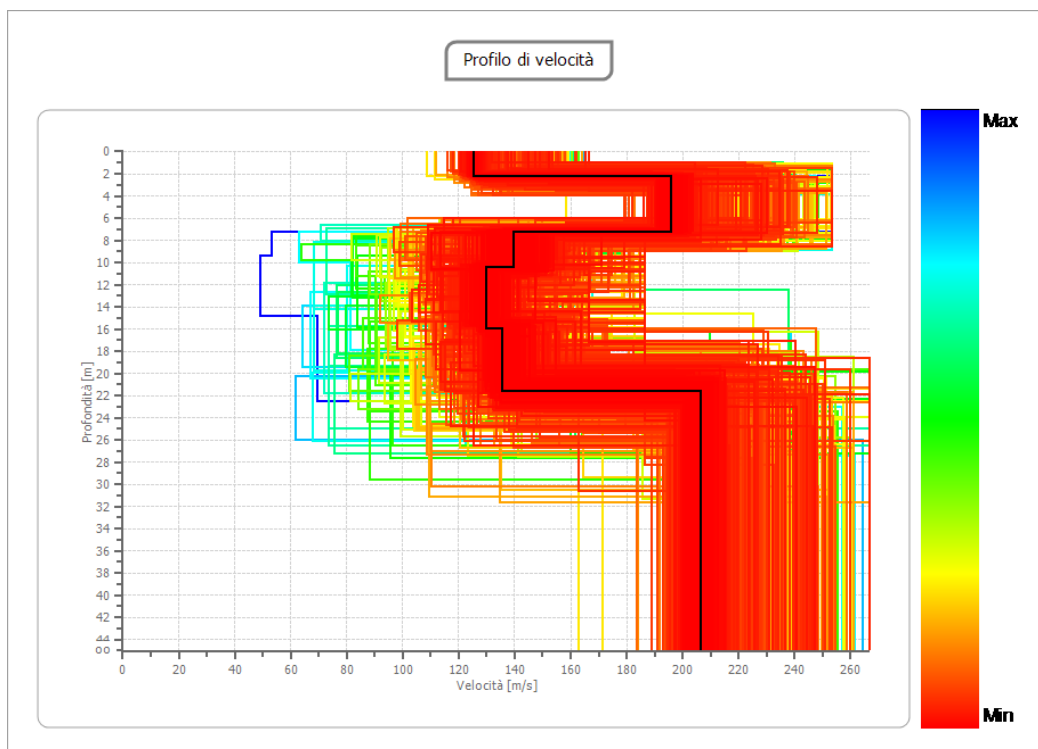
4.5 Risultati della prospezione sismica con metodologia MASW

Per la definizione della categoria di sottosuolo di fondazione secondo l'approccio semplificato delle NTC2018 è stata eseguita n. 1 prospezione sismica con metodologia MASW (analisi multicanale delle onde superficiali).

In sintesi l'intero processo di indagine comprende tre passi successivi:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Relativamente alla prospezione eseguita la curva che meglio approssima i dati sperimentali deriva da un profilo verticale delle onde S come rappresentato nel seguente grafico:



Il profilo di velocità delle onde di taglio evidenzia una inversione di velocità alla profondità di circa 7 m, corrispondente, come evidenziato dal sondaggio geognostico ed illustrato nella sezione geologia riportata in calce, al passaggio da alluvioni prevalentemente sabbiose a depositi alluvionali prevalentemente argillosi; in relazione a tale inversione, in ogni caso, si evidenzia che, come indicato negli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” emanati dalla Protezione Civile Nazionale, la presenza di una inversione di velocità nel profilo delle V_s di una successione litostratigrafia si intende realizzata quando un terreno rigido sovrasta stratigraficamente un terreno meno rigido (soffice) con un rapporto $V_s \text{ rig}/V_s \text{ sof} > 2$, con la V_s dello strato più rigido maggiore di 500 m/s. Nel caso in esame, non sussistendo tali condizioni, il valore di $V_{s_{eq}}$ calcolato, coincidente con il valore di $V_{s_{30}}$, risulta pari a 157 m/sec (per profondità piano di posa = 0) ed identifica un sottosuolo di **Categoria D**.

5 Modello geologico-geotecnico

Con riferimento ai risultati dei rilievi eseguiti, del sondaggio geognostico, delle prove di laboratorio e delle prospezioni sismiche con metodologia MASW realizzate viene di seguito proposto il modello geologico-geotecnico di riferimento per le necessarie verifiche progettuali, illustrato nella sezione geologico-geotecnica riportata in calce:

Da fondo alveo a circa 8 m di profondità: *Alluvioni sabbiose*

- *Peso di volume* (γ_{nat}): 17 kN/m³
- *Coesione drenata* (c'): 0 kPa
- *Angolo di resistenza al taglio* (ϕ'): 31°
- *Modulo edometrico* (E_{ed}): 15 MPa

Da circa 8 m ad almeno 30 m di profondità: *Alluvioni limo argillose, localmente sabbiose*

- *Peso di volume* (γ_{nat}): 17 kN/m³
- *Coesione drenata* (c'): 6 kPa
- *Angolo di resistenza al taglio* (ϕ'): 35°
- *Modulo edometrico* (E_{ed}): 4 MPa

La zona di intervento è caratterizzata inoltre dalla presenza di una falda idrica superficiale con livello piezometrico coincidente con quello lacustre.

Relativamente alla categoria di suolo di fondazione, sulla base del profilo di velocità delle onde S ricostruito con le prospezioni sismiche eseguite con metodologia MASW, si configura per il sito in esame la categoria “D”.