

Committente:

Comune di Subiaco

Piazza S. Andrea, 1 - 00028 Subiaco (RM)
tel. 0774 8161 - fax 0774 822370
sito web: www.comune.subiaco.rm.it
e-mail: info@comunesubiaco.com



Città metropolitana di Roma Capitale



LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A RISCHIO IDROGEOLOGICO IN CONTRADA "RIARCO" - SUBIACO (RM) – PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA

REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN)	CONTROL. (CHK'D)	APPROVATO (APPR'D)	DESCRIZIONE (DESCRIPTION)
0	28/09/2022	Vittorio Federici	Vittorio Federici		Relazione Geologica

FUNZIONE O SERVIZIO (DEPARTMENT)

COMUNE DI SUBIACO – CITTÀ METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE – Area Tecnica

DENOMINAZIONE IMPIANTO O LAVORO (PLANT OR PROJECT DESCRIPTION)

Lavori aventi ad oggetto: "Messa in sicurezza del territorio a rischio idrogeologico in Contrada Riarco"

ID DOCUMENTO (DOCUMENT ID)	NOME FILE (FILE NAME)
<p>Dott. Geol. Vittorio Federici</p> 	Relazione Geologica PE.doc

PROGETTO ESECUTIVO

1. NORME E RIFERIMENTI	4
2. PREMessa	6
3. AREA DI INTERVENTO	8
4. RISCHIO SISMICO DELL'OPERA	10
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE	13
5.1. PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI	13
5.2. PRELIEVO CAMPIONI LITOIDI	14
5.3. INDAGINI SISMICHE	15
6. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA	1
6.1. LINEAMENTI GEOLOGICO-STRATIGRAFICI GENERALI.....	1
7. CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO	7
7.1. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRATIGRAFICHE LOCALI E RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE DI SITO.....	8
7.2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	18
8. SEZIONI TIPO DI CARATTERE GEOLOGICO	19
9. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E INTERAZIONI CON LA FALDA IDRICA	20
9.1. ASPETTI IDROGEOLOGICI GENERALI.....	20
9.1. MISURE PIEZOMETRICHE.....	28
10. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	29
11. CARTOGRAFIE DEGLI ENTI E VINCOLI PAI	35
11.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO	35
11.2. INVENTARIO FRANE "IFFI"	35
11.3. STRALCIO DI CARTOGRAFIA PAI.....	37
12. SISMICITÀ	39
12.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO	39
12.2. ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9.....	46
12.3. STRUTTURE SISMOGENETICHE.....	48
12.4. FAGLIE ATTIVE E CAPACI.....	49
12.5. CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA	50
12.6. MAPPA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	52

PROGETTO ESECUTIVO

13. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E MORFOLOGICHE ED EFFETTI SULLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	57
13.1. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO RICAVATA DA INDAGINI SISMICHE MASW	57
13.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	60
14. MICROZONAZIONE SISMICA	62
15. CONCLUSIONI E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO	64

1. **NORME E RIFERIMENTI**

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316. "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.03".
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- Delibera di giunta regionale n. 387 del 22.05.2009, "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Lazio"
- EN 1997 Eurocodice 7 (Febbraio 2005)
- Regione Lazio - BUR 27 ottobre 2020, n. 129 - Regolamento sismico regionale del 26 ottobre 2020, n. 26
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Decreto 17 gennaio 2018 - Aggiornamento alle "Norme tecniche per le costruzioni".
- GeoPortale Nazionale - Carta Tecnica Regionale scala 1:25.000.
- Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo – C.Meletti e G.Valensise – (marzo 2004).
- Faglie capaci: catalogo delle faglie capaci ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults) dell' Istituto Superiore per la Protezione e per la Ricerca Ambientale.
- INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - La geologia dei terremoti: Faglie sismogenetiche cieche in Pianura Padana (A cura di Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato e Gianluca Valensise – INGV-Roma1).
- Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC) – Protezione Civile – Conferenza delle regioni e delle Province Autonome – 2016.
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio idraulico (PAI) (adottato con delibera di Comitato Regionale n.21 del 07 giugno 2012).
- Amministrazione Provinciale di Roma - Ass. LL.PP. Viabilità e Trasporti - "Idrogeologia della Provincia di Roma" - III Volume - Regione vulcanica dei Colli Albani - U. Ventriglia - 1990
- Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo – C.Meletti e G.Valensise – (marzo 2004)
- Schema idrogeologico dell'Italia Centrale – C.Boni – P.Bono – G.Capelli – Università degli studi di Roma La Sapienza – CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche - 1987

PROGETTO ESECUTIVO

- EVOLUZIONE TETTONICA DI UN SETTORE PARTICOLARE DEL MARGINE TIRRENICO: L'AREA AL CONFINE TRA LAZIO E CAMPANIA. PRIME CONSIDERAZIONI - G. GIORDANO(*), G. NASO(*) & A. TRIGARI(**) - Studi Geologici Camerti, Volume Speciale 1995/2, 269-278
- Un territorio da (ri)scoprire: l'alta Valle del fiume Aniene - Mem. Descr. Carta Geol. d'It. 102 (2014) - D'OREFICE M. (*), FALCETTI S. (*), MORETTI P. (*), PANTALONI M. (*), PICHEZZI R.M. (*), SCALISE A.R. (*)
- La sismicità recente della medio-alta valle dell'Aniene (Lazio): considerazioni geologiche e geofisiche - M. Pirro e R. Di Maro - GNGTS – Atti del 21° Convegno Nazionale / 03.19
- Carta Geologica d'Italia - Scala 1:50.000 – Foglio 376 Subiaco e note illustrative
- Carta del Complesso Vulcanico dei Colli Albani - Scala 1:50.000 - C.N.R.

2. **PREMESSA**

La presente relazione espone gli studi e le analisi eseguiti per la ricostruzione del modello geologico, geomorfologico e idrogeologico nell'ambito del progetto esecutivo degli interventi di messa in sicurezza del territorio a rischio idrogeologico in Contrada Riarco, nel territorio comunale di Subiaco (RM)

Lo studio geologico è stato condotto allo scopo di delineare nel dettaglio la successione dei terreni interessati dagli interventi in progetto, in relazione principalmente alle caratteristiche geologico-stratigrafiche e litotecniche dei depositi che occupano il settore di fondovalle del Fosso Riarco, affluente in sinistra del Fiume Aniene, all'interno del quale sono previste le opere di regimazione delle acque e di mitigazione del rischio idrogeologico.

Dopo una prima fase di studio, essenzialmente mirata alla definizione delle caratteristiche geologiche generali dell'area di progetto attraverso attività di ricerca bibliografica e consultazione di cartografia geologica riguardante l'area interessata dalle opere, si è proceduto ad una successiva fase di studio di dettaglio e rilevamento geologico di campagna, progressivamente integrato ed affinato sulla base delle risultanze fornite dalle campagne di indagini geognostiche e prove di sito effettuate in corrispondenza delle sezioni più significative in relazione agli interventi di progetto.

Queste hanno interessato il sottosuolo fino a profondità tali da interessare sia i depositi alluvionali che occupano il fondovalle, sia le sottostanti formazioni litoidi che costituiscono il bedrock di riferimento del territorio in studio. I risultati delle indagini geognostiche, oltre a fornire un quadro complessivo sulle caratteristiche litostratigrafiche dell'area in esame, hanno inoltre consentito una caratterizzazione in termini litotecnici e geotecnici dei terreni su cui saranno posizionate le opere di progetto.

Per la definizione del modello idrogeologico del sottosuolo si è fatto riferimento alle cartografie degli Enti e di letteratura, nonché alle misure effettuate sulle verticali di sondaggio strumentate con piezometro a tubo aperto.

Lo studio eseguito ha consentito di sviluppare i seguenti argomenti:

- inquadramento idro-geo-morfologico dell'area;
- analisi dell'assetto litostratigrafico emerso dai dati geognostici a disposizione;
- analisi dell'assetto idrogeologico;
- ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche dell'area;
- definizione della categoria del sottosuolo di fondazione e la caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo fondazionale ai sensi delle NTC2018

I criteri e le procedure adottati per la valutazione delle indagini ritenute necessarie in sede di progettazione esecutiva del muro in c.a. sono stati adeguati al livello delle verifiche in corso ed in conformità ai seguenti dispositivi:

- Paragrafo 6.2.1 delle Norme tecniche per le Costruzioni NTC 2018, approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
- Regolamento sismico regionale del 26 ottobre 2020, n. 26

Alla presente relazione sono stati allegati i seguenti elaborati grafici:

- **Sezioni geologiche – Scala 1:200 con cartografia di ubicazione delle indagini geognostiche**

3. AREA DI INTERVENTO

L'area dell'intervento è ubicata nel Comune di Subiaco e prevede interventi di mitigazione ambientale che consistono soprattutto nella regimazione idraulica di alcuni tratti del Fosso Riarco, in località San Francesco, per una lunghezza complessiva di Fosso interessato dell'ordine di circa 600 m.

Le coordinate geografiche del sito sono (WGS84):

- Quota: variabile tra 385 m s.l.m. (monte) e 368 m s.l.m. (valle) m s.l.m.
- Coordinate geografiche WGS84: Lat 41.922293 - Lng 13.087836

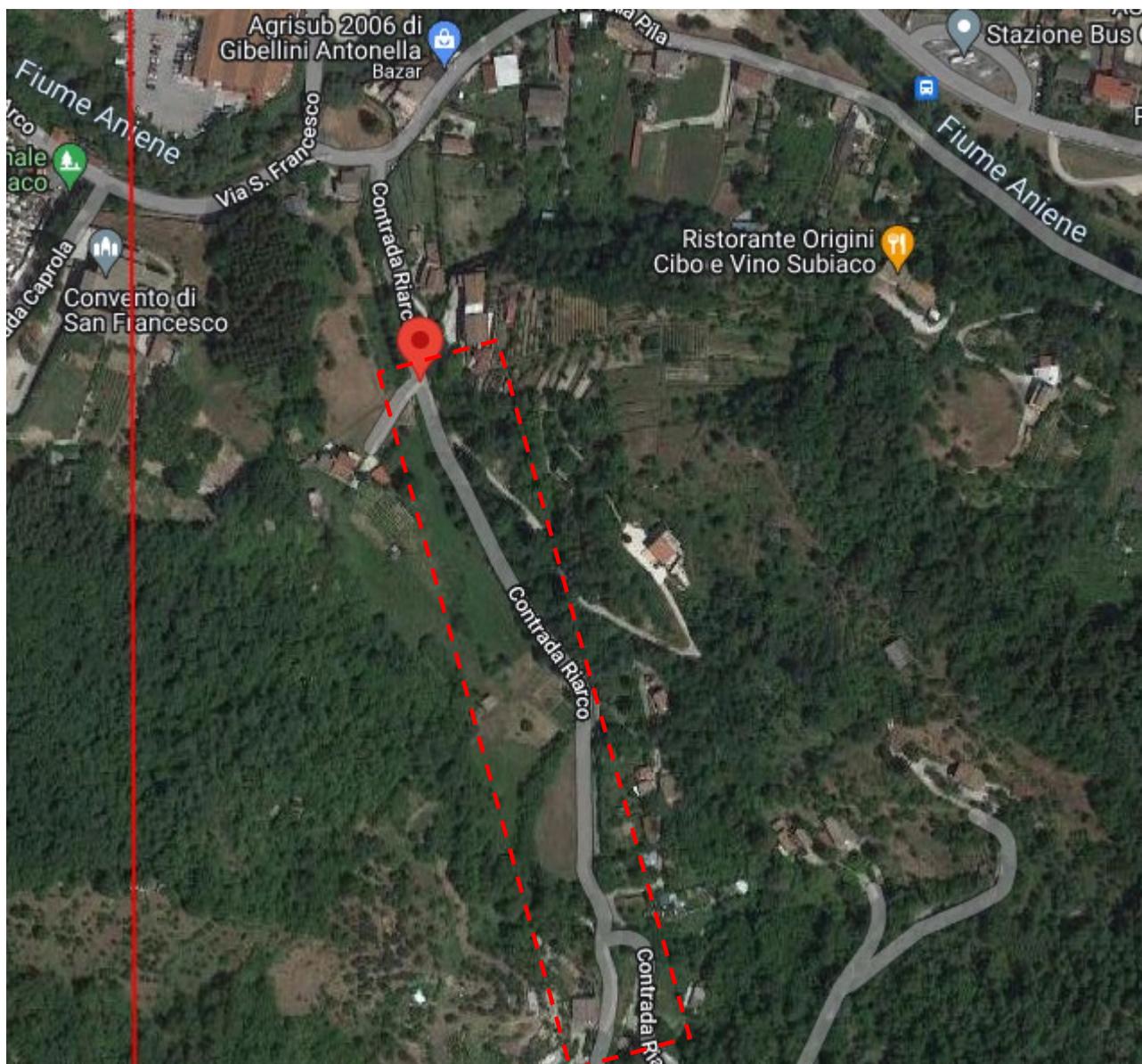


Figura 1 - Ubicazione dell'area d'intervento – Area vasta

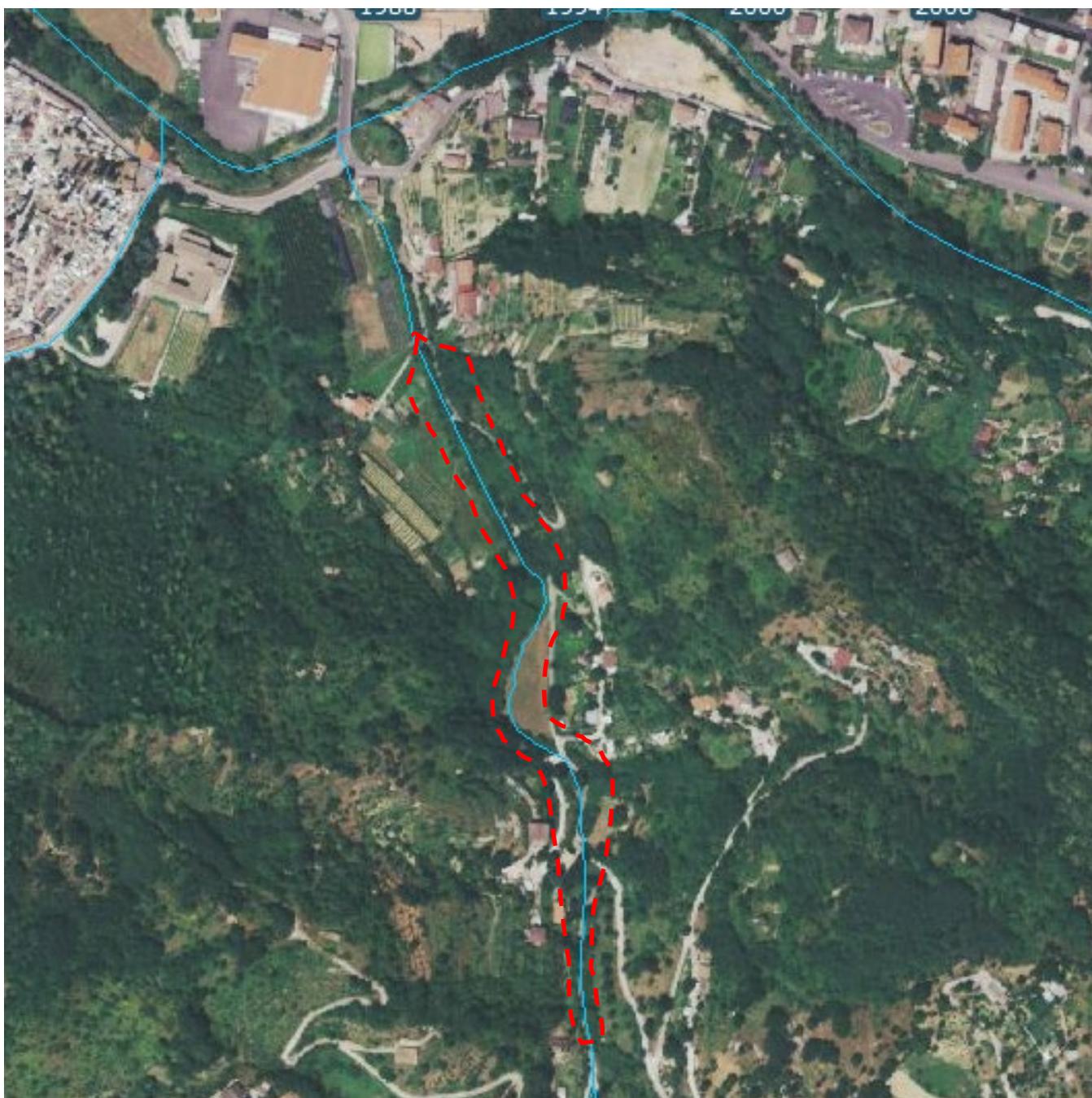


Figura 2 - Ubicazione dell'area d'intervento

4. RISCHIO SISMICO DELL'OPERA

Per la definizione del programma delle indagini geognostiche, finalizzate a una definizione di dettaglio della natura geologico-stratigrafica, geotecnica e sismica del sottosuolo, sono stati seguiti criteri e procedure adeguati al livello delle verifiche in corso e in conformità ai seguenti dispositivi:

- *"Regolamento regionale 26 ottobre 2020, n.26: "Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n.14 e successive modifiche;*
- *Paragrafo 6.2.1 delle Norme tecniche per le Costruzioni NTC 2018, approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Caratterizzazione e modellazione geologica del sito;*
- *Deliberaz. G.R. Lazio 17/10/2012, n. 489 - Nuovo elenco delle strutture in Classe d'uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti) ai sensi del D.M. Infrastrutture del 14.01.2008, della DGR Lazio n. 545/10 e del Regolamento Regionale n. 2/2012;*
- *Deliberazione Giunta n. 189 del 13/04/2021*

L'obiettivo è stato quello di raggiungere una dettagliata definizione del modello geofisico e geotecnico del sottosuolo attraverso indagini geognostiche e geofisiche appropriate.

La scelta della tipologia delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche da eseguire e la loro quantità sono state definite in relazione ad un parametro che identifica un ben definito livello di rischio sismico, dipendente dalla zona sismica dell'area di progetto e dalla classe d'uso dell'opera da realizzare.

In relazione a una **classe d'uso pari a II** e alla **zona sismica 2B**, si definisce un livello di **"Rischio Sismico dell'opera medio"**, secondo quanto indicato nel recente aggiornamento del regolamento sismico regionale (Deliberazione n.26/2020)

La tabella 2 dell'allegato C del Regolamento Regionale del Lazio 26/2020, in relazione al livello di rischio sismico, definisce le corrispondenti indagini e prove minime da effettuare come di seguito rappresentato.

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Figura 3 – DGR 189/2021 e Regolamento Regionale 26 ottobre 2020, n.26 –
"Livello di Rischio Sismico dell'opera"

<p>Livello di Rischio Sismico MEDIO</p>	<p>TERRENI</p> <p>a) Almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU) , dinamica, (DPSH) o dilatometriche DMT, oppure, almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU) o dinamiche (DPSH), che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.</p> <p>b) In sostituzione delle prove di cui alla lettera a), solo per le classi III e IV: almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro, più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU), dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT, che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.</p> <p>c) Nel caso di esecuzione del Sondaggio Geognostico: prelievo di campioni quando la litologia consente un campionamento indisturbato o almeno significativo, del terreno fondazionale da sottoporre a Prove Geotecniche di laboratorio, certificate ai sensi dell'articolo 59 del DPR 380/2001 e successive modifiche, per la definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche e/o dinamiche (Prova di Taglio Diretta, Prova Edometrica, Prova Triassiale, Prova di Taglio Ciclico, Colonna Risonante, ecc.).</p> <p>d) Almeno 2 Prove Sismiche in sito attive (MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passive (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), possibilmente perpendicolari tra di loro per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.</p> <p>e) Almeno 1 Acquisizione di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSr), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno.</p> <p>f) Almeno una prova sismica diretta in foro (DH, CH, SDMT) eseguita fino alla profondità pari al raggiungimento del bedrock sismico o comunque fino alla profondità di almeno 30 metri, in tutti i casi in cui dovrà essere eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale (RSL) per le classi d'uso III e IV.</p> <p>g) Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/2019 e successive modifiche ed in tutti i casi in cui (es. inversioni di velocità, bruschi passaggi di rigidità, ecc.) il sottosuolo non è classificabile nelle categorie di cui alla Tabella 3.2.11 delle NTC2018, eseguita tramite:</p> <ul style="list-style-type: none">• codice di calcolo 1D unicamente per sottosuoli costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica piana;• codice di calcolo 2D da eseguire per sottosuoli non costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica non pianeggiante.
--	--

Figura 4 – Regolamento Regionale 26 ottobre 2020, n.26 – Indagini geologiche, geotecniche e sismiche minime in funzione del livello di rischio sismico

Le indagini effettuate in sede di progettazione definitiva sono conformi e rispettano le prescrizioni del nuovo regolamento sismico regionale.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

La campagna di indagini si è posta come principale obiettivo quello di definire con maggiore dettaglio sia il modello geologico-stratigrafico generale, sia i caratteri geotecnici delle formazioni interessate, con particolare riferimento alle caratteristiche litologiche e litotecniche dei depositi alluvionali che occupano il fondovalle del Fosso Riarco.

Nel complesso, le indagini eseguite hanno consentito di:

- ✓ ricostruire nel dettaglio la successione stratigrafica locale all'interno del fondovalle, nella quale sono previsti gli interventi di sistemazione e regimazione idraulica;
- ✓ approfondire gli aspetti geologico-stratigrafici e geotecnici dei depositi alluvionali, di mediocri caratteristiche geotecniche
- ✓ definire spessore delle alluvioni recenti e attuali e profondità del tetto del basamento litoide;
- ✓ Definire le categorie di sottosuolo in termini di V_{seq}/V_{s30} in corrispondenza delle opere di progetto;

In relazione alla tipologia di intervento e tenuto conto del Regolamento Sismico Regionale, sono state condotte una serie di indagini geognostiche principalmente finalizzate alla determinazione dello spessore e delle caratteristiche di consistenza dei depositi alluvionali di copertura del substrato litoide miocenico, che caratterizza l'ossatura del territorio in studio.

Nello specifico, sono state condotte le seguenti prove:

- N. 4 prove penetrometriche superpesanti DPSH, spinte fino a rifiuto all'avanzamento (4-5 m da p.c.).
- N°2 Prove sismiche MASW (V_s, eq) per la determinazione della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018;
- N.1 misura di microtremore sismico HVSR;
- N° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti fino a profondità di 6-7 m da p.c., strumentati con piezometro a tubo aperto. Esecuzione di prove spt in foro e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio;
- Prove di laboratorio su terre;
- Prove di laboratorio su rocce.

Si riporta una planimetria delle indagini eseguite all'interno del lotto di progetto.

5.1. Prelievo campioni indisturbati

Nel corso delle perforazioni sono stati prelevati n° 3 campioni indisturbati di terreno, con l'ausilio di un campionatore a pareti sottili del tipo Shelby, e n.3 campioni rimaneggiati. Il campionatore è composto da una testa con valvola a sfera e relativi sfiati, collegata con viti a brugola al tubo di infissione che funge da contenitore. Il tubo di infissione, che contiene il campione di terreno, è costituito da un tubo d'acciaio

PROGETTO ESECUTIVO

adeguatamente levigato all'interno, e possiede la base tagliente con angolo di scarpa tra 4° e 15°, in modo da minimizzare il disturbo del terreno per effetto delle operazioni di prelievo. Questo tipo di campionatore di norma viene utilizzato anche per il prelievo di campioni indisturbati in terreni coesivi (classe di qualità Q5), che permette, quindi, la determinazione delle caratteristiche geotecniche. Dopo il prelievo le fustelle, contenenti i campioni indisturbati, sono state controllate e sigillate ermeticamente con un velo di paraffina al fine di migliorare la conservazione nel trasporto.

Su ogni fustella è stata riportata:

- ◆ la designazione del committente, del cantiere e del sondaggio;
- ◆ il tipo di prelievo e il tipo di campionatore;
- ◆ la profondità del prelievo;
- ◆ la profondità della falda;
- ◆ la data del prelievo.

A seguire viene presentata una tabella riepilogativa dei campioni prelevati durante le lavorazioni riferita ai sondaggi geognostici eseguiti:

SONDAGGIO (n°)	PROFONDITÀ (m)	ID CAMPIONE	TIPO DI CAMPIONATORE	DATA PRELIEVO
S 01	2.0-2.5	C.I. 1	Shelby	23/08/2022
S 02	2.6-3.1	C.I. 1	Shelby	23/08/2022
S 03	1.3-1.6	C.I. 1	Shelby	24/08/2022

Tabella 1 - Tabella riassuntiva prelievo campioni indisturbati

I campioni sono stati analizzati dal laboratorio terre Labortek.

5.2. Prelievo campioni litoidi

In corrispondenza del basamento litoide su cui poggiano i depositi alluvionali sono stati prelevati n.2 campioni di roccia arenacea litoide secondo quanto di seguito riportato:

SONDAGGIO (n°)	PROFONDITÀ (m)	ID CAMPIONE	DATA PRELIEVO
S 01	3.5-4.0	C.L. 1	23/08/2022
S 02	4.0-4.35	C.L. 1	23/08/2022

Tabella 2 - Tabella riassuntiva prelievo campioni di roccia litoide

5.3. **Indagini sismiche**

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle V_s viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici.

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 36 canali della M.A.E., modello A6000S, con display a colori in LCD-TFT 10.4" TouchScreen, trattamento del segnale a 24 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" post-acquisizione; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno.

Sono stati utilizzati 24 geofoni da 4,5 Hz e, come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica. Sono state eseguite n.2 indagini MASW nell'area di interesse.

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A RISCHIO IDROGEOLOGICO IN CONTRADA "RIARCO"
- SUBIACO (RM) – PROGETTO ESECUTIVO
Comune di Subiaco (RM)

PROGETTO ESECUTIVO

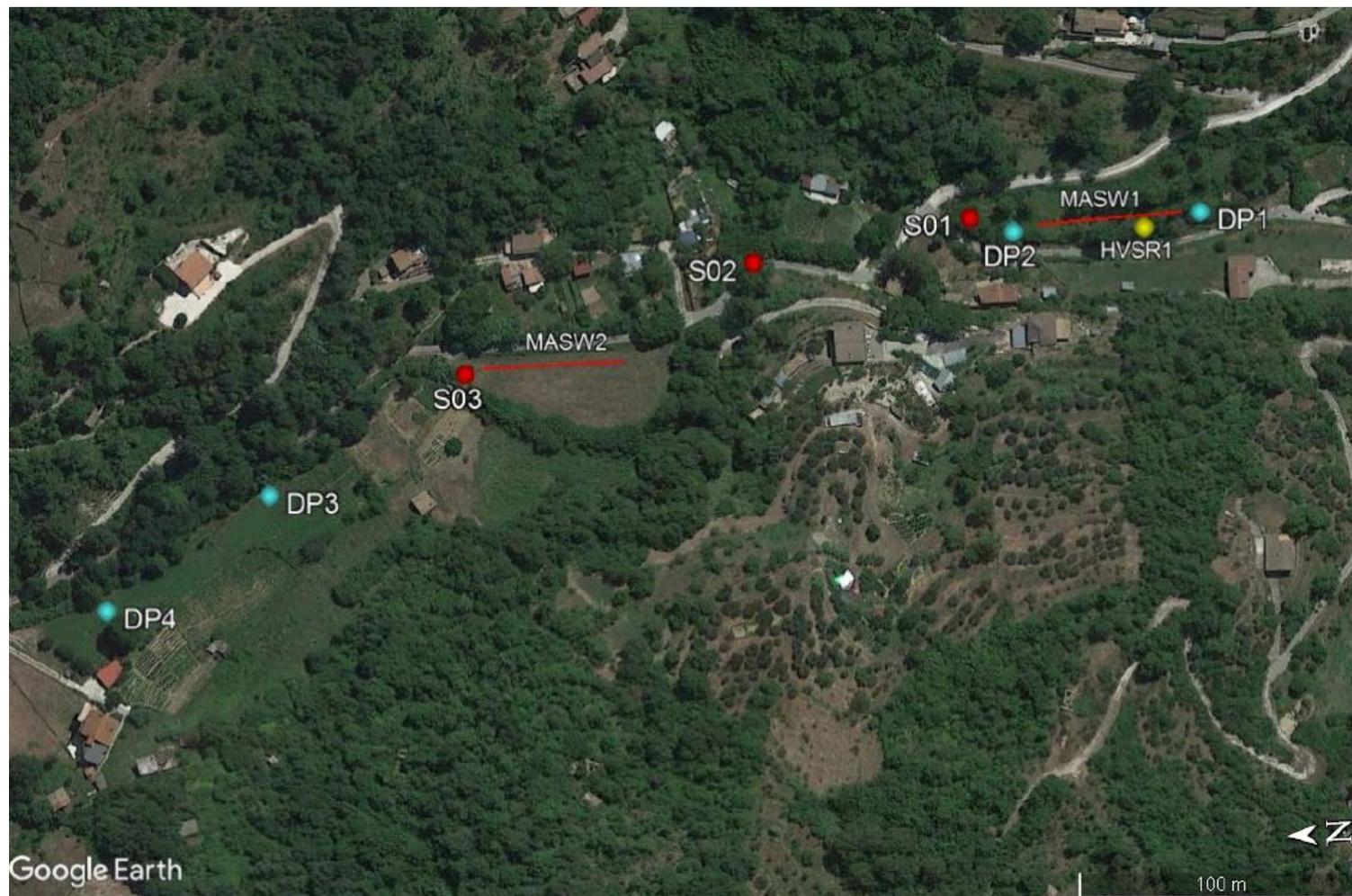


Figura 5 – Planimetria ubicazione indagini geognostiche

6. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

6.1. Lineamenti geologico-stratigrafici generali

L'area in esame ricade nella alta Valle del fiume Aniene, una depressione allungata in senso appenninico che separa le strutture carbonatiche dei Simbruini, ad est, da quelle dei Ruffi, ad ovest – sud-ovest. (Figura 6).

L'attuale conformazione geomorfologica rappresenta il risultato delle complesse vicissitudini tettoniche che hanno interessato questo settore della catena appenninica a partire dal Messiniano. L'area rappresenta una delle zone geologicamente più complesse dell'Appennino centrale. In questo settore geografico, l'Appennino è caratterizzato dalla presenza di due grandi domini paleogeografici, dalla cui evoluzione ha avuto origine l'attuale paesaggio.

Il primo dominio, rappresentato dalla "piattaforma carbonatica laziale-abruzzese", è costituito da una successione calcareo-dolomitica che si è deposta in un ambiente marino poco profondo nel periodo che va dal Triassico superiore (220 Ma) al Cretacico superiore (65 Ma). A questa fa seguito un'interruzione nella continuità della sedimentazione avvenuta durante il Paleogene (65-20 Ma) e conosciuta come "lacuna paleogenica", legata all'emersione della piattaforma carbonatica. La sedimentazione riprende poi nel Miocene inferiore e medio con depositi di rampa carbonatica formati da calcari e calcareniti bioclastiche (formazione dei "Calcari a briozoi e litotamni" Auct.).

I suddetti depositi costituiscono l'imponente dorsale carbonatica dei Monti Simbruini, ad est di Subiaco.

Il secondo dominio paleogeografico è costituito dal cosiddetto "bacino umbro-marchigiano-sabino", caratterizzato da successioni calcareo-siliceo-marnose e calcarenitiche di ambiente marino aperto e di scarpata sottomarina, depostesi tra il Triassico superiore (190 Ma) e il Miocene medio (15 Ma).

Questi due diversi domini paleogeografici vengono a contatto, all'altezza dei paesi di Roviano e Anticoli Corrado e lungo la dorsale dei Monti Ruffi, attraverso un complesso sistema di faglie e un ampio sovrascorrimento ad asse nord-sud e vergenza orientale. Questo complesso lineamento tettonico, denominato "linea Olevano-Antrodoco" perché decorre con continuità tra queste due località distanti oltre 100 km tra loro, è stato attivo in un lungo periodo compreso fra il Giurassico inferiore ed il Pliocene.

Nel settore che comprende l'abitato di Subiaco e che si estende verso ovest e nord-ovest verso l'abitato di Anticoli Corrado, affiorano potenti successioni di depositi di natura silicoclastica riferibili al Miocene superiore, per gran parte costituiti da sequenze arenacee e arenaceo-pelitiche.

Le principali fasi tettoniche all'origine dell'attuale configurazione strutturale del territorio in esame possono essere così sintetizzate:

- Lias medio - Assottigliamento crostale del margine passivo africano e inizio di una fase distensiva che genera la formazione di vari settori tra cui una vasta area di piattaforma a sedimentazione carbonatica con deposizione di dolomie e calcari quasi puri, per alcune migliaia di metri di spessore, durante il mesozoico
- Dal Dogger al Cretacico: fase distensiva e successiva emersione di vaste zone

PROGETTO ESECUTIVO

- Trasgressione miocenica (DEVOTO,1967; DAMIANI 1991), con la deposizione di calcareniti organogene e di calcari marnosi nei canali venutisi a formare nella piattaforma carbonatica in via di emersione.
- Miocene superiore-Pliocene - fase tettonica compressiva che porta all'emersione della piattaforma carbonatica e all'accavallamento dei terreni in facies sabina su quelli di facies laziale-abruzzese, lungo la linea Olevano-Antrdoco. Nel Tortoniano superiore-Messiniano inferiore si passa alla sedimentazione terrigena marina, che si chiude con la deposizione dei termini silicoclastici flyschoidi (DEVOTO, 1967; PAROTTO & PRATURLON, 1975).
- Pliocene – Pleistocene - Attività tettonica a carattere distensivo e sprofondamento di interi settori lungo sistemi di faglie dirette, caratterizzate da migliaia di metri di rigetto, provocando la formazione di fosse tettoniche (graben) con sequenze deposizionali marine di natura argillosa e sabbioso-conglomeratica (PAROTTO & PRATURLON, 1975) – Assottigliamento crostale e sviluppo delle attività dei vari Distretti Vulcanici dell'Italia centrale

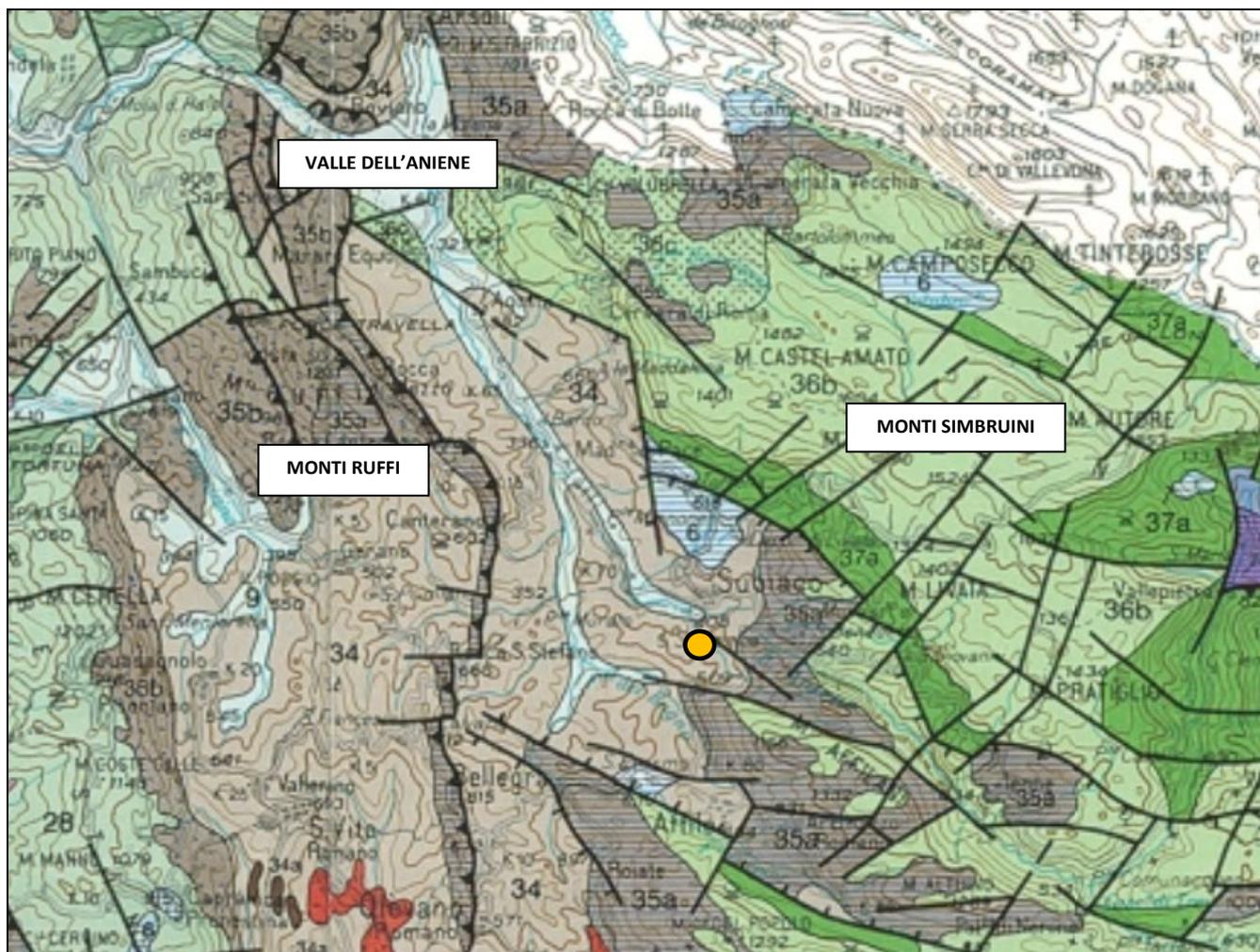


Figura 6 – Carta geologica di inquadramento generale

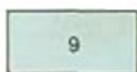
(da: Modello litostratigrafico strutturale della Regione Lazio – Scala 1:250.000

Regione Lazio – Università di Roma La Sapienza)

AREA DI PROGETTO



LEGENDA

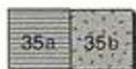


DEPOSITI ALLUVIONALI: alluvioni costituite da sabbie e ghiaie con limi ed argille, **Olocene-Pleistocene**

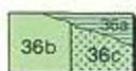
UNITÀ CARBONATICHE DELLE SERIE LAZIALI-ABRUZZESI



Torbiditi argilloso-arenacei contenenti olistostromi di scisti varicolori («Flysch di Frosinone» Auct.), mame a Orbulina (34); localmente, alla base della sequenza, calciruditi («Brecce di Genazzano» e «Brecce della Renga» Auct.) (34a), **Tortoniano-Serravalliano p.p.**



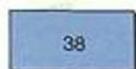
Calcarei organogeni di mare poco profondo («Calcarei a Briozoi e Litotamni» Auct.) (35a); calcareniti al tetto della Formazione di Guadagnolo (35b); **Serravalliano p.p. - Langhiano**.



Calcareniti, in piccoli affioramenti discordanti su differenti intervalli della sequenza Mesozoica, **Paleocene** (36a); calcari di mare poco profondo, **Paleocene-Cretacico superiore** (36b); calcareniti e calciruditi risedimentate lungo la scarpata della piattaforma (36c), **Paleocene - Cretacico superiore**.



Calcarei di mare poco profondo (37a), **Cretacico inferiore - Giurassico**. (37a) e (36b) sono a luoghi separati da un orizzonte bauxitico (bx) di alcuni metri di spessore; calcareniti e calciruditi lungo la scarpata della piattaforma (37b), **Cretacico inferiore - Giurassico**.



Calcarei e calcari dolomitici di mare poco profondo, **Lias inferiore**.



Calcarei ad intraclasti e peloidi con megalodontidi, dolomie secondarie con resti di ammoniti, gasteropodi, echinidi ed alghe dasycladacee. Dolomie bianche stratificate e laminate con resti di pesci; dolomie bianche e grigie subcristalline, massive, con lamellibranchi e gasteropodi; dolomie massive brecciate sterili «Strati di Filettino», **Norico -Retico**.

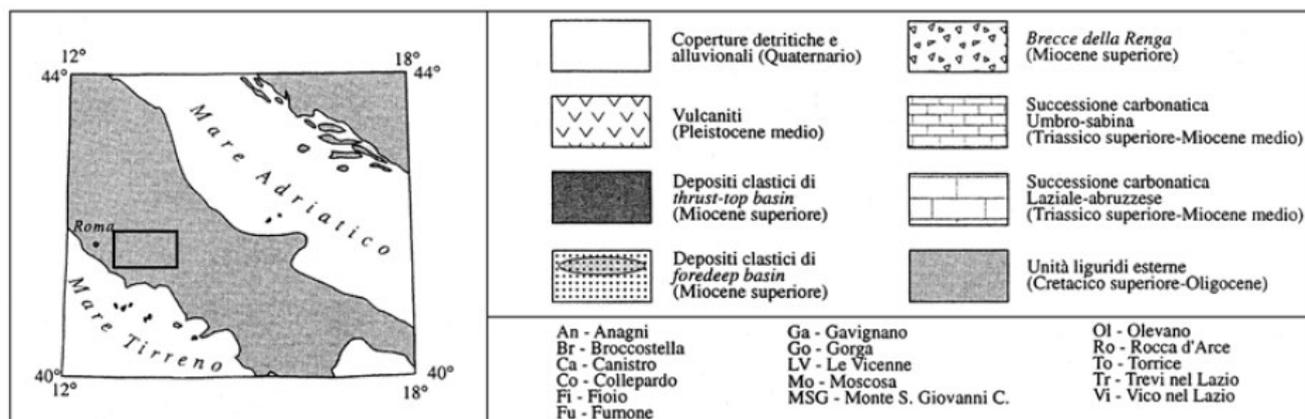
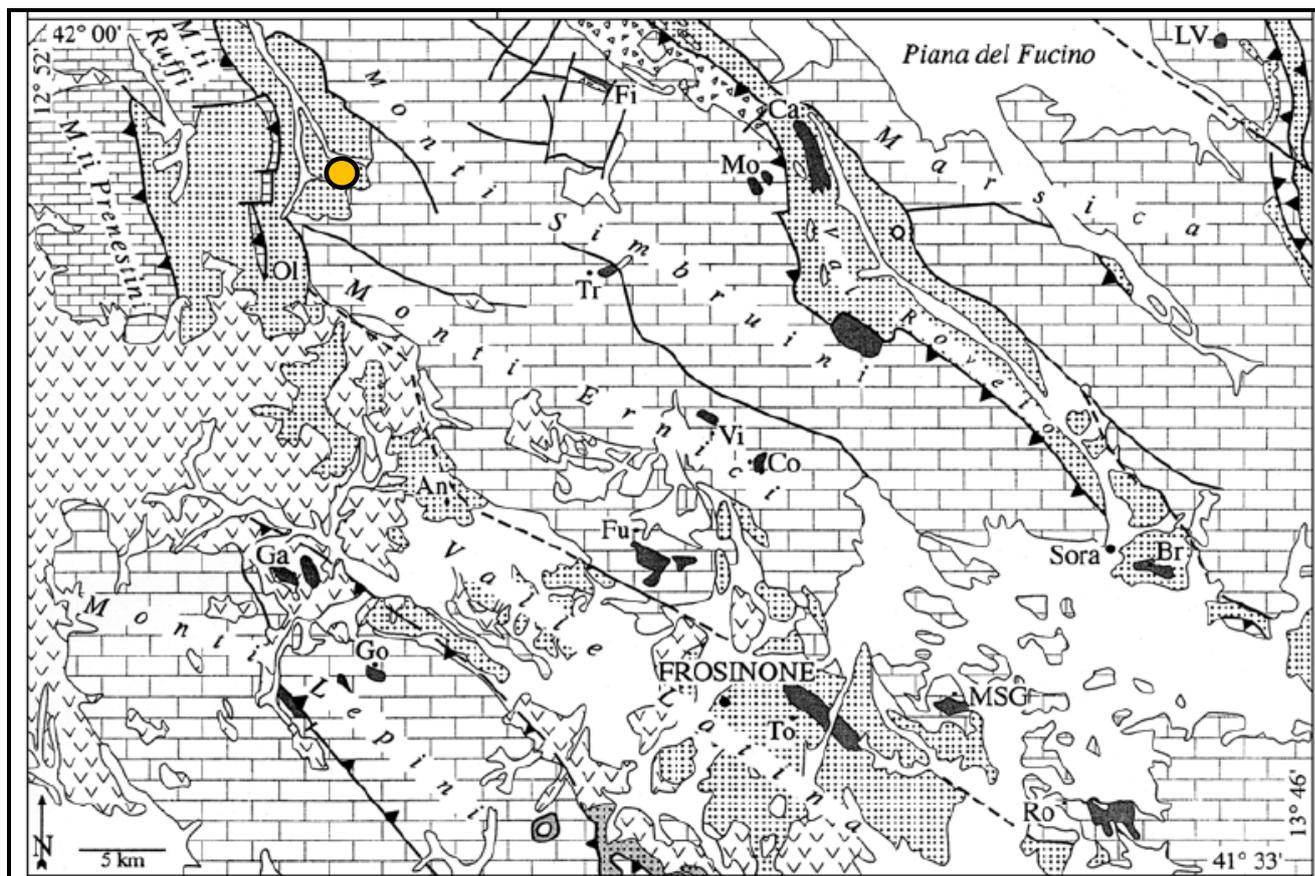
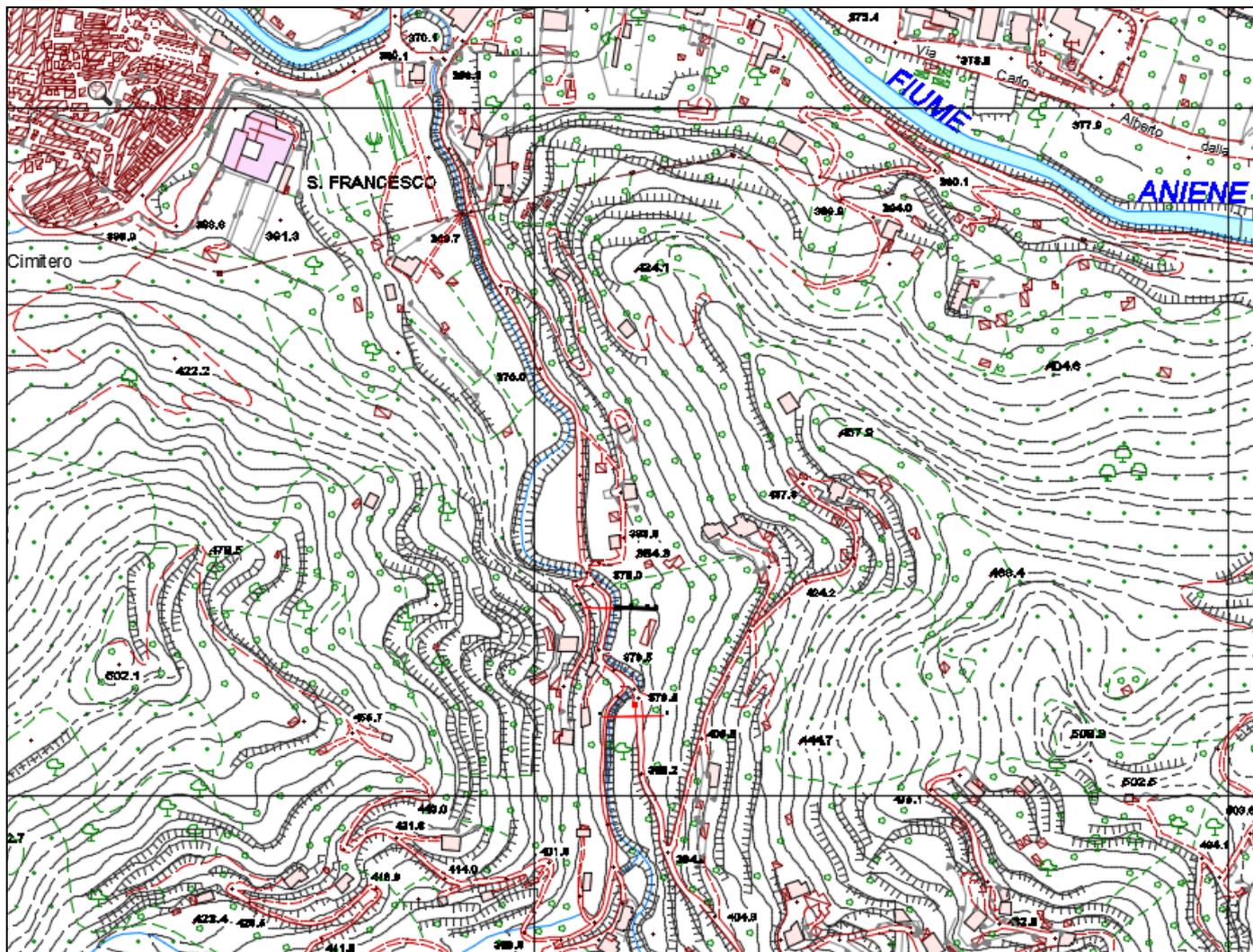


Figura 7 – Schema geologico del settore Ernico-Simbruino (da Cipollati P. & Cosentino D., 1995)

AREA DI PROGETTO





7. CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO

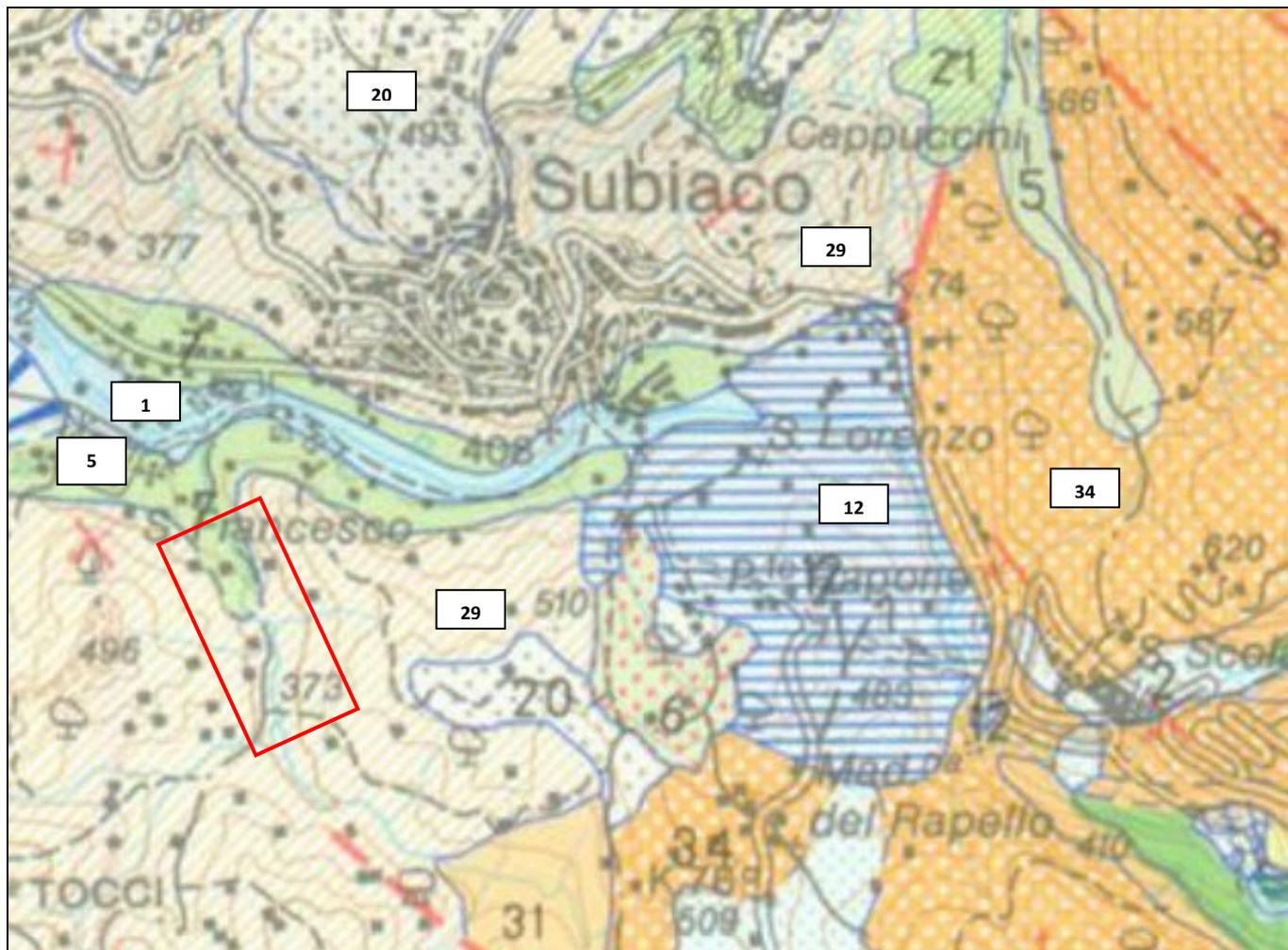


Figura 9 – Carta Geologica

(Stralcio da: Carta Geologica d'Italia – Scala 1:50.000 – Foglio 376 "Subiaco")

Legenda: 34: Calcari biodetritici e biocalcareni ("Formazione dei Calcari a Briozoi e Litotamni") - (Miocene inferiore); 29: **Associazione arenaceo-pelitica – Arenarie giallo e grigie in strati molto spessi con rare peliti – (Miocene superiore)**; 20: Detriti di falda e breccie cementate (Pleistocene); 12: Travertino (Pleistocene – Olocene); 5: Depositi colluviali e terre rosse (Olocene); 1: depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene)

AREA DI PROGETTO



7.1. **Caratteristiche geologico-stratigrafiche locali e risultati delle indagini geognostiche di sito**

Il sito di progetto è situato nel territorio comunale di Subiaco e ricade in corrispondenza del fondovalle del Fosso di Riarco, che scorre in direzione all'incirca N-S dalla dorsale collinare posta a sud di Subiaco fino al fiume Aniene, nel quale confluisce all'altezza della loc. San Francesco.

Gli interventi di progetto prevedono principalmente opere di protezione spondale e interventi di risagomatura dello sponde.

Nello specifico, il progetto prevede le seguenti opere:

- pulizia del fosso e riprofilatura del fondo;
- profilatura delle scarpate;
- protezione sponde fosso e strada comunale con gabbionate;
- rifacimento gabbionate esistenti nei tratti ammalorati;
- allargamento della strada comunale

La conformazione topografica e morfologica attuale appare nel complesso inalterata, solo in alcuni tratti modificata dalle attività antropiche, responsabili soprattutto del rimodellamento generale del settore di fondovalle a seguito di attività agricole o di locali modifiche del decorso del torrente per interventi di risagomatura delle sponde in adiacenza alla strada comunale.

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici del settore interessato da interventi, il tratto superiore del fondovalle si presenta più stretto e maggiormente incassato, caratterizzato da una incisione dall'andamento nel complesso rettilineo che scorre all'interno di un'area subpianeggiante piuttosto stretta e delimitata da versanti spesso terrazzati e a tratti di medio-elevata acclività.

Nel settore più a valle, di contro, il Fosso Riarco scorre all'interno di una piana alluvionale suborizzontale più ampia (40-60 m circa), accostandosi dapprima sul versante sinistro, e scorrendo successivamente in adiacenza alla strada comunale, lungo il piede del ripido versante posto in destra idrografica del fosso.

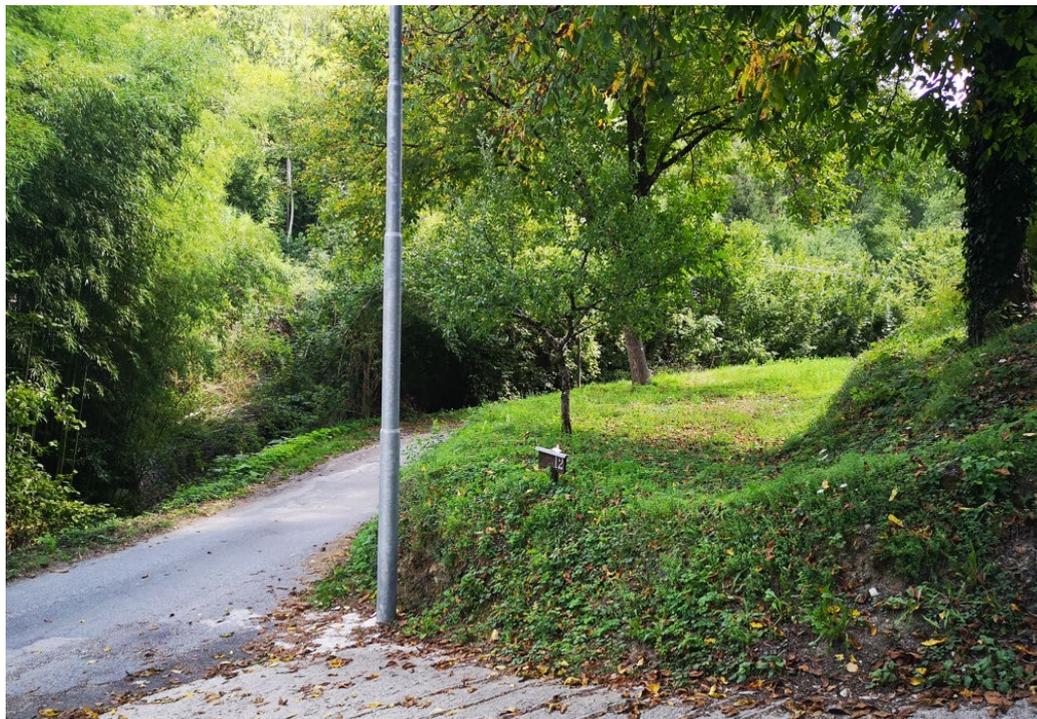


Figura 10 – Tratto superiore del Fosso Riarco, più stretto e inciso, a tratti interessato da opere di difesa spondale



Figura 11 – Tratto intermedio e inferiore del fondovalle, più ampio e subpianeggiante



Figura 12 – Tratto inferiore del fondovalle del Fosso Riarco (visibile sulla sinistra, a ridosso della strada comunale)



Figura 13 – Tratto inferiore del fondovalle del Fosso Riarco: si osservano scalzamenti sulla sponda destra con franamento di un tratto della sede stradale

PROGETTO ESECUTIVO

I caratteri stratigrafici e il modello geologico dell'area di progetto sono stati definiti a seguito dell'analisi dei materiali estratti in sede di indagine geognostica, integrando le risultanze delle prove in sito con quanto desunto a seguito del rilevamento geologico di campagna effettuato sull'area di intervento.

L'assetto geologico-stratigrafico generale che caratterizza complessivamente gran parte dell'area di progetto è contraddistinto dalla presenza di una copertura di depositi alluvionali e alluvio-colluviali, che occupano il fondovalle del Fosso Riario, che poggiano su un substrato roccioso di natura prevalentemente arenacea, affiorante lungo entrambi i fianchi della valle del Fosso Riario.

Tali successioni, che costituiscono l'ossatura dei rilievi collinari distribuiti in sinistra idrografica del fiume Aniene, a SSW di Subiaco, comprendono depositi di natura silicoclastica di natura flyscioide, per gran parte costituiti da sequenze arenacee e arenaceo-pelitiche, riferibili al Miocene superiore.

In corrispondenza dell'area in esame, detti depositi sono stati rinvenuti solo in sede di carotaggio in tutti i sondaggi realizzati, in quanto ricoperti dalle alluvioni recenti che occupano il fondovalle.

In relazione alle risultanze degli studi condotti e delle risultanze delle indagini, il **modello geologico del sottosuolo** può considerarsi rappresentato dalla successione delle seguenti Unità, dall'alto verso il basso:

- **Unità A – Depositi alluvio-colluviali recenti e attuali**
- **Unità B – Substrato litoide miocenico**

I depositi alluvio-colluviali caratterizzano la parte superiore del sottosuolo sull'intera area di progetto. In corrispondenza del fondovalle del Fosso Riario comprendono materiale incoerente costituito soprattutto da sabbie da debolmente limose a limose e ghiaiose, da poco a mediamente addensate, con subordinate lenti e orizzonti ghiaioso-ciottolosi. Locali trovanti marnosi e/o arenacei caratterizzano soprattutto i tratti bordieri del fondovalle, laddove agli apporti alluvionali del torrente si associano i depositi detritico-colluviali provenienti dai versanti e accumulati al piede degli stessi.

Lo spessore delle coperture alluvionali e alluvio-colluviali, definito a seguito dei risultati delle prove DPSH e dei sondaggi geognostici, è complessivamente modesto nel tratto interessato dagli interventi e compreso tra 1.7-4 m.

I depositi dell'Unità B caratterizzano il substrato roccioso su cui poggiano le alluvioni recenti e attuali di fondovalle e rappresentano il substrato di riferimento dell'intero territorio in studio.

Tale Unità è stata rinvenuta in tutti i 3 sondaggi geognostici eseguiti e comprende arenarie di colore grigio, da fratturate, nella porzione superficiale, a compatte e massive, inferiormente. Tali depositi affiorano spesso al piede del versante, soprattutto in corrispondenza dei tagli operati per la realizzazione della strada comunale, e sono rappresentati da bancate di arenarie giallastre o grigio-giallastre litoidi, massive o talora disposte in spessi strati di spessore 1-3 m.

Nel tratto medio inferiore del settore di intervento, la trincea stradale mostra la presenza di arenarie alterate da coerenti a semilitoidi ricoperte da depositi eluvio-colluviali di spessore 1-2 metri.

Nel tratto più a valle del settore di progetto, arenarie alternate a siltiti lapidee affiorano lungo il fondo del T.Riario, in adiacenza alle gabbionate esistenti. (Figura 20).



Cass. 1 da 0.0m a 5.0m

Figura 14 – Sondaggio S2 – Depositi alluvionali sabbioso-limosi, passanti inferiormente a roccia arenacea poco fratturata e di aspetto massivo



Cass. 1 da 0.0m a 5.0m

Figura 15 – Sondaggio S3 – Depositi alluvionali sabbioso-limosi, passanti inferiormente a roccia arenacea da poco fratturata a fratturata o molto fratturata

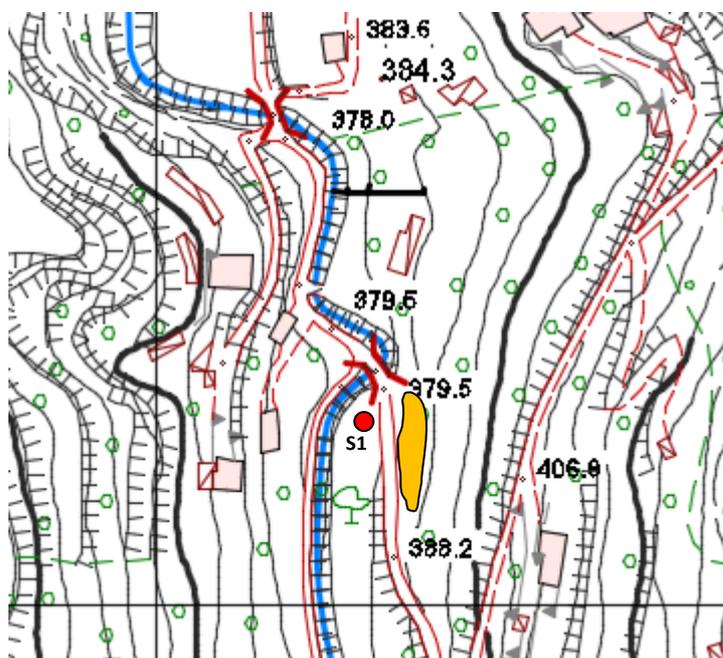


Figura 16 – Banco di arenarie litoidi e di aspetto massivo affioranti in destra del Fosso Riario, lungo la strada comunale, all'altezza del sondaggio S01

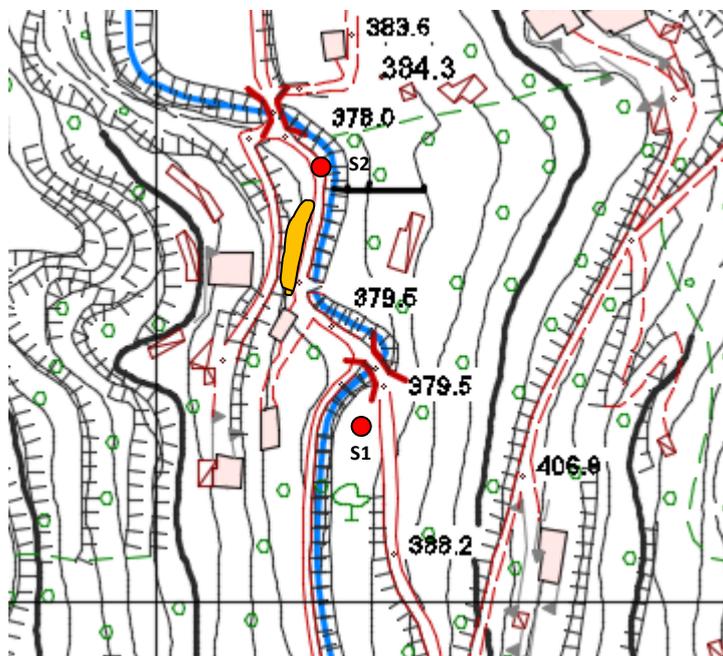


Figura 17 – Banchi di arenarie litoidi di spessore 1-3 m affioranti in sinistra del Fosso Riarco, lungo la strada comunale, nel tratto superiore dell'area di intervento

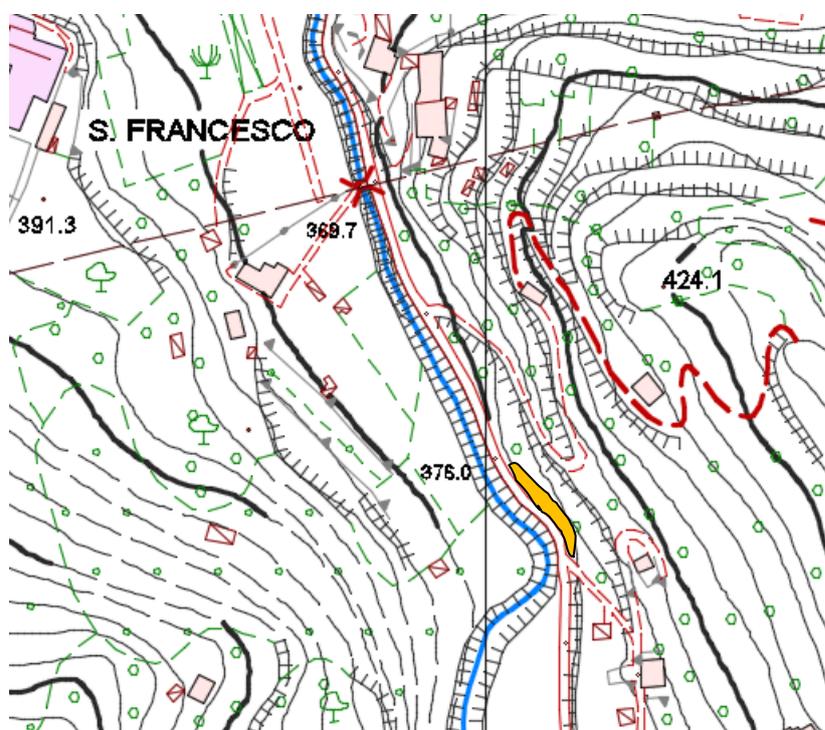


Figura 18 – Banchi di arenarie litoidi debolmente alterate e fratturate affioranti in destra del Fosso Riarco, lungo la strada comunale, nel tratto medio-inferiore dell'area di intervento

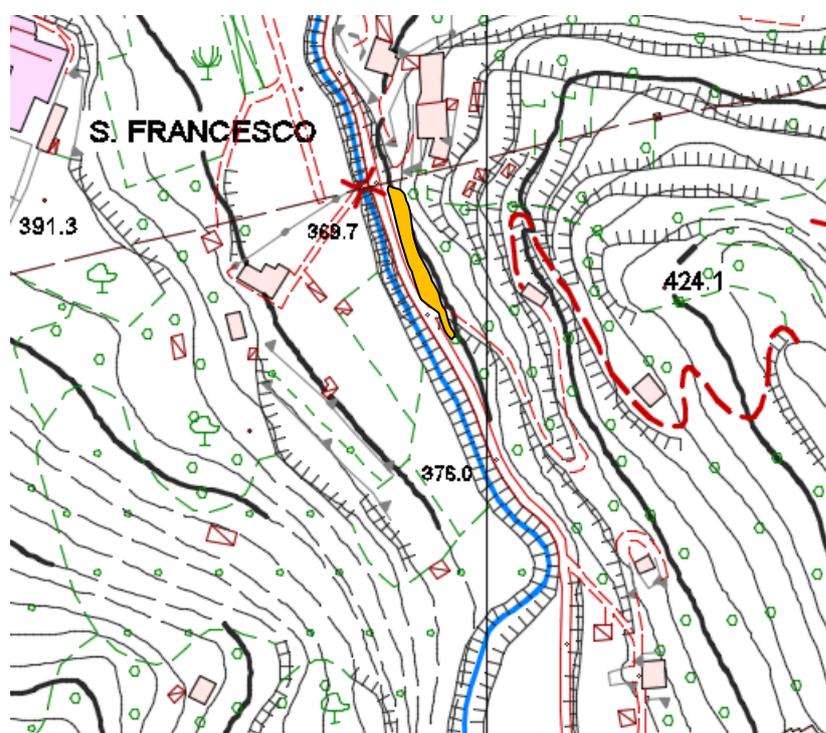
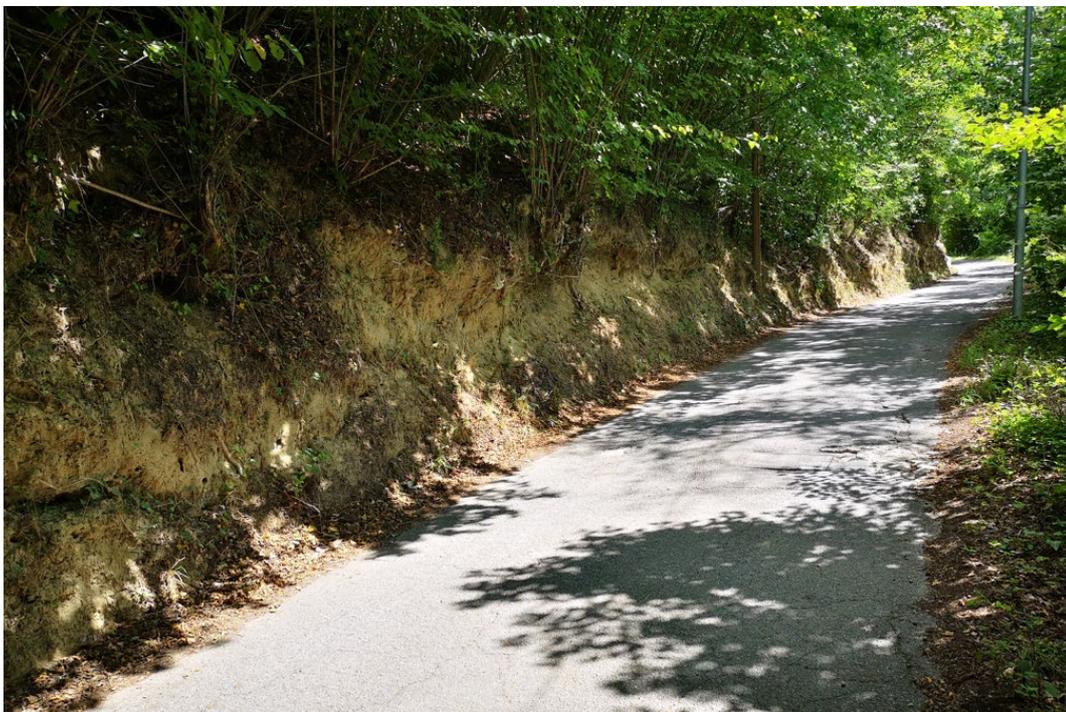


Figura 19 – Arenarie alterate da coerenti a litoidi, ricoperte da depositi colluviali ed eluvio-colluviali potenzialmente instabili, affioranti in destra del Fosso Riarco, lungo la strada comunale, nel tratto medio-inferiore dell'area di intervento

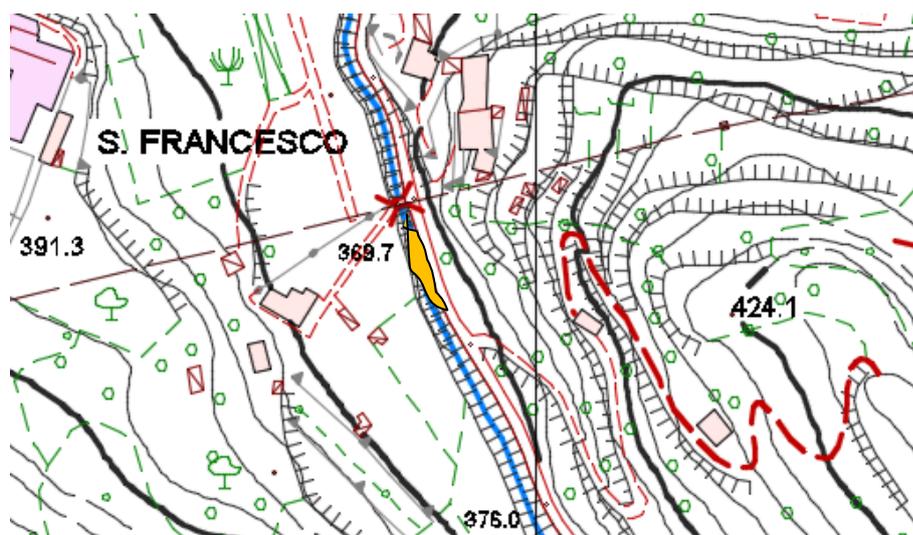


Figura 20 – Arenarie alternate a siltiti affioranti a fondo alveo del Fosso Riarco, nel tratto più a valle del settore di progetto (sulla sinistra, le gabbionate esistenti)

7.2. **Caratteristiche geomorfologiche**

Con riferimento agli aspetti geomorfologici, il settore di progetto presenta complessivamente gli aspetti tipici che contraddistinguono le vallecole laterali della valle del Fiume Aniene, caratterizzate da aree sommitali e di spartiacque di aspetto collinare e dalle forme arrotondate, che divengono invece maggiormente acclivi in corrispondenza dei fianchi delle incisioni, laddove affiorano le successioni arenacee e arenaceo-pelitiche mioceniche.

Il territorio che comprende il fondovalle del Fosso Riarco conserva complessivamente gli aspetti morfologici originari, caratterizzati da una superficie suborizzontale di larghezza dell'ordine dei 40-60 m nella parte medio-terminale, più prossima alla valle dell'Aniene, che diviene via via più stretta e incassata risalendo verso il tratto superiore dell'area di intervento, laddove il piatto fondovalle si riduce a 10-20 m.

Entrambi i fianchi della vallata del Fosso Riarco presentano acclività mediamente elevate, in quanto costituiti dai termini arenacei e pelitico-arcanei del substrato roccioso miocenico.

L'alveo del fosso è generalmente incassato di 2-3 m rispetto al fondovalle e in alcuni tratti delimitato da gabbionate, in diversi tratti danneggiate e sconfigurate a causa di erosione al piede e spondale.

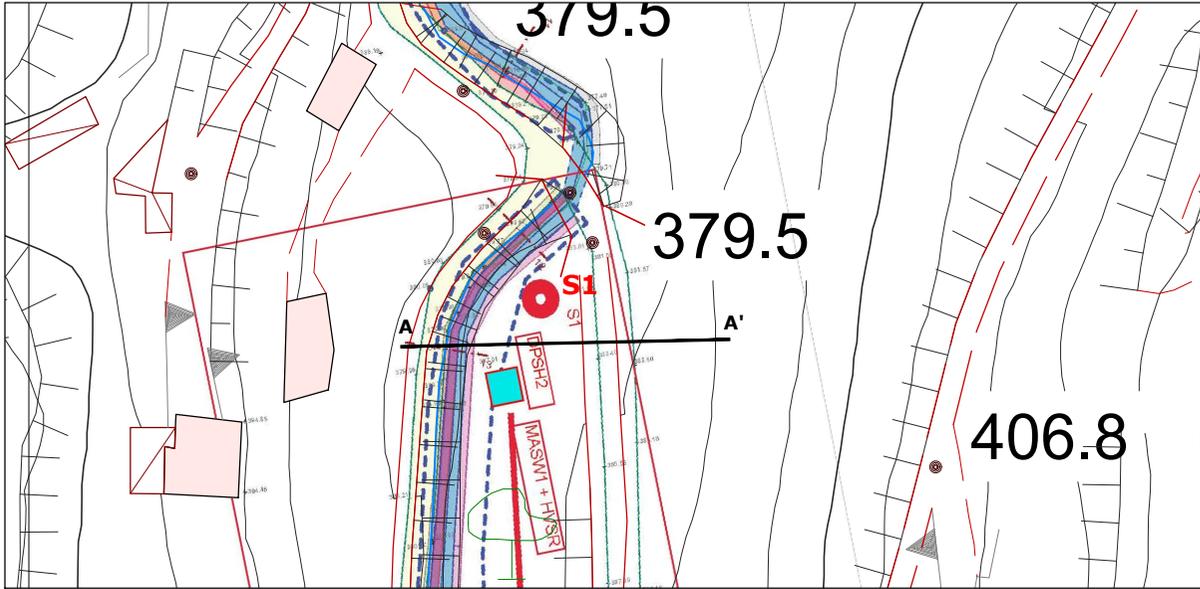
Le principali forme di dissesto interessano entrambe le sponde del Fosso Riarco e consistono in fenomeni di scalzamento ed erosione laterale, responsabili della sconfigurazione delle gabbionate esistenti e di locali franamenti delle sponde, come nel tratto inferiore dell'area di intervento (Figura 13).

Condizioni di potenziale dissesto caratterizzano alcuni tratti delle ripide scarpate lungo il tratto di strada comunale presente nella parte inferiore del settore di intervento, dove è presente una coltre detritica costituita in parte da arenarie alterate e degradate, in parte da depositi eluvio-colluviali, di spessore anche superiore a 1-2 m (Figura 19).

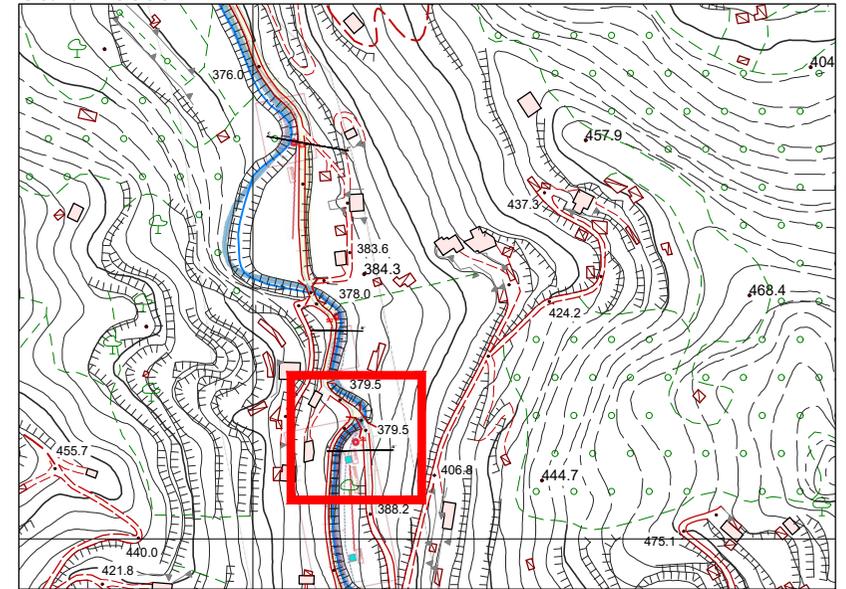
8. SEZIONI TIPO DI CARATTERE GEOLOGICO

In relazione alle caratteristiche stratigrafiche e litotecniche emerse dalle indagini, sono state redatte n.4 sezioni geologiche trasversali in scala 1:200, in cui sono state rappresentate le gabbionate previste a progetto

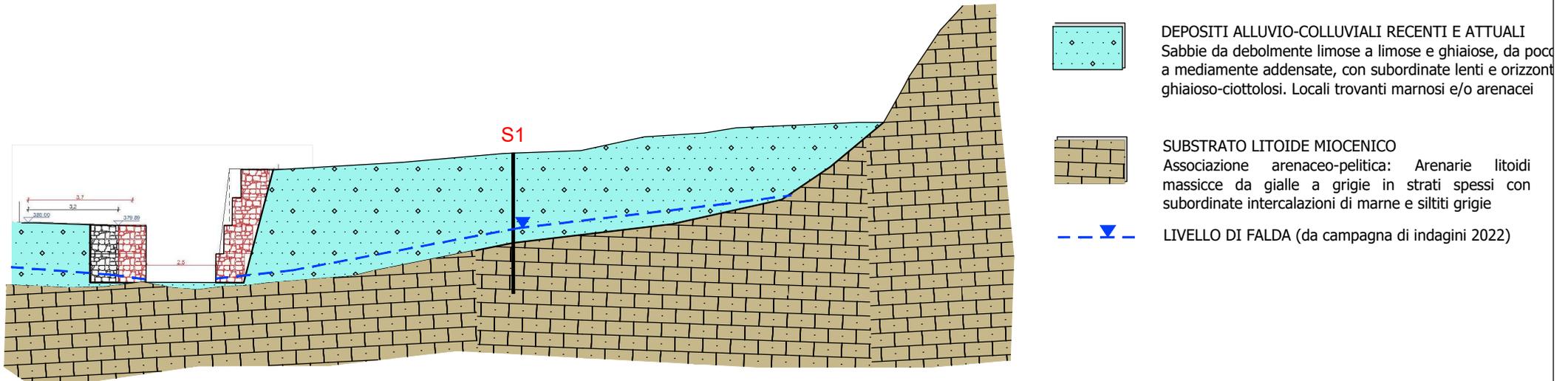
Scala 1:1000



Scala 1:5000



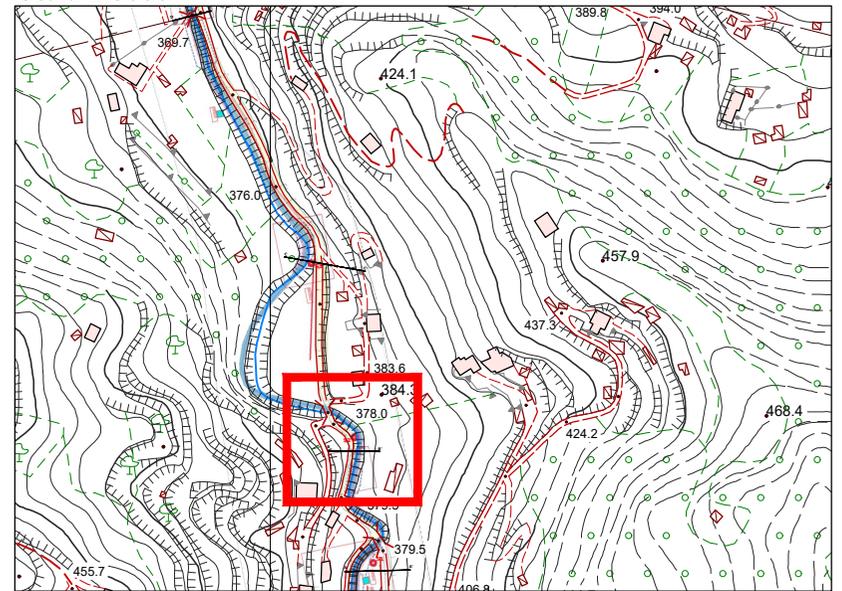
SEZIONE GEOLOGICA A-A' - Scala 1:200



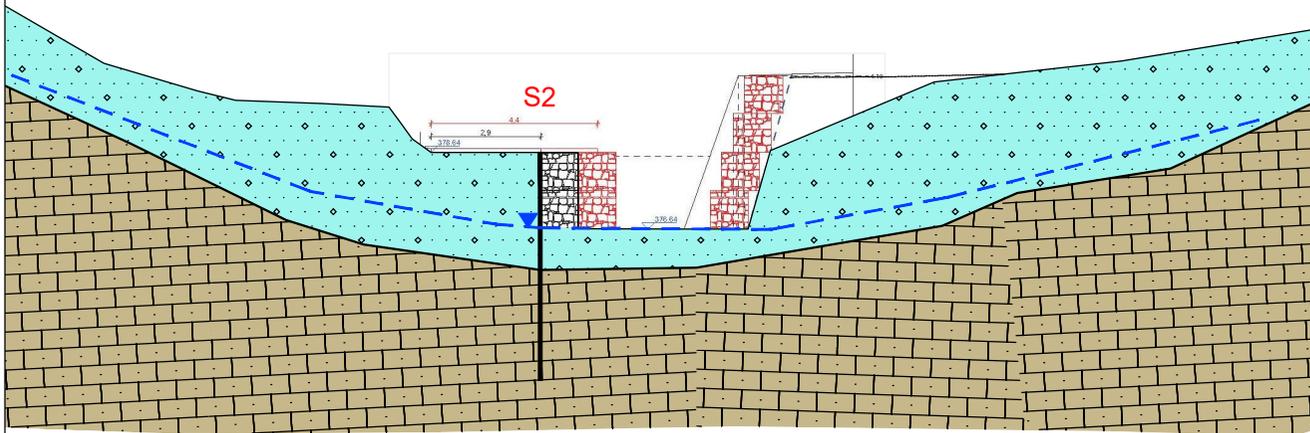
Scala 1:1000



Scala 1:5000



SEZIONE GEOLOGICA B-B' - Scala 1:200



DEPOSITI ALLUVIO-COLLUVIALI RECENTI E ATTUALI
Sabbie da debolmente limose a limose e ghiaiose, da poco a mediamente addensate, con subordinate lenti e orizzonti ghiaioso-ciottolosi. Locali trovanti marnosi e/o arenacei



SUBSTRATO LITOIDE MIOCENICO
Associazione arenaceo-pelitica: Arenarie litoidi massicce da gialle a grigie in strati spessi con subordinate intercalazioni di marne e silti grigie

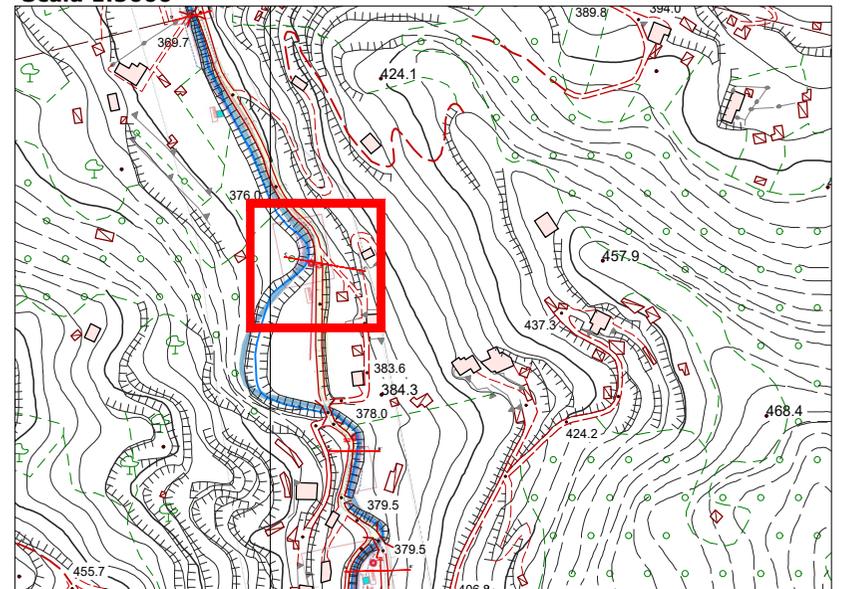


LIVELLO DI FALDA (da campagna di indagini 2022)

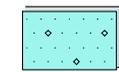
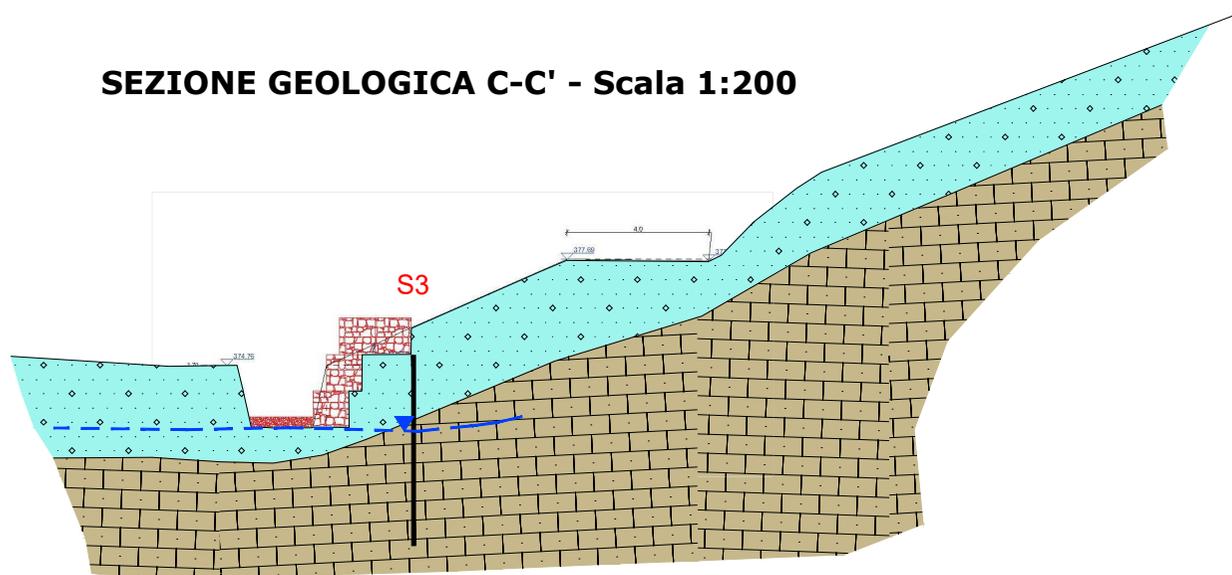
Scala 1:1000



Scala 1:5000



SEZIONE GEOLOGICA C-C' - Scala 1:200



DEPOSITI ALLUVIO-COLLUVIALI RECENTI E ATTUALI
Sabbie da debolmente limose a limose e ghiaiose, da poco a mediamente addensate, con subordinate lenti e orizzonti ghiaioso-ciottolosi. Locali trovanti marnosi e/o arenacei



SUBSTRATO LITOIDE MIOCENICO
Associazione arenaceo-pellica: Arenarie litoidi massicce da gialle a grigie in strati spessi con subordinate intercalazioni di marne e siltiti grigie

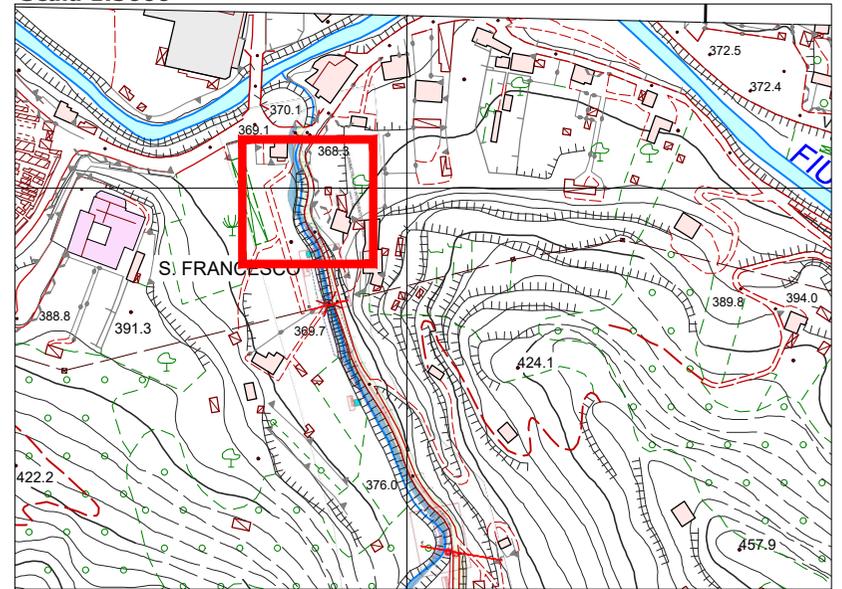


LIVELLO DI FALDA (da campagna di indagini 2022)

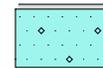
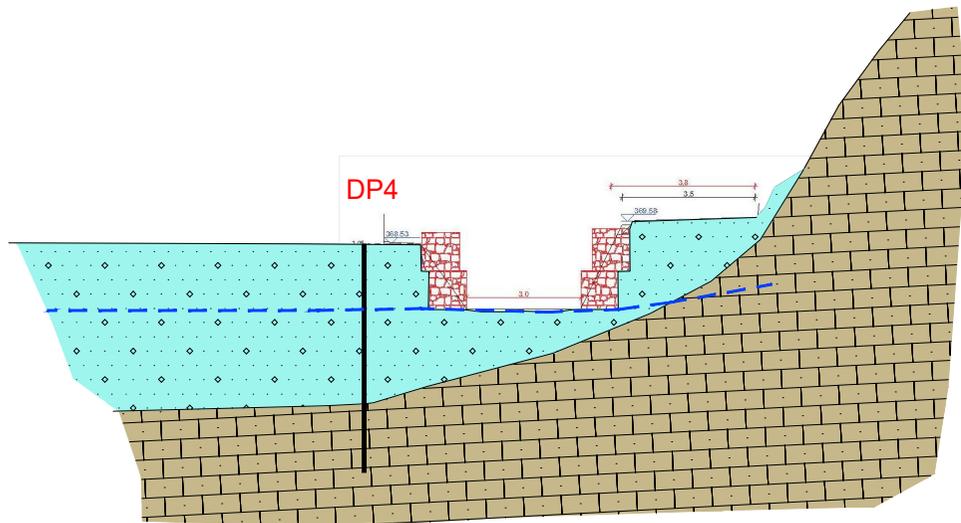
Scala 1:1000



Scala 1:5000



SEZIONE GEOLOGICA D-D' - Scala 1:200



DEPOSITI ALLUVIO-COLLUVIALI RECENTI E ATTUALI
Sabbie da debolmente limose a limose e ghiaiose, da poco a mediamente addensate, con subordinate lenti e orizzonti ghiaioso-ciottolosi. Locali trovanti marnosi e/o arenacei



SUBSTRATO LITOIDE MIOCENICO
Associazione arenaceo-pellica: Arenarie litoidi massicce da gialle a grigie in strati spessi con subordinate intercalazioni di marne e siltiti grigie



LIVELLO DI FALDA (da campagna di indagini 2022)

9. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E INTERAZIONI CON LA FALDA IDRICA

9.1. Aspetti idrogeologici generali

Dal punto di vista idrogeologico l'area oggetto di studio si colloca ai margini occidentali della importante struttura idrogeologica dei "Monti Simbruini".

Le caratteristiche idrogeologiche generali che contraddistinguono il settore oggetto di studio evidenziano gli aspetti tipici della circolazione idrica sotterranea presente ai margini e nelle grandi aree appenniniche occupate da depositi di piattaforma carbonatica.

La circolazione idrica sotterranea che si sviluppa essenzialmente all'interno dei rilievi calcarei e calcareo dolomitici della dorsale Simbruina, delimitata lungo il margine occidentale e sud-occidentale dalle successioni a bassa permeabilità delle successioni silico-clastiche flyscioidi mioceniche. Le principali sorgenti sono pertanto ubicate al piede dei singoli gruppi carbonatici e che costituiscono rispettivamente i seguenti complessi idrogeologici.

- 16** **COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO DI PIATTAFORMA - potenzialità acquifera medio alta**
Successione di calcari marnosi, marne e calcareniti (*CRETACICO SUP. - MIOCENE*) con spessore fino a centinaia di metri. Gli affioramenti dei litotipi calcarei contribuiscono alla ricarica degli acquiferi carbonatici regionali del dominio di piattaforma. I litotipi marnosi riducono la capacità di ricarica e sostengono falde di modesta entità di interesse locale.
- 23** **COMPLESSO DEI CALCARI DI PIATTAFORMA - potenzialità acquifera altissima**
Calcari detritici, micritici, con intercalazioni dolomitiche; calcari organogeni e breccie calcaree della successione laziale abruzzese (*LIAS MEDIO - CRETACICO SUP.*). Spessori variabili da qualche centinaio a 1500 m. E' sede di articolati ed imponenti acquiferi che alimentano le maggiori sorgenti della regione. Le diverse fasi tettoniche hanno determinato un assetto idrogeologico regionale complesso che condiziona lo schema di circolazione idrica sotterranea fra le principali unità idrogeologiche.

Entrambi i complessi sono caratterizzati da permeabilità da medio alta a molto alta per fratturazione e carsismo e sono sede di una falda acquifera regionale con drenaggio preferenziale verso nord-ovest, ovest e sud-ovest.

Tale conformazione favorisce la presenza di importanti sorgenti, situate in genere in corrispondenza della base dei rilievi, a ridosso dei margini occidentale dei rilievi carbonatici, dove i sedimenti del Miocene medio-superiore, rappresentate da sequenze pelitico-arenacee e arenaceo pelitiche, praticamente impermeabili, tamponano i corpi carbonatici, rappresentando quindi la soglia di tali emergenze.

I Monti Simbruini, nello specifico, fanno parte di un'imponente e unica unità idrogeologica, che si allunga per circa 100 km in direzione NO-SE.

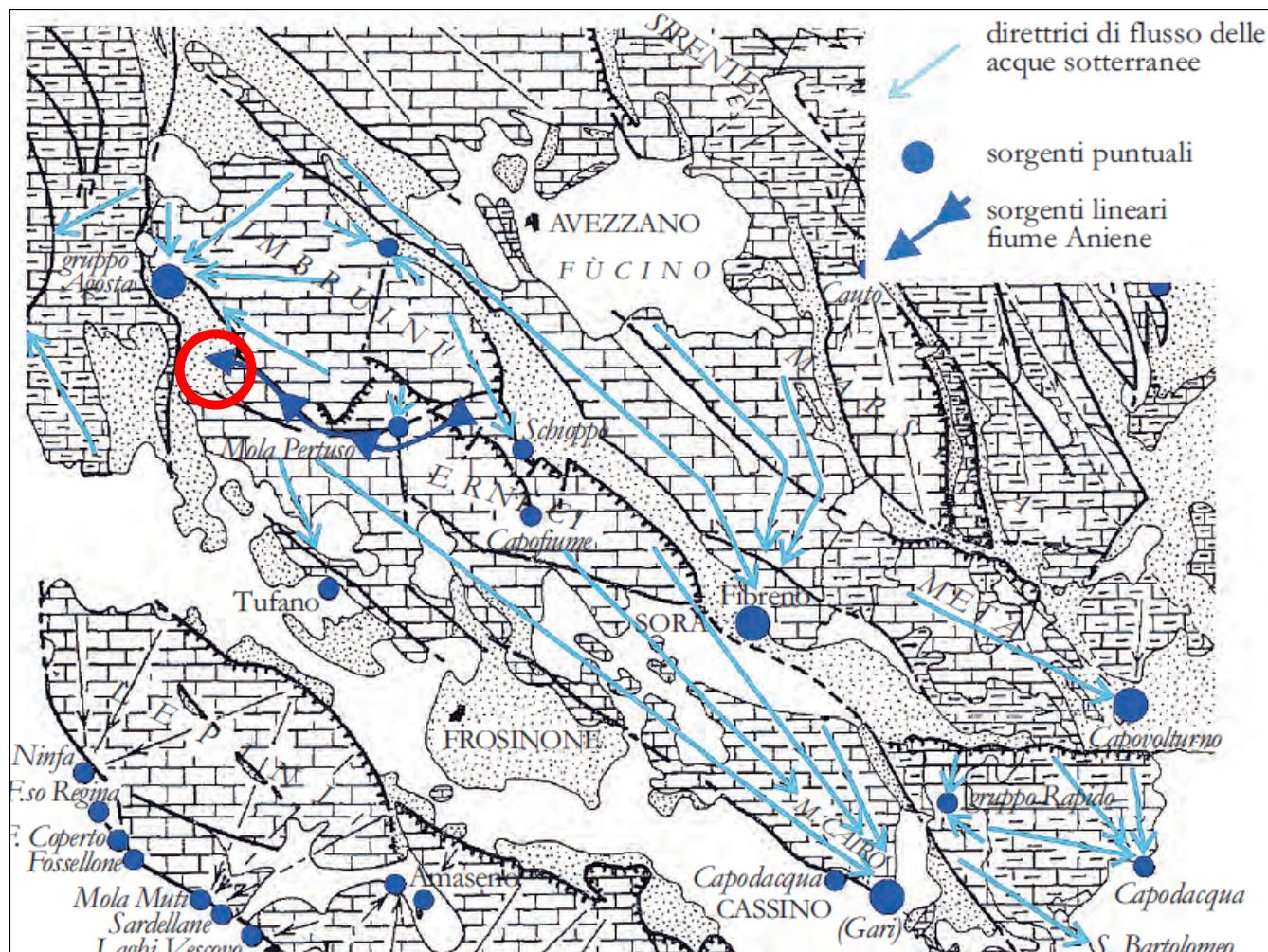


Figura 21 – Inquadramento idrogeologico dell'area (modificato da BONI, 1973).

Questa struttura, costituita quasi interamente da un complesso calcareo, è perfettamente tamponata a SO dai flysch della formazione di Frosinone, a SE dal vulcano di Roccamonfina, a NE dai flysch che seguono l'allineamento Val Roveto - Stretta di Atina - San Vittore, a NO dai flysch che seguono la "linea tettonica Olevano – Antrodoco" (BONI, 1973; CELICO, 1983; BONI et alii, 1986).

La circolazione sotterranea nel massiccio dei Simbruini avviene prevalentemente attraverso sistemi di fratture e di condotti carsici, che influenzano notevolmente sia il flusso sotterraneo, sia il regime di portata delle sorgenti.

Il settore dove ricade Subiaco e l'area in studio rappresenta uno dei principali punti di drenaggio e recapito dell'intera idrostruttura, essendo ubicato in uno dei settori posti all'estrema periferia del rilievo, ed in particolare nel suo vertice nord-occidentale, dove sgorgano le acque che danno luogo al gruppo delle sorgenti di Agosta (Acqua Marcia – portata $Q=5.4$ mc/sec) ed alle altre importanti emergenze idriche dell'alta Valle dell'Aniene (incremento di portata nell'alveo del fiume Aniene monte di Subiaco – $Q=3.7$ mc/sec).

L'area di progetto ricade all'interno delle successioni silico-clastiche che costituiscono il "Complesso dei Flysch arenacei", ovvero costituito da successioni argilloso-marnoso-arenacee nel complesso di bassa permeabilità. Laddove prevalgono sequenze di arenarie, come nel caso in esame, la maggiore permeabilità per fratturazione puo favorire la formazione di acquiferi locali epidermici discontinui, in grado di alimentare piccole sorgenti.

Sui versanti della valle del Fosso Riarco non sono state rilevate venute idriche significative e non si segnalano sorgenti di rilievo.

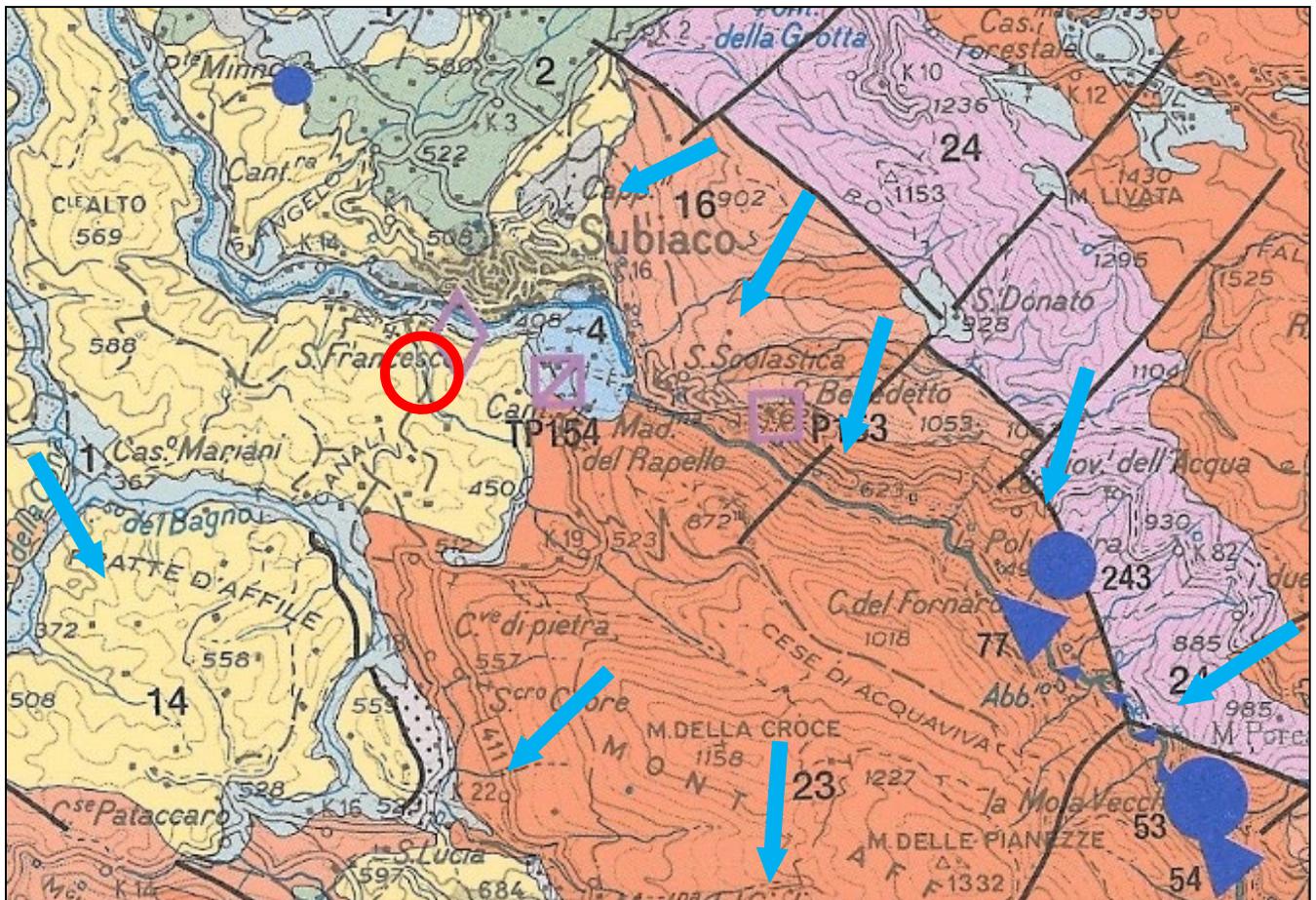
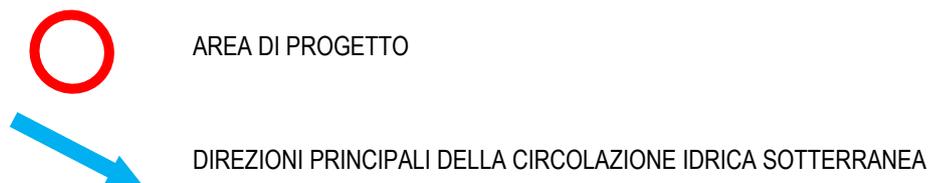


Figura 22 – Stralcio cartografico: CARTA IDROGEOLOGICA DEL TERRITORIO DELLA REGIONE LAZIO (2013 – Università degli Studi di Roma La Sapienza – Università di Roma 3)



COMPLESSI IDROGEOLOGICI

1

COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI - *potenzialità acquifera da bassa a medio alta*

Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazzate e coperture eluviali e colluviali (OLOCENE). Spessore variabile da pochi metri ad oltre un centinaio di metri. Dove il complesso è costituito dai depositi alluvionali dei corsi d'acqua perenni presenta gli spessori maggiori (da una decina ad oltre un centinaio di metri) e contiene falde multistrato di importanza regionale. I depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori, con spessori variabili da pochi metri ad alcune decine di metri, possono essere sede di falde locali di limitata estensione.

2

COMPLESSO DEI DEPOSITI DETRITICI - *potenzialità acquifera medio alta*

Detriti di falda e di pendio, depositi morenici, di conoide e di frana e terre rosse (PLEISTOCENE – OLOCENE) con spessori variabili fino ad alcune decine di metri. Dove poggia su un substrato più permeabile non contiene falde significative, ma contribuisce alla ricarica delle falde del substrato. Dove è sostenuto da un substrato meno permeabile ospita falde sospese che alimentano sorgenti diffuse a regime generalmente stagionale. Le grandi conoidi possono contenere falde perenni alimentate da infiltrazione zenitale e, localmente, da apporti provenienti dagli acquiferi con cui sono in continuità idraulica.

14

COMPLESSO DEI FLYSCH MARNOSO-ARENACEI - *potenzialità acquifera medio bassa*

Associazioni arenaceo-conglomeratiche, arenacee e subordinatamente arenaceo-pelitiche (Flysch della Laga, Macigno e formazione Marnoso Arenacea) (MIOCENE MEDIO - SUP). Associazione pelitico-arenacea in strati da sottili a medi (Flysch di Frosinone e formazione marnoso-arenacea) (Miocene medio-superiore). Spessore di alcune centinaia di metri. Il complesso, privo di una circolazione idrica sotterranea di importanza regionale, può ospitare falde locali e discontinue all'interno degli orizzonti calcarenitici fratturati.

15

COMPLESSO DEI FLYSCH MARNOSO-ARGILLOSI - *potenzialità acquifera bassissima*

Successioni generalmente caotiche di argille e marne con intercalazioni di arenarie e calcari marnosi (CRETACICO SUP. – OLIGOCENE) affioranti prevalentemente nei Monti della Tolfa e nella Valle Latina. Spessori variabili fino ad oltre 1000 m. Il complesso non presenta una circolazione idrica sotterranea significativa.

16

COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO DI PIATTAFORMA - *potenzialità acquifera medio alta*

Successione di calcari marnosi, marne e calcareniti (CRETACICO SUP. - MIOCENE) con spessore fino a centinaia di metri. Gli affioramenti dei litotipi calcarei contribuiscono alla ricarica degli acquiferi carbonatici regionali del dominio di piattaforma. I litotipi marnosi riducono la capacità di ricarica e sostengono falde di modesta entità di interesse locale.

17

COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO DI BACINO - *potenzialità acquifera medio bassa*

Successione di marne e calcari marnosi (EOCENE – MIOCENE). Il complesso comprende le formazioni calcareo-marnose che chiudono sia la successione umbro-marchigiana che la successione laziale abruzzese. Spessore massimo di alcune centinaia di metri. L'elevata componente marnosa attribuisce a questo complesso, dove circonda con continuità le strutture carbonatiche del dominio pelagico, il ruolo di chiusura idraulica nei confronti degli acquiferi regionali.

23

COMPLESSO DEI CALCARI DI PIATTAFORMA - *potenzialità acquifera altissima*

Calcari detritici, micritici, con intercalazioni dolomitiche; calcari organogeni e breccie calcaree della successione laziale abruzzese (LIAS MEDIO - CRETACICO SUP). Spessori variabili da qualche centinaio a 1500 m. E' sede di articolati ed imponenti acquiferi che alimentano le maggiori sorgenti della regione. Le diverse fasi tettoniche hanno determinato un assetto idrogeologico regionale complesso che condiziona lo schema di circolazione idrica sotterranea fra le principali unità idrogeologiche.

24

COMPLESSO DOLOMITICO BASALE - *potenzialità acquifera medio bassa*

Dolomie poste alla base del complesso della corniola e del calcare massiccio e del complesso dei calcari di piattaforma (TRIAS - LIAS INF). Spessore in affioramento fino ad alcune centinaia di metri. La minore permeabilità relativa rispetto ai complessi calcarei sovrastanti, attribuisce a questo complesso il ruolo di aquitardi di base della circolazione idrica sotterranea delle unità idrogeologiche carbonatiche. In relazione all'assetto strutturale del dominio carbonatico assume il ruolo di spartiacque sotterraneo. Dove è presente in estesi affioramenti può contenere falde a quote elevate che alimentano sorgenti e corsi d'acqua perenni (Vallepietra, Filetino, Mainerde, Valcanneto).

LINEAMENTI TETTONICI

— in affioramento
- - - - - sepolti

SORGENTI PUNTUALI

- 25 Sorgente con numero di riferimento (Le sorgenti con portata inferiore a 10 L/s non sono numerate)
- termale (T ≥ 20 C°)
- minerale (TDS > 750 mg/L)
- termominerale (T ≥ 20 C°; TDS > 750 mg/L)

Classi di portata portata media misurata (L/s)

- < 10 L/s
- da 10 a 50 L/s
- da 50 a 250 L/s
- da 250 a 1000 L/s
- da 1000 a 5000 L/s
- da 5000 a 10000 L/s
- > 10000 L/s

ISOPIEZE

La piezometria è stata ricostruita solo per gli acquiferi vulcanici e alluvionali

- 2 Equidistanza 1 m per le isopieze con quota inferiore a 5 m
- 15 Equidistanza 5 m per le isopieze con quota compresa fra 5 e 20 m
- 60 Equidistanza 20 m per le isopieze con quota superiore a 20 m

SORGENTI LINEARI

▲ 14 Sorgente con numero di riferimento

Classi di portata portata media misurata (L/s)

- ▼ da 10 a 50 L/s
- ▼ da 50 a 250 L/s
- ▼ da 250 a 1000 L/s
- ▼ da 1000 a 5000 L/s
- ▼ da 5000 a 10000 L/s

★ Decremento di portata in alveo

★ Emissione gassosa

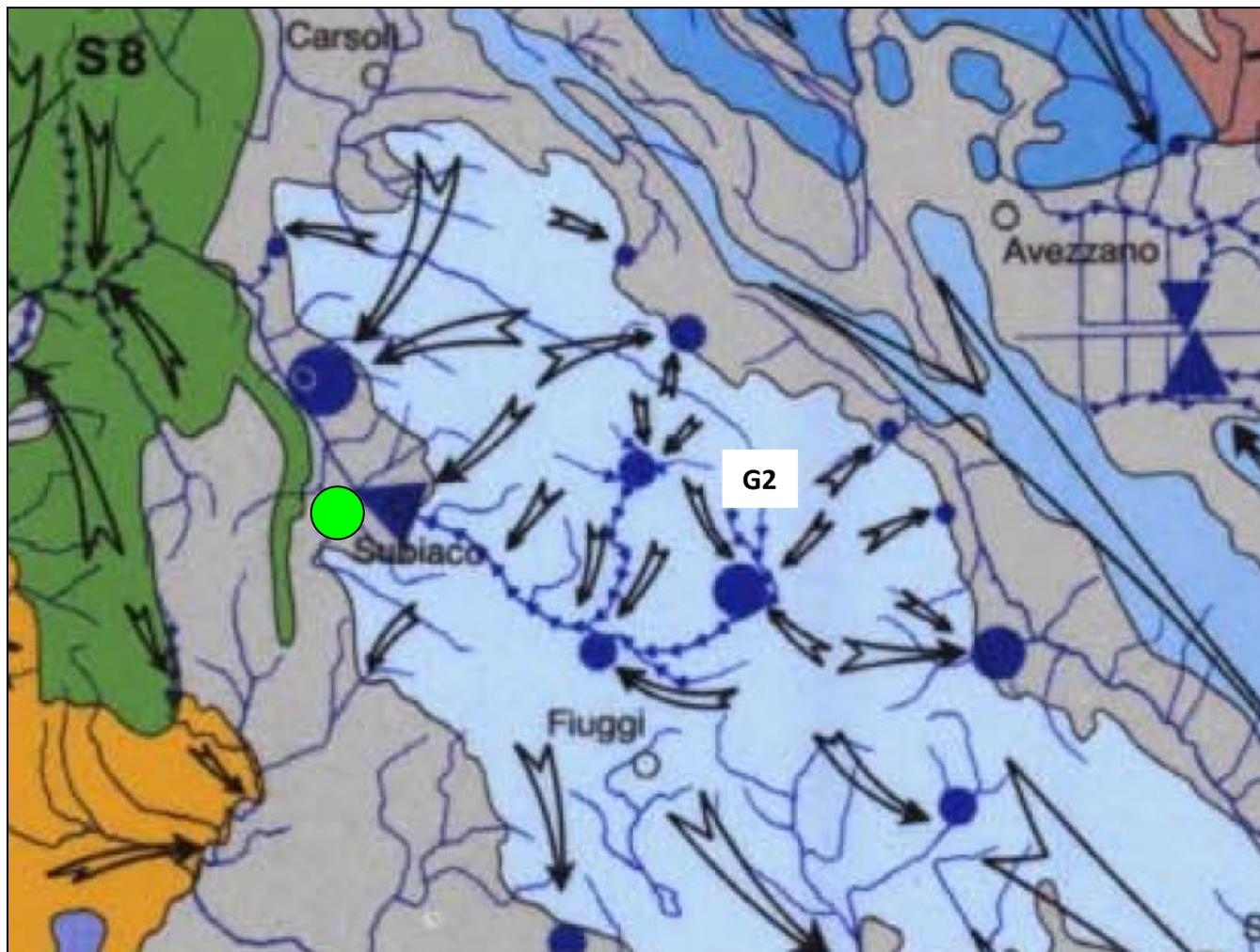
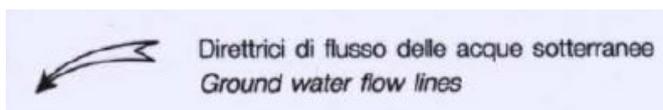


Figura 23 - CARTA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA
(Stralcio estratto da: *Carta Idrogeologica dell'Italia centrale* –
C.Boni, P.Bono, G.Capelli, 1986 – Università di Roma La Sapienza - CNR)



Area in studio

LEGENDA



Sorgente (o gruppo di sorgenti)
Spring (or group of springs)

PORTATA MEDIA MISURATA • MEASURED MEAN DISCHARGE (m ³ /sec)						
0,1 - 0,5	0,5 - 1,0	1 - 3	3 - 6	6 - 10	10 - 15	15 - 20
						

Nomi delle Idrostrutture

- **S8 – Sistema dei Monti Sabini, Prenestini, Cornicolani e Ruffi**
- **G2 – Gruppo dei Monti Simbruini, Ernici, Monte Cairo, Mainarde e di Monte Cesima**

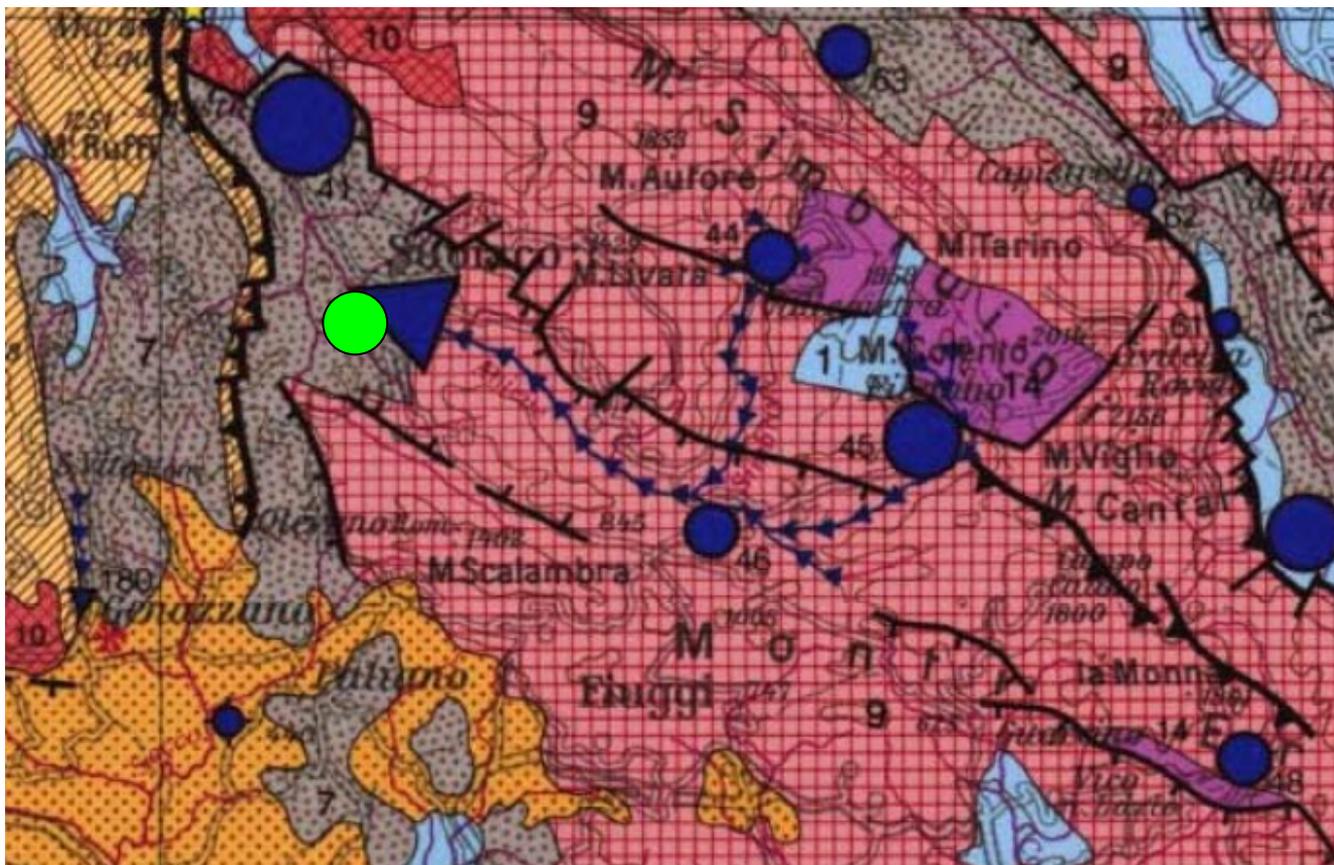


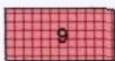
Figura 24 - CARTA IDROGEOLOGICA GENERALE

(Stralcio estratto da: *Carta Idrogeologica dell'Italia centrale* –

C. Boni, P. Bono, G. Capelli, 1986 – Università di Roma La Sapienza - CNR)

LEGENDA

2	<p>Complesso dei depositi detritici di notevole spessore Depositi prevalentemente continentali (argillosi, sabbiosi e ghiaiosi) e marini (argillosi, sabbiosi, ciottolosi e calcarenitici) in aree subsidenti; sono caratterizzati da notevole eterogeneità litologica e forti spessori. (PLIOCENE-QUATERNARIO). Spessori variabili da un centinaio ad oltre un migliaio di metri. Questo complesso può contenere falde di tipo multistrato a vario potenziale, dove è bene rialimentato da corsi d'acqua o da acquiferi contigui di altra natura. Trasmissività generalmente elevata che può raggiungere valori di 10^2 m²/sec; diffusività notevole negli orizzonti in pressione.</p>
7	<p>Complesso dei flysch arenacei Successioni fliocidoidi, argilloso-mamoso-arenacee, che passano localmente a termini evaporitici con gessi. (MIOCENE - PLIOCENE p.p.). Spessori da alcune centinaia ad oltre un migliaio di metri. Rocce con bassa permeabilità di insieme, ma con discreta capacità di immagazzinamento. Circolazione sotterranea diffusa ma quantitativamente molto limitata. Dove le arenarie sono più fratturate e dove è più sviluppata la coltre di alterazione superficiale si trovano acquiferi epidermici discontinui che alimentano piccole sorgenti e sostengono il flusso di base di corsi d'acqua a regime prevalentemente stagionale. Nelle facies prossimali, la tessitura più grossolana dei litotipi prevalentemente arenacei, accentua la capacità di immagazzinamento e la permeabilità di insieme favorendo una più attiva circolazione sotterranea diffusa che sostiene un apprezzabile flusso di base, perenne, del reticolo idrografico. Presso gli affioramenti dei termini evaporitici si possono trovare sorgenti di acque solfuree fredde, con portate esigue. Nel loro complesso questi terreni hanno funzione di «aquiclude» nei confronti degli acquiferi carbonatici e di base per falde contenute in (1), (2), (3) e (4).</p>

Dominio di piattaforma carbonatica, caratterizzato da altissimi valori di infiltrazione efficace e attiva circolazione sotterranea.***Carbonate shelf domain characterised by very high effective infiltration and aquifer capacity.*****Complesso di piattaforma carbonatica**

Successione calcarea (intrabiospariti, oospariti e biomicriti prevalenti) e calcareo-dolomitica di piattaforma subsidente, priva di significative intercalazioni terrigene; sono stati unificati i lembi calcarei miocenici trasgressivi sui carbonati mesozoici. (GIURASSICO p.p. - MIOCENE INFERIORE).

Spessore da poche centinaia a circa 3000 metri.

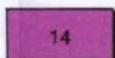
Questa monotona successione carbonatica, formata da strati di spessore considerevole (mediamente 50 cm) e priva di significative intercalazioni plastiche, ha reagito alle sollecitazioni tettoniche come una massa rigida e fragile. La piattaforma carbonatica è stata interessata da tre successive fasi tettoniche: a) smembramento in grandi settori, divisi da profondi solchi orientati NO-SE, progressivamente colmati da depositi terrigeni (6), (7), (8); b) generale traslazione verso NE con conseguente restringimento dei solchi ed accavallamento dei carbonati sui depositi terrigeni; c) ultima fase marcatamente distensiva, particolarmente attiva in corrispondenza dei solchi preesistenti e lungo la periferia. La piattaforma risulta oggi suddivisa in strutture sufficientemente definite corrispondenti ai diversi sistemi idrogeologici individuati. Le successive fasi tettoniche, diversamente caratterizzate, oltre ad aver determinato l'assetto idrogeologico regionale, hanno sviluppato un particolare tipo di permeabilità che condiziona i caratteri idrogeologici dell'intero dominio. I carbonati di piattaforma sono stati minutamente frammentati da un esteso reticolo di fratture, distribuito in modo uniforme, che solo localmente assume particolare sviluppo. Tali condizioni hanno favorito un processo di infiltrazione particolarmente intenso, ma omogeneamente distribuito, che ha dato origine ad un reticolo carsico, ancora in piena evoluzione, molto esteso e ramificato, ma raramente penetrabile e spettacolare. L'abbondantissima infiltrazione alimenta falde imponenti che saturano la base delle strutture carbonatiche e drenano, con moto lento, verso le grandi sorgenti poste alla periferia dei sistemi carsici, caratterizzate da regimi di portata generalmente molto regolari.

Falde carsiche imprigionate si estendono sotto i depositi fliociclici (6) e (7) e argillosi (5) rispettivamente nelle depressioni intrappenniniche e nelle zone costiere.

Il ruscellamento è ridottissimo (inferiore all'1% delle precipitazioni) ed effimero; il reticolo di drenaggio, immaturo, non incide le strutture tanto da raggiungere la quota di saturazione. I corsi d'acqua perenni alimentati dalla falda dei carbonati sono una eccezione (Valle dell'Aniene). L'infiltrazione efficace media annua varia localmente da 800 a 1000 mm, in rapporto all'entità delle precipitazioni; la media sull'intero complesso è stata valutata 886 mm.

La precipitazione media annua varia localmente da 1000 a 2000 mm; la media sul complesso è stata valutata 1250 mm.

Queste rocce si estendono, con spessore di alcune centinaia di metri (=Calcare massiccio-) alla base del (12) e (13).

Successione basale dell'Appennino centrale, dolomitica e metamorfica, caratterizzata da limitata infiltrazione e ridotta percolazione.***Dolomitic and metamorphic substratum of the central Apennines characterized by limited infiltration and reduced percolation.*****Complesso dolomitico**

Dolomie massive e sovente sfarinata, prevalenti, con locali passaggi eteropici a formazioni mamose; intercalazioni evaporitiche raramente affioranti ma attraversate da numerose perforazioni profonde. Nel settore nord-occidentale: calcari dolomitici brecciatii («Cavernoso»). (TRIASSICO - LIASSICO INFERIORE).

Affioramenti dolomitici ridotti alla base della (9) e (10), più estesi alla base di (12) e (13) e particolarmente alla base della (11) dove le dolomie hanno formato bassofondi stabili (Monti della Meta, delle Mainarde, del Matese) coperti da serie ridotte.

Le dolomie si possono differenziare dalle altre formazioni carbonatiche dell'Appennino centrale perché hanno caratteri idrogeologici, almeno apparentemente, simili a quelli di rocce con permeabilità interstiziale. Hanno infatti limitata permeabilità d'insieme ed elevata capacità di immagazzinamento. Hanno la particolarità di trovarsi saturate fino a quote superiori a 1000 metri. Ospitano, infatti, falde con gradienti idraulici superiori al 20% che alimentano un regolare scorrimento perenne ad alta quota, generalmente assente negli altri terreni carbonatici. Sono incise da un reticolo drenante esteso ed articolato. Mancano ancora attendibili valutazioni quantitative dell'infiltrazione efficace che può essere tuttavia stimata a 200-400 mm per precipitazioni annue rispettivamente di 1000-1500 mm.

9.1. **Misure piezometriche**

Nell'ambito della campagna di indagine eseguita si è proceduto alla misurazione del livello idrico all'interno dei fori di sondaggio realizzati.

Le misure eseguite al termine delle indagini hanno evidenziato la presenza di acqua all'interno delle 3 verticali di indagine a profondità corrispondenti all'incirca con la quota di scorrimento del Fosso Riarco.

Nello specifico, si riportano i valori di soggiacenza della falda all'interno delle tre verticali di sondaggio rispetto alla quota di boccaforo:

- -2.65 m (Sondaggio S1),
- -2.25 m (Sondaggio S2)
- -2.75 m (Sondaggio S3) m

Le misure sono state eseguite nel periodo estivo, dopo diversi mesi caratterizzati da precipitazioni scarse o assenti e non identificano il livello di falda di progetto. Si ritengono possibili infatti innalzamenti del livello di falda all'interno del fondovalle, concomitanti alla risalita del livello del torrente Riarco.

Si prevedono pertanto interferenze con la falda idrica durante le fasi di scavo per la posa in opera della gabbionate, particolarmente rilevanti alle quote di fondo scavo.

10. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le indagini geognostiche e sismiche condotte sull'area hanno evidenziato la presenza di una coltre alluvionale e alluvio-colluviale di spessore massimo pari a circa 4 m (UNITA' A).

Le analisi di laboratorio eseguite su n.3 campioni indisturbati prelevati in tali litotipi indicano la prevalenza di sabbie con limo o limose e limoso-argillose, debolmente ghiaiose.

Tali depositi poggiano sul substrato roccioso costituito da arenarie da fortemente coerenti a litoidi, di caratteristiche fisico-meccaniche progressivamente migliori all'aumentare della profondità (UNITA' B).

Sono state effettuate n.4 prove penetrometriche DPSH, spinte fino a rifiuto all'avanzamento in corrispondenza del tetto del substrato roccioso, e n.3 sondaggi geognostici, spinti fino a profondità di circa 5-6 m.

Il numero di colpi fornito dalle prove penetrometriche DPSH nella porzione superiore del sottosuolo, all'interno dei depositi alluvionali dell'Unità A, è complessivamente modesto e indicativo della presenza di litotipi poco addensati, caratterizzati da un numero di colpi N₂₀ molto basso e compreso mediamente tra 4-6 colpi.

Le prove SPT eseguite in sede di sondaggio geognostico nei depositi dell'Unità A hanno fornito i seguenti valori di N_{spt}:

- Sondaggio S1 – Prof.=1.10 m - N_{spt}=14 (Sabbie limose)
- Sondaggio S1 – Prof.=2.50 m - N_{spt}=30 (Sabbie con ghiaie e ciottoli)
- Sondaggio S2 – Prof.=2.00 m - N_{spt}=8 (Sabbie limose)

Con riferimento all'analisi e interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche DPSH, una stima delle caratteristiche geotecniche si è ottenuta attraverso l'utilizzo della seguente relazione empirica:

$$N_{spt} = C N_{20}$$

dove:

C= 1.47 (coefficiente fornito dalla ditta esecutrice delle prove)

N₂₀= Numero di colpi fornito dalla prova DSPH per ogni 20 cm di avanzamento

Dal numero di colpi ottenuti dalla prove DPSH in sito si è risaliti ai relativi colpi della Standard Penetration Test (N_{spt}).

Queste prove, particolarmente significative per le formazioni incoerenti, consentono di verificare il grado di addensamento dei terreni granulari e lo stato di consistenza dei terreni coesivi (vedi tabelle sottostanti).

I valori complessivamente ottenuti indicano la prevalenza di depositi alluvionali da scioli o poco addensati fino a mediamente addensati.

Terreni Granulari

Descrizione	N _{SPT} [colpi/30 cm]	Prove manuali
Sciolto	0-4	si scava facilmente con un badile
Poco addensato	4-10	si scava abbastanza facilmente con un badile e si penetra con una barra
Moderatamente addensato	10-30	difficile da scavare con un badile o da penetrare con una barra
Addensato	30-50	molto difficile da penetrare; si scava con un piccone
Molto addensato	>50	difficile da scavare con un piccone

Terreni Coesivi

Descrizione	N _{SPT} [colpi/30 cm]	Resistenza al taglio non drenata (kN/m ²)	Indice di consistenza I _c =(W _L -W _N)/PI (*)	Manipolazione in situ
Molle (<i>very soft</i>)	0÷2	0÷25	<0.5	Si sprema fra le dita chiudendo il pugno
Tenera (<i>soft</i>)	2÷4	25÷50	0.5÷0.75	Si modella facilmente con le dita
Media (<i>medium o firm</i>)	4÷8	50÷100		Si modella con forte pressione delle dita
Consistente (<i>stiff</i>)	8÷15	100÷150	0.75÷1.0	Si incava ("dent") con forte pressione delle dita
Molto consistente (<i>very stiff</i>)	15÷30	150÷200	1.0÷1.5	Si incava solo leggermente con forte pressione delle dita
Dura (<i>hard</i>)	>30	>200	>1.5	Si intacca ("dent") solo leggermente con la punta della matita

(*) LEGENDA: W_L =limite liquido; W_N = contenuto d'acqua naturale; PI = indice di plasticità

Tenuto conto della presenza di terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-limosi, per una stima delle caratteristiche di resistenza in condizioni drenate sono state utilizzate una serie di correlazioni note nella letteratura geotecnica che utilizzano i valori del numero di colpi N₃₀ forniti dalle prove spt.

In particolare, sono state utilizzate le seguenti correlazioni:

a) De Mello

Il metodo di De Mello è valido per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). E' da considerarsi inattendibile però per valori di φ superiori a 38°.

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = 19 - 3,8\sigma + 8,73\text{Log}(N_{spt})$$

dove σ è la pressione litostatica efficace a metà strato in kg/cm² e N_{spt} il numero di colpi medio misurato nello strato.

b) wolff

$$\Phi' = 27,1 + 0,3 N_{spt} - 0,00054 N_{spt}^2$$

c) Road Bridge Specification

Il metodo è valido per sabbie fini o limose e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova superiori a 8 - 10 m per terreni sopra falda e superiori a 15 m per terreni in falda ($\sigma > 15-20$ t/mq).

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = \sqrt{15N_{spt}} + 15$$

dove N_{spt} è il numero di colpi medio misurato nello strato.

d) Sowers

Il metodo di Sowers (1961) è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 4 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 7 m per terreni in falda ($\sigma > 5-8$ t/mq).

La relazione è la seguente:

$$\varphi = 28 + 0,28N_{spt}$$

e) Peck-Hanson & Thornburn

Il metodo di Peck - Hanson & Thornburn è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 5 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 8 m per terreni in falda (pressione efficace inferiore a 8-10 t/mq).

$$\varphi = 27,2 + 0,28N_{spt}$$

Con riferimento ai depositi incoerenti dell'Unità A, i valori ottenuti utilizzando i valori del numero di colpi ricavati dalle 4 prove DPSH forniscono angoli di attrito compresi nel range tra $\varphi'=26^\circ$ e $\varphi'=30^\circ$.

Le prove di taglio diretto eseguite in laboratorio su campioni indisturbati prelevati a profondità comprese tra 1-2.5 m all'interno dell'Unità A mostrano parametri di resistenza espressi soprattutto in forma di medio-bassi angoli di attrito, compresi nell'intervallo tra 24° e 32° , a fronte di una coesione drenata c' non trascurabile, compresa tra 15 KPa e 22 KPa.

I valori di coesione c' ottenuti in laboratorio si ritengono sovrastimati in relazione alle caratteristiche di addensamento dei materiali prevalentemente sabbioso-limosi poco o mediamente addensati che comprendono al coltre dei depositi alluvionali e alluvio-colluviali.

Per quanto riguarda il peso di volume, per i suddetti litotipi sono stati ottenuti valori compresi tra 17.5-19.4 KN/mc.

Con riferimento alla compressibilità dei litotipi in esame, si è utilizzato il diagramma di seguito indicato per una valutazione della deformabilità del materiale, nel quale vengono considerate una serie di

relazioni tra numero di colpi N_{spt} e valore del Modulo Confinato M₀ e proposte diverse correlazioni in funzione delle caratteristiche litologiche del materiale.

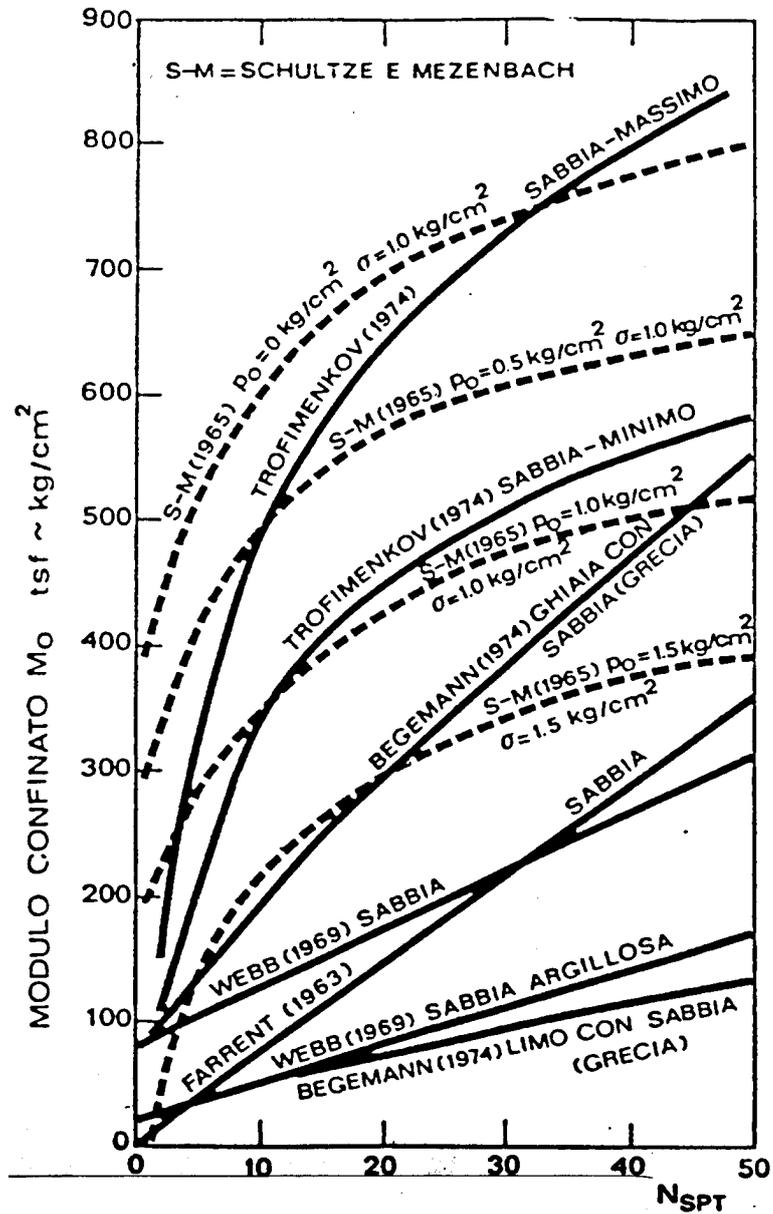


Figura n.1 - Relazione tra N_{spt} e valore del Modulo Confinato M₀

In corrispondenza del banco di arenarie costituenti il substrato roccioso su cui poggiano i depositi alluvionali, sono stati prelevati n.2 campioni litoidi, sui quali sono state eseguite determinazioni del peso di volume e prove di schiacciamento finalizzate alla definizione del valore di resistenza a compressione.

I valori ottenuti sono riportati nella tabella di seguito indicata.

	Campione	Peso di volume	Res. Comp.
Unità Geotecnica		γ [kN/mc]	σ [MPa]
<i>Unità B – Arenarie</i>	S1CL1	25.09	11.86
<i>Unità B – Arenarie</i>	S2CL1	16-17	15.45

Tabella 3 – Analisi di laboratorio (Campioni litoidi)

Sulla base di una stima ragionata e cautelativa i parametri fisico-meccanici delle unità individuate sono espressi come valori medi e di seguito riportati.

	Peso di volume	Coesione	Angolo di attrito	Modulo Edometrico
Unità Geotecnica	γ [kN/mc]	c' [kPa]	φ' [°]	Ed [MPa]
<i>Unità A – Depositi alluvionali e alluvio-colluviali</i>	17.5-19	0	26°-31°	7-10

Tabella 4 – Caratteri geotecnici - Unità A

	Peso di volume	Coesione	Angolo di attrito
Unità Geotecnica	γ [kN/mc]	c' [MPa]	φ' [°]
<i>Unità B – Substrato arenaceo</i>	24-25	0.05-0.08	38°-40°

Tabella 5 – Caratteri geotecnici - Unità B

I parametri di progetto per le verifiche delle opere, secondo l'approccio considerato, sono determinati dai parametri caratteristici applicando i coefficienti parziali gM di seguito riportati. Si rimanda alla relazione

PROGETTO ESECUTIVO

geotecnica e alle relazioni di calcolo delle opere per la determinazione dei parametri caratteristici e di progetto.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

11. CARTOGRAFIE DEGLI ENTI E VINCOLI PAI

11.1. Vincolo Idrogeologico

Il R.D.L. 30/12/1923 n.3267 tuttora in vigore dal titolo "riordinamento e riforma in materia di boschi e terreni montani" sottopone a "vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli art. 7, 8 e 9 (riguardanti dissodamenti, cambiamenti di colture ed esercizio del pascolo) possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque".

In particolare le norme si applicano a tutti gli interventi di trasformazione e gestione del territorio la cui autorizzazione ad operare negli ambiti sottoposti a vincolo idrogeologico è rilasciata dalla provincia di Roma. *Il territorio in esame ricade in area sottoposta a vincolo idrogeologico.*

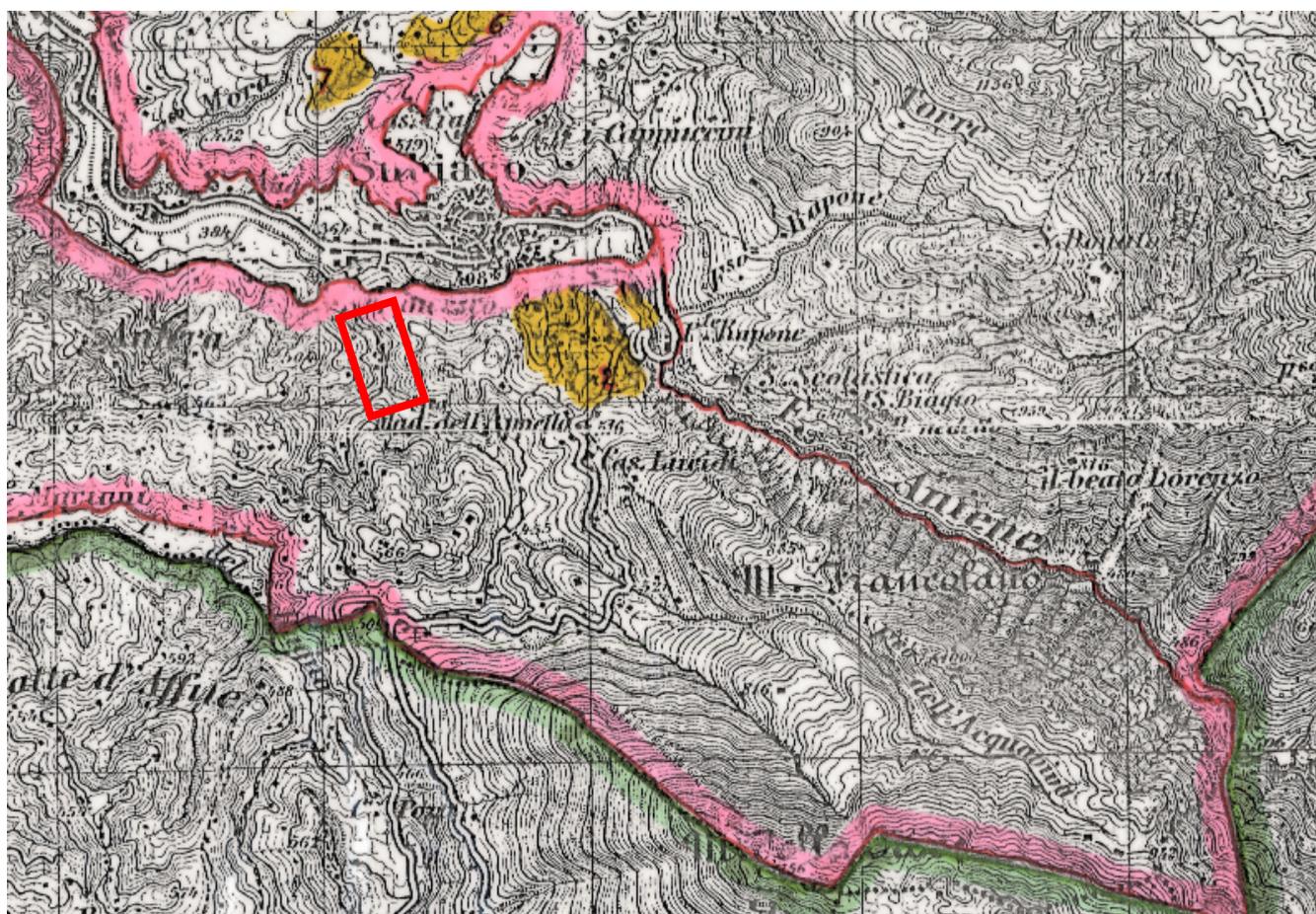


Figura 25 – Cartografia Vincolo Idrogeologico e ubicazione dell'area di intervento

11.2. Inventario frane "IFFI"

L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) è la banca dati nazionale e ufficiale sulle frane. E' realizzato dal ISPRA in collaborazione con le Regioni e Province Autonome (art. 6 comma g della L. 132/2016). La

necessità di creare un Inventario nazionale delle frane in Italia è emersa con maggiore forza a seguito dell'evento disastroso del 5 maggio 1998, che ha colpito gravemente i comuni di Sarno, Siano, Quindici, Bracigliano e S. Felice a Canello, nelle province di Salerno, Avellino e Caserta

L'area in oggetto non rientra in aree mappate dall'inventario delle frane IFFI.

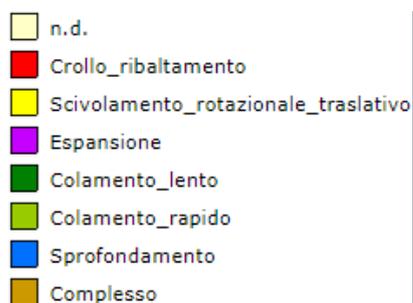


Figura 26 – Inventario Frane – progetto IFFI

11.3. Stralcio di cartografia PAI

Nell'ambito del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, sono state prese in esame le aree di pericolosità geomorfologica e idraulica presenti nel territorio al fine di valutarne eventuali interferenze con l'area oggetto del presente studio. A tal fine, si è allegato uno stralcio della cartografia del PAI relativa alla pericolosità idrogeologica e idraulica del territorio in cui ricade il sito di progetto.

In relazione a quanto emerso dall'analisi dell'elaborato di Piano, l'area di progetto non ricade in aree classificate a pericolosità idraulica e idrogeologica.

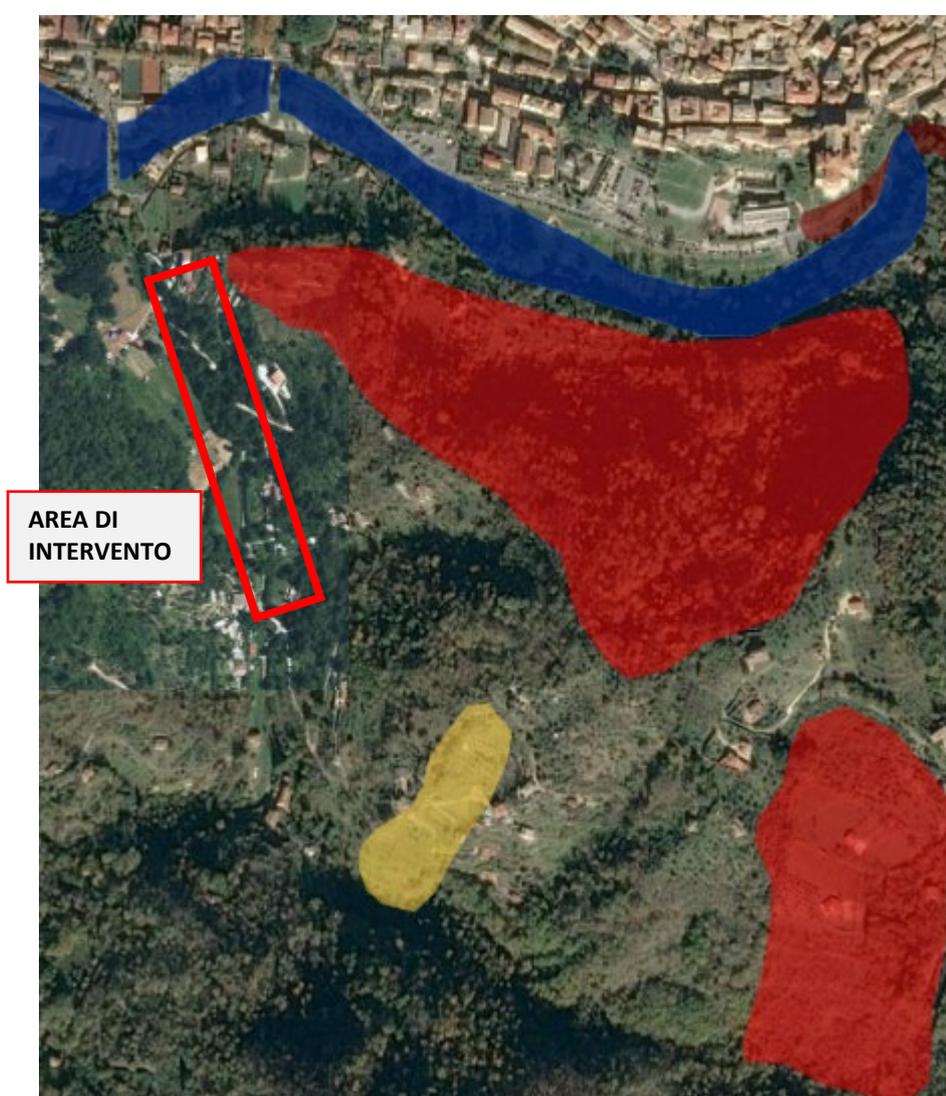


Figura 27 – Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico – Pericolosità Idraulica e idrogeologica
(da: IDROGEO - ISPRA – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)

PROGETTO ESECUTIVO

Pericolosità e rischio

Frane	Territorio	Popolazione	Famiglie	Edifici	Imprese	Beni culturali
Molto elevata P4	9.494,84 (3,1%)	499.749 (0,8%)	206.968 (0,8%)	223.065 (1,5%)	31.244 (0,7%)	5.351 (2,5%)
Elevata P3	16.890,64 (5,6%)	803.917 (1,4%)	340.926 (1,4%)	342.483 (2,4%)	53.197 (1,1%)	7.182 (3,4%)
Media P2	14.551,49 (4,8%)	1.720.208 (2,9%)	727.315 (3%)	562.800 (3,9%)	127.356 (2,7%)	10.728 (5%)
Moderato P1	12.555,87 (4,2%)	2.006.643 (3,4%)	844.536 (3,4%)	522.206 (3,6%)	147.766 (3,1%)	12.390 (5,8%)
Aree Attenzione AA	6.987,67 (2,3%)	676.948 (1,1%)	271.208 (1,1%)	216.540 (1,5%)	45.677 (1%)	2.502 (1,2%)
P4 + P3	26.385,48 (8,7%)	1.303.666 (2,2%)	547.894 (2,2%)	565.548 (3,9%)	84.441 (1,8%)	12.533 (5,9%)

Alluvioni	Territorio	Popolazione	Famiglie	Edifici	Imprese	Beni culturali
Elevata	16.223,87 (5,4%)	2.431.847 (4,1%)	1.018.444 (4,1%)	623.192 (4,3%)	225.874 (4,7%)	16.025 (7,5%)
Media	30.195,63 (10%)	6.818.375 (11,5%)	2.901.616 (11,8%)	1.549.759 (10,7%)	642.979 (13,4%)	33.887 (15,9%)
Bassa	42.375,68 (14%)	12.257.427 (20,6%)	5.226.748 (21,2%)	2.703.030 (18,6%)	1.149.340 (23,9%)	49.903 (23,4%)

12. SISMICITÀ

12.1. Pericolosità sismica del territorio

Il territorio di Subiaco ricade all'interno della medio-alta valle dell'Aniene, in un'area che può considerarsi complessivamente di medio-alta sismicità.

Studi recenti riguardanti la distribuzione delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Molin et al., 1996) indicano, per la zona in oggetto, dei valori intorno all'ottavo grado della scala macrosismica MCS.

Le notizie sulla sismicità dell'area sono complessivamente scarse prima del 1867, data che segna l'inizio dei contatti tra Subiaco e l'antico collegio Romano.

Il primo evento, occorso a Subiaco, risalente al 1879, è del V° MCS. Nel 1941; a Cervara di Roma c'è stato l'evento più forte che il catalogo riporti e che è stato seguito, per un paio di settimane, da decine di repliche (Di Filippo, 1943); ancora nel 1961, nel comune di Rocca di Botte, si susseguirono due eventi a distanza di due giorni, del VI° e VII° MCS. L'ultimo terremoto in ordine temporale è quello recente dell'11 Marzo 2000 che ha colpito l'area di Canterano valutato del VI° MCS.

Nella valutazione della pericolosità sismica del territorio in studio è importante evidenziare come quest'ultimo sia situato a poche decine di chilometri da importanti zone sismogenetiche distribuite sull'Appennino Laziale-Abruzzese.

La Valle dell'Aniene si colloca infatti in prossimità di importanti aree sismogenetiche quali il Fucino, l'Aquilano e il Frusinate. Dall'analisi del Catalogo parametrico dei terremoti italiani (Boschi et al. 1995 – Boschi et al. 2000) si nota che al suo interno non vi ricadono eventi sismici di magnitudo maggiore di 6.

E' stata effettuata una ricerca dei principali terremoti che hanno interessato il comune di Subiaco consultando il catalogo della sismicità storica dall'anno 1000 al 2011 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV (catalogo CPTI15-DBMI15).

Tra i principali terremoti con epicentro proprio nell'area di Subiaco si segnala quello del 1160, di **Magnitudo M=5.33**, con risentimenti e danni anche nel settore oggetto di studio di intensità massime di 8-9 MCS, e l'evento del 1348, di **magnitudo M=5.56** e intensità pari a 8 MCS.

Per quanto riguarda i terremoti di provenienza appenninica, sono quelli legati alle principali zone sismogenetiche da cui si originano eventi di elevata magnitudo le cui onde possono provocare danni anche nel settore oggetto di studio.

In particolare, i settori ritenuti a maggiore pericolosità sismica sono distribuiti nella zona del Fucino.

Si segnalano i terremoti del 1349, con epicentro nell'Appennino Laziale-Abruzzese, di magnitudo M=6.27 e intensità nella zona di Subiaco pari a 8-9 MCS.

Infine, il terremoto, della Marsica del 1915, di magnitudo M=7.08, con intensità locali di 7-8 MCS.

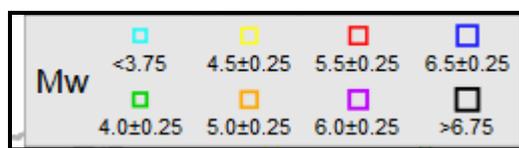
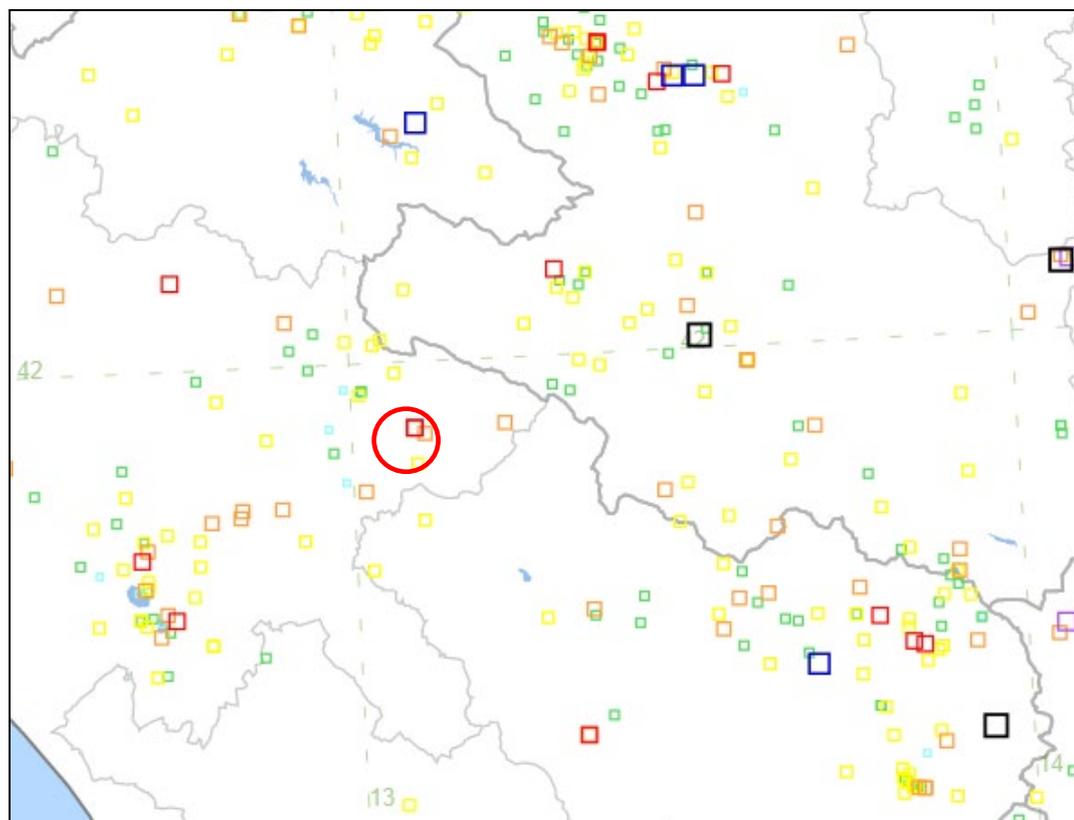


Figura 28 – Storia sismica e **Valori di Magnitudo** - Terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse nella **finestra temporale 1900-2014**. (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)



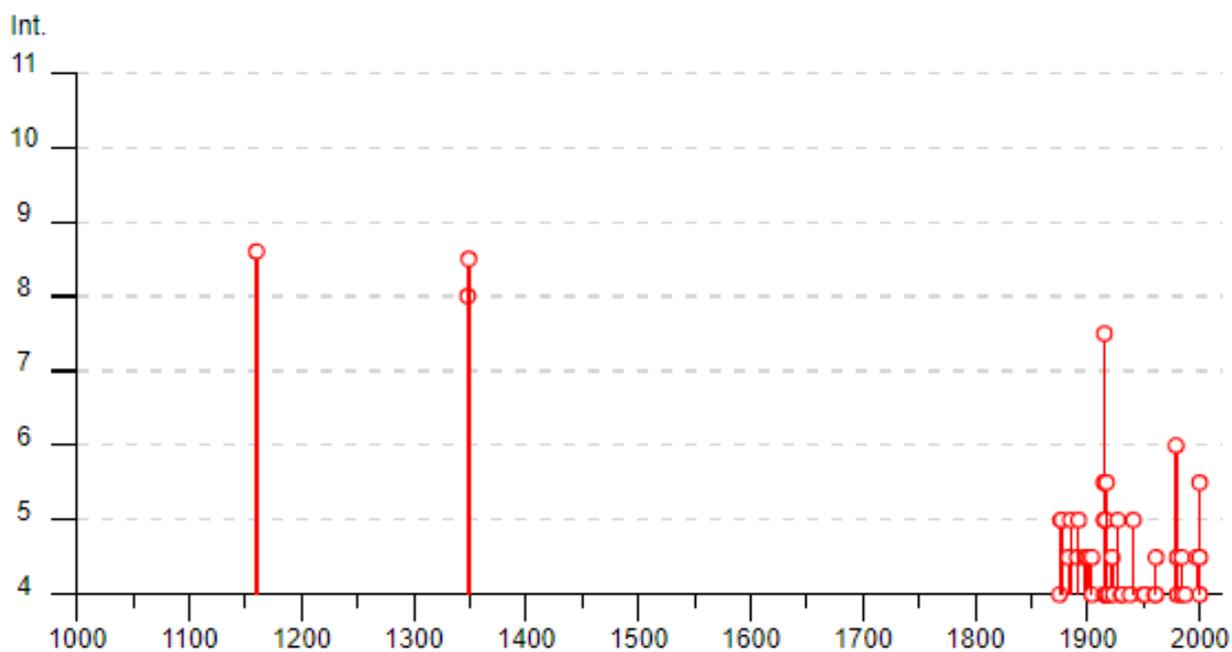


Figura 29 - Terremoti storici registrati nel territorio di Subiaco

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A RISCHIO IDROGEOLOGICO IN CONTRADA "RIARCO"

- SUBIACO (RM) – PROGETTO ESECUTIVO

Comune di Subiaco (RM)

PROGETTO ESECUTIVO

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
HD	1160	10	15				Subiaco	2	7-8	5.33
8	1348	09	13				Subiaco	1	8	5.56
8-9	1349	09	09				Appennino laziale-abruzzese	17	9	6.27
3	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
3	1873	07	12	06	06		Val Comino	61	7-8	5.38
F	1874	02	24	06	52		Aquilano	26	6-7	5.12
4	1875	12	06				Gargano	97	8	5.86
5	1876	10	26	14	18		Monti Prenestini	29	7	5.06
5	1877	08	24	02	45		Lazio meridionale	54	7	5.21
4-5	1883	09	02	07	03		Colli Albani	27	5-6	4.67
5	1885	04	10	01	44		Appennino laziale-abruzzese	44	5	4.57
3-4	1889	12	08				Gargano	122	7	5.47
4-5	1891	05	09	00	16		Val Roveto	41	5	4.42
3	1892	01	21	20	15		Valle del Salto	14	5	4.40
5	1892	01	22				Colli Albani	81	7	5.14
4-5	1898	06	27	23	38		Reatino	186	8	5.50
4-5	1899	07	19	13	18	5	Colli Albani	122	7	5.10
4-5	1901	07	31	10	38	3	Sorano	76	7	5.16
4	1904	02	24	15	53	2	Marsica	56	8-9	5.68
4-5	1904	02	25	00	29	1	Marsica	34	5-6	4.56
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
2-3	1911	04	10	09	43		Colli Albani	79	6	4.74
NF	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
3-4	1914	04	14	02	49		Marsica	22	5	4.26
7-8	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
4	1915	01	14	01	50		Marsica	9		4.64

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A RISCHIO IDROGEOLOGICO IN CONTRADA "RIARCO"

- SUBIACO (RM) – PROGETTO ESECUTIVO

Comune di Subiaco (RM)

PROGETTO ESECUTIVO

5-6	🔗	1915 01 14 07 17	Marsica	12	5-6	4.88
2	🔗	1915 01 14 16 55 2	Marsica	5	4	4.60
3-4	🔗	1915 01 21 12 29 2	Marsica	4	4	4.83
4	🔗	1915 02 27 23 23 0	Marsica	9	6	4.77
5-6	🔗	1915 04 05 06 18 5	Valle dell'Aniene	21	6	4.80
5	🔗	1915 09 23 18 07	Marsica	18	6	5.07
5	🔗	1915 12 04 01 02	Marsica	27	5-6	4.47
5	🔗	1916 01 26 12 22	Sorano	34	6	4.72
F	🔗	1916 07 04 05 06	Monti Sibillini	18	6-7	4.82
NC	🔗	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82
2	🔗	1916 11 16 06 35	Alto Reatino	40	8	5.50
4	🔗	1917 01 03 01 35	Marsica	57		
5-6	🔗	1917 07 08 02	Appennino laziale-abruzzese	44	5-6	4.68
2-3	🔗	1919 04 20 06 32	Marsica	11	4-5	4.11
3	🔗	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
2-3	🔗	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	67	7-8	5.36
2	🔗	1919 10 21 00 24	Gargano	24	5-6	5.03
4	🔗	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5.22
3	🔗	1920 06 21 07 22	Val Comino	21	5	4.62
4-5	🔗	1922 12 29 12 22 0	Val Roveto	119	6-7	5.24
4	🔗	1923 05 13 14 30 5	Valle del Salto	21	5	4.33
2-3	🔗	1925 09 24 13 33 4	Molise occidentale	50	7	5.26
3-4	🔗	1926 12 18 21 07 2	Marsica	24	5	4.24
5	🔗	1927 10 11 14 45 0	Marsica	81	7	5.20
2-3	🔗	1927 12 26 15 06 1	Colli Albani	38	7	4.89
3-4	🔗	1929 01 14 04 01	Monti della Meta	32	4-5	4.42
2	🔗	1930 04 07 17 17 1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50
4	🔗	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A RISCHIO IDROGEOLOGICO IN CONTRADA "RIARCO"

- SUBIACO (RM) – PROGETTO ESECUTIVO

Comune di Subiaco (RM)

PROGETTO ESECUTIVO

4	🔗	1931	10	21	07	35	Ciocciaria	23	5	4.23
4	🔗	1938	08	12	02	28 3	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
5	🔗	1941	09	08	16	30	Alto Aniene	16	6	4.35
3	🔗	1943	01	29			Monti Sibillini	50	6-7	4.94
2	🔗	1948	12	31	03	32	Monti Reatini	95	8	5.42
4	🔗	1950	09	05	04	08	Gran Sasso	386	8	5.69
4	🔗	1951	08	08	19	56	Gran Sasso	94	7	5.25
4	🔗	1960	03	14	04	44	Marsica	40	7	4.72
2	🔗	1961	04	06	11	34 4	Val Roveto	13	6	4.55
4	🔗	1961	04	10	06	56	Alto Aniene	19	6	4.55
4-5	🔗	1961	04	12	00	44	Alto Aniene	44	6-7	4.62
6	🔗	1979	09	19	21	35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
4-5	🔗	1980	06	14	20	56 5	Marsica	69	5-6	4.96
4	🔗	1980	11	23	18	34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	🔗	1984	05	07	17	50	Monti della Meta	911	8	5.86
4	🔗	1984	05	11	10	41 4	Monti della Meta	342	7	5.47
4	🔗	1987	04	11	02	26 2	Colli Albani	72	6	4.35
3	🔗	1989	10	23	21	19 1	Colli Albani	65	6	4.32
3	🔗	1989	12	19	14	28 2	Colli Albani	39	5-6	3.90
NF	🔗	1990	05	05	07	21 2	Potentino	1375		5.77
2	🔗	1990	06	19	02	42 5	Alto Aniene	40	5-6	3.82
3-4	🔗	1994	08	05	22	01 2	Val Roveto	81	5-6	4.15
3	🔗	1994	08	07	06	31 1	Val Roveto	103	5-6	4.25
NF	🔗	1997	09	26	00	33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
3-4	🔗	1997	10	14	15	23 1	Valnerina	786		5.62
4-5	🔗	1997	11	06	02	20 2	Monti Tiburtini	91	5-6	4.19
3-4	🔗	1998	05	12	21	46 3	Monti Simbruini	48	5	3.77
NF	🔗	1998	08	15	05	18 0	Reatino	233	5-6	4.42

PROGETTO ESECUTIVO

5-6		2000	03	11	10	35	2	Valle dell'Aniene	214	6	4.25
3		2000	05	22	15	48	2	Valle dell'Aniene	48	5-6	3.45
4		2000	05	28	09	29	1	Valle dell'Aniene	58	6	3.88
4-5		2000	06	27	07	32	3	Valle dell'Aniene	138	6	4.24
2-3		2000	11	13	17	28	2	Valle dell'Aniene	29	5	3.57
3-4		2001	12	20	01	54	0	Valle dell'Aniene	47	5	3.96
2-3		2004	10	05	23	00	2	Valle dell'Aniene	78	4	3.30

Tabella 6 – Numero di eventi e storia sismica di Subiaco
(da: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

Le massime intensità macrosismiche per il territorio di Subiaco sono pari a $I_{mcs}=8-9$.

Secondo uno studio di Enea, le massime intensità macrosismiche relative agli ultimi 1000 anni per l'area oggetto di studio ricadono nell'intervallo tra di 8-8.5 MCS.

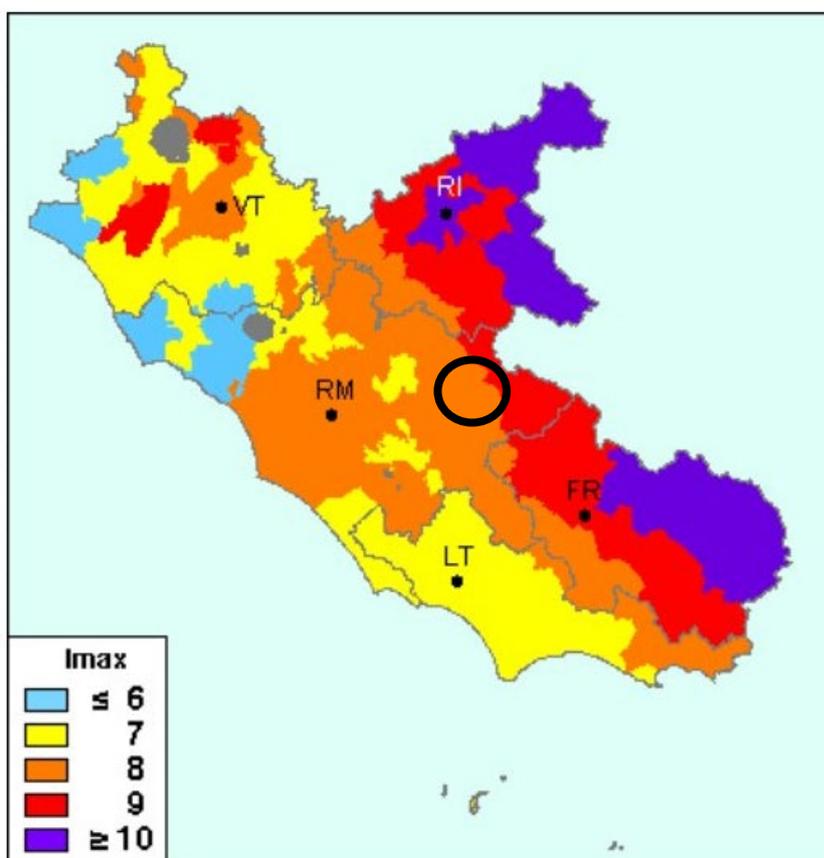


Figura 30 - Massime Intensità macrosismiche nella Regione Lazio
(da: GNDD – ING – SSN – Massime intensità macrosismiche nei comuni italiani)

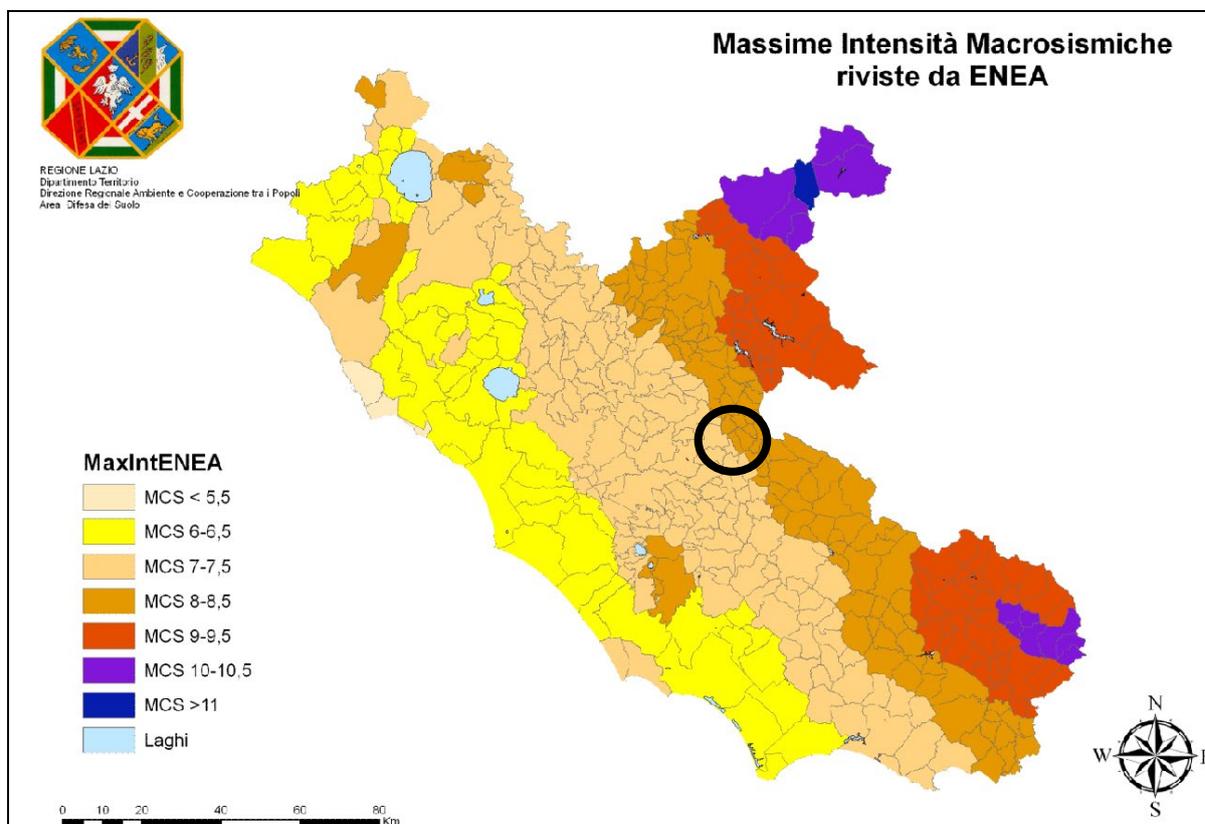


Figura 31 - Massime Intensità macrosismiche negli ultimi 1000 anni (Fonte: Enea)

12.2. Zonazione sismogenetica ZS9

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.

Il territorio comunale di Subiaco ricade in adiacenza alle zone sismogenetiche connesse sia al margine interno della piastra padano-adriatico-ionica in subduzione sotto la catena appenninica, sia alla tettonica distensiva del margine tirrenico e delle aree di vulcanismo recente. Conseguentemente, si tratta rispettivamente di eventi caratterizzati da meccanismi di rottura di tipo thrust e strike slip (compressivi), sia di tipo misto di tipo dip-slip e strike-slip.

Con riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa della pericolosità sismica - Ordinanza PCM 20-03-03 n. 3274), la sismicità può essere suddivisa in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima Mw_{max} .

L'area di progetto ricade all'interno dell'area sismogenetica 920 a cui è associata la seguente magnitudo massima M_w di riferimento (Figura 32):

- zona sismogenetica 920 (Frusinate) - $M_w=6.14$.

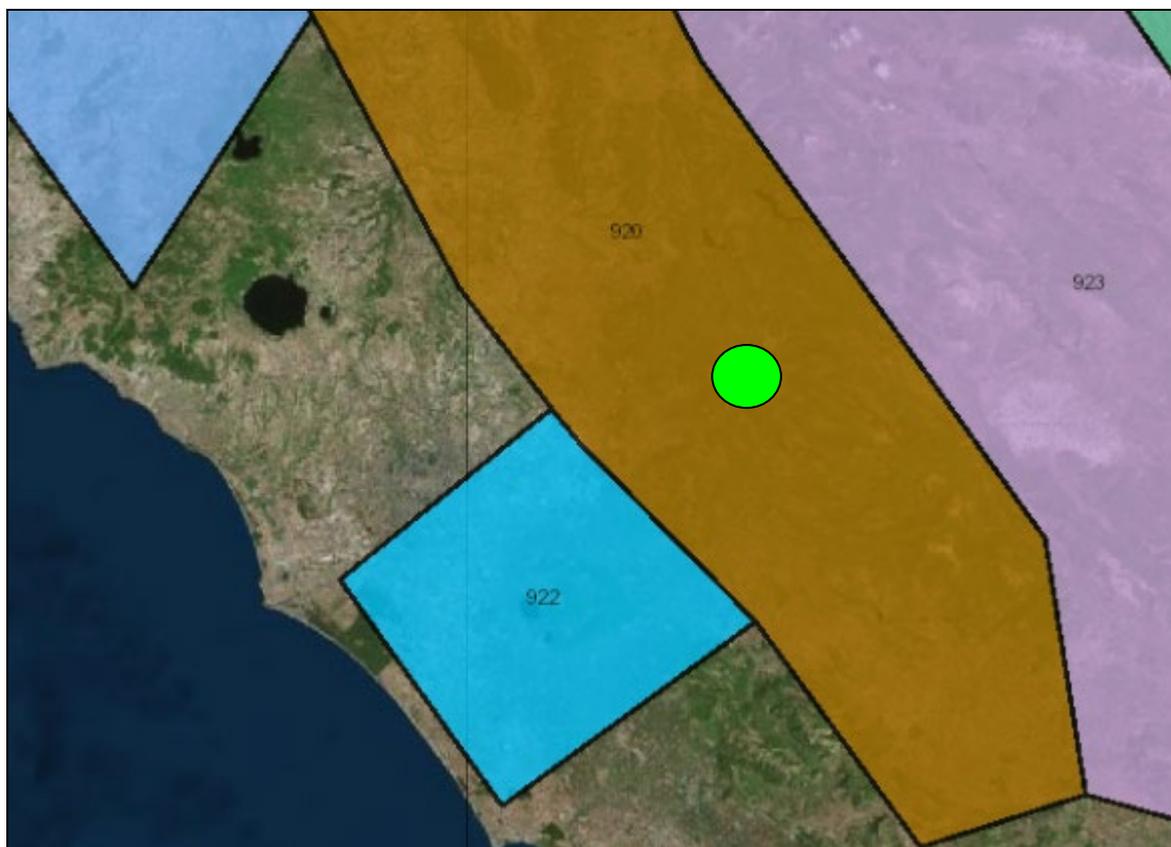


Figura 32 - Zonazione sismogenetica ZS9 – Carta Sismogenetica d'Italia

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Tabella 7 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di Lavoro, 2004 – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica)

12.3. Strutture sismogenetiche

La seguente Figura 33 evidenzia le aree sismogenetiche (poligoni color marrone), definite quali proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenute attive, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni arancioni).

Con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3", si osserva che l'area su cui ricade il territorio comunale di Subiaco ricade a 25 km e 45 KM a W-SW di distanza da due importanti strutture sismogenetiche, rispettivamente ubicate a N-NE, denominata "**Salto Lake-Ovindoli-Barrea**" (massima magnitudo attesa $M=6.7$), e "**Borbona-L'Aquila-Aremogna**" (massima magnitudo attesa $M=6.5$).

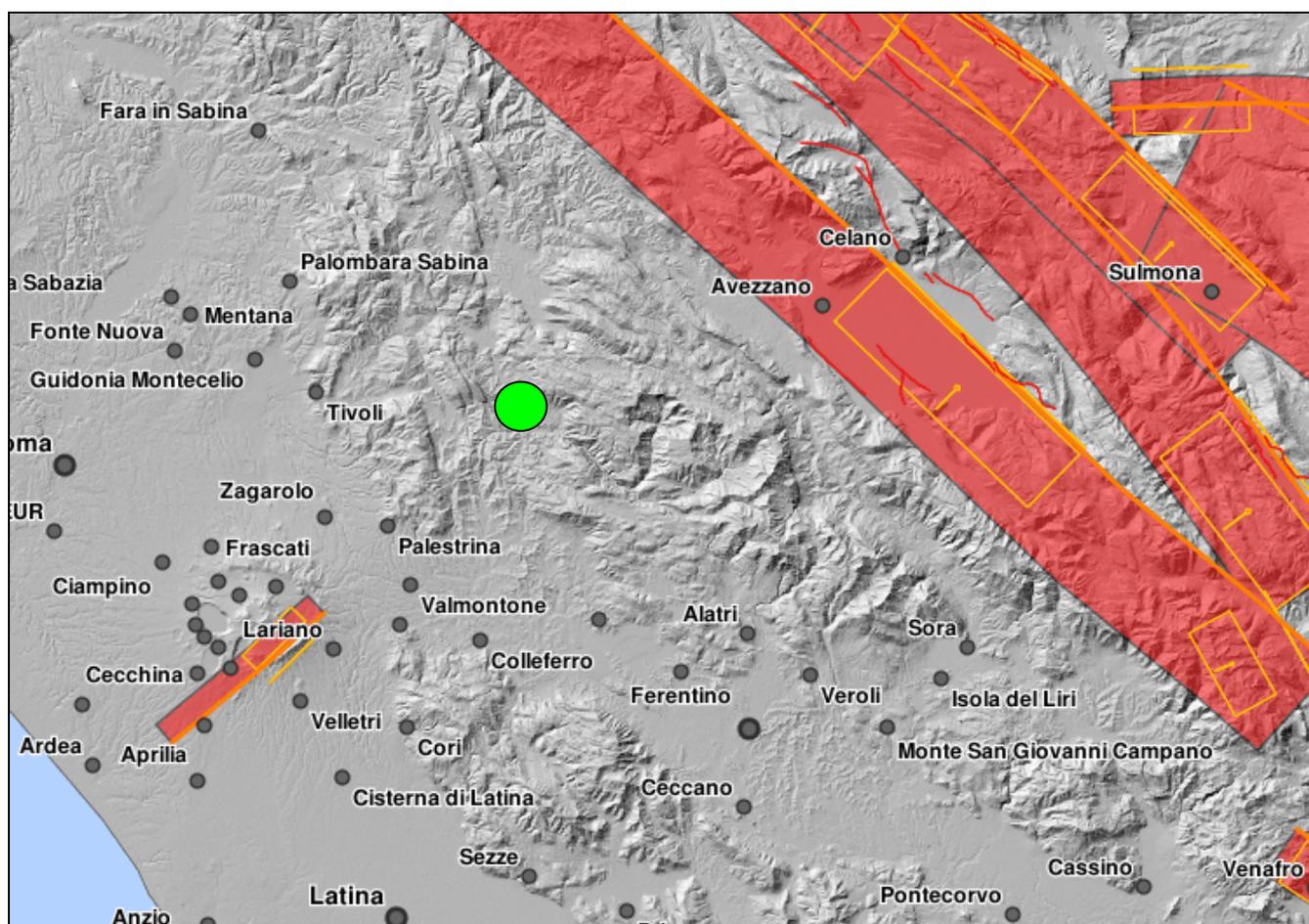
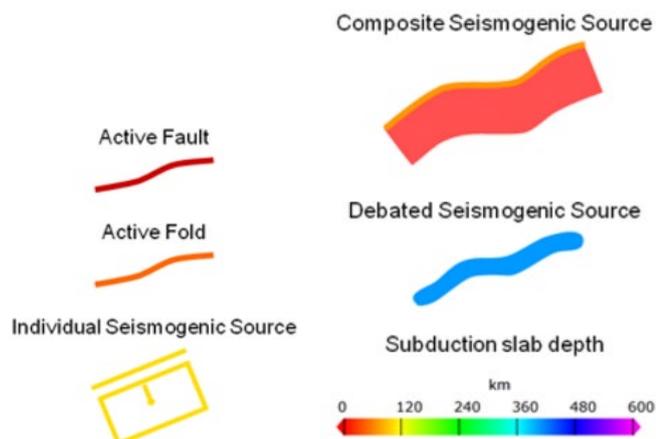


Figura 33 - Mappa delle aree sismogenetiche di interesse - Database DISS3



12.4. **Faglie attive e capaci**

In accordo con quanto stabilito negli ICMS (Gruppo di lavoro MS, 2008), è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene), ed è considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno. Questa definizione si riferisce al piano di rottura principale della faglia (piano su cui avviene la maggiore dislocazione).

La catalogazione delle faglie capaci è restituita consultando il catalogo delle faglie attive e capaci ITHACA (ITaly HAzard from Capable faults) dell'Istituto Superiore per la Protezione e per la Ricerca Ambientale. Il progetto ITHACA che riporta la stima della pericolosità dei terremoti legati alla fagliazione superficiale per magnitudo >6 e in grado di produrre una rilevante deformazione tettonica permanente.

L'area di progetto non ricade in prossimità di faglia attive e capaci.

La FAC più vicina denominata "Pagliara dei Marsi" si pone a circa 18 km di distanza (Figura 34).

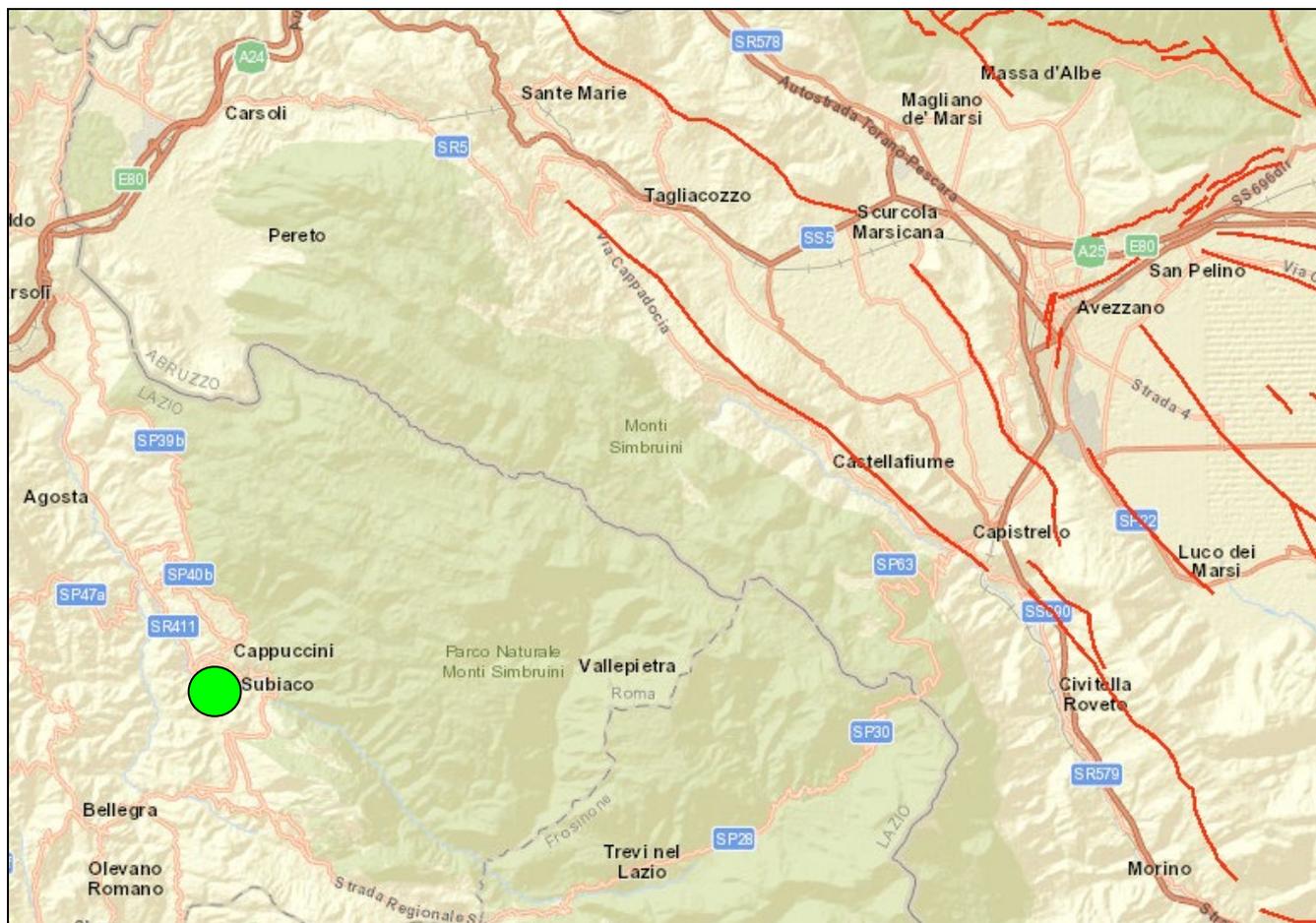


Figura 34 - Catalogo delle Faglie Capaci ITHACA

(<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>)

12.5. Classificazione sismica dell'area

Contestualmente alla redazione della mappa della pericolosità di base, le ordinanze del P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e n° 3519 del 28/04/2006 hanno delineato i criteri per la nuova classificazione sismica di tutto il territorio nazionale basandosi proprio sui valori di $a(g)$ espressi.

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale prevede quindi le seguenti tipologie di zone:

- Zona 1 - È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
- Zona 2 - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- Zona 3 - I comuni inclusi in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- Zona 4 - È la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

Con la nuova classificazione sismica della Regione Lazio - Delibera di giunta regionale n. 387 del 22.05.2009, si definisce l'istituzione di sottozone sismiche, che creano l'occasione di poter differenziare in modo dettagliato la pericolosità sismica sul territorio regionale. La nuova zonazione sismica sostituisce la precedente del GR 766/03.

La riclassificazione definisce la presenza di sottozone sismiche che permettono di definire aree intermedie di pericolosità sismica. La creazione di sottozone ha interessato soltanto le precedenti 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).

Secondo la recente proposta di riclassificazione sismica da parte della Regione Lazio, seguita all'emanazione dell'OPCM 3519/06 con cui lo Stato ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio, il territorio comunale di Subiaco è stato inserito in una zona sismica denominata **sottozona 2B**.

I corrispondenti valori di accelerazione sismica attesi secondo la proposta di riclassificazione (2009) sono riportati nella tabella di seguito allegata.

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.*

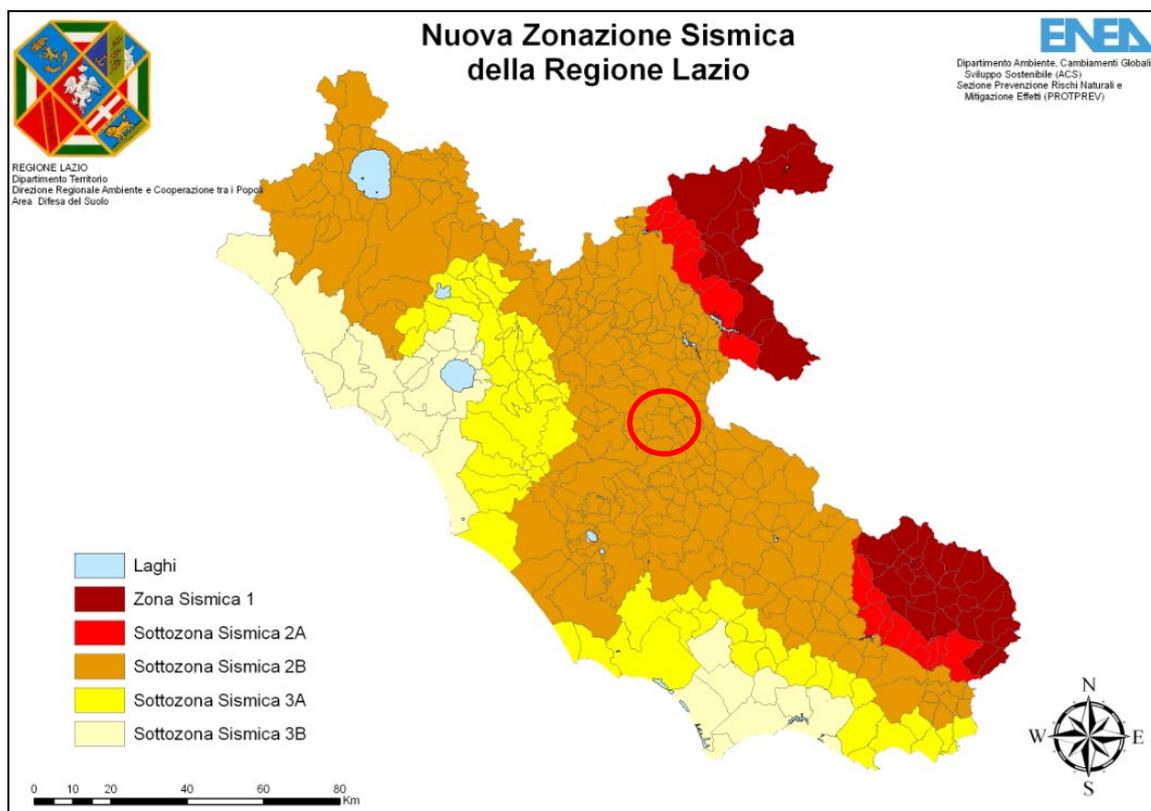


Figura 35 – Nuova classificazione sismica Regione Lazio

12.6. Mappa della pericolosità sismica di base

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), recependo i suggerimenti della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile, ha coordinato la redazione della mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche, richiesta dall'ordinanza del P.C.M. datata 20 marzo 2003 n. 3274, All. 1.

La pericolosità sismica rappresenta una stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. Tale valutazione può essere effettuata con metodi deterministici, assumendo un determinato terremoto di riferimento, oppure con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati.

In dettaglio, la pericolosità sismica di base rappresenta una componente della pericolosità sismica precedentemente descritta, dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti).

La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo

PROGETTO ESECUTIVO

scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

A scala nazionale l'INGV ha quindi provveduto a stimare l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante $a(g)$, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA, che costituisce il principale parametro descrittivo della pericolosità di base.

Tale parametro, la cui unità di misura è l'accelerazione di gravità $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, utilizzato anche per la definizione dell'azione sismica di riferimento per opere ordinarie (Classe II delle Norme Tecniche per le Costruzioni), convenzionalmente rappresenta l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante che, in un intervallo di tempo di 50 anni, ha una probabilità del 10% di superare il valore indicato (cfr. scala colore), per effetto di sismi di intensità maggiore rispetto a quelli considerati per la classificazione del territorio.

A livello locale è disponibile una mappa più dettagliata dell' $a(g)$ prodotta sempre dall'INGV e consultabile sul sito dell'istituto all'indirizzo "<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>", riportata nella Figura 36.

Dall'analisi della mappa si può osservare che l'area di interesse presenta valori di $a(g)$ compresi tra 0.150-0.175g.

Procedendo ad una **analisi di disaggregazione** sono stati valutati i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Nello specifico, si è proceduto ad una analisi bidimensionale in termini di magnitudo e distanza M-R, che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M.

Mediante tale procedura, è stato definito il cosiddetto terremoto di scenario, ovvero il terremoto che definisce lo scenario di pericolosità, in termini di magnitudo e distanza, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito.

Nell'area di progetto, come indicato nella Figura 37 il maggiore contributo alla pericolosità deriva da terremoti con epicentri ubicati a distanze comprese nell'intervallo 0-10 km, con valori di magnitudo massime $M=5-5.5$.

Tuttavia, prendendo in considerazione tutti i valori maggiori di zero, gli intervalli si ampliano fino a comprendere magnitudo comprese tra $M=6-7.5$ per distanze variabili nel range 30-50 Km, sia pure per tali valori, con contributi percentuali molto bassi.

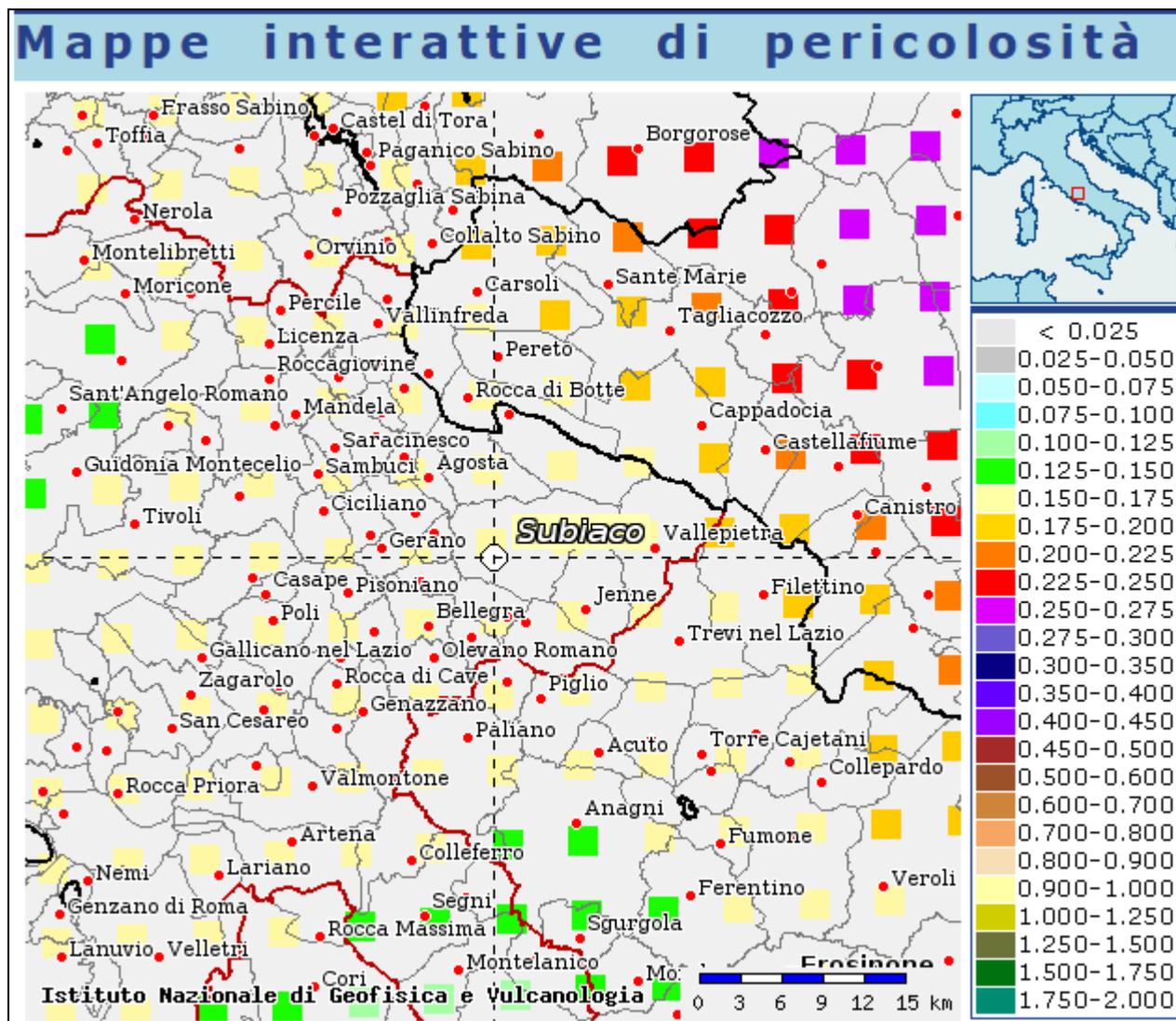


Figura 36 - Mappa di pericolosità sismica dell'area studiata redatta dall'INGV.

(La figura è tratta dal sito dell'INGV: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

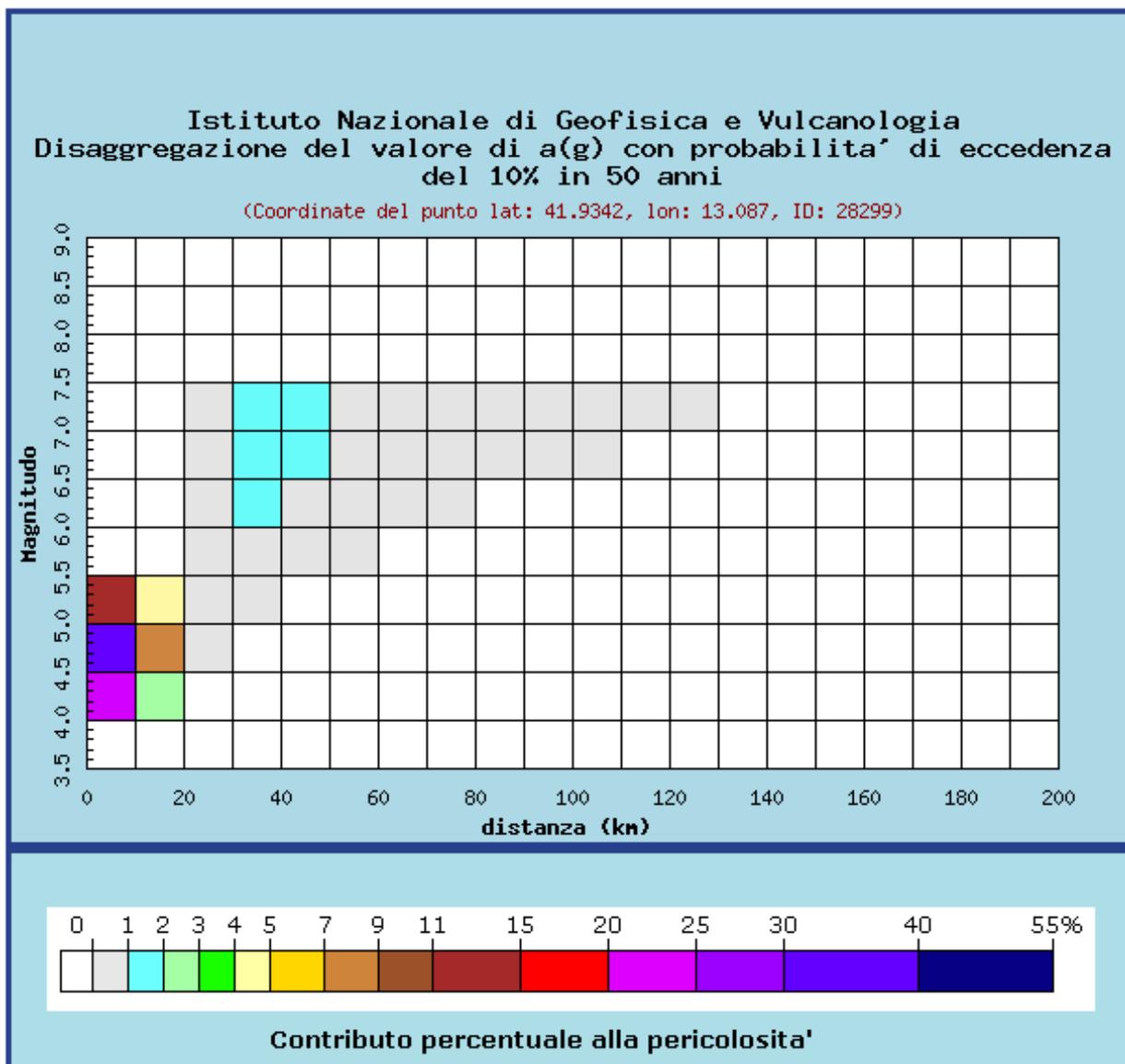


Figura 37 - Analisi di disaggregazione in termini di magnitudo distanza M-R

(La figura è tratta dal sito dell'INGV: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

PROGETTO ESECUTIVO

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 41.9342, lon: 13.087, ID: 28299)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	24.500	32.600	11.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.990	7.070	4.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.342	0.991	0.678	0.946	0.995	0.606	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.118	0.742	1.440	1.840	1.300	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.165	0.788	1.330	1.110	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.314	0.827	0.809	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071	0.452	0.535	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.195	0.306	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.124	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.050	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.024	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza	Epsilon									
5.020	12.200	1.150									

13. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E MORFOLOGICHE ED EFFETTI SULLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

13.1. Categoria di sottosuolo ricavata da indagini sismiche MASW

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo, le indagini sismiche eseguite nell'area di progetto, consistite nell'esecuzione di n.2 linee sismiche masw, hanno evidenziato la presenza di diversi sismostrati caratterizzati da velocità medie di propagazione delle onde di taglio (V_s) complessivamente elevate e crescenti con la profondità, in accordo con la presenza di roccia arenacea fin da profondità modeste rispetto al profilo topografico.

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

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

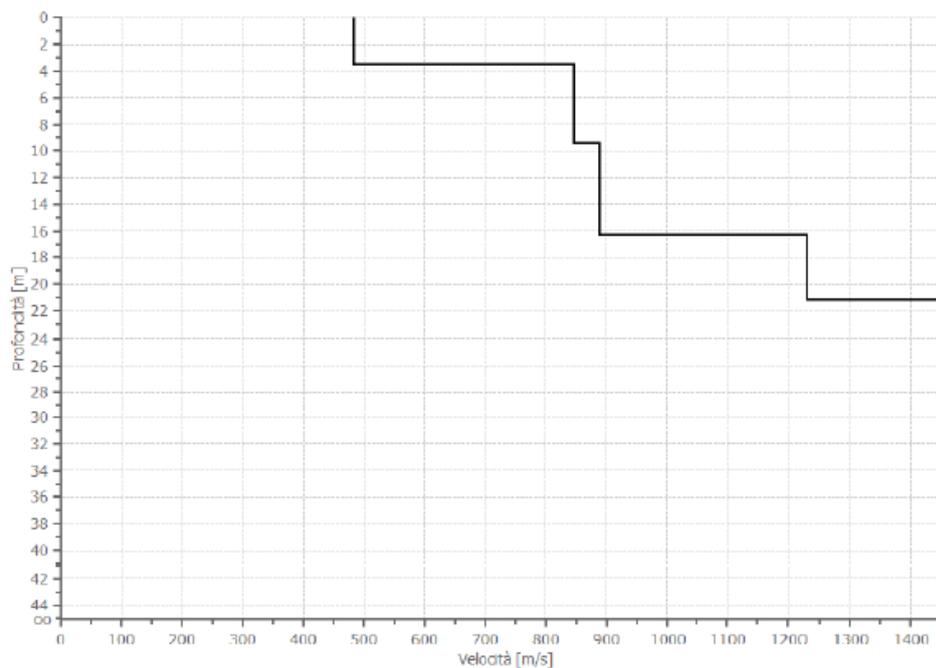
dove:

h_i e lo spessore (in metri) dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

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.

Le prospezioni sismiche hanno consentito di ottenere un valore della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri. In relazione ai valori di V_s ottenuti, **le indagini sismiche eseguite hanno fornito una categoria di sottosuolo B.**

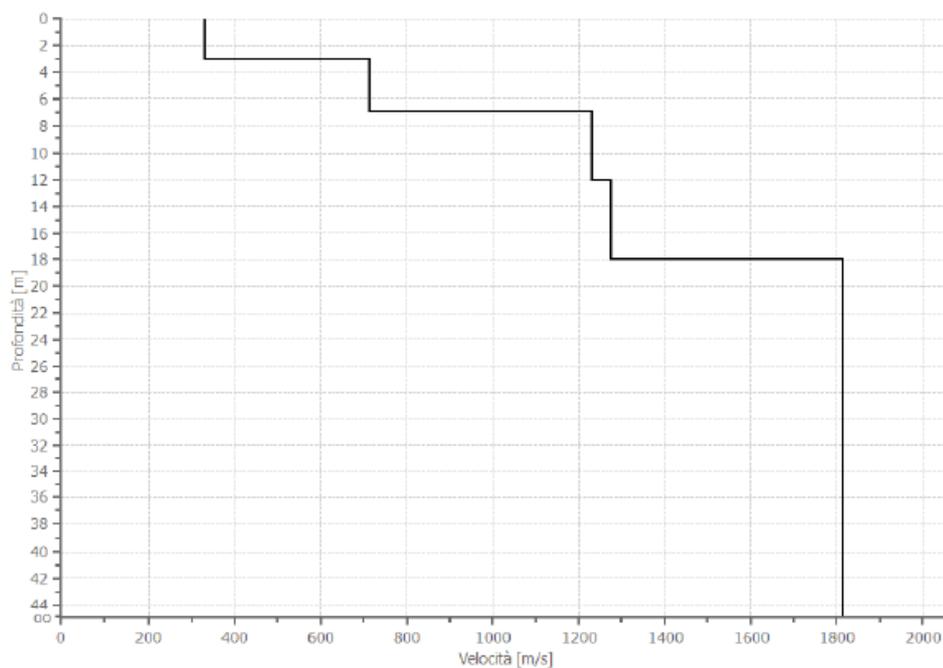
Profilo di Velocità:

N. Strati	Profondità strati (m)	Spessori strati (m)	Vs (m/s)
1	3.49	3.49	483.50
2	9.39	5.90	846.51
3	16.31	6.92	889.40
4	21.18	4.87	1228.67
5	∞	∞	1467.40

$V_{S, Eq}$ (m/sec) 483,5

Categoria di sottosuolo: B

Tabella 8 – Risultati prove MASW 1

Profilo di Velocità:

N. Strati	Profondità strati (m)	Spessori strati (m)	Vs (m/s)
1	3.00	3.00	328.41
2	7.00	4.00	712.04
3	12.00	5.00	1230.32
4	18.00	6.00	1276.11
5	∞	∞	1814.29

$V_{S, Eq}$ (m/sec) 474,5

Categoria di sottosuolo: B

Tabella 9 – Risultati prove MASW 2

In considerazione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche del sito in esame, i possibili effetti in grado di condizionare la risposta sismica locale possono soprattutto derivare dalla natura e dalle proprietà meccaniche dei litotipi presenti nel sottosuolo.

Effetti di amplificazione dell'input sismico derivano possono infatti derivare dalla sovrapposizione dei depositi di copertura, non litoidi e caratterizzati da valori delle velocità delle onde sismiche trasversali Vs localmente non elevati, sulle rocce litoidi di natura arenacea rappresentative del substrato sismico, distribuito a profondità non elevate e dell'ordine di 3-4 m rispetto al profilo topografico attuale.

Gli effetti di amplificazione sono infatti maggiori in relazione all'aumentare del contrasto di impedenza tra il substrato e i depositi di copertura, ovvero tanto più sensibili quanto maggiori sono le differenze tra le caratteristiche meccaniche del mezzo attraversato dalle onde sismiche.

Detti effetti tuttavia, nel caso in esame possono valutarsi più contenuti, considerati gli spessori delle coperture non elevati e che le opere di progetto saranno per gran parte intestate sulle arenarie del substrato, per quanto alterate nella loro parte più superficiale.

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>

Tabella 10 - Categorie di sottosuolo (tratta da Tab. 3.2.II delle NTC 2018)

13.2. Condizioni topografiche

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 NTC18):

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

PROGETTO ESECUTIVO

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

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso dell'area di studio, la categoria della superficie topografica risulta essere:

T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
-----------	--



Soggetto realizzatore

Incaricato:
Dott. Geol. Domenico Ferri

Collaboratori:
Dott. Geol. Iunior Simone Sette

Data

Febbraio 2018

Novembre 2020 rev.1

Legenda

Zone stabili

- 1011 Substrato lapideo – LP (1012)/ lapideo stratificato – LPS (1011): aree di affioramento del substrato calcareo, compresa un'eventuale copertura dallo spessore massimo inferiore a 3 m.
- 1012
- 1022 Substrato granulare cementato – GR: aree di affioramento del substrato costituito da travertini, compresa un'eventuale copertura dallo spessore massimo inferiore a 3 m.
- 1041
- 1042 Alternanza di litotipi – AL (1042)/ alternanza di litotipi stratificato – ALS (1041): aree di affioramento del substrato arenaceo e marnoso argilloso, compresa un'eventuale copertura con spessore inferiore a 3 m.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- 2001 Substrato lapideo (LP) / lapideo stratificato (LPS) con pendenza > 30°.
- 2002 Substrato granulare (GR) con pendenza > 30°.
- 2003 Alternanza di litotipi (AL)/ alternanza di litotipi stratificato (ALS) con pendenza > 30°.
- 2004 Depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi con limo (Gm/fd, GM/lc, GM/pi) posti al di sopra del substrato arenaceo e marnoso argilloso con spessori inferiori ai 25 m.
- 2005 Depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi con limo (Gm/fd) posti al di sopra del substrato lapideo e lapideo stratificato con spessori inferiori ai 25 m.
- 2006 Depositi prevalentemente argilloso-limosi con ghiaia e sabbia (CL/pi, CL/ec) posti al di sopra del substrato arenaceo e marnoso argilloso con spessori inferiori ai 15 m.
- 2007 Depositi prevalentemente argilloso-limosi con ghiaia e sabbia (CL/pi, CL/ec) posti al di sopra del substrato lapideo e lapideo stratificato con spessori inferiori ai 15 m.
- 2008 Depositi prevalentemente sabbiosi con ghiaia (SW/lc) posti al di sopra del substrato lapideo e lapideo stratificato con spessori inferiori ai 10 m.
- 2009 Terreni con resti di attività antropica (RI) con spessore massimo di circa 10 m, sovrastanti depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi con limo (GM/pi) dallo spessore massimo di circa 15 m posti al di sopra del substrato arenaceo e marnoso argilloso.
- 2099 Substrato geologico granulare cementato fratturato/alterato (SFGR); Substrato geologico alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL); Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS); Substrato geologico lapideo fratturato/alterato (SFLP); Substrato geologico lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS).

15. CONCLUSIONI E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

In sede di progettazione esecutiva degli interventi di messa in sicurezza del territorio a rischio idrogeologico in Contrada Riarco, nel territorio comunale di Subiaco (RM), si è proceduto alla redazione della presente relazione geologica finalizzata dalla valutazione dei principali aspetti geologici, idrogeologici e geomorfologici che caratterizzano l'area di progetto.

L'area dell'intervento è ubicata nel Comune di Subiaco e prevede opere di regimazione delle acque e di mitigazione del rischio idrogeologico consistenti in nuova gabbionate di protezione spondale, interventi di riprofilatura delle scarpate spondali del Fosso Riarco, pulizia e riprofilatura del fondo, rifacimento delle gabbionate esistenti nei tratti ammalorati.

Per la definizione di dettaglio degli aspetti geologici, nel mese di Agosto 2022 è stata condotta una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e sismiche, comprendente n.3 sondaggi geognostici di profondità 6-7 m, prelievo di campioni indisturbati sottoposti ad analisi di laboratorio, n.4 prove penetrometriche dinamiche DPSH, spinte fino al rifiuto all'avanzamento, n.2 linee sismiche MASW, finalizzate alla definizione della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018, e n.1 misura di microtremore sismico HVSR.

L'area dell'intervento è ubicata nel fondovalle del medio basso corso del Fosso Riarco, in località San Francesco, per una lunghezza complessiva di Fosso interessato dell'ordine di circa 600 m.

L'assetto geologico-stratigrafico generale che caratterizza complessivamente gran parte dell'area di progetto è contraddistinto dalla presenza di una copertura di depositi alluvionali e alluvio-colluviali, che occupano il fondovalle del Fosso Riarco, che poggiano su un substrato roccioso di natura prevalentemente arenacea, affiorante lungo entrambi i fianchi della valle del Fosso Riarco.

In relazione alle risultanze degli studi condotti e delle risultanze delle indagini, il **modello geologico del sottosuolo** può considerarsi rappresentato dalla successione delle seguenti Unità, dall'alto verso il basso:

- **Unità A - Depositi alluvio-colluviali recenti e attuali**
- **Unità B - Substrato litoide miocenico costituito da roccia arenacea**

Lo spessore delle coperture alluvionali e alluvio-colluviali, definito a seguito dei risultati delle prove DPSH e dei sondaggi geognostici, è complessivamente modesto nel tratto interessato dagli interventi e compreso tra 1.7-4 m. Comprendono materiale incoerente costituito soprattutto da sabbie da debolmente limose a limose e ghiaiose, da poco a mediamente addensate, con subordinate lenti e orizzonti ghiaioso-ciottolosi.

Il substrato roccioso dell'Unità B è stato rinvenuto in tutti i 3 sondaggi geognostici eseguiti e comprende arenarie di colore grigio, da fratturate, nella porzione superficiale, a compatte e massive, inferiormente.

PROGETTO ESECUTIVO

Con riferimento agli aspetti geomorfologici, il territorio che comprende il fondovalle del Fosso Riarco conserva complessivamente gli aspetti morfologici originari, caratterizzati da una superficie suborizzontale di larghezza dell'ordine dei 40-60 m nella parte medio-terminale, più prossima alla valle dell'Aniene, che diviene via via più stretta e incassata risalendo verso il tratto superiore dell'area di intervento, laddove il piatto fondovalle si riduce a 10-20 m. Entrambi i fianchi della vallata del Fosso Riarco presentano acclività mediamente elevate, in quanto costituiti dai termini arenacei e pelitico-arcanei del substrato roccioso miocenico.

L'alveo del fosso è generalmente incassato di 2-3 m rispetto al fondovalle. Le principali forme di dissesto interessano entrambe le sponde del Fosso Riarco e consistono in fenomeni di scalzamento ed erosione laterale, responsabili della sconfigurazione delle gabbionate esistenti e di locali franamenti delle sponde, come nel tratto inferiore dell'area di intervento.

Condizioni di potenziale dissesto caratterizzano alcuni tratti delle ripide scarpate lungo il tratto di strada comunale presente nella parte inferiore del settore di intervento, dove è presente una coltre detritica costituita in parte da arenarie alterate e degradate, in parte da depositi eluvio-colluviali, di spessore anche superiore a 1-2 m.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico locale, nell'ambito della campagna di indagine eseguita si è proceduto alla misurazione del livello idrico all'interno dei fori di sondaggio realizzati. Le misure eseguite al termine delle indagini hanno evidenziato la presenza di acqua a profondità comprese tra 2.25 e 2.75 m da pc.c, corrispondenti alla quota di scorrimento del Fosso Riarco. Si prevedono pertanto interferenze con la falda idrica durante le fasi di scavo per la posa in opera della gabbionate, particolarmente rilevanti alle quote di fondo scavo.

Con riferimento alla Pericolosità e al Rischio idrogeologico, sono state prese in esame le aree di pericolosità geomorfologica presenti nel territorio al fine di valutarne eventuali interferenze con l'area oggetto del presente studio. In relazione a quanto emerso dall'analisi dell'elaborato di Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), l'area di progetto non ricade all'interno di aree a pericolosità geomorfologica e idraulica.

L'area in oggetto non rientra in aree mappate dall'inventario delle frane IFFI.

Sono stati presi in esame gli Studi di Microzonazione sismica di Livello 1 redatti dal comune di Subiaco, che hanno prodotto una Carta delle Zone omogenee in Prospettiva Sismica ("Carta delle MOPS" – Scala 1:10.000). L'area di progetto è in parte classificata stabile, in parte come "area stabile suscettibile di amplificazione sismica locale".

Il territorio in esame ricade in area sottoposta a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. 30/12/1923 n.3267.

Per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio, secondo la più recente proposta di riclassificazione sismica da parte della Regione Lazio il comune di Subiaco è classificato in una zona di media sismicità denominata "sottozona 2B".

Le massime intensità macrosismiche per il territorio di Subiaco sono pari a $I_{mcs}=8-9$. Secondo uno studio di Enea, le massime intensità macrosismiche relative agli ultimi 1000 anni per l'area oggetto di studio ricadono nell'intervallo tra di 8-8.5 MCS.

Con riferimento alla pericolosità sismica di base, riferita all'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante $a(g)$ (PGA), che, in un intervallo di tempo di 50 anni, ha una probabilità del 10% di superare il valore indicato, l'area di interesse presenta valori di $a(g)$ compresi tra 0.150-0.175g.

PROGETTO ESECUTIVO

Per quel che riguarda l'amplificazione sismica locale, le indagini sismiche condotte nell'Agosto 2022 hanno fornito una categoria di sottosuolo B (Tab. 3.2. II NTC 2018).

Dal punto di vista geotecnico, i depositi alluvio-colluviali dell'Unità A, sono caratterizzati da proprietà di resistenza e deformabilità complessivamente scadenti.

Alla luce delle considerazioni di cui ai precedenti capitoli, le opere di progetto si ritengono compatibili con il contesto geologico-tecnico, geomorfologico, idrogeologico e sismico locale.