



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
MESSA IN SICUREZZA DEL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO
DEL PESCHIERA PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO
DI ROMA CAPITALE E DELL'AREA METROPOLITANA

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ING. PhD MASSIMO SESSA

SUB COMMISSARIO ING. MASSIMO PATERNOSTRO

aceq
acqua
ACEA ATO 2 SPA



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. PhD Alessia Delle Site

SUPPORTO AL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Avv. Vittorio Gennari

Sig.ra Claudia Iacobelli

Ing. Barnaba Paglia

aceq
Ingegneria
e servizi



CONSULENTE

Ing. Biagio Eramo

ELABORATO

A194PD R002 8

COD. ATO2 APE10116

DATA OTTOBRE 2019

SCALA

Progetto di sicurezza e ammodernamento
dell'approvvigionamento della città
metropolitana di Roma

"Messa in sicurezza e ammodernamento del sistema
idrico del Peschiera",

L.n.108/2021, ex DL n.77/2021 art. 44 Allegato IV

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1	DIC-19	AGGIORNAMENTO PER SIA	
2	MAR-20	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
3	LUG-20	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
4	GEN-21	AGGIORNAMENTO PARERE CSLLPP VOTO DEL 14/10/2020	
5	SETT-21	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
6	GIU-22	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
7	OTT-22	AGGIORNAMENTO UVP	
8	APR-23	INTEGRAZIONI ED AGGIORNAMENTI IN AMBITO AUTORIZZATIVO	
9			
10			

**NUOVO TRONCO SUPERIORE ACQUEDOTTO
DEL PESCHIERA
dalle Sorgenti alla Centrale di Salisano**

CUP G33E17000400006

PROGETTO DEFINITIVO

TEAM DI PROGETTAZIONE

CAPO PROGETTO

Ing. Angelo Marchetti

IDRAULICA

Ing. Eugenio Benedini

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Geol. Stefano Tosti

GEOTECNICA E STRUTTURE

Ing. Angelo Marchetti

ASPETTI AMBIENTALI

Ing. Nicoletta Stracqualursi

ATTIVITA' TECNICHE DI SUPPORTO

Geom. Stefano Francisci

ATTIVITA' PATRIMONIALI

Geom. Fabio Pompei

Hanno collaborato:

Ing. Geol. Eliseo Paolini

Geol. Yousef Abu Sabha

Geol. PhD Paolo Caporossi

Geol. Simone Febo

Geol. Filippo Arsie

Geol. Marco Marrocco



RELAZIONE GEOLOGICA

CONSULENTI

CERI - Centro di Ricerca Previsione, Prevenzione e Controllo dei Rischi Geologici

INDICE

1	<i>Premessa</i>	6
1.1	Descrizione delle opere di progetto	7
2	<i>Parere del C.S.LL.PP. (voto del 14/10/2020 – Prot. 46/2020)</i>	12
3	<i>Inquadramento geografico</i>	17
4	<i>Inquadramento geologico</i>	18
4.1	Assetto geologico e strutturale di dettaglio	22
4.1.1	Descrizione litologica e stratigrafica	22
4.1.2	Assetto strutturale e tettonico di dettaglio.....	43
5	<i>Inquadramento geomorfologico</i>	53
5.1	Problematiche geologiche della piana di San Vittorino	54
5.2	Instabilità del versante delle Sorgenti del Peschiera	58
5.2.1	Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.	61
5.3	Aspetti geomorfologici in un contorno significativo del tracciato di progetto	62
5.3.1	Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.	67
5.4	Fenomeni di subsidenza	80
5.4.1	Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.	81
5.5	Fenomeni di esondazione	82
5.6	Rischi legati a presenza di risalita fluidi profondi e gas	83
6	<i>Inquadramento idrogeologico regionale</i>	85
6.1	Studi pregressi	89
6.1.1	Tronco superiore del Peschiera esistente	89
6.1.2	Captazione-Acquedotto delle Capore	95
6.1.3	Galleria ANAS di Colle Giardino.....	99
6.1.4	Progetto Peschiera 2001	100
6.1.5	Campo pozzi S. Giovanni Reatino	105
6.1.6	Studio Turano.....	107

6.1.7	Misure di portata sul torrente Farfa	109
6.2	Serie idrostratigrafiche	111
6.2.1	Rilievi in campo	114
6.3	Considerazioni idrogeochimiche	116
6.4	Stima dell'infiltrazione efficace	122
6.4.1	Afflussi	122
6.4.2	Evapotraspirazione	125
6.4.3	Deflusso Idrico Globale	128
6.4.4	Infiltrazione efficace	129
6.5	Modello idrogeologico regionale di sintesi	131
7	Assetto idrogeologico di dettaglio	136
7.1	Misure di portata in alveo	136
7.1.1	Fiume Turano	137
7.1.2	Fiume Salto	143
7.2	Misure piezometriche	146
7.2.1	Area sorgiva	150
7.2.2	Piana di Micchiani	152
7.2.3	Fondovalle fiumi Salto e Turano	153
7.2.4	Valle Ariana	154
7.2.5	Salisano	155
7.3	Caratterizzazione dei complessi idrogeologici	156
7.3.1	Complesso delle alluvioni	156
7.3.2	Complesso dei conglomerati	164
7.3.3	Complesso della scaglia calcarea e complesso della maiolica	166
7.4	Considerazioni sull'interazione tra contesto idrogeologico e opera di progetto	168
7.4.1	Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.	171
7.5	Valutazione su potenziali interazioni tra le opere di progetto e gli acquiferi presenti	205
8	Cenni di sismicità e riferimenti alla vigente normativa antisismica	216

RELAZIONE GEOLOGICA

8.1	Considerazioni sulle faglie di interesse per l'opera segnalate dal catalogo ITHACA	222
8.2	Pericolosità e classificazione sismica	231
8.2.1	Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.	241
9	<i>Indagini geognostiche e geofisiche</i>	248
9.1	Stratigrafie	250
9.2	Lecture piezometriche	250
9.3	Prove geotecniche in foro di sondaggio	252
9.3.1	Prove SPT (Standard Penetration Test)	254
9.3.2	Prove Pressiometriche	257
9.3.3	Prove di Permeabilità in foro (Lefranc)	259
9.4	Prove geotecniche di laboratorio	261
9.5	Prove penetrometriche statiche (CPT) e dinamiche super pesanti (DPSH)	268
9.6	Prospezioni sismiche con metodologia MASW.....	278
9.7	Misura frequenza fondamentale HVSR.....	285
9.8	Prospezioni sismiche a rifrazione con tecnica tomografica	301
9.9	Prospezioni sismiche a riflessione	338
9.10	Prospezione sismica in foro tramite tecnica down-hole	355
9.11	Prospezioni geoelettriche con tecnica tomografica 2D e 3D	359
9.12	Prospezione microgravimetrica.....	368
10	<i>Aspetti geotecnici – geomeccanici e strutturali.....</i>	372
10.1	Caratterizzazione geomeccanica e geostrutturale dei litotipi rocciosi	372
10.2	Caratterizzazione geotecnica dei depositi quaternari.....	384
10.3	Determinazione dei parametri di deformazione dalle indagini sismiche	385
10.4	Definizione del modello geologico-tecnico	387
10.4.1	Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.....	397

11	Risposta Sismica Locale	398
11.1	Caratteristiche sismostratigrafiche del volume di terreno d'indagine	398
11.2	Scelta dell'input sismico (accelerazione di base ag)	405
11.2.1	Coordinate delle opere di progetto	406
11.2.2	Scelta della strategia di progettazione	407
11.3	Dati di disaggregazione.....	411
11.4	Estrazione degli accelerogrammi di input	415
11.5	Analisi di risposta sismica locale	459

Elaborati prodotti a supporto dello studio geologico:

- **A194 PD R002 8 – Allegato 1** – *Appendice 1: “Integrazioni al modello geologico-tecnico ed idrogeologico dell’area di interesse per il progetto definitivo del nuovo tronco superiore dell’Acquedotto Peschiera in relazione alle osservazioni pervenute dal Consiglio Superiore Lavori Pubblici”, Prof. Ing. G. Sappa**;
- **A194 PD R002 8 – Allegato 2 – 17**– *Report delle indagini geognostiche e geofisiche**;
- **A194 PD R002 8 – Allegato 18** – *Tabulati Input analisi di Risposta Sismica Locale**;
- **A194 PD R002 8 – Allegato 19** – *Stereoplot e documentazione fotografica del rilevamento geomeccanico**.

* SOMMARIO ALLEGATI RELAZIONE GEOLOGICA			
# Allegato	Pag. inizio	Pag. fine	Descrizione
1	1	85	Appendice 1 - Integrazione studio geologico Prof. Ing. G. Sappa
2	1	319	S1, S3, S7
3	1	307	Si(2), Si(3)
4	1	188	S0, S0(1)
	189	260	S4(2)
	260	403	S2(2)
5	1	26	S0(2), S0(3), S0(4)
	27	105	S8(3)
	106	141	S8(2), S8(4), S8(5), S8(6)
	142	168	S9
	169	196	S14(2), S15 PZ
	197	236	S15(2)
6	1	361	S1(2), S9(2), S9(2 PZ)
7	1	319	S4, S6, S10(2)
8	1	112	S11(2)
	113	290	S12
9	1	126	S16(2)
	127	199	S13(2)
10	1	95	Indagini geoelettriche Centrale Acea e Salisano
11	1	25	Indagine sismica Centrale Acea
	26	44	Indagine sismica Micciani
	45	72	Indagine sismica Sito R2
	73	94	Indagine sismica Sito R2-2
12	1	31	Indagine sismica Sito R4
	32	53	Indagine sismica Sito R5
	54	82	Indagine sismica Sito R6
13	1	25	Indagine sismica Sito R8
	26	46	Indagine sismica Sito R9
	47	75	Indagine sismica Sito Salisano
14	1	66	Indagine geoelettrica e sismica Campo Pozzi e Sito R7
15	1	112	Indagine sismica Sito San Giovanni Reatino (SGR)
16	1	120	Microgravimetria Piana di San Vittorino
	121	180	DPSH, CPT e geofisica Salisano
17	1	192	Campagna MASW e HVSR
	193	230	DPSH - Campagna 2021
	231	241	HVSR - Campagna 2021
	242	252	Sismica a rifrazione - Campagna 2021
18	1	52	Tabulati Input analisi di Risposta Sismica Locale
19	1	25	Stereoplot e documentazione fotografica del rilevamento geomeccanico

1 Premessa

La presente Relazione Geologica, facente parte del Progetto Definitivo relativo al Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera (dalle Sorgenti alla centrale di Salisano), è redatta in ottemperanza a quanto disposto dall'articolo 23, commi 1, 5, 5-bis e 6 del *Codice dei Contratti (D. Lgs. 50/2016 e ss.mm.ii.)*, nel rispetto dei principi generali di cui all'articolo 6 e 10 dell'emanando *Decreto Progettazione*, schema approvato dall'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (C.S.LL.PP.) nell'adunanza del 25/05/2018 n. prot. 45/2018 e di quanto già in precedenza indicato all'interno del Quadro Esigenziale (QE) e del successivo Documento di Indirizzo alla Progettazione (DIP), relativo al Progetto Definitivo, atti di programmazione redatti e ratificati da ACEA ATO2 per l'elaborazione del Progetto medesimo. La presente Relazione è redatta, inoltre, ai sensi del D.M. 11/03/1988 *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"* e del nuovo D.M. 17/01/2018 *"Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

Lo studio geologico svolto, teso a sviluppare la soluzione progettuale individuata sulla scorta delle analisi effettuate nel Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DOCFAP) e del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE), viene illustrato nella presente Relazione Geologica con riferimento al quadro litostratigrafico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'area in esame.

Inoltre, sulla scorta del parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, espresso con voto del 14/10/2020 – Prot. 46/2020, il presente documento è stato integrato in rispondenza alle osservazioni di carattere geologico-geotecnico ed idrogeologico espresse dalla Sezione Esaminatrice, come meglio dettagliato nei successivi paragrafi.

1.1 Descrizione delle opere di progetto

Il progetto del "Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera" consiste nella realizzazione degli interventi che vengono di seguito descritti, partendo da monte verso valle in direzione del flusso idrico del nuovo acquedotto:

- opere di derivazione – sorgenti – Piana di San Vittorino: tali opere consistono nell'ottimizzazione del sistema di gestione della captazione, nella realizzazione del nuovo manufatto di partenza delle opere di derivazione (connesso alla centrale esistente) e nell'attraversamento della piana di San Vittorino, fino ad arrivare al nuovo manufatto di partenza dell'acquedotto.

Interventi sul sistema di captazione

Prevedono la riqualificazione di un tratto (circa 150 metri) del canale esterno al sistema di captazione attraverso la posa in opera, all'interno dell'alveo, di due tubazioni drenanti DN1000 annegate in un riempimento di materiale di grossa pezzatura ad elevata permeabilità.

Il completamento delle opere previste sul canale esterno avverrà con la realizzazione di un rilevato a copertura dell'alveo e la posa in opera di opportuni aeratori; a valle del tratto ricoperto è previsto un manufatto di derivazione che consentirà, attraverso un canale scatolare di dimensioni 1.60m x 1.60m, di far confluire l'acqua al nuovo manufatto di partenza delle opere di derivazione.

Realizzazione del nuovo manufatto di partenza delle opere di derivazione

Il nuovo manufatto di partenza delle opere di derivazione è connesso alla vasca di carico della centrale esistente tramite un canale scatolare di sezione 4.00m x 4.00m, da questa opera partiranno le lavorazioni connesse all'attraversamento della Piana di San Vittorino che prevedono, per una lunghezza totale di circa 2900 m, la posa in opera di una doppia tubazione DN2500 realizzata con la tecnica del microtunnelling.

Attraversamento della piana di San Vittorino – Nuovo manufatto di partenza dell’acquedotto

Per poter eseguire gli scavi in microtunneling sono necessari sei pozzi (tre di spinta e tre di arrivo della fresa meccanica) oltre al nuovo manufatto di partenza delle opere di derivazione: dai manufatti di spinta intermedi M1, M3 ed M5 si scaverà rispettivamente verso nuovo manufatto di partenza delle opere di derivazione e verso M2, verso M2 e verso M4, verso M4 e verso M6 (o nuovo manufatto di partenza dell’acquedotto).

Dal nuovo manufatto di partenza dell’acquedotto il flusso idrico procederà verso valle passando per la galleria Ponzano, scavata con TBM EPB DN4000.

- Nuovo Tronco Superiore dell’Acquedotto del Peschiera: il tracciato del nuovo acquedotto è costituito da una galleria scavata con TBM-EPB DN4000 dal Manufatto di Partenza dell’acquedotto, in località Cotilia nel comune di Cittaducale (NMP_A), al comune di San Giovanni Reatino, con l’attraversamento delle valli Salto e Turano mediante dei sifoni costituiti da una doppia tubazione DN 2500 realizzata con la tecnica del microtunneling; da San Giovanni Reatino a Salisano invece sarà realizzata una galleria scavata con ROCK TBM DN7500. Le gallerie scavate tramite TBM avranno le seguenti lunghezze:
 - circa 4700 m per la galleria DN4000 “Ponzano”;
 - circa 2900 m per la galleria DN4000 “Cognolo”;
 - circa 2100 m per la galleria DN4000 “Zoccani”;
 - circa 13400 m per la galleria DN7500 “Montevecchio”.

I due attraversamenti delle valli del Salto e Turano avranno lunghezze rispettivamente di circa 630 m e 530 m. Complessivamente il Nuovo Tronco Superiore dell’Acquedotto del Peschiera avrà una lunghezza (dal nuovo manufatto di partenza dell’acquedotto alla vasca di carico esistente di Salisano) di circa 27,4 km.

- Nodo di Salisano e sorpasso generale della centrale: Il Nuovo Acquedotto del Peschiera termina nel Manufatto Nodo S, da cui è previsto il collegamento alla Vasca di Carico esistente (galleria di circa 320 m con scavo in tradizionale) per l'alimentazione della Centrale idroelettrica con l'intera portata di concessione di 10 m³/s. È prevista poi l'esecuzione del sorpasso generale dell'area della centrale, mediante la realizzazione di due pozzi di dissipazione del carico piezometrico (pozzi PZ1 e PZ2), di una galleria di sorpasso di circa 2000 m, da realizzarsi principalmente mediante TBM DN4000. Il sistema di sorpasso è completo di un nuovo manufatto bipartitore (BIP) e di un breve tratto di collegamento al Peschiera Sinistro (galleria con scavo in tradizionale di lunghezza pari a circa 300 m).
Il collegamento al Peschiera Destro viene realizzato in derivazione dalla galleria che collega il secondo pozzo di dissipazione (Pozzo PZ2) e il manufatto Bipartitore, in prossimità del punto in cui tale galleria sottopassa il Peschiera Destro esistente stesso. Durante il tempo necessario a realizzare il collegamento definitivo, per l'alimentazione del ramo è previsto l'utilizzo di una galleria di accesso esistente posta poco a valle, opportunamente attrezzata per il trasporto idropotabile.
In ottemperanza a quanto espresso all'interno degli "Aspetti Geologico - Tecnici" del parere 46/2020 del CSLPP, la configurazione del sorpasso è stata ottimizzata nel rispetto del principio generale di non produrre sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti strutturali e di preservare i livelli di sicurezza delle infrastrutture esistenti.
Nella precedente versione del sorpasso, dopo aver sottopassato il Peschiera Destro fino all'area del Bipartitore, era prevista una seconda galleria che da tale nodo tornava verso il Peschiera Destro per poi connettersi direttamente ad esso senza sfruttare la galleria di accesso esistente. La soluzione alla quale si è pervenuti permette di limitare il fuori servizio della infrastruttura esistente, e di realizzare allo stesso tempo il collegamento definitivo con tecniche realizzative non condizionate dalla necessità di contrarre

temporalmente le lavorazioni. In questo modo si ha la possibilità di impostare il cantiere di allaccio con una ridondanza di soluzioni per preservare la sicurezza dell'infrastruttura e di garantire la continuità dell'approvvigionamento idrico di Roma durante lo svolgimento dei lavori.

Complessivamente le nuove opere avranno una lunghezza di circa 27.450 m (opere di derivazione – collegamento alla vasca di carico esistente) come riportato nella tabella e nella figura seguenti per le varie tratte:

TRATTA	Lunghezza [m]
Opere di derivazione (NMP_D – NMP_A)	2.873
Galleria Ponzano (NMP_A – Salto)	4.737
Attraversamento valle del Salto	631
Galleria Cognolo (Salto – Turano)	2.887
Attraversamento valle del Turano	528
Galleria Zoccani (Turano – SGR)	2.080
Galleria Monte Vecchio (SGR – Nodo S) *	13.379
Galleria Salisano (nodo S – vasca di carico esist.)	321
Sorpasso Centrale Salisano (Nodo S – BIP) **	2.010
Collegamento BIP – Peschiera Sinistro	306

*180 m verranno scavati con tecnica tradizionale

**514 m verranno scavati con tecnica tradizionale

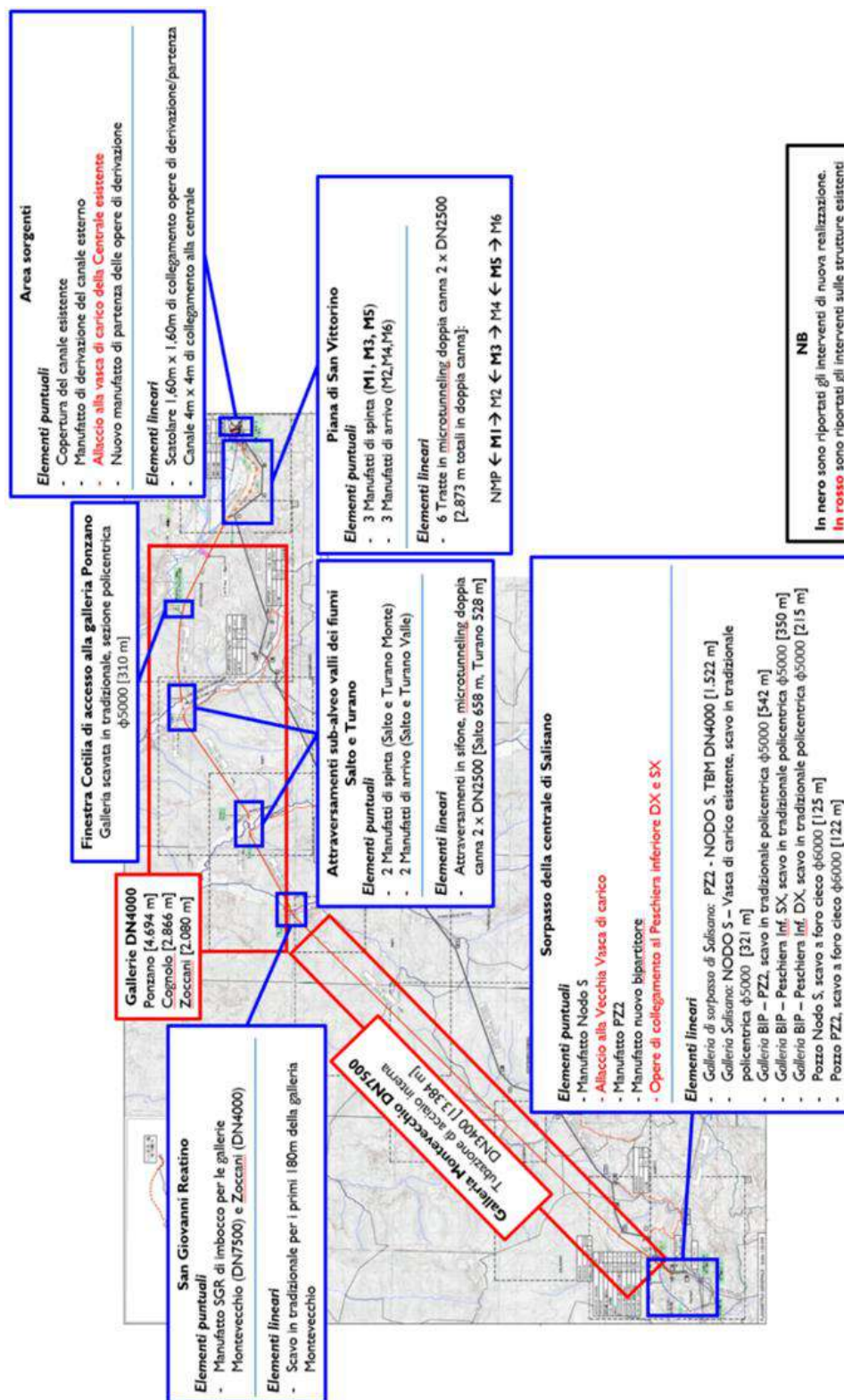


Figura 1 –Planimetria generale delle opere in progetto.

2 Parere del C.S.LL.PP. (voto del 14/10/2020 – Prot. 46/2020)

Con voto del 14/10/2020 – Prot. 46/2020, il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, si è espresso in merito al Progetto definitivo presentato da Acea ATO2 con nota 220967/P del 14/05/2020.

Le osservazioni relative agli aspetti geologico-geotecnici ed idrogeologici della relazione di progetto sono di seguito elencate:

- 1) "Come riportato nella Relazione geologica, specifiche criticità di ordine geomorfologico coinvolgono, in modo preminente, i versanti delle dorsali. In particolare, nella relazione geologica viene descritta l'area delle Sorgenti del Peschiera, ove sussiste una problematica legata alla presenza di una Deformazione Gravitativa di Versante Profonda (DGPV), di fatto una instabilità di versante di significative dimensioni, peraltro oggetto di numerosi studi nel passato, anche scientifici, nonché di monitoraggio. In effetti, sebbene questa importante instabilità venga dettagliatamente descritta, non è chiaro se ed in quale modo interferisce con il tracciato dell'opera di progetto. Peraltro, nel progetto non appaiono sviluppate le criticità potenzialmente connesse alle problematiche di tale fenomeno gravitativo che condiziona l'alimentazione del suddetto acquedotto" (integrazione riportata al paragrafo 5.2.1).
- 2) Con riferimento al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI, redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere e del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), redatto dall'ISPRA, nella relazione geologica si evidenziano per le possibili criticità gli attraversamenti vallivi dei Fiumi Salto e Turano, in particolar modo nei punti di sbocco ed imbocco della galleria di scavo, nonché l'attraversamento del Fosso Ariana. Ancora vengono segnalate situazioni di frana nell'area dell'abitato di Salisano che interesserebbero trasversalmente il tracciato di progetto, necessitando di un approfondimento di studio in relazione alle possibili interazioni con le opere di progetto.

La Sezione, ricordando che le cartografie richiamate costituiscono solo documentazioni a carattere pianificatorio e che di fatto sono da considerare solo quale base conoscitiva, rappresenta che quanto evidenziato "non è completato da una specifica modellazione e, quindi, da una adeguata previsione delle condizioni progettuali completamente attendibili. Si evidenzia, come dettagliatamente riportato nelle norme, la necessità di escludere interferenze con possibili instabilità di versante, che in tutti i casi, se presenti, dovrebbero essere ben definite. È evidente che le incertezze sui modelli di evoluzione di versate e delle instabilità possono essere risolte solo attraverso specifici studi e conseguenti modellazioni dei versanti interessati, che in questa fase non appaiono essere svolti" (integrazione riportata al paragrafo 5.3.1).

- 3) Relativamente al passaggio della relazione geologica in cui si dichiara che "sebbene non siano presenti manifestazioni dirette di subsidenza diffusa nell'area della piana di San Vittorino, data la natura geologica simile di questa piana e della contemporanea presenza di frequenti fenomeni di sprofondamento rapido puntuale (sinkhole), non si può escludere la presenza di fenomeni analoghi", la Sezione rileva che "anche in questo caso andrebbero definite le possibili influenze ed interferenze delle fenomenologie di subsidenza con l'opera di progetto" (integrazione riportata al paragrafo 5.4.1).
- 4) Come evidenziato nella Relazione geologica l'assetto idrogeologico ricostruito è tale da non evidenziare interferenze tra l'opera in progetto e la circolazione idrica più profonda, mentre non si esclude il possibile intercettamento di falde libere sospese al di sopra delle Marne a Fucoidi, di limitato potenziale.

La sezione rileva che: "le ricostruzioni, anche grafiche, relative all'andamento delle falde riportate negli allegati alla relazione, che devono essere considerati per buona parte orientativi, non definiscono in modo completo e nelle situazioni più gravose le possibili interferenze"; nella carta idrogeologica la piezometrica della circolazione idrica più profonda è stata ricostruita ipotizzandone quote e gradienti per la mancanza di dati misurati diretti di quote piezometriche; "la

presenza di falde idriche e delle conseguenti interferenze, vengono viste solo nell'ambito delle problematiche di scavo, generalmente in termini di battente idraulico, senza definire e modellare eventuali effetti di modifica sulla circolazione idrica e sugli acquiferi presenti quale il richiamato acquifero in pressione delle Capore, che viene definito quale criticità"; "in particolare, per le tratte di galleria naturale caratterizzate da battenti idraulici elevati (> di 10 m) devono essere studiati e/o esplicitati gli accorgimenti costruttivi tesi a minimizzare il rischio di venute d'acqua durante lo scavo e gli eventuali conseguenti risentimenti sulla falda" (integrazione riportata al paragrafo 7.4.1).

- 5) Relativamente agli interventi ubicati nell'area sorgiva - piana di Micciani (zona a Sud della piana di San Vittorino), che includono sia gli interventi sulle opere esistenti, sia nuovi manufatti, la Sezione rileva che "non sembra tenuto in conto nel Progetto Definitivo quanto riportato nella Relazione Geologica" circa il possibile intercettamento di fluidi profondi in risalita e ritiene necessario un "approfondimenti su tale aspetto per valutare la necessità di eventuali interventi integrativi per la realizzazione delle opere ubicate nell'area in esame, al fine di garantirne la sicurezza, sia in fase provvisoria, sia in fase definitiva" (integrazione riportata al paragrafo 7.4.1).
- 6) Relativamente alla sismicità è inoltre da sottolineare che, tra gli effetti, oltre che quelli indotti dalle condizioni litostratigrafie, dovrebbero essere approfonditi gli aspetti relativi alla sismo-induzione di instabilità di versante, che, come detto, caratterizzano l'evoluzione dei versanti nell'area (integrazione riportata al paragrafo 5.3.1).
- 7) Il progetto non include la verifica a liquefazione dei terreni per le aree potenzialmente a rischio, né, di conseguenza, la valutazione degli effetti indotti sui manufatti in progetto dovuti al verificarsi dei fenomeni di liquefazione dei terreni. Nell'ambito della valutazione del rischio sismico delle opere va effettuata anche la verifica della stabilità nei confronti della liquefazione dei

terreni attraversati dalle opere. Tale verifica è richiesta dalle NTC2018 (al paragrafo 7.11.3.4.2) per i siti ove sono presenti formazioni alluvionali (ALL) in falda: nel progetto le aree a rischio liquefazione sono l'area delle sorgenti, la piana di S. Vittorino e le aree di attraversamento degli alvei del Turano e Salto. Il progetto deve comprendere lo studio degli effetti della liquefazione (in termini di spostamenti indotti) sui manufatti (integrazione riportata al paragrafo 8.2.1).

- 8) la Relazione Geotecnica risulta invece molto concisa dal punto di vista della descrizione della caratterizzazione geotecnica e della definizione dei modelli geotecnici, nonché della discussione sulla scelta dei parametri caratteristici, desunti dai risultati delle campagne di prove in sito e di laboratorio, i cui risultati sono peraltro riportati nella relazione geologica anziché in quella geotecnica. Si suggerisce una più chiara descrizione delle UNITA' GEOTECNICHE individuate (intese come orizzonti stratigrafici ritenibili omogenei dal punto di vista delle caratteristiche fisico-meccanico idrauliche) che derivano, sì, dalle UNITA' GEOLOGICHE, ma non coincidono necessariamente con esse, sulla scelta dei parametri caratteristici da attribuire a ogni singola UNITA' geotecnica e sulla scelta dei modelli geotecnici adottati (sia dal punto di vista stratigrafico che della scelta parametri caratteristici) in corrispondenza delle singole opere (questi ultimi richiamati nella relazione geotecnica) (integrazione riportata al paragrafo 10.4.1).

In merito alle osservazioni di cui sopra, le azioni intraprese al fine di ottemperare a quanto espresso nel parere rilasciato sono dettagliatamente riportate nei paragrafi successivi relativi alle tematiche in oggetto.

Il voto del C.S.LL.PP. evidenziava inoltre che, sebbene nel progetto presentato venisse esplicitato che il territorio interessato dalle opere fosse caratterizzato da "importanti problematiche geomorfologiche e da una significativa sismicità", la scelta del tracciato di progetto non appariva supportata, secondo quanto risultante dagli atti disponibili, da approfondimenti sulle possibili diverse soluzioni, fra quelle

RELAZIONE GEOLOGICA

presentate, che tenessero in considerazione queste criticità in un confronto comparativo che consentisse di valutare la scelta della soluzione più funzionale in ragione delle potenziali criticità presenti.

In merito a quest'ultimo punto si rappresenta che la scelta della soluzione progettuale sviluppata rappresenta, di fatto, il frutto di un confronto comparativo con altre 3 soluzioni, eseguito nel Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DOCFAP), nell'ambito del quale è stata eseguita anche la valutazione delle potenziali criticità di ordine geomorfologico e sismico presenti sul territorio, al fine di pervenire alla scelta della soluzione più funzionale.

3 Inquadramento geografico

L'area di studio investigata per la nuova opera rientra nell'ambito del territorio della Provincia di Rieti interessando dal punto di vista amministrativo i seguenti comuni: Castel Sant'Angelo, Cittaducale, Rieti, Belmonte in Sabina, Longone Sabino, Concerviano, Torricella in Sabina, Montenero Sabino, Mompeo, Monte San Giovanni in Sabina e Salisano (Figura 2).

Si tratta di un territorio dall'orografia collinare, delimitato a Nord dalla Piana di San Vittorino e dalla Piana di Rieti ed interessato dalle valli del Salto, del Turano e dalla Piana delle Molette. L'abitato di Salisano, punto di arrivo dell'opera, è posto su un promontorio che si affaccia verso la valle del Tevere e delimita verso Sud l'area investigata.



Figura 2 – Inquadramento geografico dell'opera di progetto evidenziata dalla linea rossa.

4 Inquadramento geologico

L'area interessata dal presente progetto è situata in Appennino Centrale e ricade, quasi interamente, nel gruppo dei Monti Sabini, con la sola eccezione dell'area della sorgente del Peschiera, situata in corrispondenza del contatto tettonico tra la struttura sabina e le unità carbonatiche di piattaforma della dorsale di M. Nuria (Figura 3).

L'Appennino Centrale è un sistema catena/avanfossa vergente verso il Mare Adriatico (Bally *et al.*, 1986; Patacca *et al.*, 1991; Cosentino *et al.*, 2010) e la sua strutturazione avviene per effetto della subduzione verso W della crosta continentale che costituisce l'avampaese adriatico (Doglioni *et al.*, 1996). La fase orogenica compressiva ha inizio nel Miocene e procede tramite la migrazione verso NE del fronte compressivo, tuttora in atto (Bally *et al.*, 1986; Boccaletti *et al.*, 1990; Patacca *et al.*, 1991). Durante la fase orogenica giocano un ruolo molto importante le numerose faglie dirette pre-orogeniche che controllano la fisiografia dei bacini di avanfossa e influiscono sulle traiettorie dei sovrascorrimenti più importanti (Bigi e Costa Pisani, 2005; Tavarnelli *et al.*, 2004; Carminati *et al.*, 2014).

A partire dal Pliocene superiore (Galadini e Galli, 2000) le porzioni più interne della catena sono interessate da un'intensa tettonica distensiva, collegata all'apertura del Mar Tirreno, che ribassa i settori sud-occidentali della catena con rigetti di centinaia di metri. A questa fase deformativa è legata la formazione delle conche intramontane come la conca di Rieti, oltre a una intensa attività vulcanica pleistocenica nei settori peritirrenici.

Attualmente, la maggior parte della catena appenninica è dominata da quest'ultimo regime distensivo, con la compressione relegata nella stretta zona frontale peri-adriatica. In tale contesto anche le zone di massimo sollevamento della catena, di solito associate alla costruzione della struttura compressiva, sono invece caratterizzate da un regime estensionale (Carminati e Doglioni, 2012).

I Monti Sabini sono un importante gruppo montuoso, delimitato verso est dal sistema di sovrascorrimenti noto come linea Olevano-Antrodoco (Salvini e Vittori, 1982),

affiorante nelle Valli del Tevere e del Salto, e verso ovest dal complesso di depressioni e valli che costituiscono il Bacino Tiberino (Figura 3).

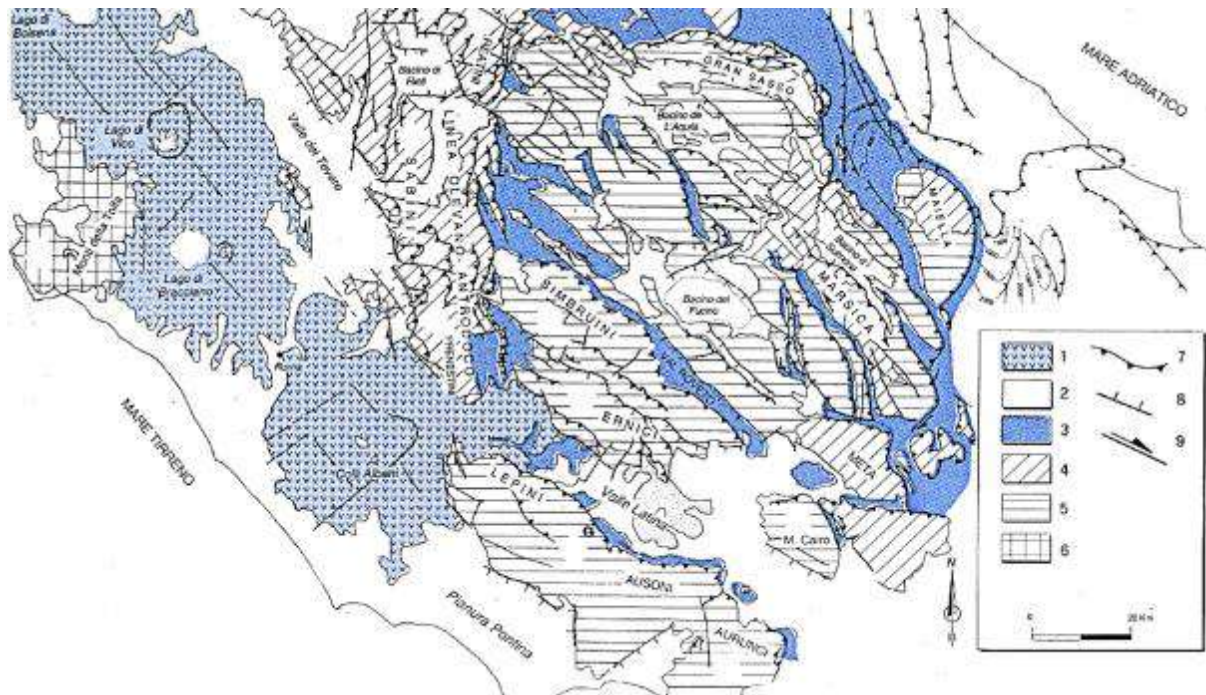


Figura 3 – Schema geologico dell’Appennino Centrale; il rettangolo rosso indica l’area oggetto del presente studio. 1-vulcaniti pleistoceniche; 2-depositi continentali plio-quadernari; 3-depositi silico-clastici mio-pliocenici; 4-depositi di transizione (dominio Sabino); 5-depositi di piattaforma Laziale-Abruzzese; 6-Complesso Tolfetano-Cerite; 7-Principali sovrascorrimenti; 8-Faglie dirette; 9-Faglie trascorrenti (da Bigi et al., 1990, modificato).

I Monti Sabini sono costituiti da 4 principali unità tettono-stratigrafiche limitate da sovrascorrimenti est-vergenti (Cosentino e Parotto, 1991). Tali unità sono numerate 1,2,3 e 4, da Est verso Ovest, e i sovrascorrimenti che li delimitano sono denominati (Figura 3): 1 - Sovrascorrimento di M. Morra (indicato in verde in Figura 3), 2 – sovrascorrimento di M. Sterparo-M. Castelvecchio (indicato in arancione in Figura 3), 3 – sovrascorrimento del T. Licenza-M. Elci-M. Tancia (indicato in blu in Figura 4), 4 – linea Olevano-Antrodoto (indicata in rosso in Figura 3). L’area in studio è compresa in massima parte nell’unità 4, ovvero tra il sovrascorrimento del Tancia e la linea

Olevano-Antrodoco, con una parte nel settore sud-orientale appartenente all'unità 3, situata al tetto del sovrascorrimento di M. Tancia.

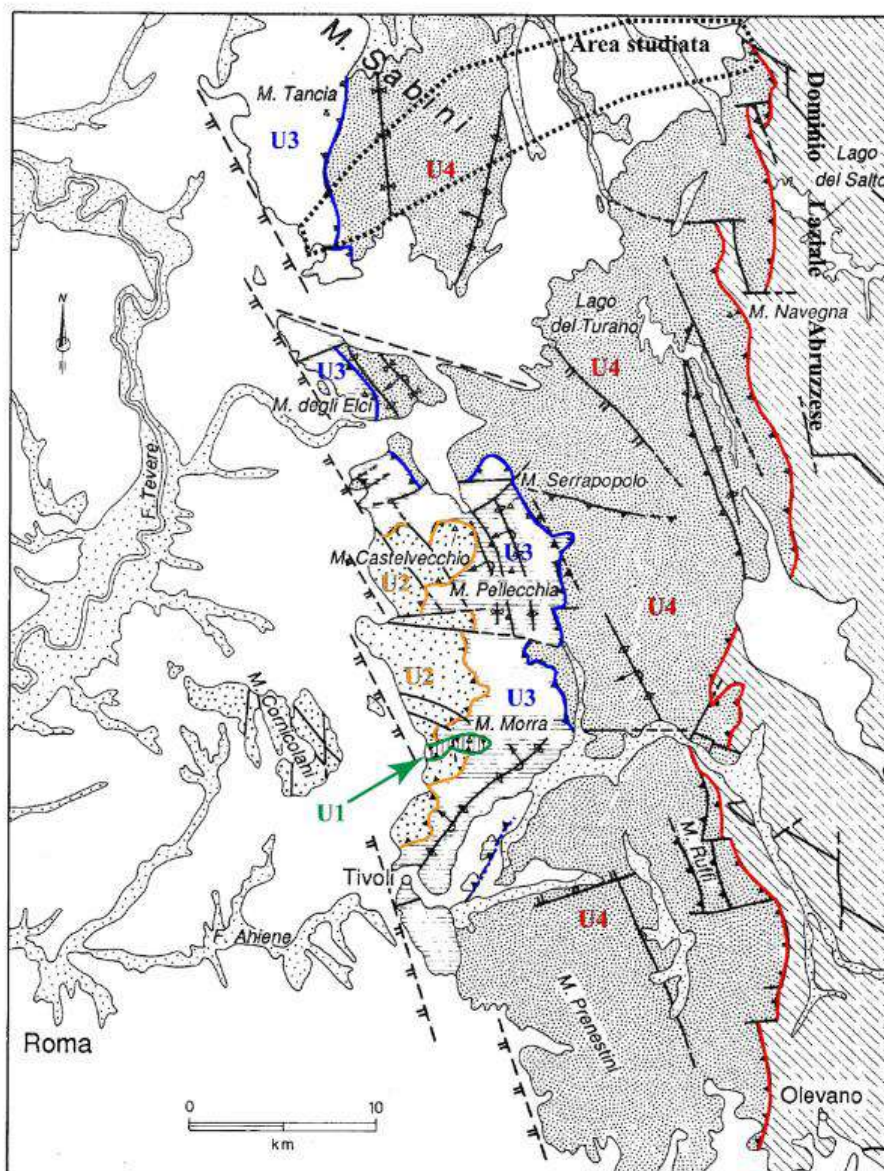


Figura 4 – Inquadramento tettonico dei M. Sabini, in bianco sono indicate le vulcaniti ed i sedimenti plio-pleistocenici; le varie unità tettoniche e i sovrascorrimenti che le delimitano sono indicate con colori diversi: verde = U1 – sovrascorrimento di M. Morra; arancione = U2 – sovrascorrimento di M. Sterparo-M. Castelvecchio; blu = U3 – sovrascorrimento di T. Licenza-M. Elci-M. Tancia; rosso = U4 – Linea Olevano-Antrodoco (da Cosentino e Parotto, 1991, modificato).

Poco oltre il limite settentrionale dell'area studiata, si colloca la piana di Rieti, una conca intramontana colmata da imponenti spessori (> 400 m) di depositi Plio-quadernari, il cui sprofondamento è da ricondursi all'azione di importanti faglie dirette in un contesto estensionale post-orogenico (Cavinato, 1993; Barberi *et al.*, 1995).

Le formazioni pre-orogeniche affioranti nell'area studiata sono unità essenzialmente calcaree e calcareo-marnose di età Giurassico-Miocene, appartenenti alla successione stratigrafica del Bacino Sabino (Galluzzo e Santantonio, 2002). Il Bacino Sabino si origina a partire dalla fase estensionale che nel Giurassico inferiore provoca la differenziazione di numerosi domini paleogeografici in un ampio settore della Tetide occidentale, precedentemente caratterizzato da sedimentazione carbonatico-evaporitica di acque basse (Santantonio e Carminati, 2011). Tale fase tettonica causa lo sprofondamento dei settori al tetto delle faglie giurassiche (Figura 5), nei quali si instaurano condizioni di sedimentazione essenzialmente pelagiche (Bacino Sabino, Bacino Umbro-Marchigiano, Bacino Toscano), mentre nei settori al letto si registra la persistenza di sedimentazione di acque basse (Piattaforma Carbonatica Laziale-Abruzzese, Piattaforma Apula, Piattaforma Campana). La sedimentazione nel Bacino Sabino risente della vicinanza della Piattaforma Laziale Abruzzese, che comporta la presenza di notevoli quantità di depositi risedimentati carbonatici all'interno delle unità pelagiche, messi in posto attraverso flussi gravitativi (torbiditi, *grain flows*, *debris-flows*). A volte tali flussi gravitativi si presentano come dominanti rispetto alla sedimentazione pelagica di *background*; tali formazioni spiccatamente detritiche sono state distinte dalle classiche formazioni pelagiche.

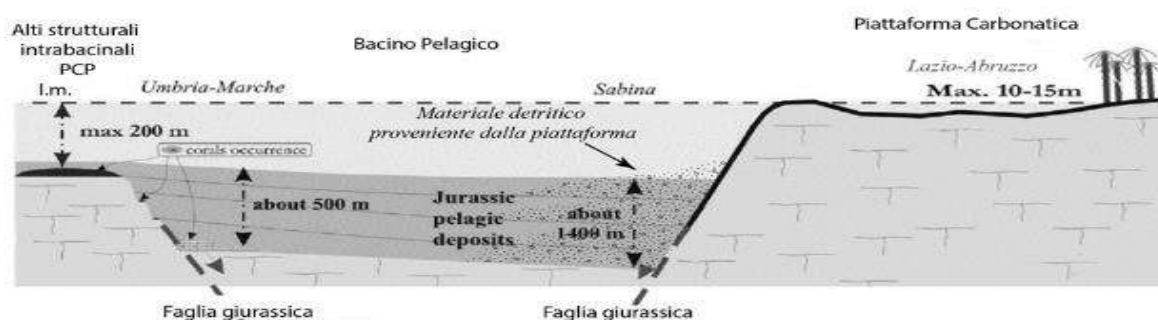


Figura 5 – Rappresentazione schematica dei rapporti stratigrafici e tettonici tra il dominio Umbro-Marchigiano-Sabino e il dominio di piattaforma carbonatica Laziale-Abruzzese nel Giurassico (da Carminati et al., 2013, modificato).

Nel settore nordorientale dell'area di studio affiorano estesamente ingenti spessori di depositi quaternari post-orogenici appartenenti al Sistema del paleo-Farfa (Unità di Cenciara, Unità di Monteleone Sabino – Foglio 357 Cittaducale del Progetto CARG). Questi depositi sono rappresentati essenzialmente da facies conglomeratiche che, per via del loro spessore e della loro estensione areale, obliterano quasi completamente i caratteri del substrato pre-orogenico, che affiora soltanto in settori limitati delle valli del Salto e del Turano.

4.1 Assetto geologico e strutturale di dettaglio

Nel presente capitolo vengono riportate le descrizioni litologiche di dettaglio delle litologie affioranti e rilevate ai fini della ricostruzione geologica dell'area in esame, unitamente al loro assetto stratigrafico. Inoltre, è riportato l'assetto strutturale di dettaglio dei corpi geologici indagati con i relativi assetti tettonici (elaborati A194PDG009 – Carta Geologica, elaborati A194PDG013, A194PDG014, A194PDG015, A194PDG016 – Sezioni geologiche con elementi di geomorfologia).

4.1.1 Descrizione litologica e stratigrafica

Le unità litostratigrafiche affioranti nell'area di studio (Figura 6) comprendono i depositi pre-orogenici appartenenti alla successione stratigrafica Sabina, deposti in ambiente marino in un intervallo compreso tra il Giurassico e il Miocene inferiore, e

unità postorogeniche di ambiente continentale, appartenenti al Sintema del paleo-Farfa. Depositi più recenti sono costituiti da lembi sparsi di breccie del Pleistocene superiore, ascrivibili al Sintema di Caporio (Foglio CARG 357 "Cittaducale"), e dai depositi recenti (alluvioni e depositi di versante) di età olocenica.

Per il riconoscimento delle varie unità sono stati applicati i classici criteri di rilevamento geologico di campagna (litologia, litologie accessorie, caratteri biostratigrafici), associati quando necessario dall'analisi di campioni in sezione sottile, per la determinazione di microfossili significativi ai fini biostratigrafici.

I nomi delle unità litostratigrafiche utilizzati sono quelli riportati anche nel Foglio CARG 357 Cittaducale. Le unità detritiche sono state distinte dalle corrispondenti unità pelagiche. Per quanto riguarda le unità post-orogeniche è stato utilizzato il criterio di classificazione di Cavinato (1993), lo stesso utilizzato anche nel Foglio CARG 357 "Cittaducale". Nell'area investigata non affiorano formazioni più antiche del Giurassico medio.

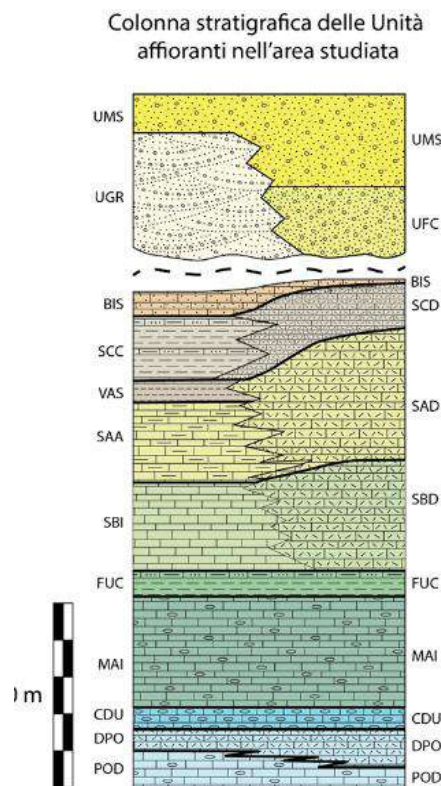


Figura 6 – Colonna stratigrafica delle unità affioranti nell'area studiata.

4.1.1.1 Depositi Pre-orogenici

Le unità sono descritte in successione stratigrafica dall'unità più antica affiorante (Calcari e Marne a Posidonia) alla più recente (Bisciario).

➤ **Calcari e Marne a Posidonia (Aaleniano-Bajociano inferiore) POD**

Calcari micritici grigi in strati decimetrici, localmente più sottili, con rari interstrati marnosi, liste e noduli di selce. I livelli micritici sono caratterizzati dalla presenza di abbondanti bivalvi a guscio sottile (*Posidonia auctt.*). La frazione argillosa diminuisce gradualmente verso l'alto.

L'unità affiora al tetto del *thrust* del M. Tancia, nel settore sudoccidentale dell'area studiata.

Lo spessore della formazione è di circa 100 m.

➤ **Calcari detritici a Posidonia (Bajociano p.p.) DPO**

Calcareniti spesso oolitiche di colore da nocciola a bianco, organizzate in strati e banchi di spessore fino a diversi metri (Figura 7), con livelli di brecciole più frequenti al tetto della formazione. Livelli micritici di color nocciola ricchi di "*Posidonia*" sono subordinati. Sono presenti intercalazioni, liste e noduli di selce grigia.

L'unità affiora nell'unità tettonica di tetto del sovrascorrimento del M. Tancia, nel settore sudoccidentale dell'area studiata.

Lo spessore della formazione è di circa 100 m.



Figura 7 – Intervallo massivo dei Calcarei detritici a Posidonia, affiorante nei pressi del cimitero di Salisano.

➤ **Calcarei Diasprigni (Bajociano superiore – Titonico inferiore) CDU**

Calcarei selciferi, ben stratificati, con abbondanti livelli di selce policroma, ma essenzialmente grigio/biancastra (Figura 8). Sono presenti calcareniti da fini a grossolane e, localmente, brecciole calcaree in spesse bancate. Il contenuto fossilifero della parte alta della formazione è caratterizzato dalla presenza di *Saccocoma* sp.

L'unità affiora nell'unità tettonica di tetto del thrust del Tancia, nel settore sudoccidentale dell'area studiata.

Lo spessore è di circa 60m.



Figura 8 – Formazione dei Calcarei Diasprigni, in una facies calcarea con abbondante selce grigia, affiorante lungo la strada di Salisano.

➤ **Maiolica (Titonico superiore – Aptiano inferiore) MAI**

Calcarei micritici di colore bianco organizzati in strati di spessore 10-40 cm (Figura 9), con liste e noduli di selce chiara. Sono presenti subordinati calcari finemente detritici di colore bianco. Il contenuto fossilifero è costituito da radiolari e calpionelle. Il tetto della formazione è caratterizzato da calcari grigi bioturbati con selce nera e intercalazioni di livelli pelitici scuri; questo intervallo è spesso interessato da fenomeni di *slumping*.

L'unità affiora estesamente nell'area studiata al tetto del *thrust* del Tancia, nel settore sudoccidentale dell'area studiata. Affiora inoltre nella dorsale montuosa che separa la valle Ariana dalla valle del torrente Canera-Fosso di Montenero, nei dintorni di San

Giovanni Reatino e al nucleo dell'anticlinale di Grotti, nella valle del Salto. Lo spessore è di oltre 300 metri.



Figura 9 – Maiolica affiorante nei pressi di Salisano.

➤ **Marne a Fucoidi (Aptiano p.p. - Albiano p.p.) FUC**

Marne e marne argillose di colore grigio-verdastro o violaceo (Figura 10), sottilmente stratificate e intercalate a subordinati calcari marnosi dello stesso colore. Le marne sono tipicamente bioturbate (*Chondrites sp. = Fucoidi auctt.*). Il contenuto fossilifero è costituito essenzialmente da foraminiferi planctonici (*Hedbergella sp., Ticinella sp., Biticinella sp.*). Nei dintorni di San Giovanni Reatino e nella valle del Salto sono frequenti le intercalazioni di calcareniti e brecciole contenenti materiale di piattaforma carbonatica. Sono presenti frequenti intervalli caratterizzati da deformazione gravitativa sinsedimentaria (*slumpings*). L'unità affiora nella dorsale montuosa che separa la valle Ariana dalla valle del torrente Canera-Fosso di Montenero, nei dintorni di San Giovanni Reatino e Montenero Sabino e a Grotti, nella valle del Salto.

Lo spessore è di circa 70 metri.



Figura 10 – Marne a Fucoidi affioranti nella valle del Salto, a monte di Grotti.

➤ **Scaglia Bianca (Albiano superiore p.p. - Cenomaniano) SBI**

Calcari micritici e calcari marnosi bianchi organizzati in strati decimetrici (Figura 11), con liste, lenti, e noduli di selce grigia o nera. Sono frequenti le intercalazioni calcarenitiche (Figura 12) in strati spessi e bancate metriche. Il contenuto fossilifero dei livelli micritici è costituito da foraminiferi planctonici (*Planomalina* sp., e gruppo delle "rotalipore" s.l.). Nei livelli calcarenitici sono abbondanti i granuli tipici di piattaforma carbonatica, tra cui spiccano frammenti di gusci di rudiste. La porzione inferiore della formazione presenta frequenti intercalazioni marnoso-argillose. Al top della formazione è presente il "Livello Bonarelli", costituito da marne argillose giallastre e nerastre, ricche in sostanza organica (Figura 13). Nell'area investigata il Livello Bonarelli è stato osservato esclusivamente nella dorsale a est di Monte San Giovanni in Sabina.

L'unità affiora estesamente nell'area studiata, in particolare nella dorsale che separa la valle Ariana dalla valle del torrente Canera-Fosso di Montenero e nella valle del Turano.

Lo spessore è variabile, fino a raggiungere un massimo di oltre 250 metri.



Figura 11 – Tipico aspetto della Scaglia Bianca affiorante nei pressi di Montenero Sabino.



Figura 12 – Livello calcarenitico con laminazioni convolute nella Scaglia Bianca di Montenero Sabino.



Figura 13 – Livello Bonarelli affiorante nella dorsale a Est di Monte San Giovanni in Sabina.

➤ **Scaglia Bianca Detritica (Albiano superiore p.p. - Cenomaniano) SBD**

Nelle valli del Salto e del Turano la componente detritica intercalata ai livelli pelagici della Scaglia Bianca diventa dominante, al punto che si rende necessaria una distinzione tra le unità ivi affioranti e la tipica Scaglia Bianca. L'unità si presenta con strati calcarenitici e calciruditi pluridecimetrici di colore bianco-grigiastro, con subordinate bancate di spessore metrico (Figura 14), contenenti essenzialmente un biodetrito indeterminabile e bioclasti di organismi di piattaforma carbonatica, quali rudiste e foraminiferi bentonici. La selce è meno frequente rispetto alla Scaglia Bianca tipica, e di colore bianco. Sono presenti frequenti intervalli caratterizzati da deformazione gravitativa sinsedimentaria (*slumpings*).

I rari livelli pelagici presentano un contenuto fossilifero del tutto paragonabile a quello della Scaglia Bianca.

L'unità affiora nella Valle del Salto e nella Valle del Turano, nel settore nordorientale dell'area investigata.

Lo spessore è di oltre 300 metri.



Figura 14 – Scaglia Bianca detritica (A) anche con grosse bancate (B) affiorante nella valle del Turano.

➤ **Scaglia Rossa (Turoniano – Eocene medio p.p.) SAA**

Calcarei micritici alternati a calcari marnosi e marne di colore rossastro o avana, organizzati in strati di spessore decimetrico (Figura 15), con liste e noduli di selce rossa. A queste litologie si intercalano strati calcarenitici e bancate detritiche di spessore fino a 1 m contenenti materiale di piattaforma carbonatica (Figura 16).

Il contenuto fossilifero dei livelli micritici è costituito, nella parte cretacea, da abbondanti foraminiferi planctonici carenati del gruppo delle "globotruncane" s.l. (*Globotruncana* sp., *Marginotruncana* sp., *Globotruncanita* sp., *Contusotruncana* sp., *Abatomphalus* sp.) e da altre forme (*Whiteinella* sp., *Heterohelix* sp., *Ventilabrella* sp.); la porzione paleogenica dell'unità è invece caratterizzata da abbondanti foraminiferi planctonici appartenenti ai gruppi delle "globigerine" e "globorotalie" s.l. (*Globanomalina* sp., *Subbotina* sp., *Acarinina* sp., *Morozovella* sp., *Globigerinatheka* sp.).

Nella Scaglia Rossa si individua il passaggio Cretacico-Paleogene, marcato dalla brusca variazione nel contenuto micro-fossilifero appena descritta e, nella zona rilevata, dalla presenza di un intervallo clastico a matrice micritica (*debris-flow*) con litoclasti di piattaforma carbonatica.

L'unità affiora nella porzione sudoccidentale dell'area studiata, nella valle che separa il sovrascorrimento del M. Tancia (Salisano-Mompeo) dalla dorsale a est degli abitati di Montenero Sabino e Monte San Giovanni in Sabina, nonché nella porzione più settentrionale della valle del Salto. Lo spessore è oltre 200 metri.



Figura 15 – Scaglia Rossa affiorante nei pressi di Casette (valle del Salto).



Figura 16 – Scaglia Rossa con intervalli calcarenitici pluridecimetrici, affiorante a N di Montenero Sabino.

➤ **Scaglia Rossa detritica (Turoniano – Eocene medio p.p.) SAD**

Così come per la Scaglia Bianca, anche nella Scaglia Rossa delle valli del Salto e del Turano la componente detritica intercalata ai livelli pelagici diventa dominante (Figura 17), al punto che si rende necessaria una distinzione tra le unità ivi affioranti e la tipica Scaglia Rossa. L'unità si presenta con strati calcarenitici e calciruditici pluridecimetrici di colore bianco-grigiastro o avana, con subordinate bancate di spessore metrico, contenenti essenzialmente un biodetrito indeterminabile, bioclasti di organismi di piattaforma carbonatica e litoclasti.

La porzione cretacea dell'unità contiene essenzialmente bioclasti di rudiste, echinodermi, microforaminiferi e macroforaminiferi bentonici tipo *Orbitoides* sp. Nella porzione paleogenica dell'unità il contenuto fossilifero dei livelli grossolani è costituito da echinodermi, macroforaminiferi (nummulitidi ed alveolinidi – Figura 18), briozoi, bivalvi e litoclasti di piattaforma carbonatica. La selce è meno frequente rispetto alla Scaglia Rossa tipica, e di colore bianco o grigio; nella porzione superiore dell'unità sono presenti frequenti intercalazioni marnose o argillose di colore grigio-verdastro.

La scarsità dei livelli pelagici riduce di molto la risoluzione biostratigrafica, per questo motivo in questa formazione è stato incluso anche il corrispettivo detritico della Scaglia Variegata. I rari livelli pelagici presentano un contenuto fossilifero del tutto paragonabile a quello della Scaglia Rossa e della Scaglia Variegata.

L'unità affiora nella Valle del Turano, nel settore nordorientale dell'area investigata.

Lo spessore è di oltre 360 metri.



Figura 17 - Aspetto massivo della Scaglia Rossa Detritica affiorante nella valle del Turano.



Figura 18 - Brecciola a macroforaminiferi (essenzialmente nummuliti) nella Scaglia Rossa detritica paleogenica della valle del Turano.

➤ **Scaglia variegata (Eocene medio – Eocene superiore) VAS**

Alternanze di marne calcaree, marne e marne argillose di colore rosato, avana e grigio, organizzati in strati decimetrici (Figura 19). Intercalate a queste litologie si rinvengono calcareniti biancastre con macroforaminiferi in strati pluridecimetrici. Nella parte alta dell'unità sono presenti a luoghi brecciole a nummuliti.

Il contenuto fossilifero dei livelli pelagici è costituito da foraminiferi planctonici (*Morozovella* sp., *Turborotalia* sp., *Acarinina* sp.).

L'unità affiora nella porzione sudoccidentale dell'area studiata, nella valle che separa il sovrascorrimento del M. Tancia (Salisano-Mompeo) dalla dorsale a est degli abitati di Montenero Sabino e Monte San Giovanni in Sabina.

Spessore circa 60 metri.



Figura 19 – Scaglia Variegata affiorante a Ovest di Gallo.

➤ **Scaglia Cinerea (Eocene superiore p.p. – Aquitaniano inferiore p.p.)
SCC**

Marne, marne calcaree e marne argillose di colore grigio verdastro (Figura 20) o, raramente, violaceo, organizzate in strati sottili e spesso intensamente foliate. Sono presenti frequenti intercalazioni costituite da calcareniti e brecciole calcaree ricche in macroforaminiferi, di spessore pluridecimetrico.

Il contenuto fossilifero dei livelli emipelagici è caratterizzato dall'abbondanza di foraminiferi planctonici (globigerinidi, *Catapsydrax* sp.).

L'unità affiora nella porzione sudoccidentale dell'area studiata, nella valle che separa il sovrascorrimento del M. Tancia (Salisano-Mompeo) dalla dorsale a est degli abitati di Montenero Sabino e Monte San Giovanni in Sabina.

Lo spessore della formazione è variabile e può raggiungere i 200 metri.



Figura 20 – Strati verticali di Scaglia Cinerea in facies prevalentemente marnosa, affioranti a Ovest di Gallo.

➤ **Scaglia Cinerea detritica (Eocene superiore p.p. - Oligocene) SCD**

Come per la Scaglia Bianca e Rossa, anche nella Scaglia Cinerea del settore nordorientale dell'area investigata la componente detritica intercalata ai livelli pelagici diventa dominante (Figura 21), al punto che si rende necessaria una distinzione tra le unità ivi affioranti e la tipica Scaglia Cinerea. L'unità è costituita da livelli carbonatici detritici, organizzati in strati pluridecimetrici e bancate lenticolari, contenenti abbondanti macroforaminiferi. A questi si intercalano calcari marnosi e marne argillose di colore grigio-verdastro, giallastro e avana (Figura 22). La porzione componente marnosa è subordinata a quella calcarenitica/calciruditica, tanto che la formazione ha un aspetto francamente calcareo. L'unità affiora nella valle del Turano. Lo spessore della formazione supera i 100 metri.



Figura 21 – Scaglia Cinerea detritica a grosse bancate affiorante nella valle del Turano.



Figura 22 – Orizzonti micritici e interstrati marnosi nella Scaglia Cinerea detritica della valle del Turano.

➤ **Bisciario (Aquitano.p.p. – Burdigaliano) BIS**

Alternanze di marne, marne calcaree e calcari marnosi (Figura 23), spesso silicei, di colore grigio, marrone e nero, organizzati in strati da decimetrici a pluridecimetrici, con lenti e noduli di selce nera. Le marne sono spesso bioturbate. Sono frequenti livelli vulcanoclastici. La fauna è caratterizzata da radiolari, spicole di spugna e foraminiferi planctonici (*Globoquadrina* sp., *Catapsydrax* sp., *Globigerina* sp.).

L'unità affiora nella porzione sudoccidentale dell'area studiata, nella valle che separa il sovrascorrimento del M. Tancia (Salisano-Mompeo) dalla dorsale a est degli abitati di Montenero Sabino e Monte San Giovanni in Sabina.

Lo spessore della formazione è di oltre 60 metri.



Figura 23 – Bisciario affiorante nei pressi di Gallo.

4.1.1.2 Depositi Postorogenici

I depositi postorogenici affioranti nell'area appartengono al sistema del paleo-Farfa, appartenente al Supersistema Tiberino (Cavinato, 1993; Foglio CARG 357 "Cittaducale").

➤ **Unità di Fosso Canalicchio (Pliocene superiore) UFC**

Conglomerati grossolani a clasti arenacei e calcarei, con diametro generalmente compreso da pochi cm a oltre 20 cm, organizzati in bancate metriche e generalmente poco cementati per la presenza di sabbia nella matrice.

L'unità affiora nell'estremo settore nordorientale dell'area (Valle del Velino).

Lo spessore può superare i 200 m.

➤ **Unità di Cenciara (Pliocene superiore) UGR**

Conglomerati eterometrici clasto-sostenuti a clasti calcarei e calcareo-marnosi, con diametro medio compreso tra 5 e 15 cm. I conglomerati si presentano in strati piano-paralleli o blandamente lentiformi di spessore metrico (Figura 24), o in bancate spesse fino a 20-30 metri (Figura 25). A luoghi a tali intervalli si intercalano livelli più grossolani, con blocchi di dimensioni anche metriche. Sono presenti orizzonti spessi fino a 2-3 metri costituiti da calcareniti laminate, silt carbonatici e micro-conglomerati. La composizione dei clasti è riferibile alle unità della successione sabina e della piattaforma laziale-abruzzese, i clasti arenacei e gli intervalli sabbiosi silico-clastici sono invece assenti.

L'unità affiora estesamente nel settore nordorientale dell'area investigata.

Lo spessore è variabile da alcune decine di metri a oltre 350 m nella valle del F. Turano



Figura 24 – Conglomerati dell'Unità di Cenciara disposti in strati paralleli e lentiformi di spessore metrico, affioranti nei pressi di Grotti (valle del Salto).



Figura 25 – Conglomerati dell'unità di Cenciara nella facies tipica a grosse bancate, affiorante nella Valle del Salto (Grotti).

➤ **Unità di Monteleone Sabino (Pliocene superiore) UMS**

Conglomerati clasto-sostenuti (Figura 26) costituiti da ciottoli calcarei e arenacei, associati a ghiaie in matrice sabbiosa con subordinate lenti sabbioso-pelitiche (Figura 27). Il grado di cementazione dei corpi conglomeratici è basso per via della natura silicoclastica della matrice. Alcuni intervalli sono costituiti da calcareniti finissime e marne (Figura 28) intercalate ad argille con resti vegetali e sabbie silicoclastiche.

L'unità affiora estesamente nel settore nordorientale dell'area investigata, ma alcuni affioramenti di limitata estensione sono presenti fino al limite sudoccidentale dell'area (Salisano).

Lo spessore è molto variabile e può superare i 250 m.



Figura 26 – Conglomerati dell'Unità di Monteleone Sabino affioranti a Maglianello alto.



Figura 27 – Orizzonte arenaceo/marnoso nell'unità di Monteleone Sabino affiorante nei pressi di Carcariola.



Figura 28 – Calcareniti fini e marne in strati decimetrici, intercalate ai conglomerati dell'Unità di Monteleone Sabino, affioranti nei pressi di Maglianello alto. La porzione conglomeratica sommitale è dislocata da una faglia con rigetto metrico.

➤ **Alluvioni (Olocene)**

Depositi eterometrici con clasti da centimetrici a decimetrici, intercalati a lenti di sabbie, silt e argille, anche contenenti abbondante materiale vegetale e torboso.

Affiorano lungo le valli fluviali.

Spessore fino a oltre 30 metri.

➤ **Depositi di versante (Olocene)**

Brecce e conglomerati fortemente eterometrici, da sciolti a debolmente cementati.

Spessore è variabile da pochi metri fino a 10-20 m.

4.1.2 Assetto strutturale e tettonico di dettaglio

L'area investigata è costituita nel complesso da una sequenza di strutture plicative a vergenza orientale o nordorientale, la cui origine è da ricondurre all'azione di almeno due piani di sovrascorrimento principali. Tali strutture risultano successivamente dislocate da numerose faglie a cinematica estensionale o transtensiva. È importante sottolineare come alcune faglie normali, nei settori nordorientali dell'area studiata, dislochino le unità post-orogeniche plio-pleistoceniche. Ai lineamenti principali è associato un fitto pattern di strutture tettoniche secondarie che si sviluppano a scala minore.

Le strutture compressive principali dell'area sono il sistema di sovrascorrimenti del M. Tancia e il sovrascorrimento cieco di valle Ariana, mentre le faglie estensionali più importanti si collocano nella zona di San Giovanni Reatino.

I due sovrascorrimenti principali separano tre unità tettoniche, di seguito elencate a partire dalla più elevata:

1. Unità di tetto del sovrascorrimento di M. Tancia, affiorante nel settore SW dell'area studiata;

2. Unità intermedia, compresa tra il sovrascorrimento del M. Tancia e il sovrascorrimento della valle Ariana;
3. Unità inferiore, compresa tra il sovrascorrimento della valle Ariana e il limite nordorientale dell'area investigata.

4.1.2.1 Unità di tetto del Sovrascorrimento di M. Tancia

È una importante piega anticlinale ad asse circa N-S caratterizzata da un *fore-limb* rovesciato, i cui strati sono molto inclinati (50° - 60°) verso i quadranti sud occidentali. Tale struttura è limitata verso il basso dal sistema di sovrascorrimenti del Monte Tancia (Figura 29). In questa unità tettonica affiorano le formazioni più antiche dell'area studiata, dai Calcari e Marne a Posidonia alla Maiolica, con limitate scaglie tettoniche di Marne a Fucoidi in corrispondenza del piano di sovrascorrimento inferiore. Il sistema di sovrascorrimenti del Monte Tancia è costituito da almeno due piani principali, che mettono a contatto la successione giura-cretacica con le formazioni emipelagiche cenozoiche dell'unità tettonica intermedia. Le formazioni dell'unità di tetto del sovrascorrimento di M. Tancia sono variamente dislocate da un fitto pattern di faglie inverse secondarie, con rigetti che variano da alcune decine di metri a pochi metri. La situazione tettonica appena descritta comporta una notevole fratturazione dei calcari, ben evidente lungo la strada statale del Tancia, a valle dell'abitato di Salisano.



Figura 29 – Panoramica del sovrascorrimento del M. Tancia dalla strada di Mompeo.

4.1.2.2 Unità intermedie

Al letto del sovrascorrimento del Tancia si individua un'ampia unità tettonica che comprende tutta l'area compresa tra il paese di Salisano e la valle Ariana, costituita da un sistema di pieghe con asse circa N-S, e una ampiezza di circa 10 km, limitato alla base dal sovrascorrimento sepolto di valle Ariana.

L'unità intermedia può essere suddivisa in due settori: il primo comprende l'area che va da Salisano all'allineamento Montenero Sabino - Monte San Giovanni in Sabina, il secondo è compreso tra il suddetto allineamento e la valle Ariana.

➤ *Settore Occidentale*

Nella porzione occidentale, a partire dal sovrascorrimento del Tancia, si individua una sequenza di pieghe che interessano principalmente le unità calcareo-marnose cenozoiche, affiorante nell'ampia area compresa tra Salisano o e l'allineamento Montenero Sabino - Monte San Giovanni in Sabina. Nelle vicinanze del sovrascorrimento di M. Tancia le formazioni si presentano estremamente deformate e a tratti foliate (Figura 30, Figura 31). Gli strati sono molto acclivi, spesso verticali, o disposti a formare il fianco rovescio di una sinclinale di letto, con inclinazione verso i quadranti sudoccidentali.

Muovendosi verso est si può osservare una blanda anticlinale situata al tetto di un lineamento compressivo secondario con rigetto limitato (< 150 m), che mette a contatto la Scaglia Variegata con la Scaglia Cinerea.

La Scaglia Cinerea di letto costituisce il fianco occidentale, verticale o rovescio, di una stretta sinclinale avente al nucleo il Bisciario, affiorante nella zona di Forca Troila.

Il Fianco orientale di tale sinclinale è molto meno pendente verso i quadranti sudoccidentali, e va a formare una blanda piega anticlinale che più ad est diventa una monoclinale blandamente ondulata. L'esistenza di una struttura compressiva retrovergente ad est di Forca Troila è da prendere in considerazione, sebbene si tratti di un lineamento di secondaria importanza.

La continuità verso Nord di tali strutture plicative è ben osservabile, sebbene esse siano dislocate da alcune faglie dirette ad andamento sia appenninico (NW-SE) che antiappenninico (NE-SW), con rigetto compreso tra alcune decine di metri e un massimo di oltre 100 m. Le faglie dirette più importanti di quest'area si collocano tra Colle Pozzoneve, Passo Maialino e Forca Troila (antiappenninica) e ad est di Cima Etta (appenninica).

La lunghezza d'onda delle pieghe in questo settore è nell'ordine del chilometro, probabilmente per via della natura delle formazioni affioranti, che favoriscono la deformazione.



Figura 30 – Scaglia Variegata intensamente deformata al letto del sovrascorrimento di M. Tancia a Est di Salisano.



Figura 31 – Particolare delle tettoniti s-c a cinematica compressiva che interessano la Scaglia Cinerea al letto del sovrascorrimento del Tancia nei pressi di Salisano.

➤ *Settore Orientale*

Tra l'allineamento Montenero Sabino-Monte San Giovanni in Sabina e la valle Ariana si individua un'ampia anticlinale ad asse meridiano, caratterizzata dall'affioramento delle unità carbonatiche mesozoiche del bacino sabino, essenzialmente della Scaglia Bianca e Rossa.

Un importante sistema estensionale/transtensivo con lineamenti orientati circa WNW-ESE interrompe la continuità dell'anticlinale. I rigetti di tali faglie sono compresi tra poche decine e circa 300 metri; la faglia più importante del sistema, affiorante poco ad ovest di San Giovanni Reatino presenta un rigetto di oltre 300 metri. L'azione di queste faglie provoca l'esumazione della Maiolica e delle Marne a Fucoidi nei settori di culminazione dell'anticlinale e lungo le vallate più incise.

Lungo la valle Ariana come già detto, si colloca un sovrascorrimento sepolto dalle coperture plio-quadernarie. L'esistenza di questo sovrascorrimento è fortemente suggerita dai dati stratimetrici. Infatti, nella valle affiorano, alla stessa quota, in

sinistra e in destra idrografica della valle la Scaglia Bianca, che si presenta sempre con strati molto inclinati immergenti ad est e si estende fino a San Giovanni Reatino, mentre più a nord e ad est affiorano i livelli paleogenici della Scaglia Rossa e la Scaglia Variegata in giacitura rovesciata, con strati pendenti verso i quadranti sudoccidentali. A queste evidenze si associa la forte elevazione strutturale della dorsale a ovest di San Giovanni Reatino.

4.1.2.3 Unità inferiore

Questo settore è caratterizzato da affioramenti discontinui, in quanto il substrato è ampiamente coperto dalle diverse unità dei conglomerati plio-pleistocenici.

Quest'area corrisponde al letto del Sovrascorrimento di valle Ariana e all'unità tettonica più esterna dell'area studiata. Essa si presenta in affioramento costituita da un complesso sistema di pieghe a scala decametrica e mesopieghe a scala metrica (Figura 32, Figura 33) nelle porzioni più vicine al sovrascorrimento (valle del Turano e versante occidentale della valle del Salto) che si sviluppano nelle formazioni della Scaglia Bianca, della Scaglia Rossa e dei loro corrispettivi detritici. Più ad est nella valle del Salto (Grotti). Affiora invece una anticlinale ben definita a scala chilometrica, che coinvolge anche i depositi più antichi, e che vede affiorare nella culminazione assiale la formazione della Maiolica e Marne a Fucoidi meno deformate. Sia le pieghe minori che l'anticlinale hanno assi concordanti, orientati circa NNW-SSE (340°-350°).

Nella valle del Turano si osserva un complesso sistema di faglie ad alto angolo dalla cinematica complessa che disloca le unità affioranti con rigetti massimi di alcune decine di metri. Il fitto pattern di faglie osservabile provoca una notevole fratturazione delle formazioni, che in alcuni punti perdono i caratteri primari.



Figura 32 – Cava abbandonata in destra idrografica della valle del Turano. È evidente l'appoggio discordante dei conglomerati dell'Unità di Cenciara (UGR) su una superficie erosiva che taglia la Scaglia Rossa (SAA), interessata da un complesso set di pieghe a scala decametrica.

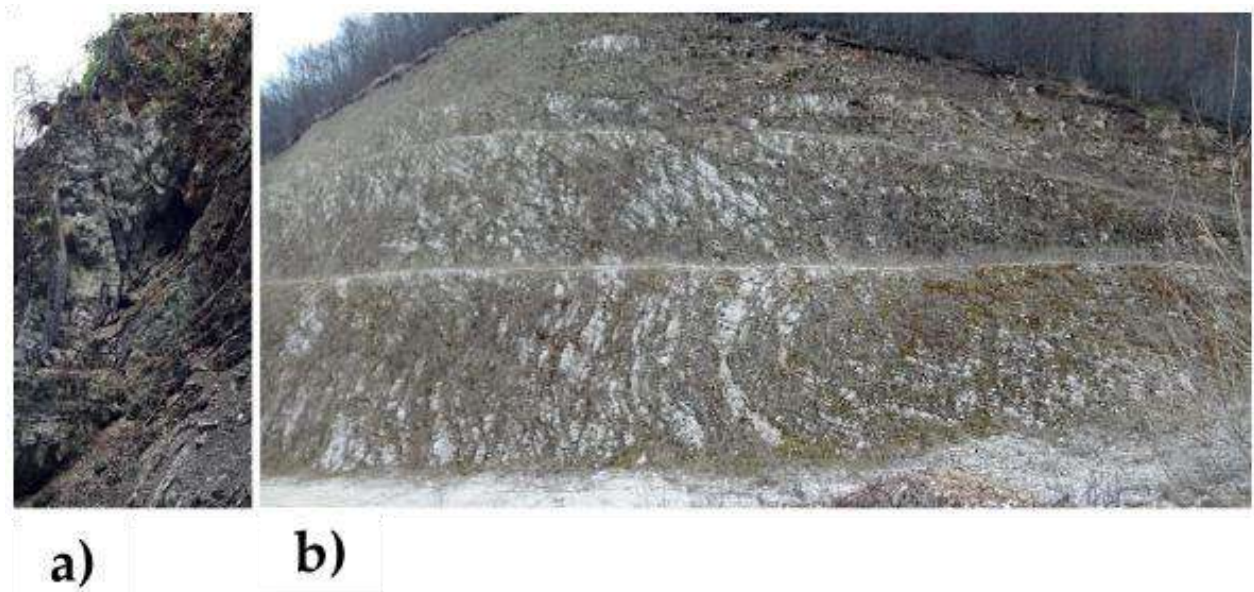


Figura 33 – Mesopieghe nella Scaglia Rossa Detritica della valle del Turano (a) e nella Scaglia Bianca detritica della valle del Salto (b).

➤ *Fasce cataclastiche*

Le fasce cataclastiche associate alle faglie dirette in tutta l'area studiata si presentano come breccie tettoniche a clasti da centimetrici a decimetrici, con matrice calcarea fine (Figura 34, Figura 35). A tratti la deformazione delle cataclasiti è talmente spinta da produrre un aspetto farinoso dell'ammasso roccioso (*gauge sensu* Sibson, 1977 - Figura 36, Figura 37). Lo spessore delle singole fasce è estremamente variabile in relazione all'entità delle faglie che le hanno generate. Le fasce cataclastiche di minore spessore sono distribuite praticamente ovunque nell'area studiata, mentre cataclasiti più spesse (fino a 20 metri) sono state osservate nella valle del Turano, a sud dell'attraversamento dell'acquedotto del Peschiera, e nella zona di Salisano, lungo la strada che conduce al paese.



Figura 34 – Fascia cataclastica di ampiezza decametrica nella Scaglia Bianca di Monte San Giovanni in Sabina.



Figura 35 – Particolare della breccia tettonica in Figura 32, è evidente la granulometria da centimetrica a decimetrica dei clasti.



Figura 36 – Cataclasite nella Scaglia Rossa con sottili interstrati marnosi affiorante nella Valle del Salto (Casette) la porzione a destra nella foto presenta il tipico aspetto farinoso legato alla deformazione particolarmente intensa.



Figura 37 – Fascia cataclastica di spessore plurimetrico nella Scaglia Rossa della Valle del Salto (Casette).

5 Inquadramento geomorfologico

L'area di studio è situata al margine centro-occidentale della dorsale appenninica. L'orografia dell'area di studio è caratterizzata da un paesaggio articolato dalla presenza di dorsali e di ampie aree collinari, che si alternano a valli fluviali e a conche di estensione variabile. Verso Ovest, la dorsale dei Monti Sabini occidentali, estesa in direzione N-S, raggiunge le quote più elevate dell'area, relativi con i Monti Pizzuto e Tancia, per poi digradare bruscamente verso la Valle del Tevere. Nel settore compreso tra i Monti Sabini e i Monti di Fara in Sabina, le quote diminuiscono ed il paesaggio è caratterizzato da colline poco elevate (fino a 400 m s.l.m.) e dalle incisioni del bacino del torrente Farfa. Spostandosi dalla dorsale dei Monti Sabini occidentali verso E, oltrepassando le valli del torrente Canera e del Fosso di Montenero, l'area è caratterizzata da dorsali collinari, con quote massime intorno agli 800-900 m s.l.m., separate dalle valli del torrente Ariana e dei Fiumi Turano, Salto e Velino, i quali scorrono con un fondovalle posto intorno ai 400-450 m s.l.m. Questo settore, orograficamente ribassato rispetto alle aree occidentali e orientali, costituisce un ampio ed irregolare bacino intramontano, la Conca di Rieti, caratterizzata verso N da una depressione con quote di circa 400 m s.l.m. Spostandosi verso NE, lungo la valle del Fiume Velino si sviluppa invece la piana di San Vittorino.

Il reticolo idrografico presenta sia corsi d'acqua principali orientati in direzione appenninica (NNW-SSE e WNW-ESE), incassati in profonde valli, sia corsi d'acqua secondari perpendicolari e di ridotta estensione. Verso N questi corsi d'acqua si immettono nella Conca di Rieti, che costituisce un importante livello di base locale.

Le morfologie principali, dettagliatamente rappresentate nell'elaborato A194PDG010 Carta Geomorfologica, sono riferibili a forme strutturali, di versante dovute alla gravità, fluviali e carsiche. Le forme strutturali, a piccola e grande scala, caratterizzano diffusamente i settori occidentali, sud-orientali e nord-orientali dell'area di studio, in particolar modo le dorsali carbonatiche dei Monti Sabini occidentali ed orientali e la Conca di Rieti. Queste forme sono costituite da scarpate di faglia, di linea di faglia e di erosione selettiva. Esse si sono sviluppate lungo i principali sovrascorrimenti e faglie presenti, in corrispondenza dei contatti litologici

tra formazioni a diversa erodibilità nella successione meso-cenozoica. Sono, inoltre, da segnalare dissesti legati alla presenza di frane di diversa tipologia, quali:

- crolli e ribaltamenti di blocchi, interessando il versante sub-verticale nei pressi di Salisano;
- frane con movimenti complessi e fenomeni franosi diffusi superficiali, le quali interessano terreni a prevalente componente marnoso-argillosa e le successioni sabbioso-conglomeratiche post-orogenesi; localmente si sviluppano lungo i principali sovrascorrimenti dell'area e/o sui ripidi versanti calcarei.

5.1 Problematiche geologiche della piana di San Vittorino

La piana di San Vittorino è ubicata ai margini orientali della Conca di Rieti. Essa è caratterizzata da frequenti fenomeni di sprofondamento rapido, i quali originano depressioni circolari con diametro fino a 100 m e profondità fino a 10 m (sinkhole). L'origine di questi sprofondamenti è da ricercarsi nell'assetto tettonico, geologico ed idrogeologico dell'area. In particolare, la genesi dei sinkhole nell'area di San Vittorino è ricollegabile alla contemporanea presenza di due processi:

1. processi carsici, caratterizzati dalla dissoluzione chimica dei travertini intercalati nei sedimenti alluvionali, ad una profondità variabile da molto superficiali fino a 40-45 m, a causa della risalita di fluidi ricchi in gas, quali CO₂ e H₂S, lungo alcune linee di faglia aventi direzione appenninica;
2. processi fisico-meccanici, determinati dalla riduzione delle pressioni efficaci ad opera di moti di filtrazione ascensionali.

Con il fine di analizzare con maggior dettaglio quanto sopra descritto, è stata eseguita una campagna di prospezioni micro-gravimetriche a ridosso del margine meridionale della piana di San Vittorino, con lo scopo di individuare aree caratterizzate da un elevato rischio sinkhole.

Vengono di seguito illustrati in breve i risultati, per maggiori dettagli si rimanda al report completo allegato in calce alla presente Relazione Geologica.

I valori di anomalia riscontrati mediante la prospezione presentano un range diverso per entità, valori sia positivi che negativi, da -0.600 mGal a +2.400 mGal. Appare evidente la presenza di una vasta zona di anomalia gravimetrica negativa ubicata nella piana nel settore a cavallo del Fiume Peschiera, con una geometria subcircolare, probabilmente correlabile ad un antico sprofondamento attualmente riempito da sedimenti poco addensati. Le zone con anomalie positive, caratterizzate da un notevole gradiente, sono ubicate ai margini della piana, dove il bedrock, meso-cenozoico si avvicina alla superficie ed in qualche caso risulta affiorante.

Nel margine Ovest, nel settore compreso tra il Fiume Peschiera e la ferrovia Terni-Sulmona, il rapido aumento dell'anomalia di gravità potrebbe essere correlato ad un sollevamento locale del bedrock meso-cenozoico. La tavola di seguito riportata illustra la variazione di spessore dei terreni fluvio-lacustri al di sopra del bedrock, tuttavia, non evidenzia le variazioni di densità più superficiali, utili all'individuazione delle aree a rischio sinkhole.

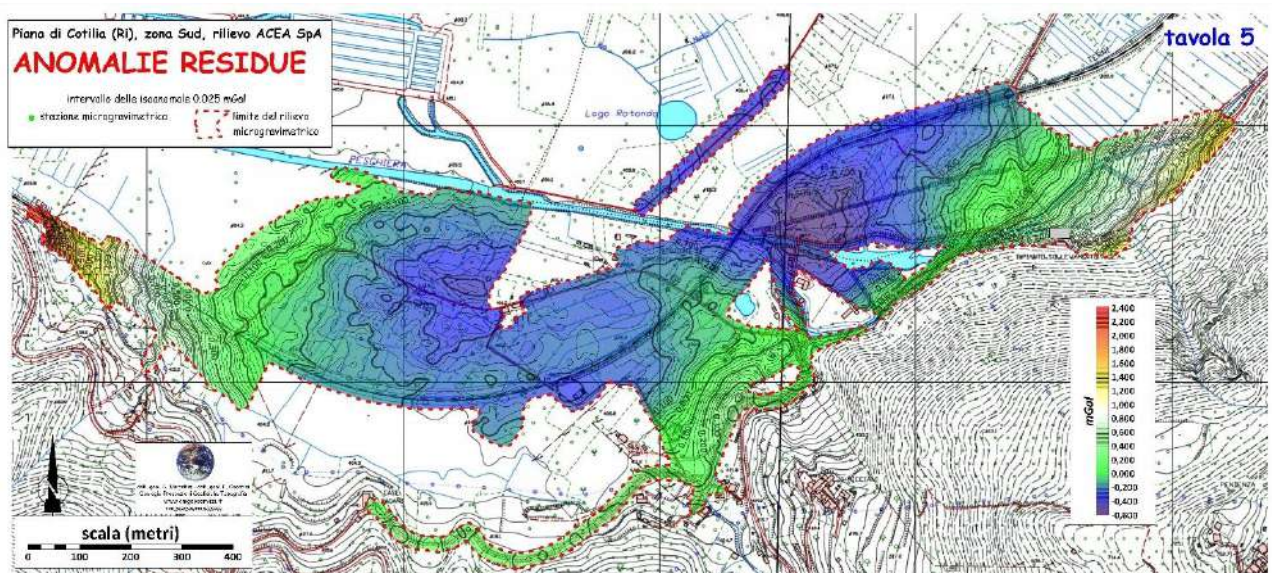


Figura 38 – Mappa delle Anomalie Residue della prospezione microgravimetrica.

Utilizzando il metodo di Griffin, è stato possibile evidenziare le aree di anomalia gravimetrica più superficiali, ovvero determinate dalla presenza di volumi di terreno a bassissimo stato di addensamento entro i primi 20-25 m a partire dal piano campagna. La geometria delle anomalie residue così individuate risulta molto articolata, sia per cause legate all'evoluzione geologica-ambientale che antropica. Infatti, le zone con anomalie negative allungate sono l'evidenza di paleoalvei recenti colmati mentre in alcuni casi le anomalie negative rimarkano le piccole valli in cui negli anni trenta sono stati depositi i riporti degli scavi delle varie opere idrauliche.



Figura 19 – Mappa delle Anomalie Residue della prospezione microgravimetrica mediante applicazione del metodo di Griffin.

L'analisi complessiva dei risultati ottenuti, unitamente ad osservazioni geologiche effettuate durante le operazioni di campagna, ha permesso di costruire una *Mappa di sintesi* illustrante l'ubicazione delle aree a rischio sinkhole oltre all'individuazione di corpi geologici superficiali di varia natura.

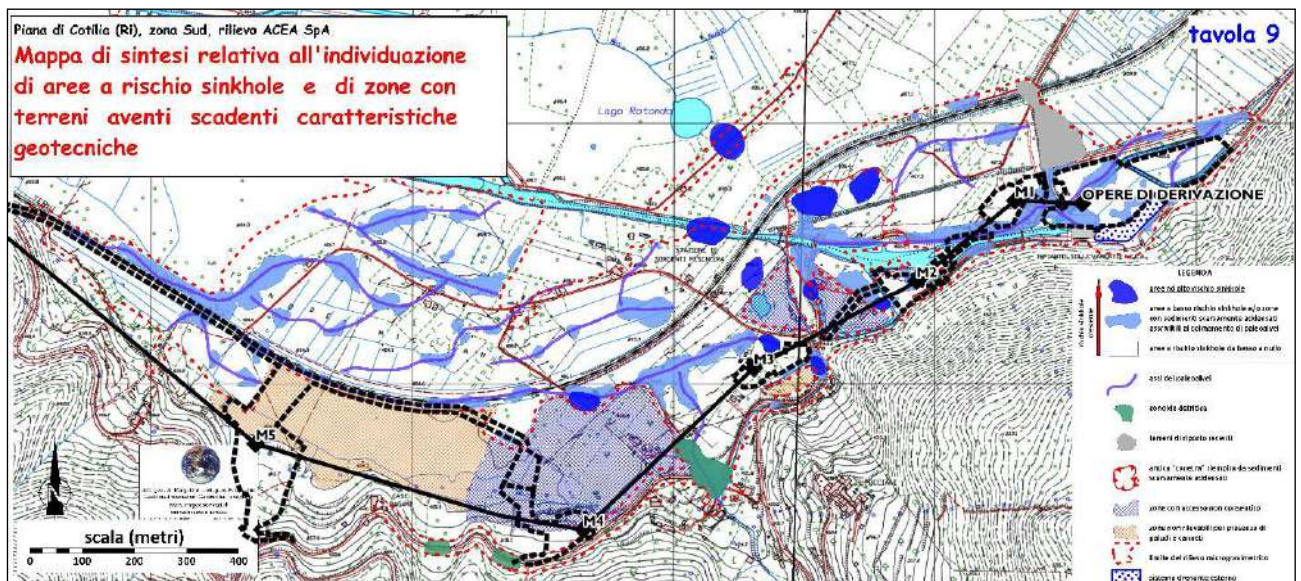


Figura 40 – Mappa di Sintesi della prospezione microgravimetrica, in nero le opere di progetto.

Da tale studio si evince come in tale area siano presenti numerosi settori contraddistinti da anomalie negative di massa e indici di difetto di massa associati ad una maggiore predisposizione alla formazione di sinkhole.

Come è possibile osservare dalla *Mappa di Sintesi*, riportata in Figura 40, sono state identificate aree ad alto rischio sinkhole, aree a basso rischio sinkhole ed aree a rischio sinkhole da basso a nullo.

I risultati della prospezione microgravimetrica hanno restituito la presenza di 10 aree ad alto rischio sinkhole, 9 delle quali concentrate a Nord dei manufatti di progetto M2 ed M3, mentre 1 area a Nord del manufatto M4 risulta isolata.

Per quanto riguarda le aree a basso rischio sinkhole, come già sopra menzionato, esse risultano ubicate in corrispondenza degli assi dei paleoalvei.

Le indagini eseguite hanno permesso di identificare la profondità del bedrock ed è quindi stata redatta la carta della *batimetria del tetto delle formazioni mesozoiche*, di seguito riportata.

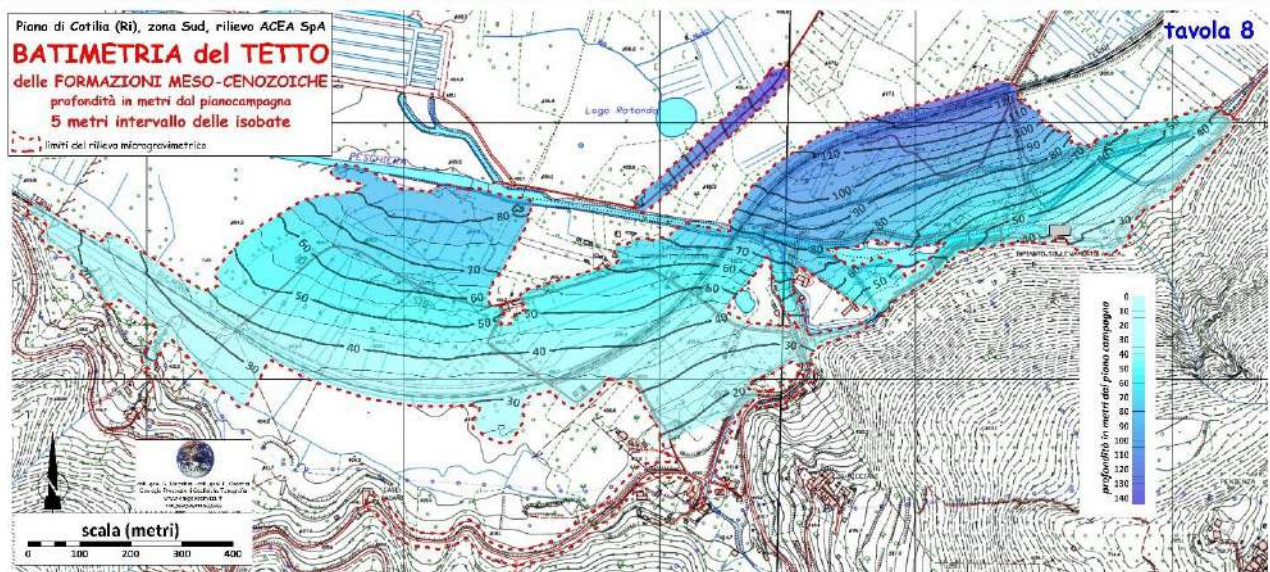


Figura 41 – Mappa della batimetria del tetto delle formazioni meso-cenozoiche.

Infine, in considerazione a quanto emerso dalla prospezione, il tracciato di progetto, i manufatti e le aree cantiere sono stati ubicati in corrispondenza delle aree caratterizzate da basso rischio sinkhole e laddove le formazioni litoidi sono più prossime al piano campagna e quindi i depositi alluvionali hanno spessori minori.

5.2 Instabilità del versante delle Sorgenti del Peschiera

Relativamente all'area delle sorgenti del Peschiera, sussiste una problematica legata alla presenza di una Deformazione Gravitativa di Versante Profonda (DGPV) evidenziata nella cartografia IFFI, recepita dal PAI, oggetto di numerosi studi (Martino et al., 2004, Lenti et al., 2012, Fiorucci et al., 2015, 2017).

Analisi e rilievi LIDAR eseguiti nel giugno 2009, hanno evidenziato diffusamente sull'intero versante morfologie di origine carsica (quali depressioni ellissoidali, doline e pozzi di crollo), a luoghi colmate da terreni residuali ("terre rosse"), scarpate di frana trasversali e trincee longitudinali conseguenza dei fenomeni di deformazione gravitativa che, agendo a scala dell'intero versante, coinvolgono pervasivamente l'ammasso roccioso.

Tali fenomeni evolvono da deformazioni per *Mass Rock Creep* (MRC), ad espandimenti in roccia, a veri e propri scorrimenti di blocchi fino a generare eventi parossistici di instabilità gravitativa quali valanghe di roccia (*rock-avalanche*).

Nel dettaglio è stato possibile riconoscere un differente stato di evoluzione del versante spostandosi da E verso W, come di seguito schematizzabile (Figura 42):

- 1) l'esistenza di una morfologia indicativa di un fenomeno di collasso generalizzato per *rock-avalanche* (volume stimato 1.250.000 m³), occorso nel settore orientale dell'attuale impianto, con i depositi relativi presenti al di sotto dei sedimenti fluvio-lacustri della piana di San Vittorino;
- 2) l'esistenza di morfologie residue, riferibili all'evento di collasso generalizzato descritto precedentemente, consistenti in scarpate a mezza costa di dislivello superiore ai 10 m, coni di detrito, trincee, *sinkhole* e di una complessiva morfologia concava sia trasversalmente sia longitudinalmente al versante;
- 3) l'esistenza di una morfologia compatibile con una deformazione da espandimento in roccia nell'intero settore occidentale del versante. Tale espandimento (con azimut di circa 340°) è delimitato da un sistema di scarpate e trincee ad alto angolo che, nel complesso, descrivono un insieme di svincoli cinematici multipli che disarticolano diverse porzioni di versante ("blocchi"), all'interno delle quali può essere assunta una dinamica uniforme;
- 4) l'esistenza di evidenze di coinvolgimento nei processi deformativi di porzioni di versante immediatamente a monte degli svincoli cinematici più esterni al sistema multiplo di scarpate e trincee. Tali evidenze consistono prevalentemente in depressioni lungo allineamenti morfologici e trincee;
- 5) una successione temporale nella generazione delle forme del rilievo associate all'evoluzione dell'espandimento gravitativo che consiste nei seguenti processi:
 - detensionamento lungo fasce sub-verticali e concomitante dissoluzione carsica di cavità ipogee;
 - collasso delle cavità ipogee e conseguente deformazione concentrata lungo le fasce di detensionamento sub-verticali a prevalente componente verticale;

- aumento della fratturazione nelle porzioni di ammasso coinvolte nei processi di deformazione e sviluppo di forme da insaccamento (*sagging*) e da sprofondamento superficiali (*sinkhole*);
- espandimento dell'ammasso detensionato e intensamente fratturato nelle porzioni più prossime alla superficie, con conseguente scorrimento verso valle di blocchi isolati da svincoli cinematici con caratteristiche dinamiche di tipo trascorrente o divergente.

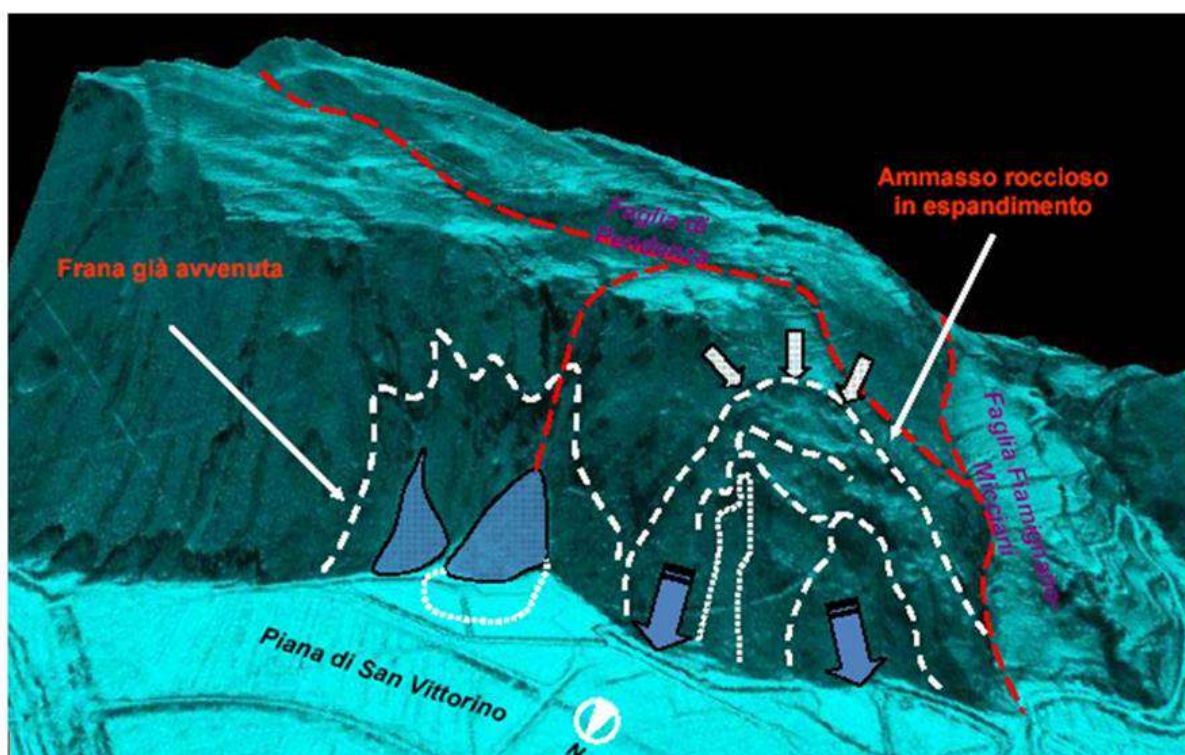


Figura 42 – Vista 3D del versante con i principali lineamenti geomorfologici e i relativi processi gravitativi in atto e passati. In bianco la delimitazione indicativa dei settori di versante coinvolti in processi di instabilità gravitativa, in rosso gli elementi tettonici. Le frecce indicano le prevalenti direzioni di spostamento dei blocchi.

Nel corso degli studi pregressi condotti dal CERI in convenzione con ACEA-ATO2 ed avvalendosi di un sistema di monitoraggio integrato tenso-deformativo e sismometrico, installato internamente alle gallerie dell'impianto di captazione, oltre alla conferma di una precisa "articolazione spaziale" della dinamica gravitativa agente

sul versante, è stata definita una chiara “articolazione temporale” della dinamica gravitativa, riconducibile a tre scale temporali di evoluzione:

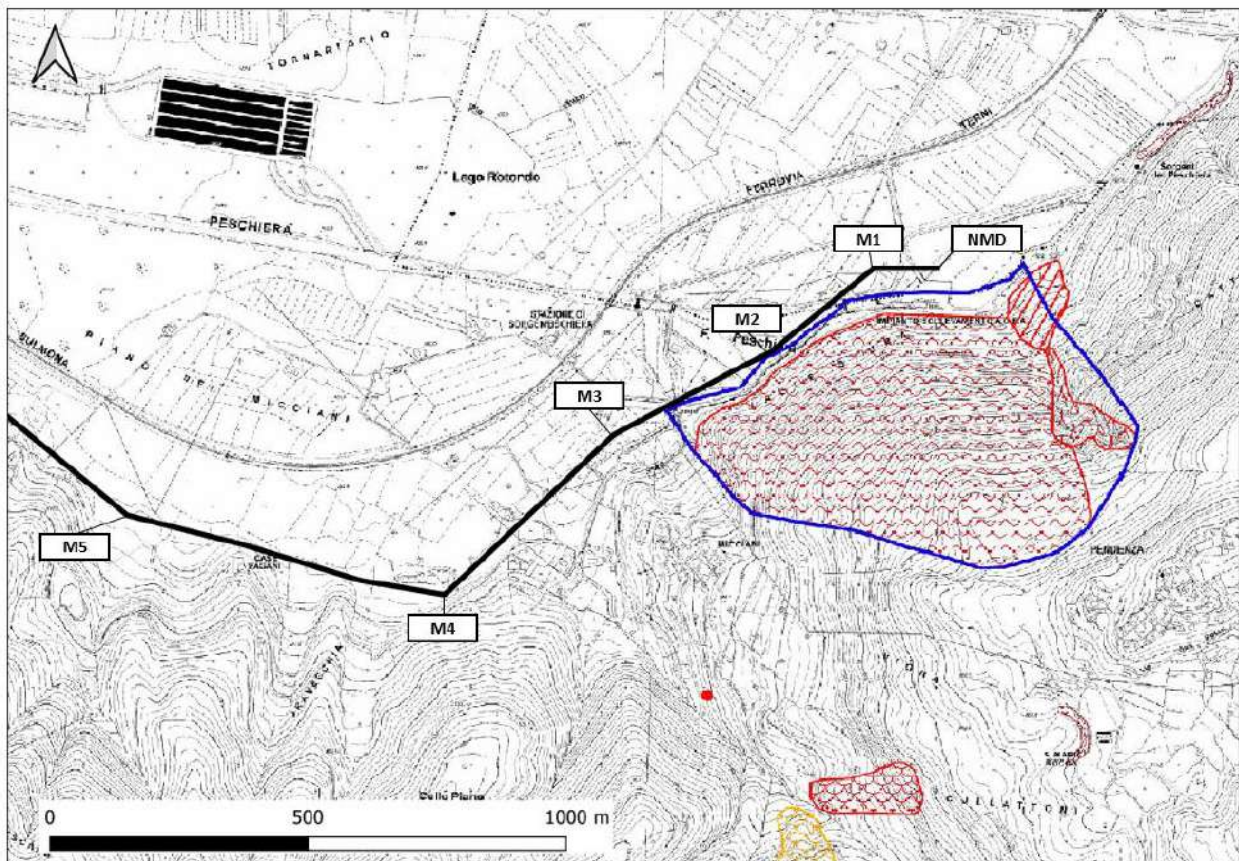
- una prima scala, di lungo termine, è essenzialmente regolata dall’azione gravitativa che si esplica con un espandimento per MRC il cui tasso di deformazione continua (dell’ordine del mm/anno);
- una seconda scala, di medio termine, è prevalentemente regolata da ciclicità a carattere stagionale o pluriennale, principalmente associate all’andamento delle portate sorgive ed alla conseguente risposta della falda idrica nell’acquifero carsico. Quest’ultima, a sua volta, induce un’intensificazione dell’attività di dissoluzione e di generazione di collassi ipogei, rilevata dalle registrazioni accelerometriche di eventi di collasso locali;
- una terza scala, di breve termine, è essenzialmente connessa ad azioni transitorie ed impulsive come quelle associate a sismicità esterna al versante ed i cui effetti sono differenti a seconda delle caratteristiche fisiche di quest’ultimi. Queste deformazioni possono portare, nell’arco di 24 ore, a spostamenti cumulati la cui entità è del tutto comparabile con quella degli spostamenti cumulati per MRC nel corso di un intero anno.

5.2.1 Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.

Il tracciato di progetto è stato ubicato, in corrispondenza delle sorgenti del Peschiera, all’interno di aree che non risentono degli effetti causati dal meccanismo deformativo dell’espandimento in roccia per Rock Mass Creep. In ogni caso, all’interno del versante è già presente un sistema di monitoraggio multi-sensoristico che garantisce un controllo continuo della stabilità del versante, tramite il quale si può prevedere una corretta convivenza tra la fenomenologia in atto e la vita utile dell’opera. Tale sistema è costituito da una rete accelerometrica, una rete nano-sismometrica, distanziometri uniassiali/triassiali, estensimetri e celle di carico.

5.3 Aspetti geomorfologici in un contorno significativo del tracciato di progetto

Al fine di valutare le criticità per processi di frana nelle zone in cui ricade il tracciato di progetto, è stata verificata la presenza di movimenti franosi già catalogati nel Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), redatto dall’Autorità di Bacino del Fiume Tevere, e nel Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), redatto dall’ISPRA. Entrambi i cataloghi riportano la già descritta Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) attiva nel versante delle Sorgenti del Peschiera (Figura 43).



Legenda

Inventario delle frane

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	
				frana per crollo o ribaltamento
				frana per scivolamento
				frana per colamento
				frana complessa
				area con franosità diffusa
				area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV)
				area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soillusso
				falda e/o cono di detrito
				debris flow (colata di detrito)

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	
				area a calanchi o in erosione
				frana presunta
				orlo di scarpata di frana
				frana non cartografabile

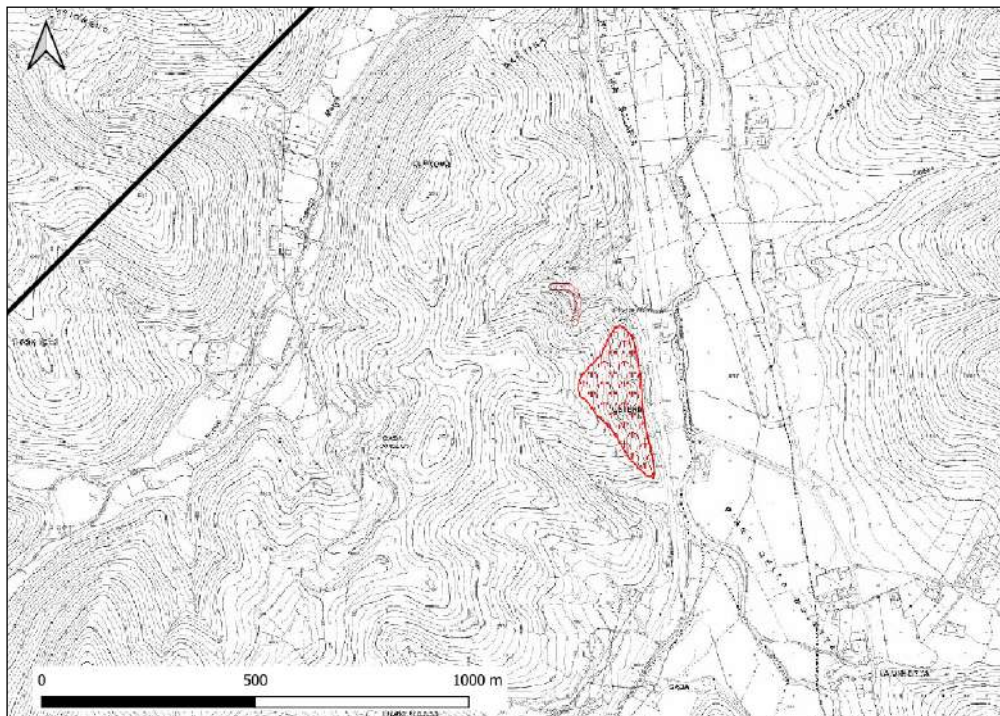
Situazioni di rischio da frana

	R4 - 'molto elevato'
	R3 - 'elevato'
	R2 - 'medio'
	R1 - 'moderato'

Figura 43 – Zone soggette ad instabilità gravitativa censite dal PAI nel settore in cui ricade il versante delle Sorgenti del Peschiera (DGPV). In nero il tracciato di progetto.

Di rilevante attenzione risultano essere gli attraversamenti vallivi dei Fiumi Salto e Turano, in particolar modo nei punti di sbocco ed imbocco delle gallerie di scavo. In linea generale, la valle del Salto presenta affioramenti conglomeratici massivi ed aggettanti, soggetti, nei settori più prossimi all'acquedotto esistente, a fenomeni di instabilità gravitativa per crollo o ribaltamento, perimetrati dal PAI con associato fattore di rischio elevato (R3). Per quanto concerne l'attraversamento vallivo presso la valle del Turano, nessuno dei due database analizzati riporta frane già censite o note. Di fatto, rispetto alla valle del Salto, la valle del Turano appare caratterizzata da pendii meno acclivi, privi di pareti verticali aggettanti.

Riguardo l'attraversamento della valle del Fosso Ariana gli unici fenomeni di dissesto censiti sono localizzati nei pressi della Piana della Molette, in zone prossime all'acquedotto esistente ma distanti da quello di progetto (Figura 44).



Legenda

Inventario delle frane

frana per crollo o ribaltamento	frana per scivolamento	frana per colamento	frana complessa
area con franosità diffusa	area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGP)	area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso	falda e/o cono di detrito
debris flow (colata di detrito)			

area a calanchi o in erosione	frana presunta
orlo di scarpata di frana	frana non cartografabile

Situazioni di rischio da frana

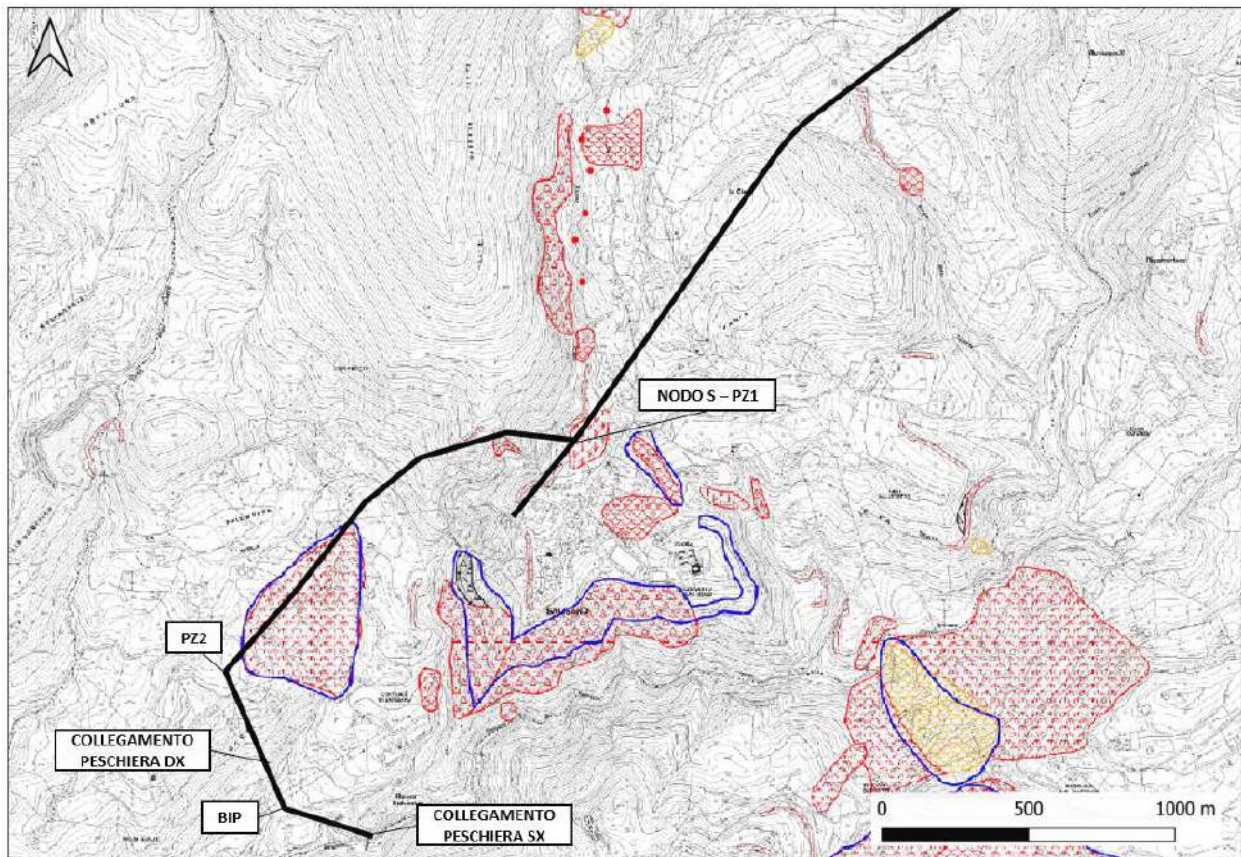
R4 - 'molto elevato'
R3 - 'elevato'
R2 - 'medio'
R1 - 'moderato'

Figura 44 – Area con franosità diffusa censita dal PAI in Loc. Piana delle Molette, nella valle del Fosso Ariana. In nero il tracciato di progetto.

Per quanto concerne l’area nei pressi dell’abitato di Salisano, si segnala la presenza di alcune aree perimetrate a rischio dal PAI. Nel dettaglio, il tracciato di progetto interessa le seguenti aree (Figura 45):

- area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso, in corrispondenza del tratto finale in galleria TBM “Monte Vecchio” – Manufatto Nodo S – PZ1;

- orlo di scarpata di frana presunto, uno in corrispondenza del tratto di galleria "Salisano" (scavo in tradizionale) e uno in corrispondenza del tratto in galleria TBM 4000;
- un corpo di frana per crollo e/o ribaltamento in corrispondenza del tratto in galleria TBM 4000;
- un'area a franosità diffusa in corrispondenza del tratto in galleria TBM 4000.



Legenda

Inventario delle frane

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	
				frana per crollo o ribaltamento
				frana per scivolamento
				frana per colamento
				frana complessa
				area con franosità diffusa
				area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV)
				area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso
				falda e/o cono di detrito
				debris flow (colata di detrito)

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	
				area a calanchi o in erosione
				frana presunta
				orlo di scarpata di frana
				frana non cartografabile

Situazioni di rischio da frana

	R4 - 'molto elevato'
	R3 - 'elevato'
	R2 - 'medio'
	R1 - 'moderato'

Figura 45 – Zone soggette ad instabilità gravitativa censite sia dal PAI presso l’abitato di Salisano. La linea nera rappresenta il tracciato di progetto.

Si precisa che, in linea generale, il tracciato di progetto attraversa quasi esclusivamente il substrato litoide carbonatico tramite tecnologie di scavo in galleria (sia TBM che tradizionale), a profondità variabili.

Relativamente al tratto che va dal Nodo S-PZ1 alla centrale di Salisano, si osserva come il tracciato di progetto attraversa ad una profondità di circa 14 m dal p.c. l’area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso. Quest’ultima si esaurisce nella porzione corticale di suolo vegetale presente al di sopra dei conglomerati dell’Unità di Monteleone Sabino. Per quanto concerne l’orlo di scarpata di frana presunto, esso è localizzato in corrispondenza delle formazioni carbonatiche ad una quota di circa 50 m maggiore rispetto all’opera di progetto. Si rimanda inoltre alla Relazione Geotecnica per la consultazione delle opere di protezione e contenimento previste nell’ambito della realizzazione del manufatto.

Relativamente alla galleria di sorpasso, si osserva come il tracciato di progetto attraversi inizialmente, ad una profondità di circa 180 m dal p.c., un corpo di frana per crollo e/o ribaltamento (di modesta estensione) e un orlo di scarpata presunto. Tali fenomenologie si verificano generalmente nella porzione più superficiale ed alterata del substrato carbonatico, per tali motivi si esclude l’interazione con gli interventi di progetto. Successivamente il tracciato di progetto attraversa in galleria, ad una profondità compresa tra i 20 e 35 m dal p.c., un’area a franosità diffusa che

interessa la porzione corticale vegetale presente al disopra dei conglomerati dell'Unità di Monteleone Sabino. Si precisa come in quest'ultimo tratto l'opera di progetto si inserisce unicamente all'interno del substrato calcareo sottostante, costituito dalla formazione della Maiolica. Sulla base di quanto suddetto, prendendo in considerazione le tecnologie e le profondità di scavo, si esclude la possibile interazione tra l'opera di progetto e le aree censite dal PAI.

Inoltre, si precisa come il manufatto di progetto PZ2 sia ubicato al di fuori dell'area a franosità diffusa censita dal PAI.

Per quel che concerne il tratto di galleria del sorpasso di Salisano, che interessa quasi interamente la Formazione della Maiolica, non si evince in letteratura la presenza di cavità ipogee di origine carsica. Tale affermazione è ulteriormente avvalorata da fonti storiche, riguardanti la realizzazione dell'acquedotto esistente del Peschiera, in cui non sono state riscontrate in quel tratto cavità ipogee di origine carsica. Inoltre, durante la realizzazione delle indagini geognostiche e geofisiche, con particolare riferimento ai sondaggi S13 (2), S14 (2) e S15 (2) che hanno interessato la Formazione della Maiolica, non sono state rinvenute cavità o forme riconducibili a fenomeni carsici. Pertanto, a valle delle suddette osservazioni è possibile affermare che il rischio di attraversare cavità ipogee in fase di avanzamento al fronte di scavo è nullo o molto basso.

5.3.1 Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.

Al fine di valutare le condizioni di stabilità geomorfologica degli attraversamenti vallivi, nonché di verificare le eventuali interferenze del tracciato di progetto con possibili corpi di frana esistenti, si è proceduto con l'esecuzione di uno specifico studio geologico – geomorfologico presso le aree di intervento.

Più in particolare, è stata condotta una serie di rilievi aerofotogrammetrici 3D a mezzo SAPR (*Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto*), al fine di determinare, con estrema precisione e in totale sicurezza, l'eventuale presenza di fenomeni franosi, e poterne valutare sia il loro stato di attività che le caratteristiche cinematiche e dinamiche principali (Figura 46, Figura 47, Figura 48, Figura 49).

Nel dettaglio, sono stati eseguiti n. 4 rilievi aerofotogrammetrici presso le seguenti aree:

- Attraversamento vallivo del tracciato di progetto del Fiume Salto;
- Attraversamento vallivo del tracciato di progetto del Fiume Turano;
- Attraversamento vallivo del tracciato di progetto del Fosso Ariana – San Giovanni Reatino;
- Comune di Salisano (RI).



Figura 46 – Foto area da drone presso l’attraversamento vallivo del tracciato di progetto del Fiume Salto.



Figura 47 – Foto area da drone presso l’attraversamento vallivo del tracciato di progetto del Fiume Turano.



Figura 48 – Foto area da drone presso l’attraversamento vallivo del tracciato di progetto del Fosso Ariana – San Giovanni Reatino.



Figura 49 – Foto area da drone presso l’area di Salisano (RI).

I rilievi da piattaforma SAPR sono stati realizzati impiegando un drone DJI Phantom 4 RTK, equipaggiato con GPS, apparato IMU e una fotocamera da 20 Mpx (Figura 50). La modalità di volo utilizzata e la presa delle immagini, per tutti i rilievi, è stata quella automatica, attraverso una precedente pianificazione della missione. Entrambi i rilievi sono stati condotti mediante l’ausilio di una stazione GPS a terra di supporto.



Figura 50 – Drone DJI Phantom 4 RTK impiegato nei rilievi aerofotogrammetrici.

Le operazioni di elaborazione dei dati che hanno portato alla realizzazione dei modelli tridimensionali delle aree oggetto del presente studio sono le seguenti: i) importazione fotogrammi e realizzazione sparse point cloud; ii) realizzazione dense point cloud; iii) inserimento "punti di controllo" in formato XYZ; iv) allineamento modello con i punti di controllo; v) realizzazione mesh triangolare; vi) realizzazione textured mesh (Figura 51).

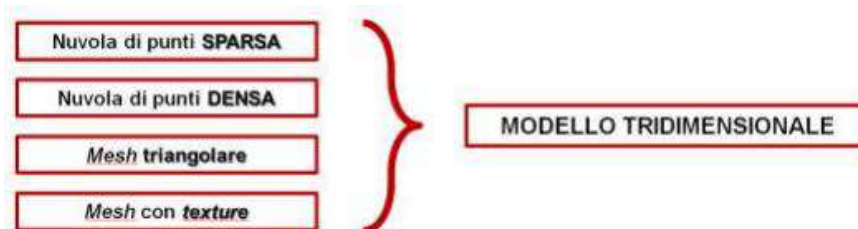


Figura 51 – Processo di lavoro necessario per generare il modello 3D.

Seguendo l'ordine imposto dal *data processing*, per generare il modello tridimensionale delle aree in oggetto sono stati realizzati, in sequenza: i) la nuvola di punti sparsa/punti di vincolo; ii) la nuvola di punti densa; iii) la mesh triangolare/modello 3D; iv) la textured mesh/modello a tasselli, derivata dai fotogrammi acquisiti.

Una volta ricostruiti i modelli tridimensionali dell'area oggetto del presente studio, attraverso specifici algoritmi di calcolo SfM (Structure from Motion), è stato possibile derivare i seguenti prodotti:

Export	Risoluzione			
	<i>Sbocco Valle Salto</i>	<i>Sbocco Valle Turano</i>	<i>San Giovanni Reatino</i>	<i>Salisano</i>
Nuvola di punti densa (# punti)	50 mln	40 mln	40 mln	80 mln
DSM (Digital Surface Model) (cell size)	30 cm/pixel	30 cm/pixel	30 cm/pixel	10 cm/pixel
Ortofoto (GSD)	8 cm/pixel	10 cm/pixel	10 cm/pixel	10 cm/pixel

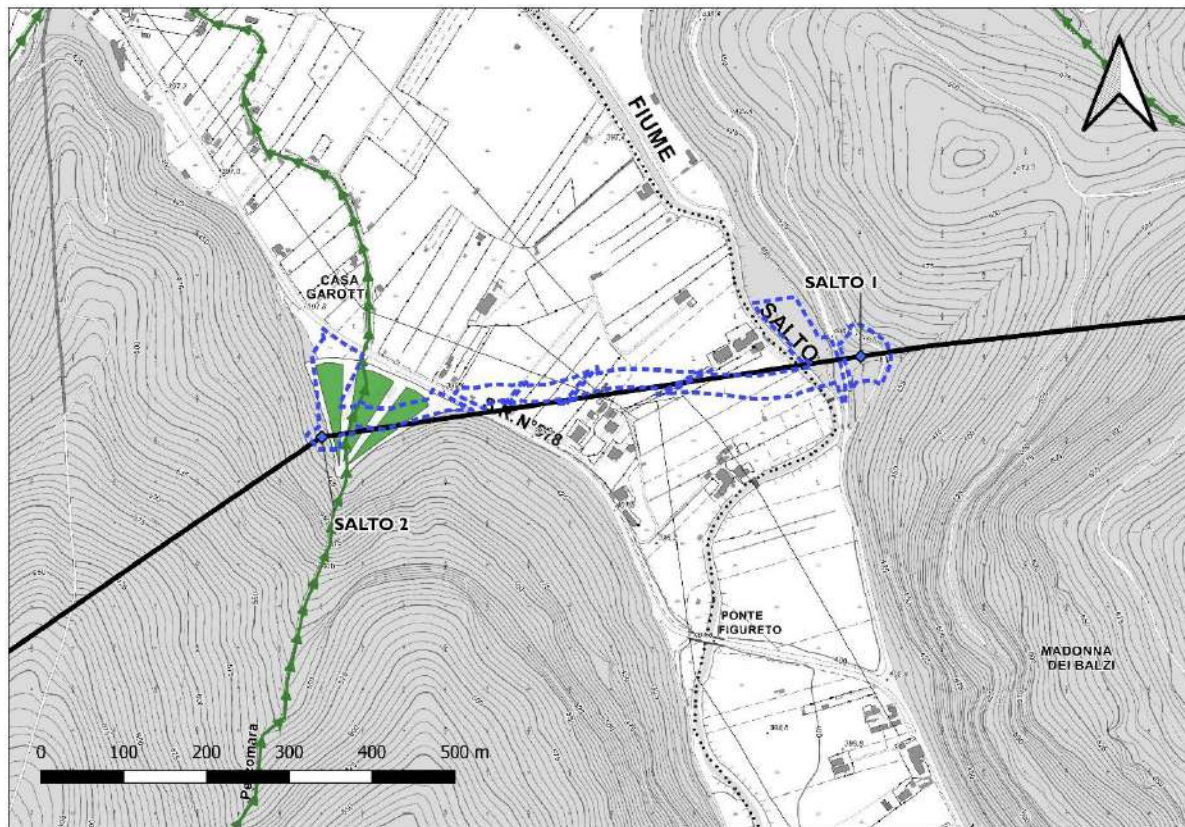
I risultati consentono di escludere qualsiasi problematica geomorfologica che possa interferire con l'opera di progetto.

Di seguito vengono illustrati sinteticamente i risultati dei rilievi aerofotogrammetrici condotti e le considerazioni in merito alla valutazione delle condizioni di stabilità delle aree interessate:

ATTRAVERSAMENTO VALLE DEL SALTO (Manufatti "SALTO1" e "SALTO2")

L'area in esame si trova in Località Ponte Figureto, in corrispondenza della Valle del Salto, ad una quota assoluta compresa tra 425 e 387 m s.l.m. circa, come riportato nella seguente figura.

Particolare attenzione è stata posta nei punti di sbocco ed imbocco delle gallerie di scavo, localizzate nella Valle del Salto. Quest'ultima presenta affioramenti conglomeratici massivi ed aggettanti.



FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE

Fenomeno Attivo	Fenomeno Quiescente	
		Corpo di frana per scorrimento traslativo/rotazionale
		Corpo di frana per crollo/ribaltamento
		Corpo di frana per colamento lento
		Corpo di frana per colamento rapido
		Corpo di frana complessa
		Deformazione gravitativa di versante (DGPV)
		Deformazione superficiale lenta e/o soliflusso
		Area con franosità diffusa
		Detrito di versante

FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

	Conoide alluvionale		Solco da ruscellamento concentrato
	Deposito eluvio-colluviale		Deposito alluvionale
	Area esondabile (PAI) FASCIA A		

FORME E DEPOSITI CARSICI

	Sinkhole		Depositi di versante in depressioni
	Sinkhole puntuale		

FORME, PROCESSI E DEPOSITI ANTROPICI

	Cava abbandonata
--	------------------

Figura 52 – Stralcio della Carta Geomorfologica relativo alle aree di cantiere "Salto 1" e "Salto 2". In blu tratteggiato l'area di cantiere, in nero il tracciato di progetto.

Come si evince dalla figura di seguito riportata, la Carta Geologica d'Italia - Foglio 357 "Cittaducale" – Progetto CARG alla scala 1: 50.000, segnala la presenza di corpo detritico in corrispondenza dell'area del manufatto denominato "Salto 1". Tuttavia, tale corpo detritico non viene riportato dalla cartografia del PAI - Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana Tavola 109, né da quella relativa al Progetto IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, redatto dall'ISPRA.

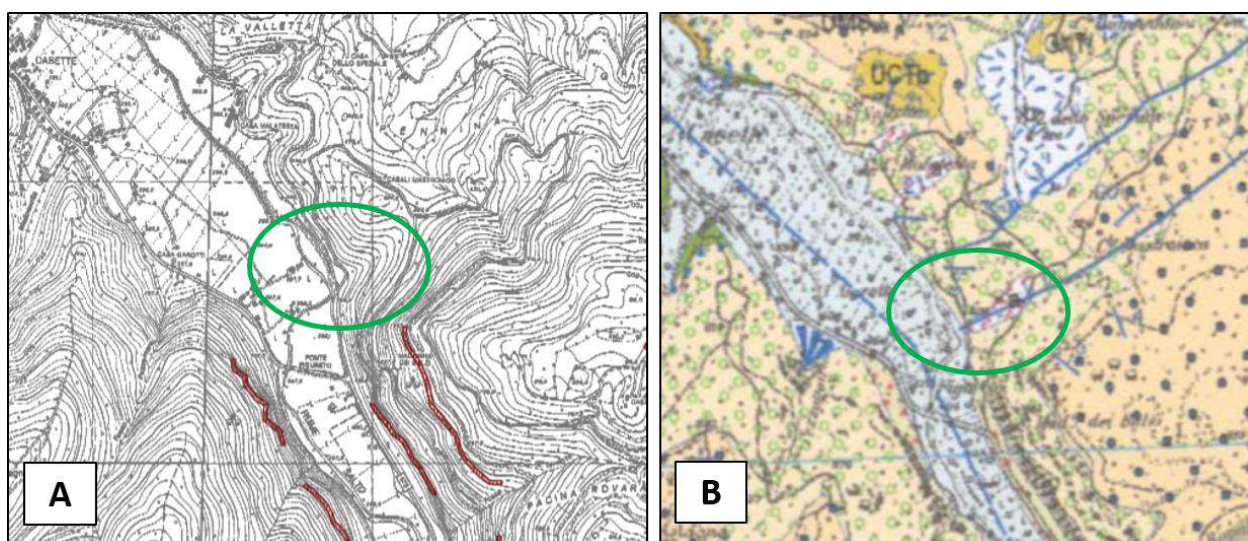


Figura 53 – Corpo detritico evidenziato in verde e cartografato sulla base PAI - Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana Tavola 109 (A) e sulla base della Carta Geologica d'Italia - Foglio 357 "Cittaducale" – Progetto CARG alla scala 1: 50.000 (B).

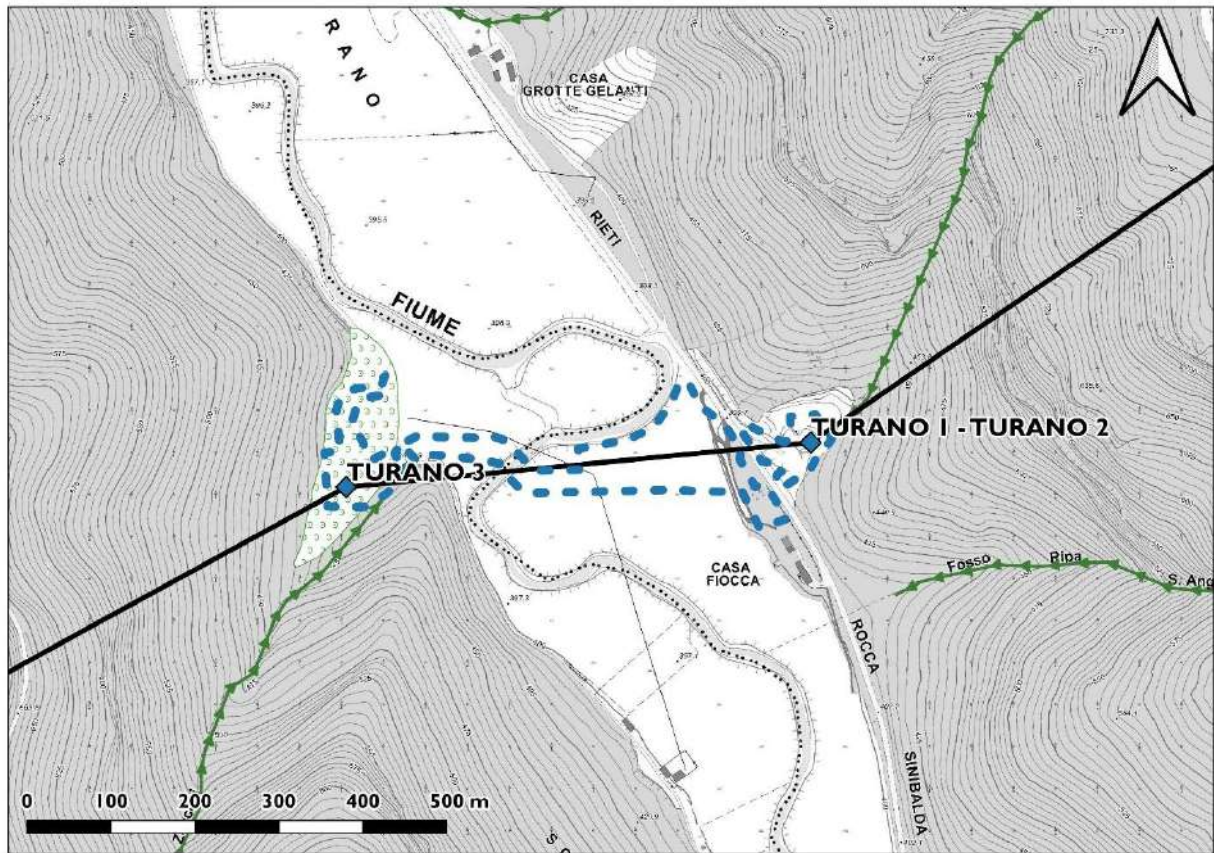
In ogni caso, al fine di verificare il sussistere della presenza di tale corpo detritico, è stato eseguito un rilievo aerofotogrammetrico di dettaglio. Come osservabile nell'output dell'elaborazione fotogrammetrica 3D di seguito riportato, non sono di fatto presenti sul versante in oggetto, costituito in prevalenza da conglomerati eterometrici clasto-sostenuti, forme e processi riconducibili a fenomeni gravitativi in atto e/o potenziali (aree denudate, rotture di versante, blocchi rocciosi, fratture di trazione, uncinature del fusto, rotture/interruzione di vegetazione ecc.). Del resto, è presente una fitta vegetazione, costituita da alberi ad alto fusto, che contribuisce alla stabilità generale del settore di studio, e non sono presenti aree caratterizzate dalla presenza di depositi detritici.



Figura 54 – Modello 3D costruito a seguito del rilievo aerofotogrammetrico da drone dello sbocco del tracciato di progetto sulla valle del Fiume Salto. Si nota la presenza di una fitta vegetazione, costituita da alberi ad alto fusto, e nessun elemento e/o forma riconducibili a fenomenologie di instabilità di versante.

ATTRAVERSAMENTO VALLE DEL TURANO (Manufatti "TURANO1-2" e "TURANO3")

L'area in esame si trova in Località Casa Fiocca, in corrispondenza della Valle del Turano, ad una quota assoluta compresa tra 425 e 395 m s.l.m. circa, come riportato nella seguente figura.



FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE

Fenomeno Attivo	Fenomeno Quiescente	
		Corpo di frana per scorrimento traslativo/rotazionale
		Corpo di frana per crollo/ribaltamento
		Corpo di frana per colamento lento
		Corpo di frana per colamento rapido
		Corpo di frana complessa
		Deformazione gravitativa di versante (DGPV)
		Deformazione superficiale lenta e/o soliflusso
		Area con franosità diffusa
		Detrito di versante

FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

	Conoide alluvionale		Solco da ruscellamento concentrato
	Deposito eluvio-colluviale		Deposito alluvionale
	Area esondabile (PAI) FASCIA A		

FORME E DEPOSITI CARSIICI

	Sinkhole		Depositi di versante in depressioni
	Sinkhole puntuale		

FORME, PROCESSI E DEPOSITI ANTROPICI

	Cava abbandonata
--	------------------

Figura 55 – Stralcio della Carta Geomorfologica relativo alle aree di cantiere "Turano 1-2" e "Turano 3". In blu tratteggiato l'area di cantiere, in nero il tracciato di progetto.

Dalla consultazione del *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana – Tavola 109 di 304*, si evince come le aree di cantiere "Turano 1-2" e "Turano 3" non siano interessate da fenomeni franosi censiti ed aree a rischio frana.

Inoltre, dai sopralluoghi condotti e dall'ausilio del rilievo aerofotogrammetrico tramite mezzo SAPR, si confermano le condizioni di stabilità geomorfologica in accordo con le cartografie ufficiali.

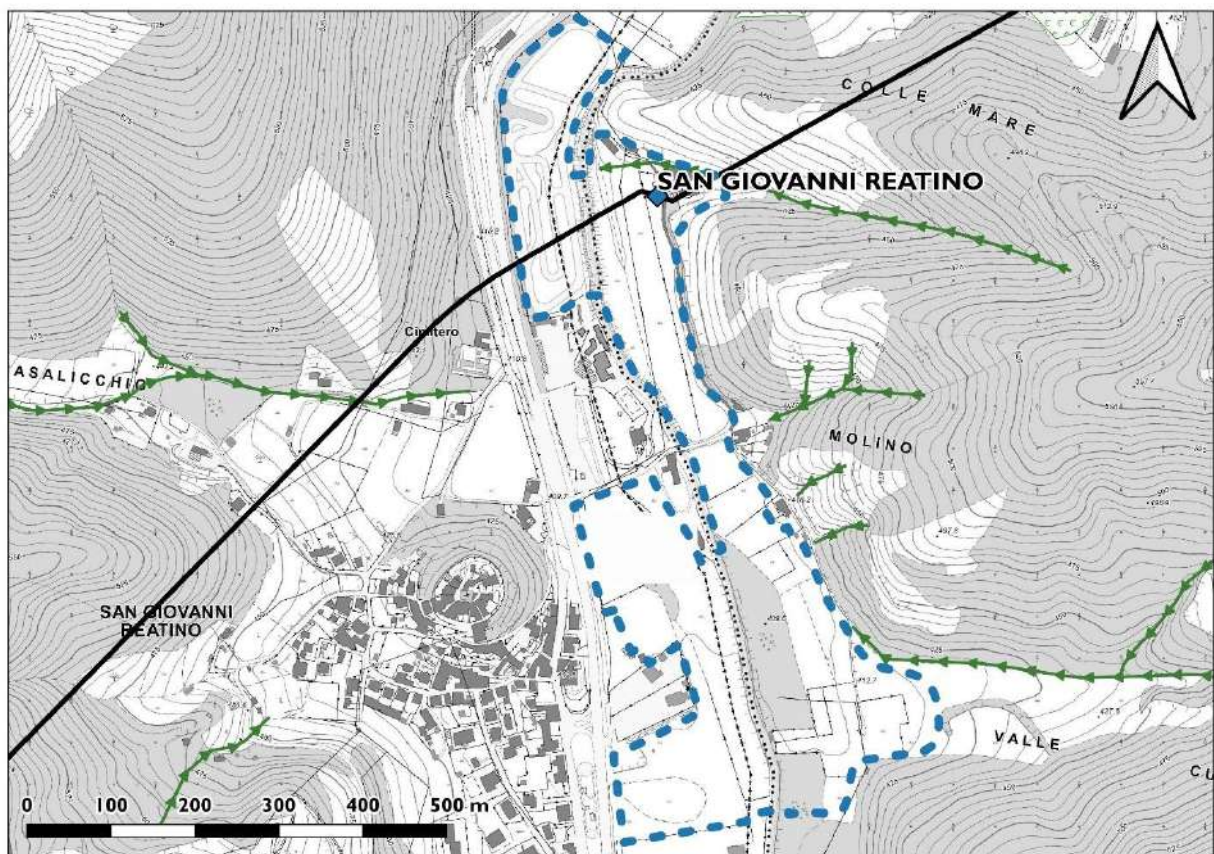


Figura 56 – Modello 3D costruito a seguito del rilievo aerofotogrammetrico da drone dello sbocco del tracciato di progetto sulla valle del Fiume Turano.

ATTRAVERSAMENTO VALLE DEL FOSSO ARIANA – SAN GIOVANNI REATINO

L'area in esame si trova lungo la Via Salaria nei pressi dell'abitato di San Giovanni Reatino, in corrispondenza della Valle del Fosso Ariana, ad una quota assoluta di circa 410 m s.l.m., come riportato nella seguente figura.

Dalla consultazione del *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana – Tavola 108 di 304*, si evince come l'area di cantiere non sia interessata da alcun fenomeno franoso censito ed aree a rischio frana.



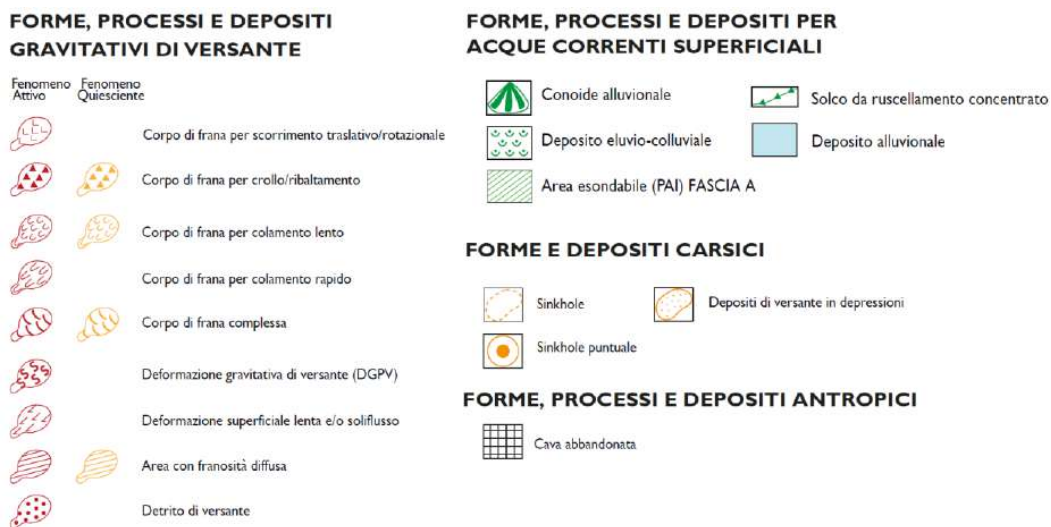


Figura 57 – Stralcio della Carta Geomorfologica relativo all’area di cantiere “San Giovanni Reatino”. In blu tratteggiato l’area di cantiere, in nero il tracciato di progetto.

Inoltre, dai sopralluoghi condotti e dall’esame delle foto aeree scattate durante il rilievo aerofotogrammetrico tramite mezzo SAPR, si confermano le condizioni di stabilità geomorfologica in accordo con la cartografia ufficiale.



Figura 58 – Immagine satellitare estratta da Google Earth nei pressi dell’attraversamento vallivo del tracciato di progetto del Fosso Ariana.

SALISANO (RI)

Come descritto in precedenza, nei pressi del territorio del Comune di Salisano sono presenti alcune aree identificate dal PAI come interessate da instabilità gravitativa di versante.

È stato dunque condotto un rilievo aerofotogrammetrico di dettaglio in corrispondenza dell'area a franosità diffusa localizzata dal PAI a SW dell'abitato di Salisano in Via Tancia, le cui risultanze, come evidenziato nella figura seguente, hanno consentito di escludere la presenza di forme e/o processi associabili ad alcun fenomeno gravitativo.

Come ricostruito e riportato nel modello 3D raffigurato in figura seguente, la posizione plano-altimetrica della galleria di progetto (la volta della galleria è ubicata a profondità comprese tra i 20 e 35 metri dal p.c.) è tale da escludere ogni interferenza con le eventuali fenomenologie segnalate nell'ambito del PAI.

Inoltre, come specificato in precedenza, il tracciato di progetto attraversa, ad una profondità compresa tra i 20 e 35 m dal p.c., un'area a franosità diffusa che interessa la porzione corticale vegetale presente al disopra dei conglomerati dell'Unità di Monteleone Sabino. Si precisa come in quest'ultimo tratto l'opera di progetto si inserisce unicamente all'interno del substrato calcareo sottostante, costituito dalla formazione della Maiolica.

Relativamente all'eventualità dell'innesco di fenomenologie sismo-indotte, è stato infine consultato il database del CEDIT (Catalogo italiano Effetti Deformativi del suolo Indotti da forti Terremoti). Tale database non evidenzia lungo il tracciato di progetto la presenza di alcun fenomeno di sismo-induzione di fenomeni franosi; l'unica segnalazione risulta di fatto essere quella relativa alla Deformazione Gravitativa Profonda di Versante presso le Sorgenti del Peschiera.

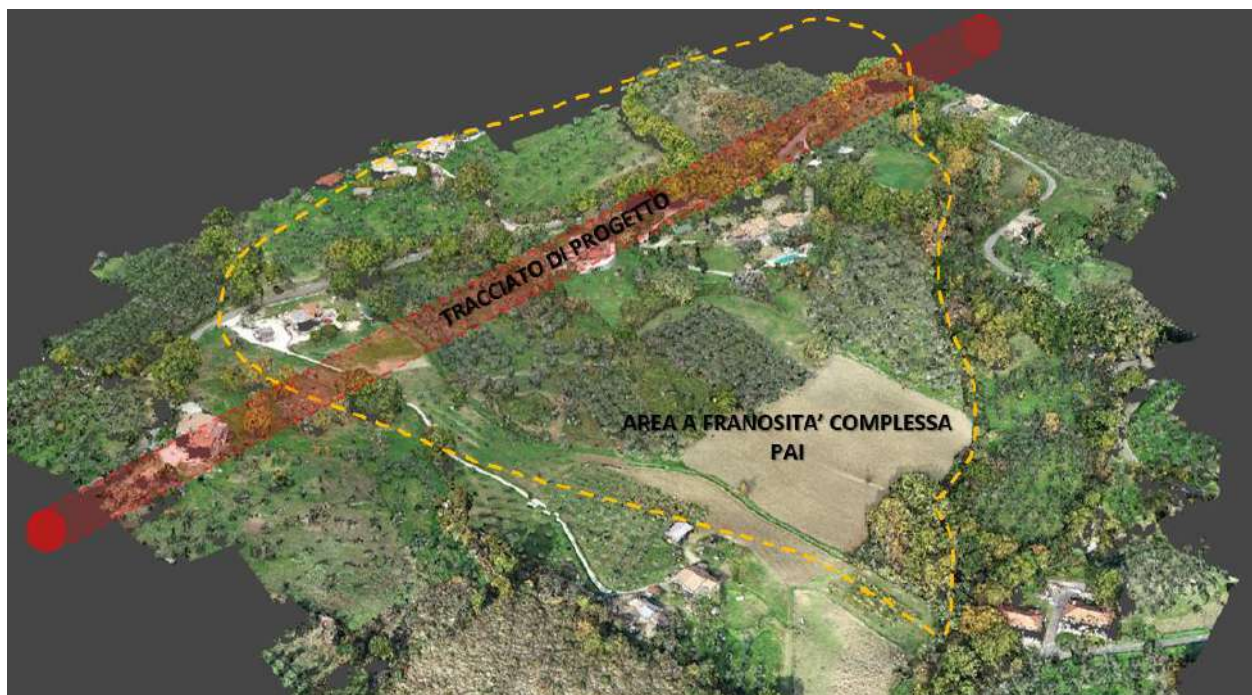


Figura 59 – Modello 3D costruito a seguito del rilievo aerofotogrammetrico da drone dell’attraversamento del tracciato di progetto in un’area caratterizzata da franosità complessa, come riportato dal PAI - Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana. Tale area è evidenziata in arancione, mentre l’area di previsto attraversamento del tracciato di progetto è evidenziata in rosso.

5.4 Fenomeni di subsidenza

Uno dei rischi affrontati nell’ambito di questo studio risulta essere connesso ai potenziali processi di subsidenza areale attesi, vista la particolare configurazione geologico-geomorfologica propria delle conche intramontane.

Come evidenziato dai risultati derivanti da analisi di interferometria SAR satellitare, condotte analizzando immagini ERS, ENVISAT e COSMO SKY-MED, in configurazione ascending e descending, sono stati registrati abbassamenti diffusi con valori massimi dell’ordine di circa 1 cm/anno. Tali zone risultano essere localizzate esclusivamente nella valle del torrente Canera e nel settore meridionale della Conca di Rieti (Figura 60). I processi di subsidenza rilevati in tali zone sono riconducibili alla particolare

conformazione geologica presente. Infatti, i processi di consolidamento delle coperture alluvionali deposte a partire dal Plio-Pleistocene, giustificano le significative entità di abbassamenti riscontrate.

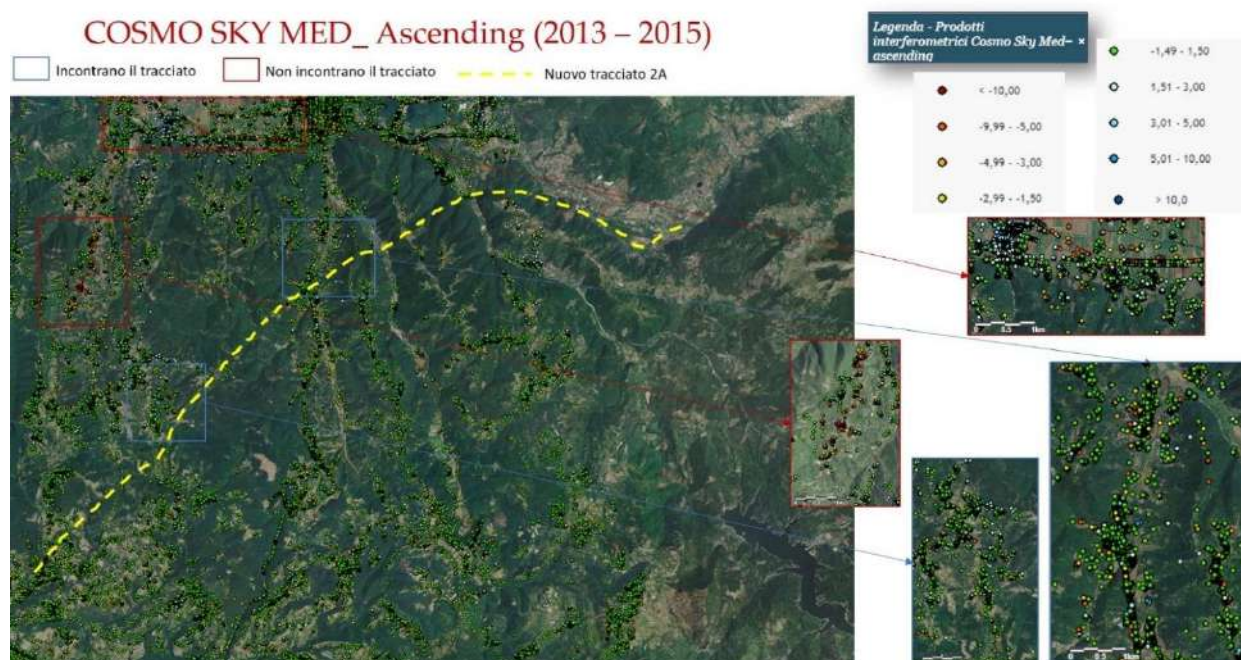


Figura 60 – Mappa relativa agli abbassamenti registrati durante le analisi di interferometria SAR satellitare nell’intervallo temporale 2013-2015.

5.4.1 Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.

Il percorso scelto per il tracciato di progetto è quello che minimizza sia il rischio subsidenza sia il rischio legato all’insorgenza di fenomeni di sinkhole.

Il tracciato di progetto nel tratto di interesse della Piana di San Vittorino, come riportato precedentemente al Capitolo 5.1, si pone in prossimità della base dei versanti, laddove lo spessore dei depositi alluvionali risulta minore. Questa condizione è tale da ridurre significativamente la potenzialità di insorgenza delle due fenomenologie, che sono di fatto legate allo spessore, alle caratteristiche granulometriche ed alle condizioni idrauliche che qualificano la sequenza alluvionale di questo settore.

Per ulteriori dettagli si rimanda all'analisi micro-gravimetrica riportata al Capitolo 5.1 "Problematiche geologiche della piana di San Vittorino".

5.5 Fenomeni di esondazione

Dalla consultazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Fasce fluviali e zone di rischio del reticolo principale, si evince come le uniche zone di esondazione che interessano le opere di progetto sono ubicate in corrispondenza della Piana di San Vittorino. Nel dettaglio, le opere di derivazione (NMD), i manufatti "M1", "M2", "M3", area di cantiere "M4" ed "M5" ricadono all'interno della Fascia A.

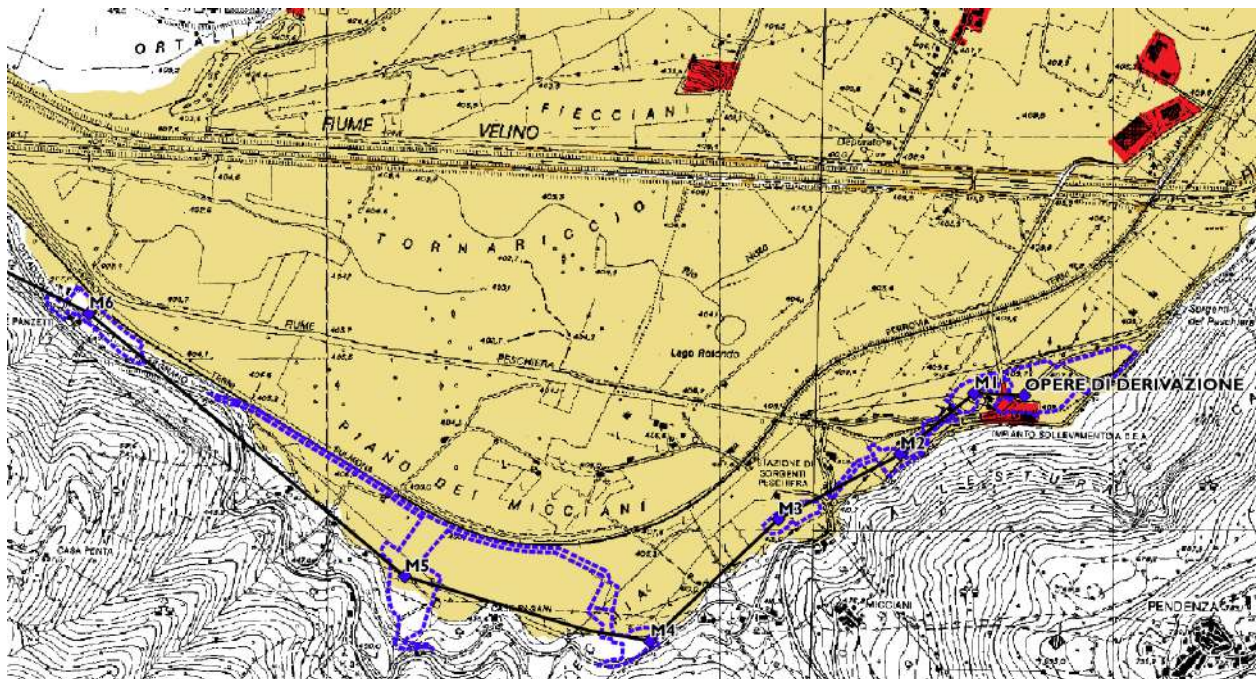


Figura 61 – Stralcio Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Fasce fluviali e zone di rischio del reticolo principale – Tavola 22. In nero il tracciato di progetto, in viola le aree di cantiere.

Gli interventi di Progetto non comportano incremento dell'attuale livello di pericolosità e rischio idraulico rispettando quanto previsto nell'Art. 28 Comma 2 lettera b) delle NTA del PAI, in quanto il volume di invaso che si è stimato essere sottratto da tali manufatti risulta pari a circa 3000 m³. Tale volume si deve considerare del tutto trascurabile se paragonato al volume dell'onda di piena sintetica 200-ennale pari a circa 10 milioni m³ nell'area di interesse; risulta infatti un'incidenza totalmente trascurabile.

Per un maggior dettaglio, si rimanda alla consultazione degli elaborati specifici "A194PD A019 - Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale - Mappa di rischio Piana di San Vittorino" e "A194PD A020 - Piano Stralcio di Assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Aree a rischio idraulico".

5.6 Rischi legati a presenza di risalita fluidi profondi e gas

Relativamente al fenomeno della risalita di fluidi profondi, menzionati nel paragrafo 6.1 e 7.4 della presente Relazione Geologica, si precisa che questi fanno riferimento al tracciato esistente e tali elementi non hanno pregiudicato la realizzazione delle gallerie. Oltretutto tale fenomeno è a carattere puramente locale e ad oggi nessun intervento di manutenzione sull'acquedotto esistente risulta riconducibile a problemi causati da tale fenomeno.

Inoltre, durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici (S0, S0(1), S0(2), S0(3), S0(4), Si(2) e Si(3), non sono state registrate risalite di fluidi profondi ricche in H₂S, CO, CO₂.

A tale scopo è stato condotto un approfondimento a carattere bibliografico, nel quale vengono ampiamente affrontati gli elementi e le cause correlate alla risalita dei fluidi profondi nella piana di San Vittorino. Gli studi localizzano e confinano tali fenomeni principalmente nel settore settentrionale e comunque non interferenti con il tracciato di progetto.

Per completezza, si riporta una sintesi di un estratto dalla bibliografia consultata:

"Tuttavia, le acque mineralizzate sono concentrate principalmente nell'estremo settore settentrionale della piana tra San Vittorino e Vasche, e lungo gli allineamenti Mozza-Cerquara e San Vittorino-Micciani (Ciotoli et alii, 2001; Centamore & Nisio, 2002, Tassi et al., 2012)".

Per quanto riguarda i tratti di progetto da realizzarsi in galleria, data la natura litologica dei terreni su cui sono impostate le gallerie (formazioni conglomeratiche per la Galleria Ponzano, Galleria Cognolo e Galleria Zoccani, e formazioni carbonatiche per la Galleria Montevecchio), la presenza di gas (metano "grisù") è da considerarsi assente e/o trascurabile, come confermato anche dalla documentazione storica relativa alle fasi di realizzazione dell'acquedotto esistente, che hanno interessato il medesimo contesto geologico-strutturale.

Tale assenza è confermata, inoltre, dalle risultanze stratigrafiche derivate dai sondaggi geognostici eseguiti lungo il tracciato di progetto (S1, S3(2), S9, S11(2), S12), che hanno raggiunto profondità massime di circa 250 m dal p.c. e non si è riscontrata la presenza di depositi torbosi, né argille organiche né sacche di gas.

6 Inquadramento idrogeologico regionale

Dal punto di vista idrogeologico le conoscenze edite sull'area provengono principalmente dagli studi confluiti nella Carta Idrogeologica della Regione Lazio alla scala 1:250.000 da Boni (1988) cui, dopo un trentennio, ha fatto seguito la Carta Idrogeologica della Regione Lazio alla scala 1.100.000 redatta da Capelli (2012). La prima qualificava l'areale in studio caratterizzata da direttrici di flusso sotterraneo circa appenniniche, convergenti sia verso i quadranti settentrionali, con recapiti identificati con la piana di Rieti e i fiumi Salto e Turano, oltre che, sulle sorgenti del Peschiera; un flusso antitetico si osservava invece nelle zone meridionali convergenti sulla sorgente Capore, attraverso uno spartiacque per separarne le alimentazioni dalle sorgenti lineari del Salto Turano e dalla Piana di Rieti. Tale spartiacque vedeva un alto piezometrico posto nelle zone occidentali presso la dorsale di "Monte San Giovanni" con "top freatico" posto a circa 450 m s.l.m. che andava a raccordarsi a quello presente con la sorgente di Laghetto presso Rocca Sinibalda, proprie della "Dorsale di Monte Sole", a quote superiori di 400 m s.l.m.

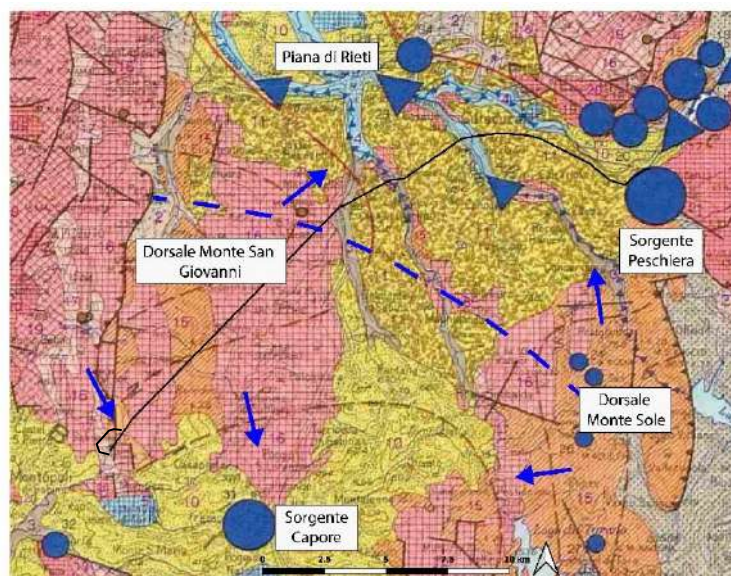


Figura 62 – Stralcio modificato della Carta Idrogeologica della Regione Lazio (Boni et alii, 1988). I differenti colori individuano i differenti complessi idrogeologici; la linea in blu in tratteggio individua lo spartiacque piezometrico e le frecce le direzioni di deflusso del campo piezometrico identificato dalle linee marroni in tratteggio.

La più recente cartografia idrogeologica a scala regionale (Carta delle Unità Idrogeologiche della Regione Lazio in scala 1:250.000 di Capelli et alii, 2012) evidenzia come l'area interessata dal tracciato di progetto interessi 3 unità idrogeologiche: l'Unità Idrogeologica dei Monti Sabini meridionali – Prenestini (C10), l'Unità Idrogeologica dei conglomerati Plio-Pleistocenici (T7) e l'Unità Idrogeologica dei Monti Sabini settentrionali (C6). Per quanto riguarda l'Unità C10, gli autori identificano un'unica vasta area posta tra il fiume Aniene ed il corso del fiume Velino, con incrementi in alveo nei fiumi Salto e Turano e la sorgente Capore e la sorgente Laghetto di Rocca Sinibalda come principali emergenze associate dell'area d'interesse. A tale unità idrogeologica viene riconosciuto un territorio di 706 kmq e un'infiltrazione efficace di circa 500 mm/a con una portata corrispondente a 11,19 m³/s.

All'Unità dei conglomerati Plio-Pleistocenici T7 non viene invece assegnato il valore dell'infiltrazione efficace.

Circa in corrispondenza dell'abitato di Salisano si assiste al passaggio tra l'Unità Idrogeologica C10 e l'Unità Idrogeologica C6. Quest'ultima, che a differenza dell'Unità C10 presenta una direzione di deflusso orientata verso N, risulta caratterizzata da una portata 4,55 m³/s dovuta ad un territorio di estensione pari a 168 kmq associato ad un'infiltrazione efficace di circa 650 mm/a.

Le portate medie annue presenti nella nuova cartografia, per l'ambito di interesse, sono evidenziate in Tabella 1:

Tabella 1 – Principali sorgenti dell'area di studio.

id	Nome	Quota s.l.m.	Portata media annua l/sec
1	Peschiera	410	18000
7	Capore	246	4510
73	Sorgente lineare Turano	420-405	400
152	Sorgente lineare Salto	440-415	150

223	Laghetto	420	85
26	Sorgente lineare Velino	400-396	1200

A differenza della precedente, quest'ultimo elaborato non riporta le quote piezometriche che rimangono confinate ai soli acquiferi alluvionali rappresentati negli elaborati alla scala 1: 100.000. La sostanziale differenza invece risiede nella totale attribuzione, nella nuova cartografia, della dorsale di Monte San Giovanni come area di ricarica della sorgente Capore unita alla minore lunghezza dei tratti drenanti della falda idrica regionale dei fiumi Salto e Turano; rimane indeterminato il ruolo della dorsale di Monte Sole rispetto allo spartiacque riconosciuto nella cartografia precedente se concorra o meno al flusso diretto verso la sorgente Capore.

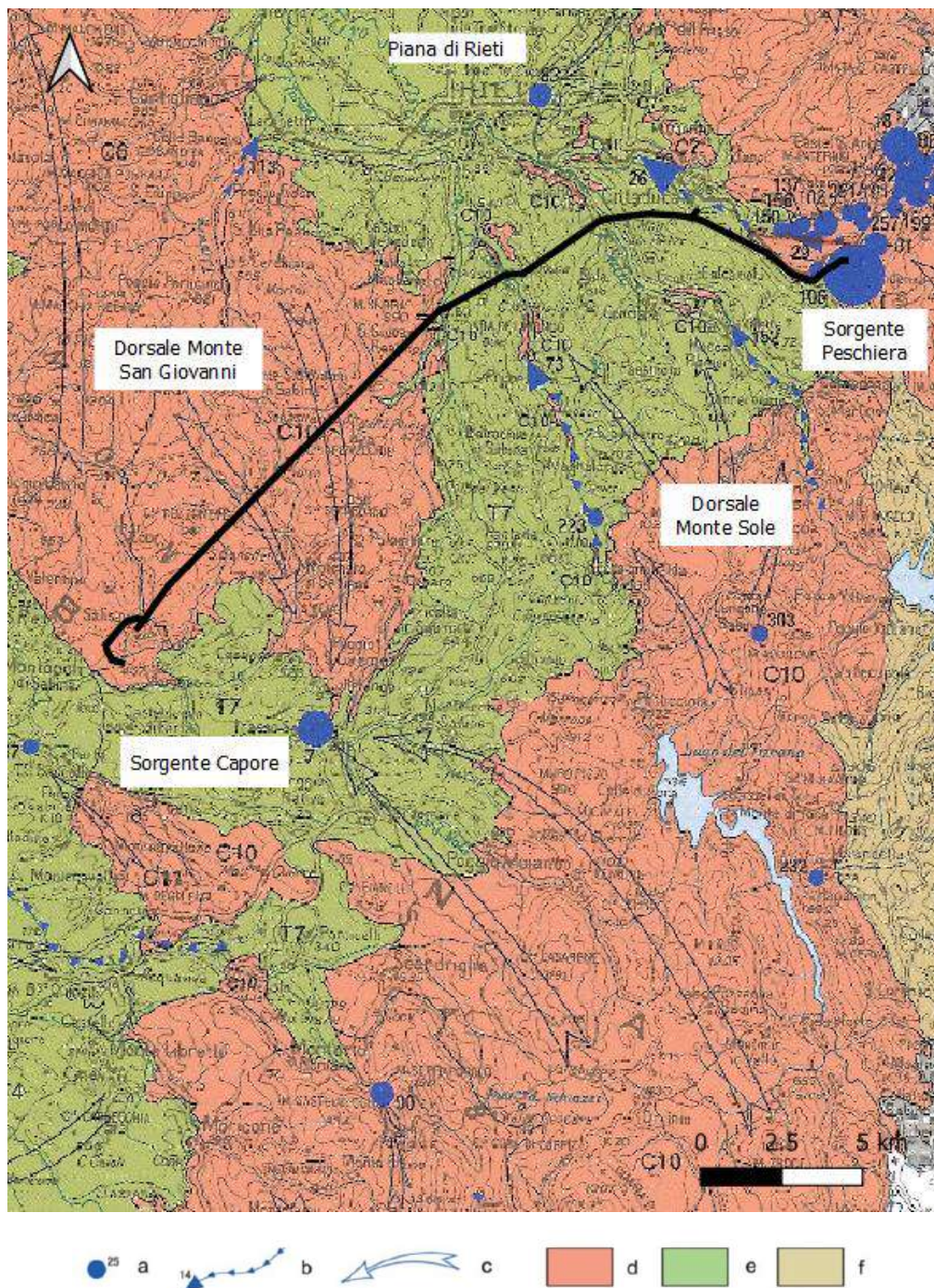


Figura 63 – Carta delle Unità Idrogeologiche della Regione Lazio in scala 1:250.000 (Capelli et alii, 2012). Con il “C10” viene distinta l’unità dei Monti Sabini Meridionali-Prenestini. Legenda: a) Sorgenti principali e numero d’ordine; b) sorgenti lineari e numero d’ordine; c) direzione e verso del flusso idrico sotterraneo; d) Unità idrogeologica dei Monti Sabini meridionali; e) unità idrogeologica dei conglomerati Plio-Pleistocenici; f) Unità idrogeologica della Valle del Salto.

6.1 Studi pregressi

Alla sintesi operata nelle due cartografie sopra riportate sono stati considerati gli studi inediti e studi specifici realizzati subito prima e successivamente la pubblicazione della Carta Idrogeologica della Regione Lazio del 2012 utili a fornire un contributo fattivo nel delineare il modello idrogeologico concettuale. Tali studi vengono di seguito riportati:

1. Informazioni derivanti dagli scavi storici del tronco superiore del Peschiera (ACEA 1937-39);
2. Informazioni derivanti dagli scavi dell'acquedotto Capore-Salisano e dalle perforazioni profonde effettuate nella realizzazione della captazione Capore (ACEA 1969-1977);
3. Informazioni sulla realizzazione della galleria ANAS di Colle Giardino (ANAS 1992);
4. Attività idrogeologiche effettuate nell'ambito dello studio di fattibilità per la realizzazione di un nuovo acquedotto del Peschiera (ACEA 2001);
5. Studi sulla realizzazione del campo pozzi di San Giovanni Reatino (Aps 2003);
6. F. Mellini e M. Petitta, Indagini idrogeologiche per la valutazione della risorsa idrica nella media valle del fiume Turano (Italia centrale), *Italian Journal of Engineering Geology*, 2 (2013).
7. Misure di portata sul torrente Farfa relative alla crisi idrica della sorgente Capore (ACEA 2017).

6.1.1 Tronco superiore del Peschiera esistente

Le informazioni ricavate dallo scavo del tronco superiore dell'acquedotto del Peschiera dalle sorgenti al "Pozzo piezometrico" di Salisano sono state riassunte in cinque tavole storiche, distinte per tratte (Sorgenti -Salto, Salto-Turano, Turano-Ponte delle Ruote, Ponte delle Ruote-Tancia, Tancia- Pozzo Piezometrico) che riportavano le caratteristiche geologiche, costruttive e lo stato di conservazione delle opere al giugno del 1947. Tra le informazioni riportate vi è l'indicazione delle venute d'acqua

e il relativo dimensionamento delle opere di smaltimento e gli allagamenti in galleria; tali elementi hanno concorso a fornire elementi idrogeologici diretti significativi alla comprensione del comportamento dei complessi idrogeologici che nella definizione del campo piezometrico.

Tratta Sorgenti-Salto: la tratta considerata va dalle sorgenti, con una quota del fondo scavo di 409,88 m s.l.m. in prossimità del vertice I bis, fino ad arrivare a 407,5 m s.l.m. del vertice VII presso il fiume Salto; in prossimità del primo tratto, scavato nei calcari dell'idrostruttura del Peschiera, si riscontra la presenza di acqua, le cui rigole di drenaggio recapitavano il contributo all'interno delle gallerie drenanti e probabilmente nella finestra di scarico n°6; successivamente, in corrispondenza della piana di Micciani, nei depositi conglomeratici si riscontra la presenza di una rigola di drenaggio con un diametro di 30 cm che scarica i contributi delle venute d'acqua sino al vertice V direttamente nel sottosuolo; un'evidenza importante sta 100 m prima di arrivare al vertice IV in cui si registra la presenza di una sorgiva solfurea testimone di fluidi profondi in risalita. Un'ulteriore sorgiva si registra quando si attraversa la dorsale di Carcariola, in corrispondenza dell'attraversamento del substrato calcareo marnoso posto in anticlinale, la cui entità è scaricata con una rigola del diametro simile a quella precedente anch'essa direttamente nel sottosuolo, in prossimità del vertice VI in un tratto in cui, logicamente, non era stato riscontrato alcun segno di falda idrica. Altre evidenze degne di nota si evidenziano negli sfornellamenti del cavo della galleria in corrispondenza dell'attraversamento dei depositi della piana di S. Vittorino, entrambi prima del vertice IV, e delle fratture associate a crolli in corrispondenza del substrato carbonatico al di sotto della dorsale di Carcariola; una caverna è stata invece registrata nei depositi conglomeratici cementati dell'unità UGR prima dello sbocco della galleria a Grotti.

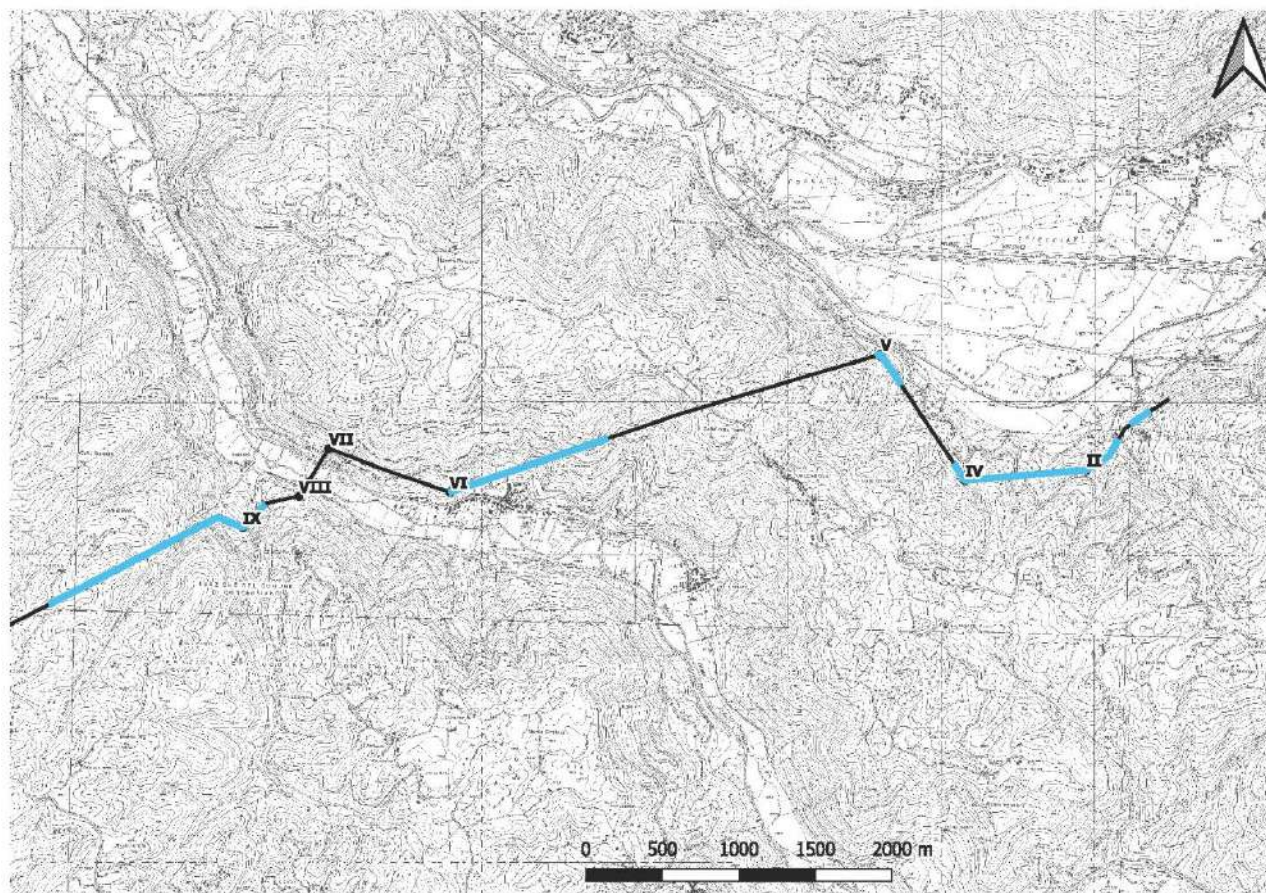


Figura 64 – Evidenze "idrogeologiche" relative alla posa delle rigole relative alle tavole storiche dello scavo dell'acquedotto del Peschiera sulla I tratta Sorgenti-Salto.

Tratta Salto-Turano: la tratta copre le quote che vanno da 407,38 m s.l.m. del vertice VIII a 405,3 m s.l.m. circa del vertice X. Le evidenze idrogeologiche registrate sono relegate ad infiltrazioni e stillicidi per un tratto di circa 1500 a cavallo del vertice IX, culminati con una piccola sorgente posta a 470 m circa dallo stesso in direzione Salisano; le acque sono state smaltite attraverso una rigola di diametro di 30 cm e scaricate sul vertice IX. Un secondo tratto in cui si sono osservate infiltrazioni d'acqua si colloca a circa 320 m dal vertice X il cui contributo è scaricato sullo stesso vertice con una rigola dello stesso diametro di quella precedente. Le osservazioni associate alle caratteristiche della zona vadosa/acquifera sono relegate al primo tratto menzionato in cui si riscontrano una pluralità di situazioni che vanno dallo

sforzellamento su litologie poco competenti, caverne e fratture che denotano un comportamento sia poroso che discreto del mezzo attraversato.

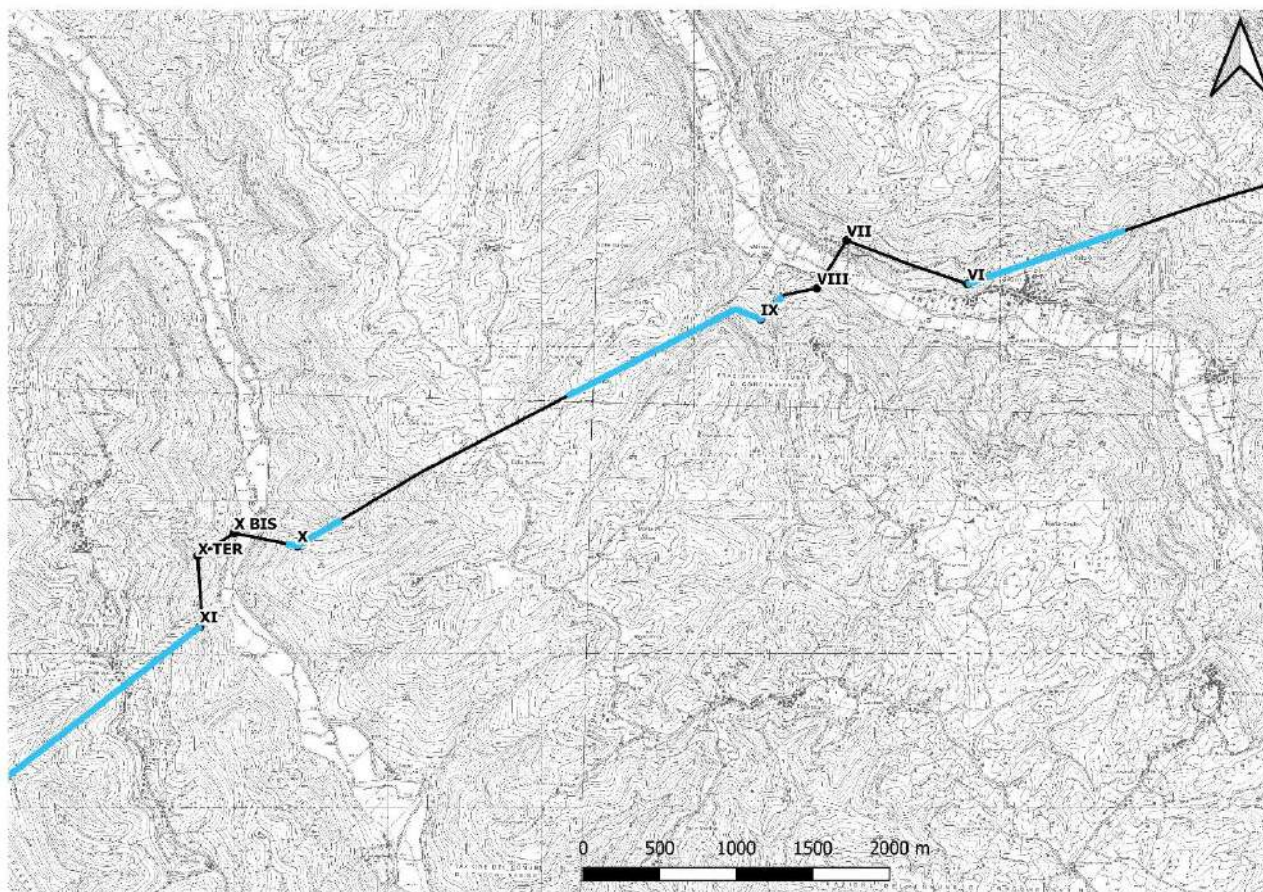


Figura 65 – Evidenze "idrogeologiche" relative alla posa delle rigole relative alle tavole storiche dello scavo dell'acquedotto del Peschiera sulla II tratta Salto-Turano.

Tratta Turano-Ponte delle Ruote: l'intervallo considerato dello scavo dell'acquedotto va dalla quota di 405,38 m s.l.m. del ponte canale sul fiume Turano a 402,74 di Ponte delle Ruote. In questa tratta si osservano le venute più cospicue di tutto il tracciato tali da essere smaltite attraverso una iniziale rigola che andava da un diametro di 30 a 50 cm, per poi lasciare spazio, a circa metà del tratto interessato dalle venute, ad un diametro di 70 cm.

Il primo tratto di rigola limitrofo al Turano sino all'abitato di Seconde Ville vedeva le acque scaricate nel sottosuolo presso il vertice XI mentre i contributi successivi venivano scaricati in una caverna nel sottosuolo presso il vertice XII. Il tratto più critico nell'interazione con la falda idrica è risultato essere quello in corrispondenza tra la valle Ariana, fosso della Pila dove si sono registrati il maggior numero di allagamenti sulla progressiva che hanno comportato l'uso di tubi di rigola dal diametro maggiore. Anche in questa tratta si rilevano caratteristiche della zona satura che vanno dal fratturato al poroso poiché si osservano sia fratture che caverne in materiali porosi quali i conglomerati sia sfornellamenti nei conglomerati ma anche nei calcari marnosi in corrispondenza di venute d'acqua concentrate proprio come al di sotto dell'abitato di Seconde Ville. Le evidenze della zona satura spariscono totalmente subito a valle di Ponte delle Ruote, in direzione Salisano, in corrispondenza della presenza di fratture che presumibilmente caratterizzano una zona di faglia mediante la quale si passa alla porzione insatura in maiolica della dorsale di Monte S. Giovanni.

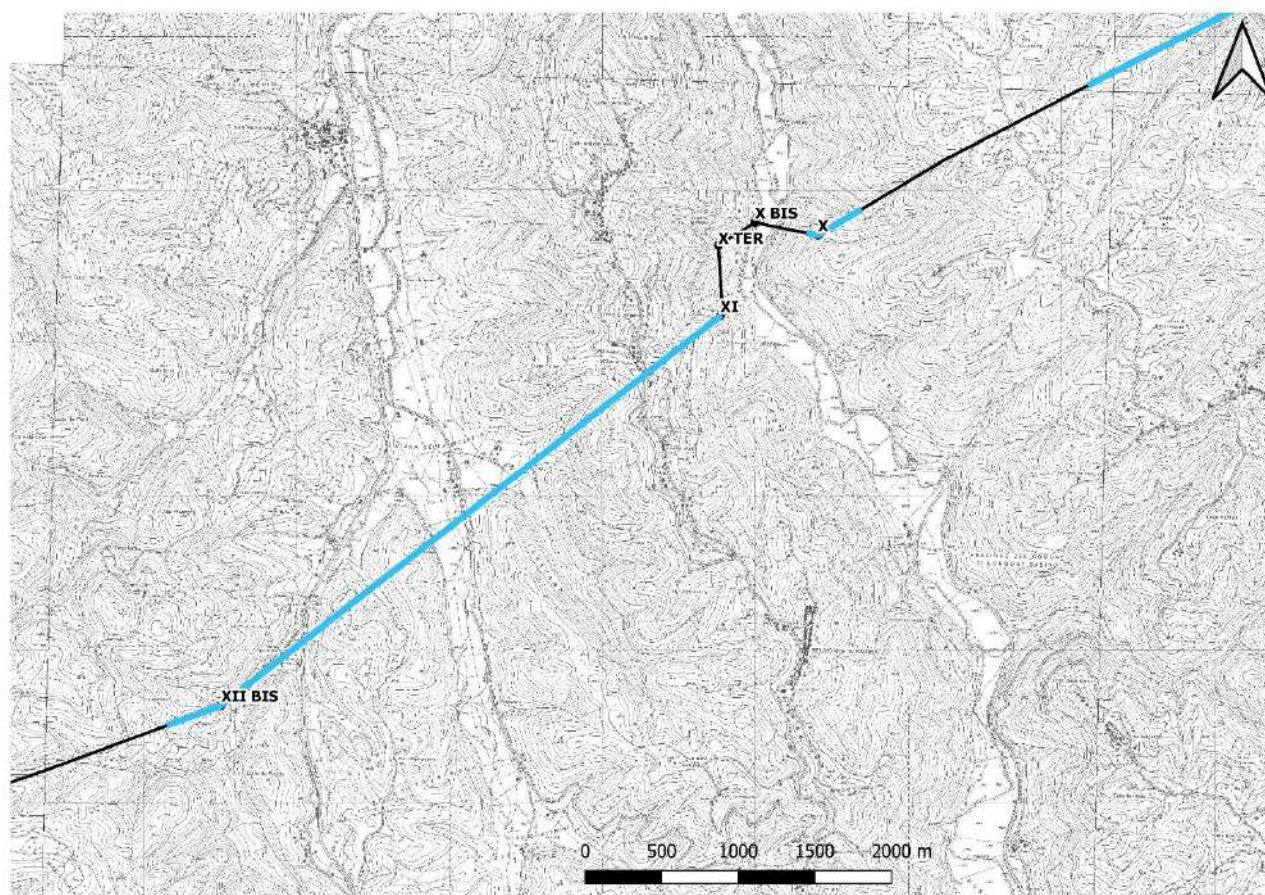


Figura 66 – Evidenze "idrogeologiche" relative alla posa delle rigole relative alle tavole storiche dello scavo dell'acquedotto del Peschiera sulla II tratta Turano-Ponte delle Ruote.

Tratta Ponte delle Ruote-Tancia: la IV tratta interessa quote che vanno da 402,74 m s.l.m. a 401,23 m s.l.m. andando dal vertice XII sino al ponte canale sul fosso Tancia. Le uniche evidenze idrogeologiche sono caratterizzate dalla presenza di abbondanti venute che causavano allagamenti su una tratta di circa 2200 m, smaltiti con una rigola del diametro di 60 cm, che va dalle pendici occidentali del Monte Macchia Piana sino al fosso Longarezze, che interseca l'acquedotto prima del fosso Tancia. L'acqua intercettata veniva scaricata in corrispondenza del vertice XV e XVbis.

Tratta Tancia-Pozzo Piezometrico: la tratta va dalla quota 401,23 m s.l.m. del vertice XVI a 390,33 m s.l.m. del Pozzo Piezometrico. In questo intervallo di scavo si hanno stillicidi e venute sorgive su quasi tutto il tratto analizzato che vengono smaltite con

rigole del diametro che va ai 30 ai 12 cm. Elementi notevoli degni di nota sono rappresentati dagli allagamenti che sono avvenuti a circa 1200 m dal vertice XVI. Allagamenti sono stati registrati anche sul vertice XVIII, precedute da venute sorgive, e nei pressi del vertice XXI.

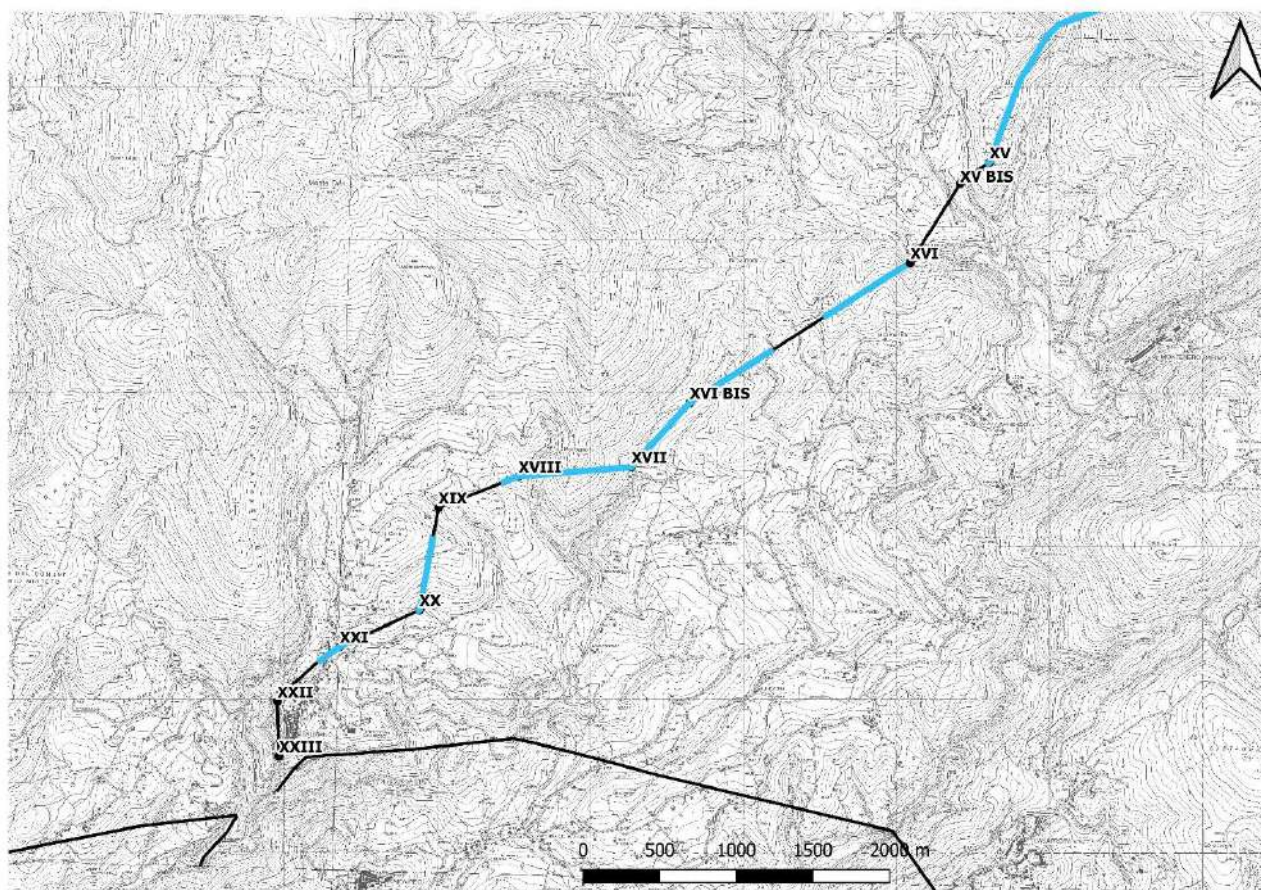


Figura 67 – Evidenze "idrogeologiche" relative alla posa delle rigole relative alle tavole storiche dello scavo dell'acquedotto del Peschiera sulla II tratta Tancia-Pozzo Piezometrico.

6.1.2 Captazione-Acquedotto delle Capore

Le informazioni relative allo scavo dell'acquedotto delle Capore, che parte dall'omonima sorgente a quote di circa 250 m s.l.m. arrivando a quote simili in corrispondenza di Salisano, mostra risultati sulle venute d'acqua riscontrate che

vengono visualizzate nella figura di seguito riportata. Le venute sono concentrate in corrispondenza della scaglia calcareo marnosa essendo assente all'interno delle litologie conglomeratiche e in quelle schiettamente calcaree a tergo del sovrascorrimento di Salisano.

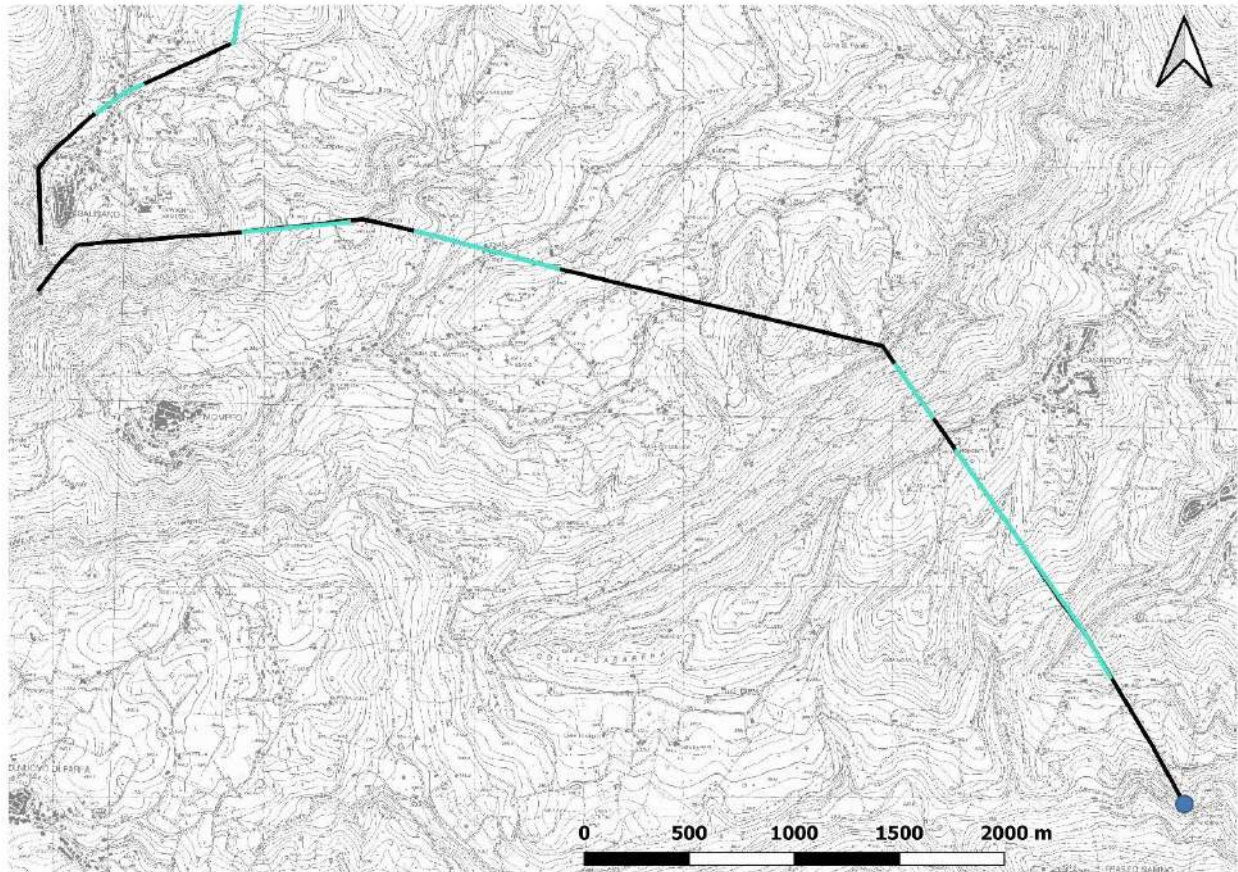


Figura 68 – Andamento in planimetria dell’acquedotto Capore-Salisano realizzato a quota di circa 250 m s.l.m. In azzurro si riportano le venute registrate durante le fasi di scavo, così come presentato nella sezione seguente.

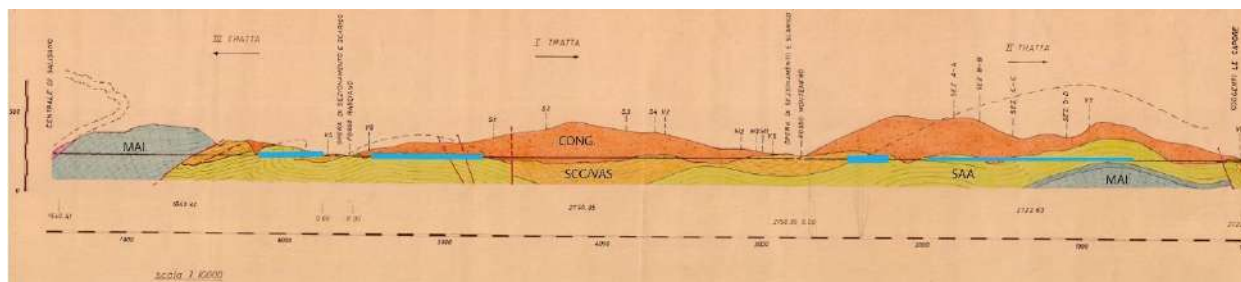


Figura 69 – Sezione geologica interpretativa relativa allo scavo con segnalazione con linee blu delle venute segnalate durante lo scavo. MAI= Maiolica, SAA = Scaglia Rossa, SCC/VAS = Marne calcaree/Scaglia calcarea, CONG = conglomerati.

Le perforazioni profonde condotte da ACEA per la costruzione della captazione realizzata nelle zone limitrofe la sorgente e anche più a nord presso fosso di Montenero (Figura 70), segnalano come lo spessore complessivo della “Scaglia” rilevato, hanno mostrato valori di circa 500 metri (NC1) per il primo e 900 m il secondo (NC3), evidenziando una situazione tettonica complessa che genera estese ripetizioni di serie. In particolare, le perforazioni effettuate in sorgente (NC1-NC3) hanno rilevato sia discontinuità riconducibili a dislocazioni distensive, sia sovrapposizioni a basso angolo. Nel pozzo di Montenero (NC2) viene rilevata una doppia ripetizione stratigrafica della porzione medio-superiore della Scaglia, con due “fronti sepolti” costituiti ciascuno da circa 150-200 metri di serie. La formazione delle Marne a Fucoidi incontrata presenta spessori circa doppi (160 m) e tripli (240 m) rispetto a quelli affioranti ed editi in letteratura, ad evidenziare il ruolo plastico svolto nelle complesse deformazioni tettoniche dell’area. In profondità nei pozzi NC2 ed NC3 sono stati rinvenuti calcari prima stratificati e poi massivi, quindi dolomitizzati con dolomie basali che uno studio micropaleontologico ha attribuito alla formazione della maiolica (NC2). La maiolica infatti è stata riconosciuta attraverso l’identificazione di livelli meno dolomitizzati di Calpionelle. Su alcuni orizzonti non completamente dolomitizzati sono state osservate tracce di granuli organici (resti probabili di echinodermi e gasteropodi) ed inorganici (oidi, peloidi) tipici di depositi di piattaforma carbonatica.

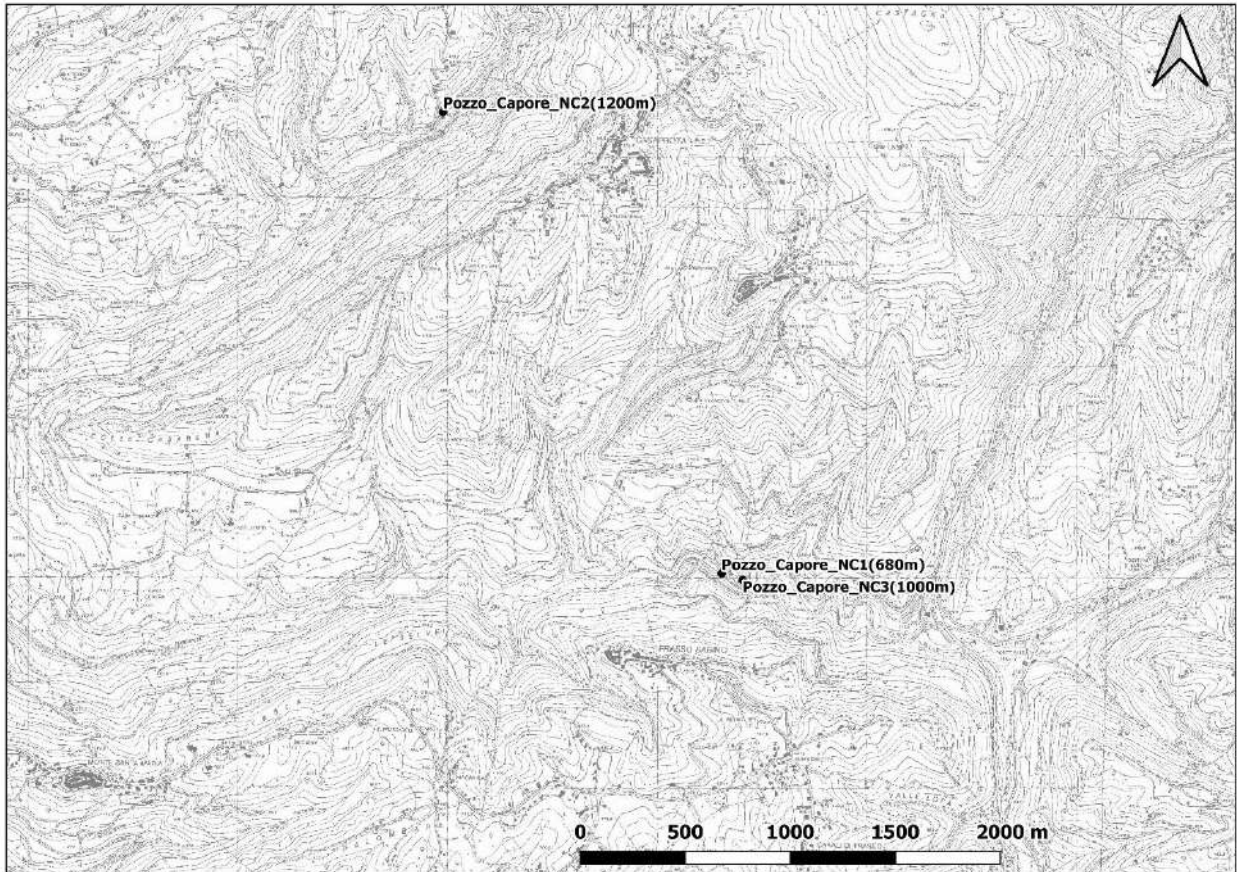


Figura 70 – Ubicazione planimetrica dei sondaggi NC1, NC2 e NC3 con relativa indicazione delle rispettive profondità.

6.1.3 Galleria ANAS di Colle Giardino

Il dato drenato dalle conoscenze acquisite dallo scavo della galleria di Colle Giardino sulla SS4 Salaria che possiede delle quote di scorrimento che si aggirano tra i 390 m s.l.m. dell'imbocco Rieti a 405 m s.l.m. dell'imbocco di s. Giovanni Reatino non evidenzia venute d'acqua consistenti sia in corrispondenza dello scavo dei conglomerati che in quello della maiolica rinvenuta nelle zone più prossime alla piana. Dalla progressiva 1800 alla 3200 circa si registrano delle venute in galleria unicamente nei conglomerati villafranchiani con venute con valori massimi che oscillavano, dai rilievi sul tunnel pilota, su valori di 2-50 l/s.

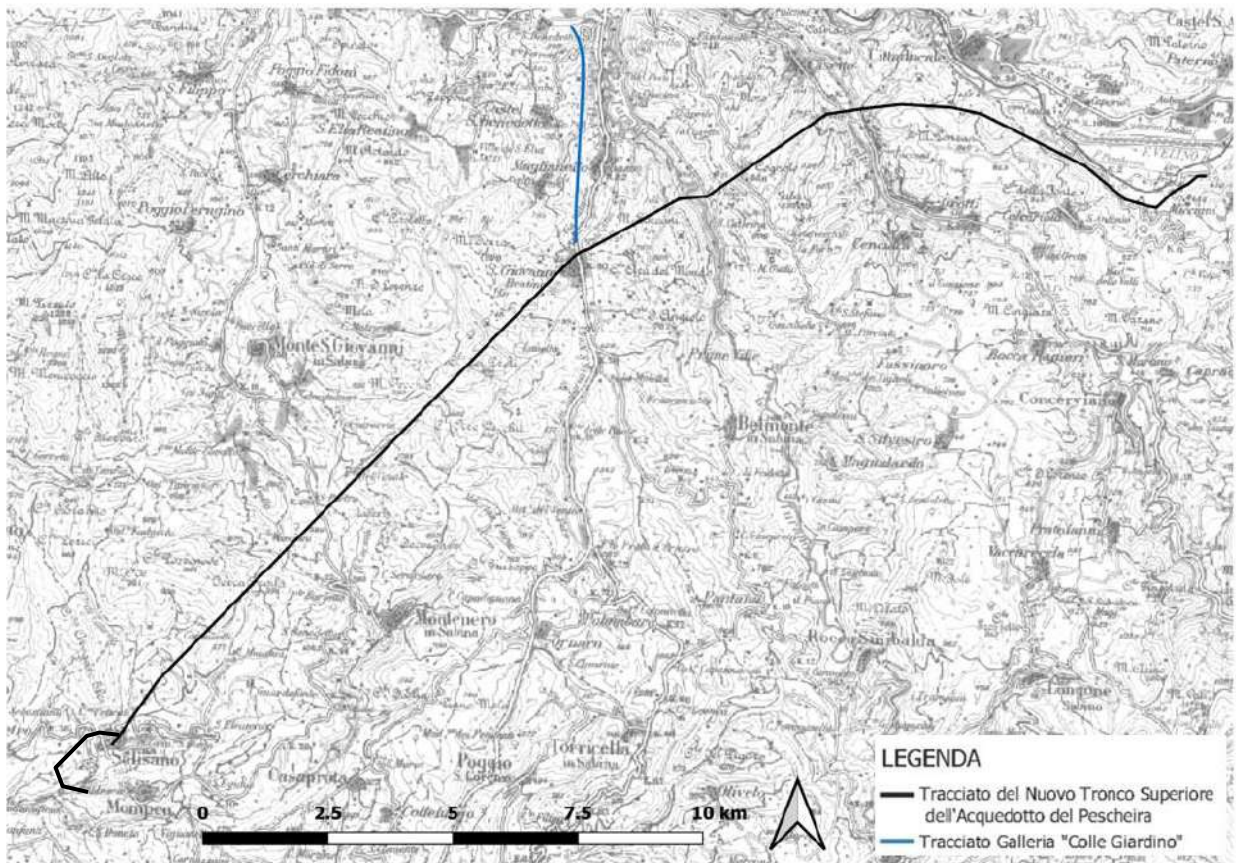


Figura 71 – Posizione planimetrica della galleria ANAS di Colle Giardino rispetto all'asse della galleria di progetto.

Le conclusioni che si possono derivare da queste informazioni dirette relative alla piezometrica della scaglia e maiolica in questo settore d'acquifero restituiscono quote piezometriche sicuramente inferiori alla 400 m s.l.m. mentre, per quanto riguarda i conglomerati si conferma la presenza di circolazioni sospese effimere con regimi intimamente connessi alle precipitazioni zenitali.

6.1.4 Progetto Peschiera 2001

Nell'ambito delle attività di progettazione del nuovo acquedotto del Peschiera relativo al 2001, sono stati realizzati tre piezometri rispettivamente nella valle Ariana nelle adiacenze della via Salaria, nella valle del Turano e in quella del Salto in asse al tracciato del vecchio acquedotto unita alle misure di portata in alveo dei fiumi Salto e Turano. Tutti i piezometri sono stati spinti sino al raggiungimento del substrato calcareo marnoso associato presumibilmente alla scaglia. Le profondità conseguite corrispondono a 80 m per quello di Ponte delle Ruote e 20 m per quelli di Salto e Turano. La posizione e le misurazioni effettuate nell'arco dello studio sono riportate nella figura seguente. È da rimarcare il fatto che le misure complessive effettuate in questo studio sono avvenute in un anno idrologico estremamente siccitoso.

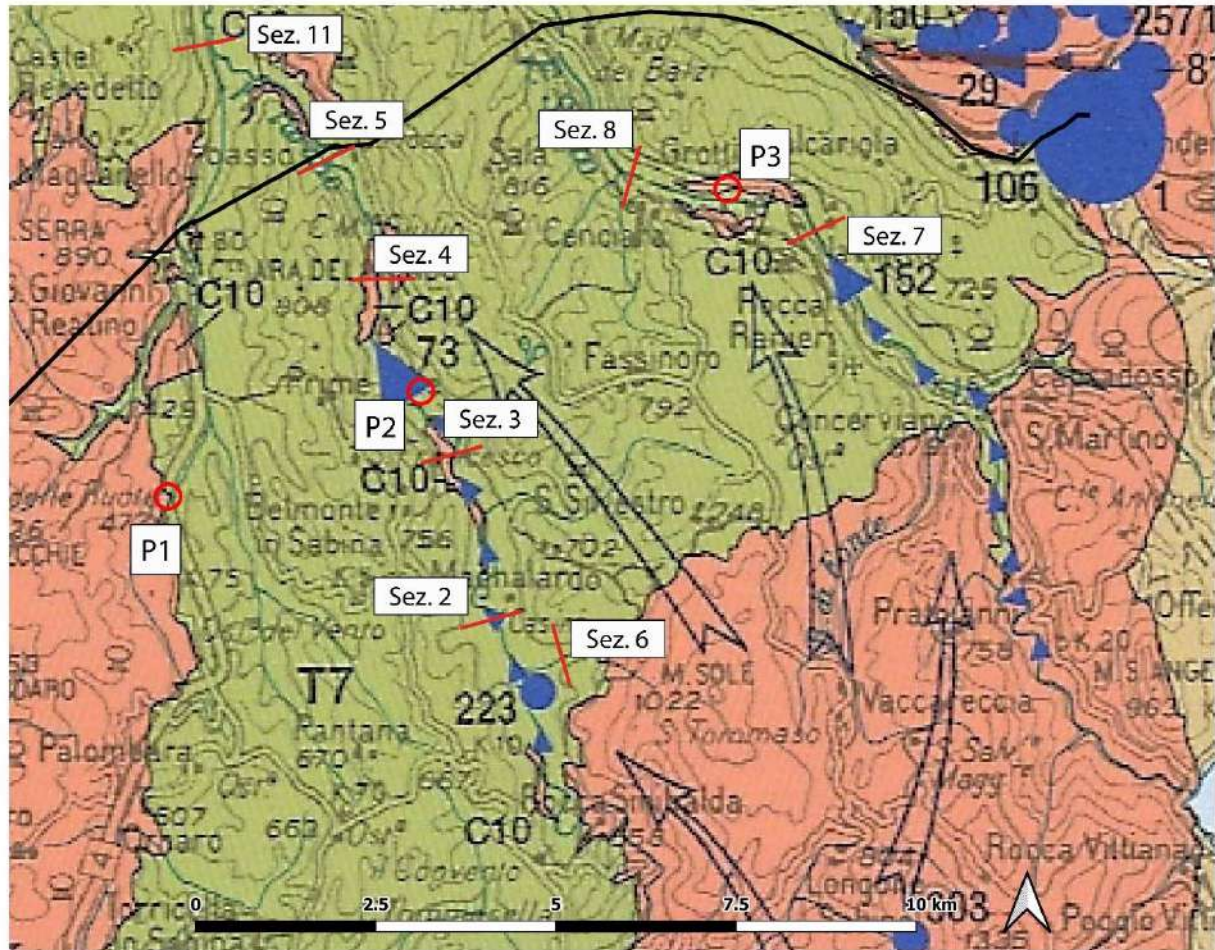


Figura 72 – Posizione dei piezometri realizzati per lo studio di fattibilità del 2001. La sigla P1-Salaria; P2-Turano; P3-Salto. Le sezioni di misura delle portate in alveo sono riportate con un numero progressivo e una linea rossa.

Tabella 2 - Oscillazioni piezometriche misurate nei piezometri realizzati per lo studio di fattibilità del 2001.

Durante la perforazione

n°	Piezometro	Località	p.c. (m slm)	sogg. (m)	liv. freat. (m slm)
1	Fiume Salto	Grotti	410	14,5	395,5
2	Fiume Turano	Casa Pescara	405	6,8	398,2
3	Salaria	Ponte delle ruote	466	60,0	406,0

29/07/2002

n°	Piezometro	Località	p.c. (m slm)	sogg. (m)	liv. freat. (m slm)
1	Fiume Salto	Grotti	410	11,10	398,9
2	Fiume Turano	Casa Pescara	405	5,98	399,0
3	Salaria	Ponte delle ruote	466	59,27	406,7

30/07/2002

n°	Piezometro	Località	p.c. (m slm)	sogg. (m)	liv. freat. (m slm)
1	Fiume Salto	Grotti	410	11,11	398,9
2	Fiume Turano	Casa Pescara	405	5,88	399,1
3	Salaria	Ponte delle ruote	466	59,29	406,7

14/08/2002

n°	Piezometro	Località	p.c. (m slm)	sogg. (m)	liv. freat. (m slm)
1	Fiume Salto	Grotti	410	11,16	398,8
2	Fiume Turano	Casa Pescara	405	5,44	399,6
3	Salaria	Ponte delle ruote	466	59,70	406,3

21/08/2002

n°	Piezometro	Località	p.c. (m slm)	sogg. (m)	liv. freat. (m slm)
1	Fiume Salto	Grotti	410	11,18	398,8
2	Fiume Turano	Casa Pescara	405	5,49	399,5
3	Salaria	Ponte delle ruote	466	59,86	406,1

31/08/2002

n°	Piezometro	Località	p.c. (m slm)	sogg. (m)	liv. freat. (m slm)
1	Fiume Salto	Grotti	410	11,11	398,9
2	Fiume Turano	Casa Pescara	405	5,37	399,6
3	Salaria	Ponte delle ruote	466	59,43	406,6

p.c.: piano campagna
sogg.: soggiacenza
liv. freat.: livello freatico

Nel successivo studio di Petitta su queste aree si possono osservare invece le oscillazioni durante l'anno idrologico.

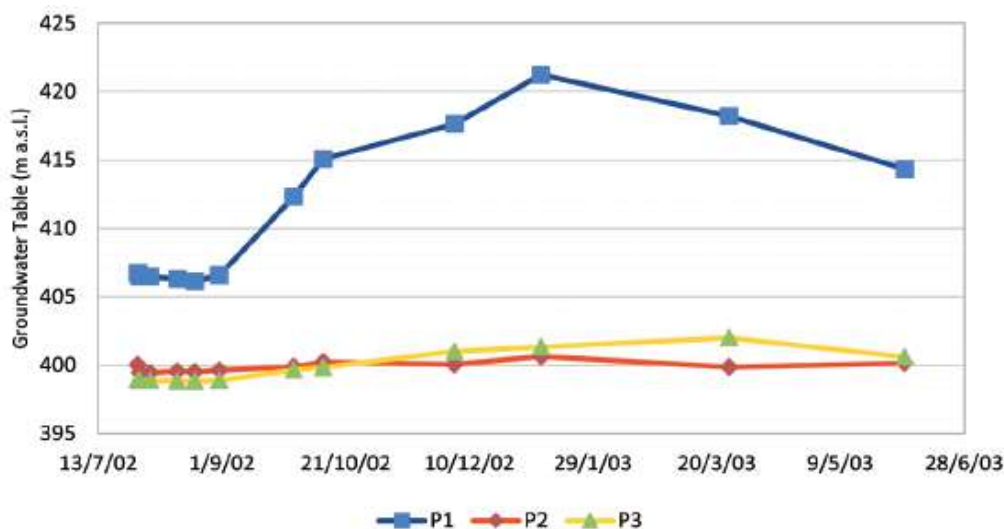


Figura 73 – Oscillazioni piezometriche durante l’anno idrologico dei piezometri considerati (Petitta et alii, 2013).

Appare evidente come i carichi idraulici del piezometro del Turano siano quasi sempre i più bassi registrati. Dal punto di vista delle oscillazioni piezometriche nel tempo, si osserva come il piezometro posto in località Ponte delle Ruote (Valle Ariana), la cui base è posta a 386 m s.l.m., posseda comportamenti difforni da quello del Salto e Turano con escursioni di livello che ammontano a valori superiori ai 10 m tra morbida e magra rappresentando in tal modo degli elementi indiziari di un acquifero caratterizzato da porosità bassissime che risponde immediatamente alla ricarica zenitale.

Le misure di portata in alveo, poste sui tratti dei corsi d’acqua che drenano la falda idrica regionale interessanti il tracciato dell’acquedotto, possiedono valori, registrati su un’unica campagna, che vengono riportati in Tabella 3.

Tabella 3 – misure di portata effettuate nello studio.

Sezione	Nome	Località	Quota (m slm)	Portata (l/s)
Sez. 1	Turano 1	Il Laghetto	416	0
Sez. 2	Turano 2	Casini km 12 Roscie	411	223
Sez. 3	Turano 3	Il Torone	406	206
Sez. 4	Turano 4	Cartigliano	401	222
Sez. 5	Turano 5	Casa Fiocca	398	185
Sez. 6	Emissario il lago	Il laghetto di pesca sport.	412	54
Sez. 7	Salto 1	Ponte Coccia	408	364
Sez. 8	Salto 2	Acquedotto	403	331
Sez. 9	Torrente Canera 1	Bivio Coi Santi	560	3
Sez. 10	Torrente Canera 2	Bivio Val Canera	393	87
Sez. 11	Fosso Ariana	Casa Fagiolo	387	0

Dalle misure effettuate nello studio risulta come gli incrementi di portata si registrano esclusivamente nel tratto compreso tra la sezione 1 e la 2, dovuti principalmente al drenaggio delle falde contenute nei massicci carbonatici e in parte al contributo della sorgente presso il laghetto della pesca sportiva. Questo ultimo contributo è stato quantificato a mezzo di un'apposita misura di portata (Sezione 6 – Emissario il lago) in 54 l/s. Di conseguenza l'incremento registrato in alveo tra la Sezione 1 e la Sezione 2 è pari a circa 150-180 l/s. Incrementi di portata in alveo lungo questo tratto del Fiume Turano erano segnalati anche in precedenti misure relativi a studi condotti nel 1995, anche se mostravano portate di entità decisamente superiore. Infatti confrontando i risultati della presente campagna con quelli dei precedenti dati rilevati nella cartografia del 1995 si registra una riduzione del tratto drenante coerentemente con l'anno idrologico siccitoso, infatti nel 1995 si erano osservati incrementi di portata in alveo compresi tra le località de Il Laghetto ed Il Torone, mentre la campagna realizzata nello studio del 2001 ha messo in luce come detti incrementi siano limitati al tratto compreso tra le località de Il Laghetto e di Casini – Roscie. Per quanto riguarda le misure effettuate sul fiume Salto i risultati ottenuti (rispettivamente 364 e 331 l/s per le Sezioni 7 e 8) evidenziano al contrario un lieve decremento della portata. Si può di conseguenza affermare che la portata nel tratto in esame si mantiene approssimativamente costante nell'anno idrologico considerato.

6.1.5 Campo pozzi S. Giovanni Reatino

Il campo pozzi di S. Giovanni Reatino è costituito da due pozzi scavati a cavallo di un importante lineamento tettonico. Il pozzo più vecchio è quello meno profondo sviluppato quasi interamente in scaglia con profondità di 100 m circa attestandosi a quote di 365 m s.l.m. circa; il secondo pozzo più profondo, sviluppato interamente in maiolica, è profondo più di 200 m raggiungendo un fondo foro di 265 m s.l.m.; tale captazione si colloca nelle zone sud occidentali rispetto alla faglia trascorrente rilevata nella cartografia ufficiale.

I livelli statici misurati nelle due captazioni, all'atto della realizzazione, differiscono sensibilmente. Infatti, le quote misurate nel pozzo in scaglia sono risultate essere di 435 m s.l.m. mentre quelle su quello più sud occidentale in maiolica presentavano quote di 305 m s.l.m. presentando un dislivello tra i due livelli di saturazione superiore ai 100 m.

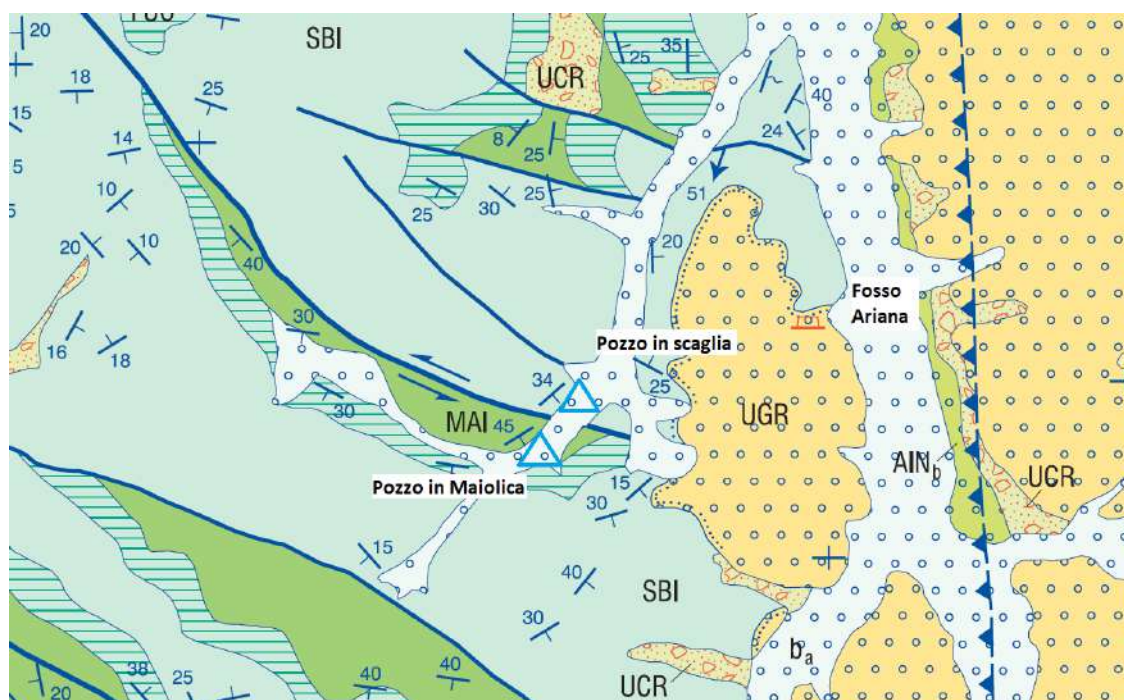


Figura 74 – Stralcio modificato della carta geologica in scala 1:50.000 del foglio n°357 Cittaducale in cui si riporta la posizione dei due pozzi di APS.

RELAZIONE GEOLOGICA

I dati stratigrafici e piezometrici dei due pozzi gestiti da APS in quest'area, in accordo con la ricostruzione dell'assetto geologico ed idrogeologico, mostrano come siano presenti due acquiferi distinti: un primo acquifero in Scaglia ed un secondo acquifero sottostante ospitato nella formazione della Maiolica separati idraulicamente dall'aquiclude costituito dalla formazione delle Marne a Fucoidi. Nell'area risultano inoltre presenti una serie di lineamenti tettonici con orientazione ENE-WSW ai quali è attribuibile la determinazione dello spartiacque a direzione appenninica così come emerso dall'analisi del campo piezometrico.

6.1.6 Studio Turano

Nell’ambito di uno studio realizzato da Petitta et alii (2013) veniva analizzata la sorgente lineare del fiume Turano cercando di chiarire le quantità della risorsa in affioramento, già stimata negli studi precedenti del 1995 e 2001, e il suo bacino idrogeologico considerando anche la vicina sorgente Laghetto posta in destra idraulica del fiume adiacente l’abitato di Rocca Sinibalda. In tale studio sono state condotte misure di portata ripetute nel periodo di magra del 2013 e un campionamento di acque sotterranee e sorgenti locali, unito al campionamento sui piezometri realizzati per lo studio del 2001 al fine di circoscrivere l’area di alimentazione delle acque sotterranee considerate. I punti di misura ribattono esattamente quelli realizzati nello studio del 2001. I risultati conseguiti sono riportati nelle figure di seguito riportate.



Figura 75 – Misure di portata effettuate nello studio del 2002 in raffronto con quelle del 2013.

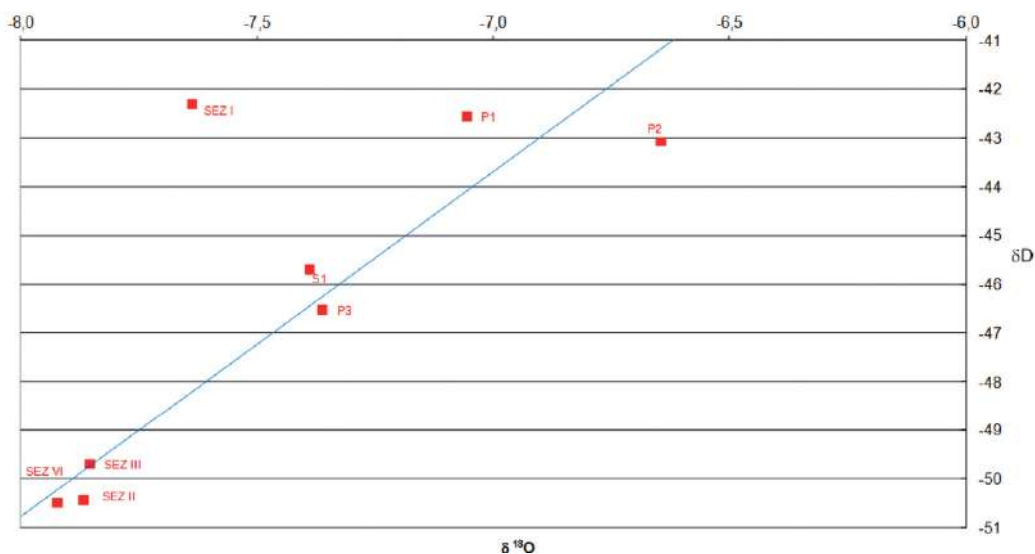


Figura 76 – Dati isotopici dei campioni prelevati nello studio.

Lo studio ha permesso di quantificare la risorsa idrica rinnovabile emergente nella media valle del fiume Turano. Infatti, la sorgente Laghetto contribuisce ad alimentare il fiume principale con una portata media di 355 l/s, presentando una notevole variabilità pluriennale, funzione della stagionalità e alle condizioni geologico-strutturali locali. L'assetto idrogeologico locale e i dati isotopici mostrano anche una diretta relazione tra la falda dell'acquifero carbonatico e quella contenuta nei depositi continentali neogenici che, in questo settore, non ostacolano la circolazione idrica sotterranea verso la sorgente Laghetto e verso il corso d'acqua. Il fiume Turano drena la falda regionale da quota 416 m fino a 406 m s.l.m. con una portata media di circa 350 l/s, con una portata media di acque sotterranee che ammonterebbe a circa 700 l/s. A valle di questi dati, al fine di giustificare la portata complessiva rilevata è necessario considerare un bacino di alimentazione al di fuori dell'estensione degli affioramenti carbonatici. I valori isotopici della sorgente Laghetto e del corrispondente drenaggio in alveo confermano questa ipotesi, essendo i più bassi dell'intera area di studio. Di conseguenza il fiume Turano funge da livello generale di base della circolazione idrica sotterranea a scala più estesa, nel settore compreso tra le grandi sorgenti di Le Capore e del Peschiera a ENE, come confermato dai dati piezometrici ed isotopici raccolti durante il monitoraggio.

Tali considerazioni potrebbero configurare un limite a flusso nullo nelle porzioni occidentali del torrente Turano costituito probabilmente dal thrust e dalla sinclinale in scaglia cinerea e parimenti nelle zone settentrionali subito a monte di località Torone dove terminano gli acquisti in alveo della sorgente lineare. In questo contesto la risorsa affiorante sulla sorgente Laghetto e sul fiume Turano potrebbero configurarsi come uno "sfioro alto" della falda diretta verso la sorgente Capore che dal fiume Turano in direzione sud ovest si presenterebbe quindi confinata.

6.1.7 Misure di portata sul torrente Farfa

Nell'ambito della crisi idrica della sorgente Capore del 2017 sono state effettuate delle misure di portata in alveo, da parte di ACEA, sul torrente Farfa su distanze superiori al km rispetto alla posizione della sorgente Capore. Le postazioni vengono visualizzate nella figura di seguito riportata.

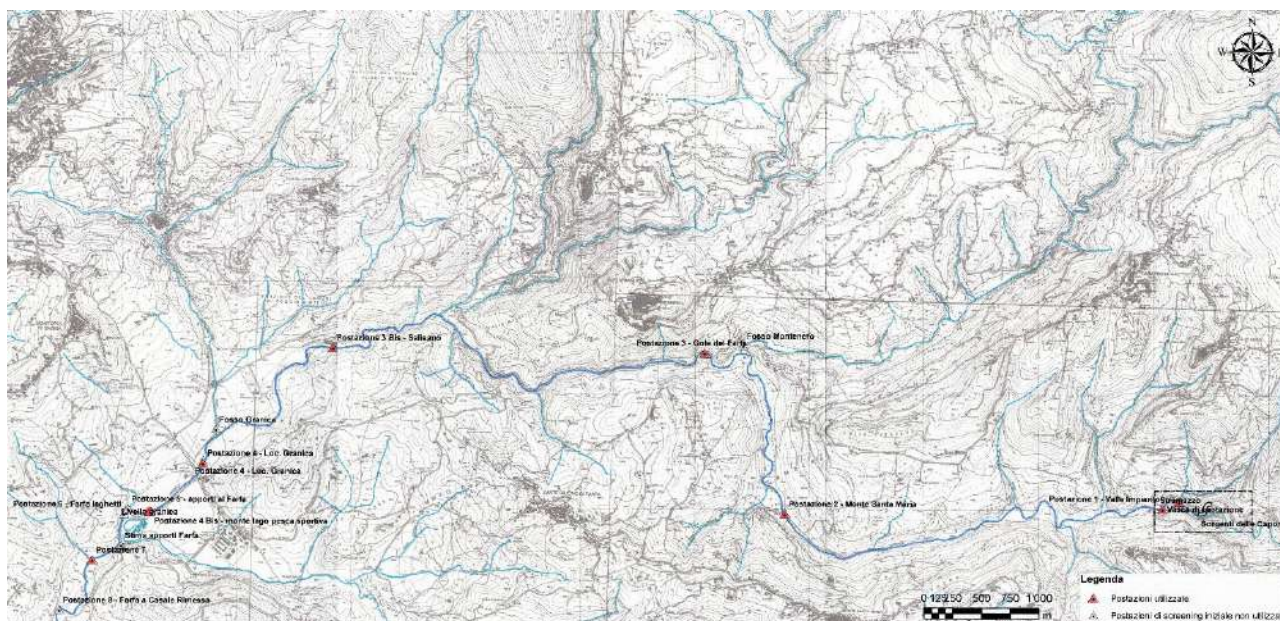


Figura 77 – Postazioni di misura di portata in alveo effettuate lungo il corso del fiume Farfa a valle delle sorgenti Capore.

I valori misurati nelle diverse campagne effettuate nel periodo di magra del 2017 riportano i valori visibili in Tabella 4. È visibile come il fiume sostanzialmente mantenga inalterate le portate rilasciate dalla sorgente sino in corrispondenza dei

Laghetti di Granica dopo dei quali, come registrato dalla misura 7, si evidenziano incrementi in alveo di circa 600 l/s ad una quota di circa 90 m s.l.m.

Tabella 4 – Misure di portata in alveo. In giallo si evidenzia il punto in cui si hanno gli incrementi in alveo.

Postazione di misura	Numero	Data	Q [m ³ /s]
Fosso Farfa - valle impianto	1	03/10/2017 07:45	0.447
Fosso Farfa - valle impianto	1	03/10/2017 14:30	0.429
Monte Santa Maria	2	03/10/2017 15:15	0.255
Gole del Farfa	3	03/10/2017 16:00	0.385
Salisano (Salsificio)	3Bis	03/10/2017 16:45	0.379
Salisano (Salsificio)	3Bis	04/10/2017 07:45	0.367
Granica	4	04/10/2017 08:15	0.274
lago pesca sportiva	4bis	04/10/2017 09:40	0.201
Postazione 7	7	04/10/2017 09:00	0.867
Farfa - valle impianto	1	04/10/2017 15:00	0.350
Monte Santa Maria	2	04/10/2017 16:30	0.257
Gole del Farfa	3	04/10/2017 16:45	0.346
Torrente Montenero	3 Ter	04/10/2017 17:15	0.0247
Salisano (Salsificio)	3Bis	04/10/2017 17:45	0.358
Fosso Farfa - valle impianto	1	05/10/2017 07:45	0.304
Salisano (Salsificio)	3Bis	05/10/2017 08:30	0.313
Loc. Granica	4	05/10/2017 09:30	0.231
lago pesca sportiva	4bis	05/10/2017 09:50	0.182
Postazione 7	7	05/10/2017 08:50	0.850
Fosso Farfa - valle impianto	1	11/10/2017 11:35	0.372
Monte Santa Maria	2	11/10/2017 12:10	0.261
Gole del Farfa	3	11/10/2017 12:45	0.337
Salisano (salsificio)	3Bis	11/10/2017 14:50	0.338
Loc. Granica	4	11/10/2017 15:30	0.277
lago pesca sportiva	4Bis	11/10/2017 16:00	0.221
Postazione 7	7	11/10/2017 16:45	0.876
Fosso Farfa - valle impianto	1	19/10/2017 10:15	0.276
Monte Santa Maria	2	19/10/2017 10:45	0.258
Gole del Farfa	3	19/10/2017 11:10	0.296
Salisano (Salsificio)	3Bis	19/10/2017 12:00	0.246
Loc. Granica	4	19/10/2017 12:20	0.238
lago pesca sportiva	4bis	19/10/2017 12:45	0.217
Postazione 7	7	19/10/2017 13:30	0.868
Fosso Farfa - valle impianto	1	24/10/2017 14:20	0.282
Monte Santa Maria	2	24/10/2017 15:00	0.227
Gole del Farfa	3	24/10/2017 15:25	0.291
Salisano (Salsificio)	3Bis	24/10/2017 16:15	0.326
Loc. Granica	4	24/10/2017 16:35	0.262
lago pesca sportiva	4bis	24/10/2017 16:55	0.224
Postazione 7	7	24/10/2017 17:30	0.850

Considerando tali informazioni alla luce delle indicazioni fornite dalla Carta delle Unità Idrostrutturali della Regione Lazio alla scala 1:250.000, il fiume Farfa non riceverebbe apporti dall'unità idrogeologica C10 (porzione Dorsale Montenero-Monte San

Giovanni) che quindi dovrebbe indirizzare il suo contributo infiltrativo direttamente nel recapito di base più vicino costituito dalla sorgente Capore, essendo l'unità idrostrutturale adiacente alla C10 contraddistinta da un limite a flusso nullo.

6.2 Serie idrostratigrafiche

La serie teorica di riferimento per l'intero territorio in studio prospetta una alternanza di litologie potenzialmente acquifere per i caratteri di permeabilità e carsificabilità e di litotipi aquicludi per caratteristiche legate alla componente marnoso argillosa e allo spessore.

Presso l'areale in studio le Marne a Fucoidi costituiscono la litologia di substrato dell'acquifero calcareo composto da Scaglia Bianca e Rossa mentre la Scaglia Variegata e quella Cinerea risultano svolgere il ruolo di acquitardo (Tabella 5)

Tabella 5. Relazione tra formazioni geologiche, complessi idrogeologici ed acquiferi.

Formazione	Sigla	Complessi Idrogeologici	Acquiferi
<i>Depositi post orogenici - quaternario</i>			
Depositi di frana	FRN	Complesso dei depositi alluvionali	Acquifero alluvionale
Depositi eluvio colluviali	ELU		
Detrito di versante	DET		
Alluvioni recenti	ALL		
Sintema di Caporio	UCR		
Sintema del Torrente Ariana	UPM/AIN		
Sintema di Cittaducale	UCT		
Sintema di poggio Perugino	UPG		
<i>Depositi post orogenici - pliocene</i>			
Unità di Monteleone Sabino	UMS	Complesso dei conglomerati e sabbie	Acquifero conglomeratico
Unità di Ornaro Basso	UOB		
Unità di Cenciara	UGR		

Formazione	Sigla	Complessi Idrogeologici	Acquiferi
Unità di fosso Canalicchio	UFC	Complesso dei conglomerati cementati	
<i>Depositi pre orogenici</i>			
Bisciario	BIS	Complesso marnoso calcareo	Acquitardo
Scaglia cinerea	SCC		
Scaglia cinerea detritica	SCD		
Scaglia variegata	VAS		
Scaglia rossa detritica	SAD	Complesso della scaglia calcarea	Acquifero della scaglia
Scaglia rossa	SAA		
Scaglia bianca detritica	SBD		
Scaglia Bianca	SBI		
Marne a Fucoidi	FUC	Complesso delle Marne a Fucoidi	Aquiclude
Maiolica	MAI	Complesso della Maiolica	Acquifero della Maiolica
Calcari diasprigni	CDU	Complesso calcareo silico marnoso	Aquiclude locale
Calcari detritici con Posidonia	DPO		
Calcari e marne a posizonia	POD		

I complessi riconosciuti, con cui si è realizzata anche la carta idrogeologica, vengono di seguito elencati:

- Complesso dei depositi alluvionali - potenzialità acquifera da bassa a medio alta

È costituito da un'alternanza di sedimenti a granulometria variabile dalla ghiaia all'argilla ed è costituito da depositi recenti ed attuali, anche terrazzati e coperture eluviali, colluviali e detritiche (Olocene). Lo spessore varia in funzione dell'articolazione del substrato;

- Complesso dei conglomerati - potenzialità acquifera da medio bassa a medio alta

Conglomerati poligenici con differenti potenzialità idriche in funzione del grado di cementazione derivante dal relativo ambiente deposizionale.

12a - Conglomerati sabbiosi - potenzialità acquifera medio bassa

Conglomerati a cemento sabbioso alternati a lenti e orizzonti sabbioso-argillosi e argillosi deposti in ambiente di conoide alluvionale (Pleistocene Inf.). Spessore variabile da qualche decina ad oltre un centinaio di metri. La frequente matrice argilloso - sabbiosa e la sua eteropia laterale connessa all'ambiente deposizionale non favoriscono la presenza di una circolazione idrica sotterranea significativa. Sono presenti invece a luoghi falde sospese di modesta entità;

- 12 b - Conglomerati - potenzialità acquifera medio alta

Conglomerati generalmente cementati con spessore variabile da qualche decina a diverse centinaia di metri (Pliocene - Pleistocene). Questo complesso può essere sede di falde produttive e, ove in contatto con il substrato carbonatico, si presenta con un continuum saturo;

- Complesso calcareo marnoso - potenzialità acquifera medio bassa

Successione di marne e calcari marnosi (Eocene-Miocene). Il complesso comprende le formazioni calcareo - marnose che chiudono la successione umbro-marchigiana. Spessore massimo di alcune centinaia di metri;

- Complesso della scaglia calcarea - potenzialità acquifera medio alta

Calcari micritici e calcari marnosi bianchi e rosa stratificati con intercalazioni detritico - organogene (Creatico-Eocene). Lo spessore totale è compreso tra i 200 e i 500 m. Gli affioramenti di questo complesso, dove intensamente fratturati e/o carsificati, contribuiscono alla ricarica degli acquiferi carbonatici del dominio pelagico e di transizione. In prossimità di lineamenti tettonici compressivi di importanza regionale, la porosità secondaria si riduce notevolmente, riducendone la potenzialità idrica;

- Complesso delle marne a fucoidi - potenzialità acquifera bassa

Calcari marnosi e marne calcaree con selce, nella parte superiore; marne e marne argillose nella parte inferiore (Cretacico Inf. - Medio). Spessore variabile da 50 a 100 m. Dove mantiene una sufficiente continuità stratigrafica, il complesso costituisce un acquiclude fra la circolazione idrica della Scaglia calcarea e quella della Maiolica;

- Complesso della maiolica - potenzialità acquifera alta

Calcari micritici bianchi, selciferi, ben stratificati (Giurassico - Cretacico Inf.); spessori di circa 250 m. Gli affioramenti di questo complesso costituiscono l'area di alimentazione di acquiferi basali del dominio pelagico;

- Complesso calcareo - silico - marnoso - potenzialità acquifera medio bassa

Calcari sottilmente stratificati intercalati a diaspri, marne e argille in varia proporzione (Giurassico Sup.) caratteristici del dominio pelagico. Spessore complessivo variabile tra 100 e 200 m. Per la bassa permeabilità d'insieme il complesso assume il ruolo di acquiclude che sostiene la circolazione idrica del complesso della Maiolica.

6.2.1 Rilievi in campo

Il comportamento idrologico qualitativo dei diversi complessi è stato rilevato in campo durante una campagna effettuata in morbida e una in magra mirata principalmente al complesso dei conglomerati. In tali campagne si è osservato come il complesso dei conglomerati superiori sia in grado di generare sorgenti che in morbida raggiungono portate anche superiori ai 5-10 l/s, in parte captate a scopi idropotabili, e persino persistenti in periodo in magra con qualche litro secondo osservato sulle aste fluviali. Il contributo di tali sorgenti, determinato da un orizzonte più argilloso basale presente all'interno di tale complesso, genera un ruscellamento che subisce una re-infiltrazione nel complesso di valle più permeabile. Parimenti accade all'aliquota di ruscellamento ritardato presente sulle porzioni di testata delle aste che si sviluppano in tale complesso superiore. Di seguito vengono riportati i tratti d'asta con acqua rilevati in morbida e in magra. Il complesso dei conglomerati cementati mostra un

comportamento idrologico omogeneo presentando ruscellamento unicamente in periodi di forte afflusso che si esaurisce in poche ore mentre il ruscellamento ritardato è quasi del tutto assente.

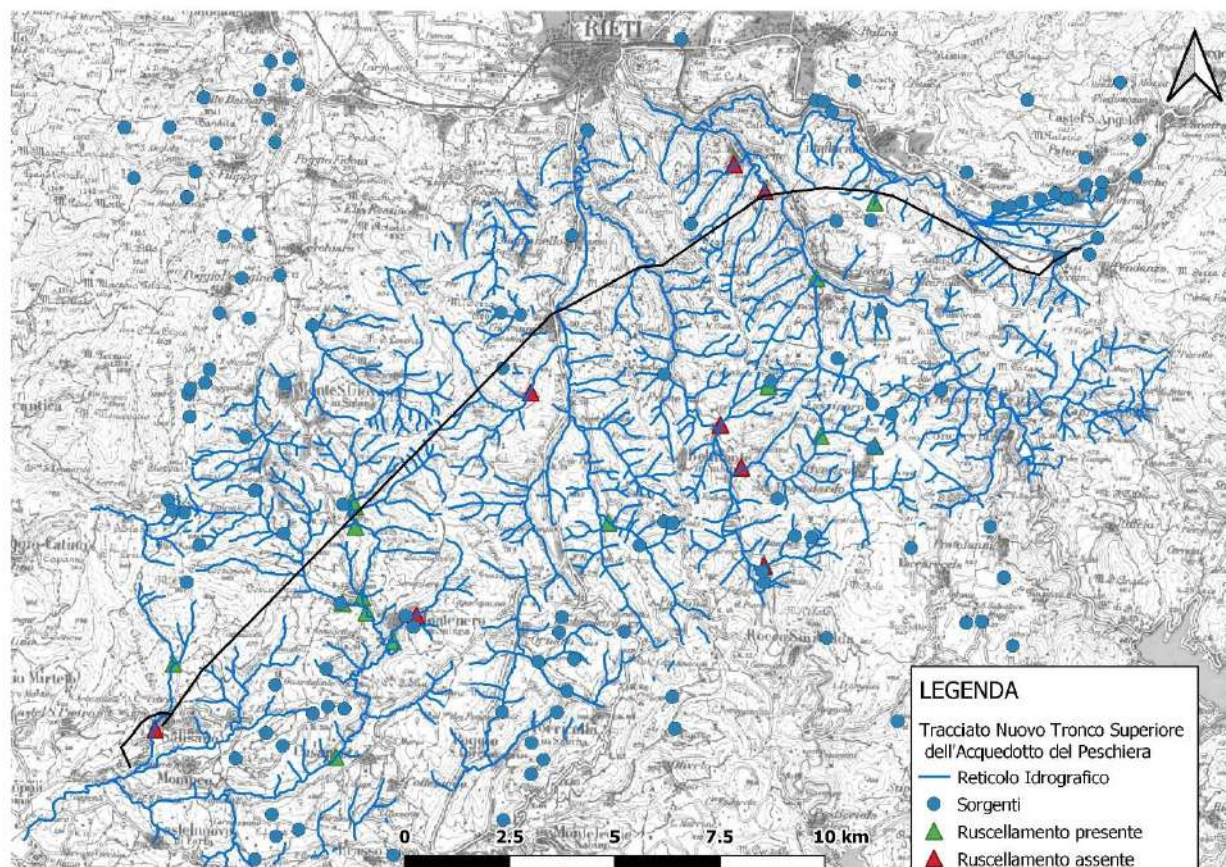


Figura 78 – Postazioni di verifiche dell'attività del reticolo idrografico.

Si evidenzia, oltre al torrente Ariana e ai fiumi Salto e Turano che episodicamente sono stati trovati secchi in alcuni punti del reticolo in periodo di magra, il reticolo del fosso di Montenero che presenta delle portate in regime di morbida e magra che differiscono tra loro di un ordine di grandezza. Infatti si sono registrate portate superiori ai 100 l/s in morbida a valle dell'abitato di Montenero Sabino e in magra portate di circa 10 l/s. La marcata oscillazione è legata principalmente all'escursione piezometrica che, come mostrato dal piezometro di Ponte delle Ruote, può presentare escursioni anche superiori ai dieci metri. Tale dato è probabilmente connesso alle caratteristiche dell'acquifero legate alla scarsa porosità secondaria dell'ammasso.

6.3 Considerazioni idrogeochimiche

Al fine di fornire un ulteriore elemento all'individuazione delle unità idrostrutturali, sono state considerate le analisi chimiche dei campioni di acque superficiali e sotterranee campionate nell'anno idrologico finalizzata alla valutazione della qualità delle acque che potevano interagire con l'opera di progetto e le analisi storiche edite, con le quali è stato possibile costituire un dataset tale da evidenziare i campioni di riferimento per determinati ambiti che poi consentissero di valutare le matrici di mixing delle acque.

Inizialmente si è partiti dall'analisi di sorgenti che in bibliografia rispondevano ad aree di formazione delle risorse omogenee in termini di serie geologica, rappresentati nella figura seguente, che vengono di seguito elencate:

- Sorgente di Santa Susanna e Sorgente Cantaro, con deflussi riferiti con certezza ai monti reatini adiacenti al Monte Terminillo (serie Reatina);
- Sorgente Capore e Laghetto, con deflussi riferiti alla Scaglia bacinale/detritica;
- Sorgenti Peschiera, riferiti alla Piattaforma Carbonatica Laziale – Abruzzese;
- Sorgente della Signora e fiume Rio proprie della porzione sommitale della serie miocenica di Guadagnolo.

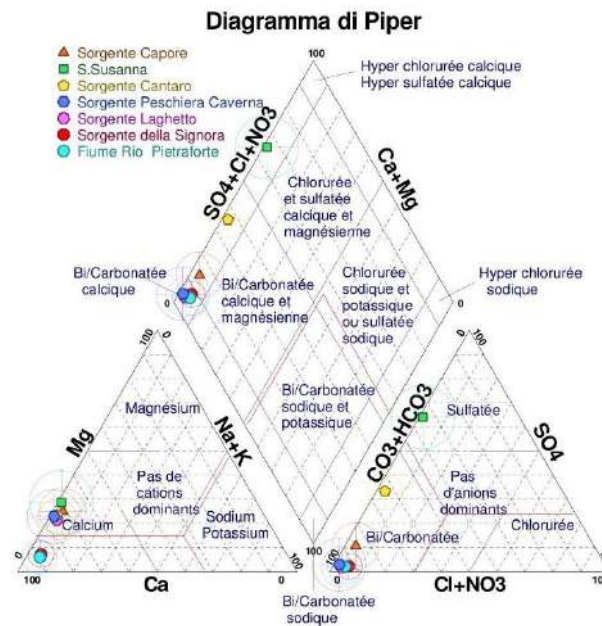


Figura 79 – Diagramma di Piper delle acque campionate e delle analisi edite in bibliografia di serie idrogeologiche omogenee. La grandezza delle circonferenze è proporzionale al TDS.

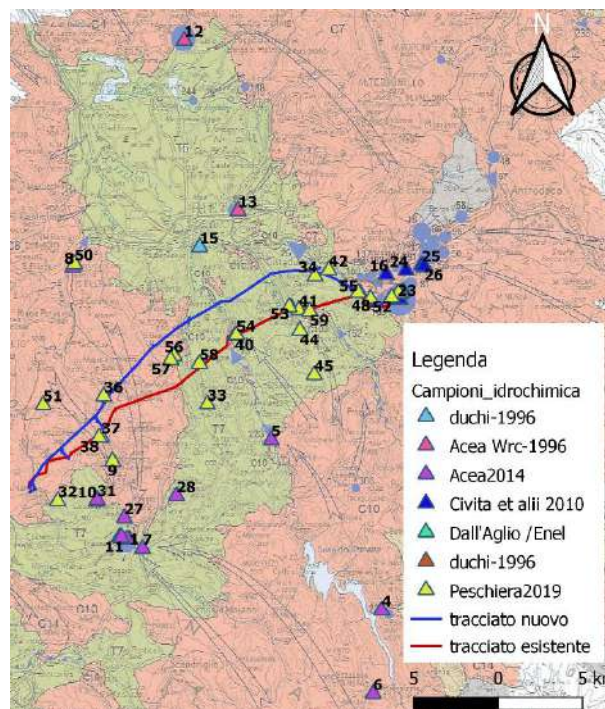


Figura 80 – Totalità dei campioni considerati.

Analiti di interesse per i campioni considerati.

Id	Nome	Cl	SO4	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Ba	Sr
		mg/L Cl	mg/L SO4	mg/L Ca	mg/L Mg	mg/L Na	mg/L SO4	mg/L HCO3	µg/L Ba	µg/L Sr
1	Pozzo Artesiano alveo Farfa	9.31	22.20	91.90	12.60	6.29	1.34	336.00	125.80	335.00
2	Torrente Farfa monte	14.60	11.50	95.70	3.66	9.86	1.86	305.00	148.60	194.00
3	Pozzo Capore NC1	7.87	24.90	95.30	13.80	5.80	1.18	339.00	114.70	372.00
4	Sorgente della Signora-Paganico	6.40	3.99	59.30	2.95	3.48	0.34	203.00	11.40	241.00
5	Sorgente Laghetto Rocca Sinibalda	6.22	4.96	81.60	14.20	3.62	0.88	329.00	84.70	181.00
6	Fiume Rio - Pietraforte	7.13	4.84	81.10	3.32	4.59	0.88	265.00	63.00	459.00
7	Fosso della Mola -Monteleone Sabino	12.00	9.08	87.40	3.52	8.06	1.32	276.00	140.50	161.00
8	Fosso delle Mole - Poggio Fidoni	5.76	2.53	71.70	1.38	3.45	1.24	227.00	47.40	109.00
9	Fosso Monte Nero	8.87	4.33	83.10	3.44	5.05	0.84	268.00	117.70	189.00
10	Pozzo Capore NC2	7.10	49.90	99.20	23.52	6.44	2.38	341.60	<0,2	-
11	Sorgente Capore	7.10	33.60	97.60	20.64	5.06	1.40	341.60	123.00	386.00
12	Sorgente S.Susanna	3.87	309.00	135.00	33.60	2.53	0.65	212.40	24.50	1045.00
13	Sorgente Cantaro	3.91	86.70	79.80	15.30	2.57	0.59	210.00	29.10	1435.00
14	Pozzo Capore NC3	7.01	30.00	92.90	15.60	5.93	1.28	313.20	<0,2	387.00
15	Sorgente Cottorella	12.00	7.30	104.20	3.01	5.12	0.68	314.40	<0,2	-
16	Sorgente Terme Cotilia_Civita2010	36.39	196.08	574.36	88.84	26.01	2.77	1955.36	38.22	5497.00
17	Sorgente Paulla Alta_Civita_2010	4.71	17.59	169.81	23.28	3.36	0.98	613.88	19.02	539.60
18	Canale Alto Peschiera_Civita_2010	4.20	15.64	175.96	24.96	2.79	0.75	640.55	16.05	543.80
19	Sorgente Peschiera vertice 5-6_Civita2010	4.35	11.86	116.78	22.15	2.70	0.77	449.99	13.48	388.30
20	Sorgente Peschiera vertice 6_Civita2010	4.50	16.14	126.04	24.10	2.87	0.79	485.69	15.79	517.20
21	Sorgente Peschiera sistema drenante_Civita2010	4.04	12.54	123.71	21.23	2.64	0.77	469.34	15.67	394.90
22	Sorgente Peschiera Caverna_Civita2010	4.02	10.67	112.21	20.72	2.26	0.72	430.59	14.35	346.60
23	Sorgente Peschiera Tunnel cieco_Civita2010	4.00	9.81	108.98	19.99	2.66	0.68	421.68	14.20	337.60
24	Mulino Vasche_Civita2010	6.45	48.29	172.66	25.31	4.84	1.16	596.68	44.71	1114.00
25	Sorgente Paulla_Civita2010	9.18	87.37	342.34	46.96	7.56	1.22	1165.10	28.09	1617.00
26	Sorgente Paulla bassa_Civita2010	9.08	88.17	368.36	42.40	7.54	1.18	1246.13	16.89	1607.00
27	Sorgente Collelungo	16.30	16.50	152.00	2.27	6.95	2.58	434.40	<0,2	106.00
28	Pozzo Poggio S.Lorenzo	10.50	96.40	98.60	5.61	8.69	0.80	333.60	<0,2	143.00
29	Sorgente Capore	7.29	27.10	97.30	15.20	2.71	1.26	321.60	<0,2	396.00
30	Pozzo Capore NC3	7.01	30.00	92.90	15.60	5.93	1.28	313.20	<0,2	387.00
31	Sorgente Mompeo	17.40	28.80	136.00	19.10	13.30	1.25	478.24	65.30	242.20
32	Fosso Ariana - Belmonte Sabino	9.61	8.19	98.60	3.71	5.34	0.86	341.60	126.70	148.60
33	Fosso Carcariola	7.76	3.82	67.40	1.51	5.06	1.31	240.34	13.10	69.90
34	Fosso Casa Uto - Cenciara	9.98	5.73	66.60	1.86	5.84	0.79	236.68	20.60	86.00
35	Fosso Montenero Alto	10.80	4.57	92.10	1.80	5.29	2.27	306.22	86.90	176.20
36	Fontanile Montenero Paese	9.25	3.59	94.60	1.48	5.02	0.65	303.78	37.00	129.00
37	Fontanile Manufatto Tancia	6.46	9.57	113.00	15.50	3.89	1.08	422.12	91.50	457.60
38	Fosso Montenero basso	10.80	9.47	98.40	3.24	6.17	0.89	341.60	76.70	227.00
39	Fiume Turano (vecchio acquedotto)	7.91	6.36	87.70	12.50	5.05	0.99	353.80	<0,2	-
40	Fiume Salto (vecchio acquedotto)	11.80	11.60	77.40	7.87	8.06	1.55	306.22	55.20	380.10
41	Sorgente Cittaducale	7.49	4.33	68.70	1.50	4.64	0.29	245.22	10.60	75.20
42	scarico vertice V	5.42	10.20	106.00	18.50	3.25	0.85	442.86	16.00	244.00
43	Sorgente Rocca Ranieri	6.53	2.28	95.90	1.31	3.71	0.36	318.42	12.10	70.80
44	Sorgente San Silvestro	6.74	3.30	116.00	1.61	3.86	0.84	383.08	23.90	84.90
45	Sorgente Peschiera non captato1	5.37	15.00	133.00	22.70	2.97	0.80	514.00	18.00	342.40
46	Sorgente Peschiera non captato2	5.30	14.10	126.00	22.20	2.92	0.77	460.00	17.70	323.60
47	Canale Micciani	6.68	13.00	129.00	16.40	4.19	0.75	462.00	22.80	311.30
48	Fosso Rigagnolo	5.65	17.10	166.00	25.80	2.97	0.78	623.00	18.80	418.70
49	Fosso Canera	7.72	9.06	80.90	2.24	5.10	0.93	243.00	155.60	326.40
50	Fontanile Gallo	9.45	3.05	109.00	1.70	4.86	0.37	342.00	63.60	195.30
51	Piezometro SI 2	9.44	3.48	187.00	18.00	6.09	1.20	691.00	62.80	529.80
52	Sinkhole Peschiera Finestra5	5.35	12.20	112.00	21.50	3.04	0.89	427.00	16.00	327.20
53	Piezometro S4	7.48	4.62	87.00	2.43	5.00	0.83	279.00	74.50	100.40
54	Piezometro S6	7.36	6.76	92.10	7.30	5.33	0.94	316.00	72.70	190.40
55	Piezometro S1	8.34	20.30	164.00	16.20	4.89	1.23	544.00	45.40	460.90
56	Pozzo SGR Vecchio	8.44	3.41	115.00	1.47	3.68	0.50	356.00	85.30	128.70
57	Pozzo SGR Nuovo	7.06	15.10	97.80	5.71	4.82	0.94	322.00	309.60	197.00
58	Piezometro S9	11.70	5.81	99.50	4.81	10.80	2.01	359.00	123.90	244.70
59	Piezometro Salto Vecchio	13.90	60.00	115.00	11.60	9.56	2.67	401.00	<0,2	0.30

Il diagramma di Chebotarev della totalità delle acque considerate nell'ambito di studio, ricadono quasi tutte nella classificazione bicarbonato alcalino terroso e si classificano come acque bicarbonato calcico magnesiache a vario tenore di silice. Da questa classificazione sfugge la sorgente di S. Susanna contrassegnata col n°12 e la sorgente Cantaro contrassegnata dal n° 13 che tendono verso le acque clorurato solfatiche a testimoniare, insieme al diagramma di Piper precedente, matrici acquifere differenti rispetto a quelle della totalità dei campioni considerati.

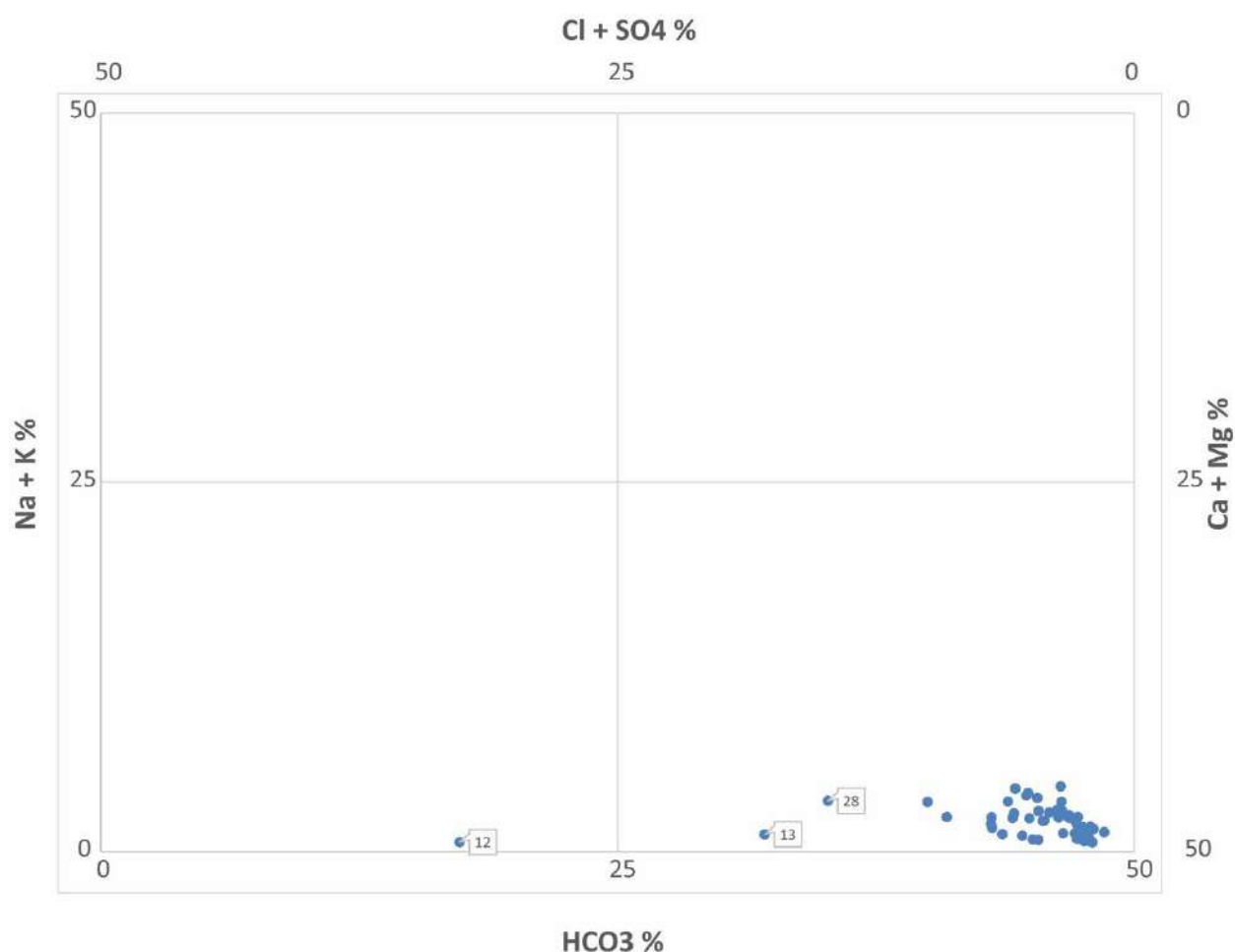


Figura 81 - Diagramma di Chebotarev delle acque considerate. Dal diagramma è possibile il discostamento dei campioni relativi alla sorgente di Santa Susanna, Sorgente Cantaro la cui composizione tende verso quella delle acque clorurato solfatiche.

I rapporti composizionali di queste acque costituenti sia i recapiti finali di circolazioni idriche territorialmente estese, sia circuiti territorialmente meno estesi pertinenti all'area Sabina - Reatina e del Nuria Velino, evidenziano diversità tra gli ioni maggiori. Il confronto è utile nella rappresentatività dell'impiego di alcuni rapporti caratteristici tra ioni che, in altri contesti maggiormente omogenei, sono normalmente significativi quali i rapporti Mg/SO₄ e Ca/Mg o il tenore di SiO₂ oppure le associazioni sviluppabili tra costituenti maggiori e contenuti in tracce di altri ioni (Li, F, Sr, Ba).

In questo raffronto si è introdotto il Bario e lo Stronzio, in rapporto al Calcio, per discriminare le diverse porzioni di serie idrogeologiche.

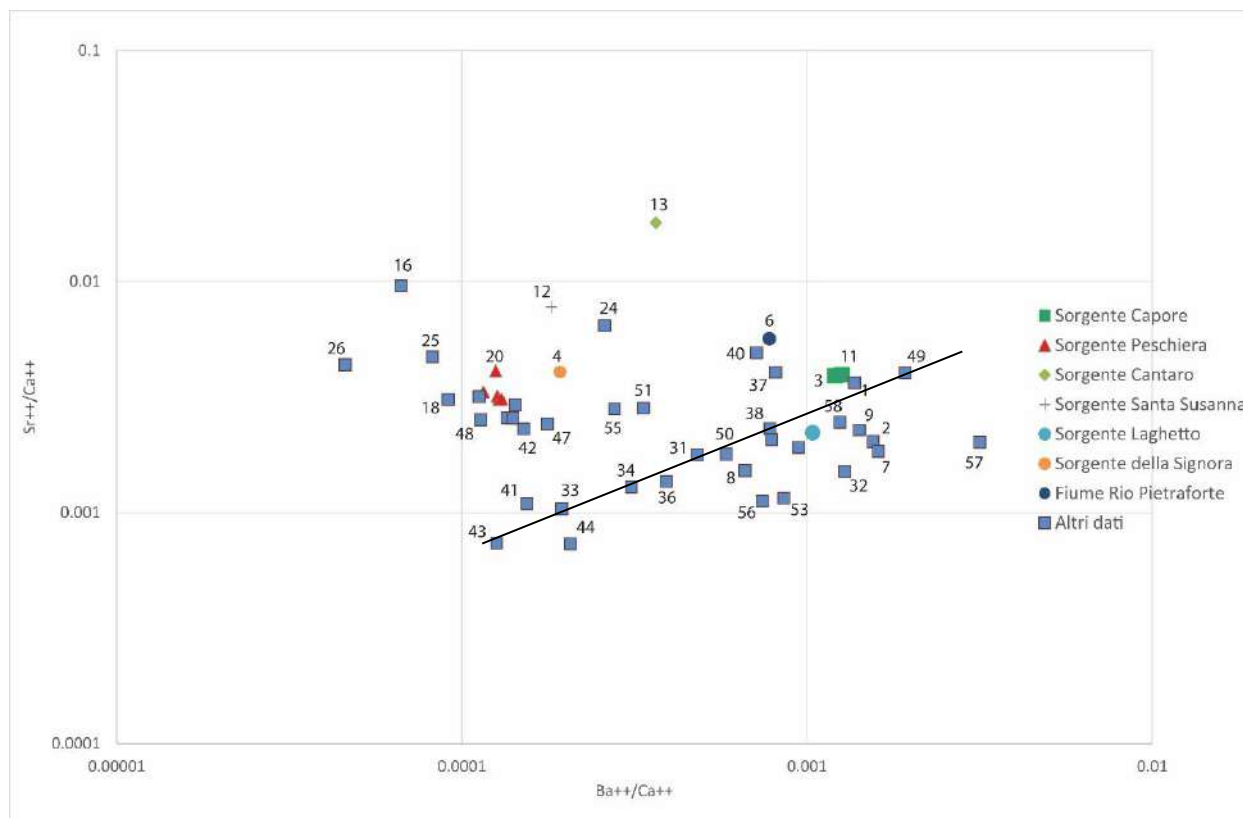


Figura 82 – evidenza delle acque campionate rispetto ai campioni di riferimento proprie di determinate "serie acquifere". Si evidenzia l'allineamento, contraddistinto dalla linea nera, dei campioni relativi alla serie conglomeratica sovrastante la serie sabina di transizione e quelli della serie sabina.

L'esito di questo esame è riportato nel diagramma precedente con il gruppo Reatino delle sorgenti di S. Susanna e Cantaro, riferito ai termini basali dell'area reatina, che presentano allineamenti differenti rispetto alle sorgenti del Peschiera e al gruppo (Capore – Laghetto). Le acque relative alle calciruditi mioceniche, identificate con la sorgente della Signora e il fiume Rio, restituiscono un comportamento intermedio tra la serie sabina di transizione e quella di piattaforma carbonatica del Peschiera contraddistinta da un "marker" prettamente calcareo – dolomitico. L'indicatore "origine" Sorgenti del Peschiera è relativamente allineato con le sorgenti reatine, per quanto concerne i rapporti Bario-Calcio mentre si differenziano in funzione dell'interazione con la serie basale nel rapporto Stronzio-Calcio. La maggior parte dei campioni prelevati nella campagna dedicata a tale progetto restituisce invece risultati che vedono caratteristiche simili a quelle tipiche dell'unità Nuria-Velino, proprie della sorgente Peschiera, e quelli relativi alla serie sabina afferente alla sorgente Capore e Laghetto. I campioni collocati nella piana di Micciani possiedono un marker "Peschiera" con parziali apporti di acquiferi delle calcareniti mioceniche mentre i campioni presenti nella porzione centrale del tracciato esprimono un allineamento di tra quelli propri dei conglomerati dei circuiti superficiali rispetto ad alcuni campioni dell'acquifero regionale e soprattutto alla sorgente Capore. Alcuni campioni propri della serie sabina presentano un diverso allineamento con maggiori arricchimenti del rapporto del bario rispetto allo stronzio con il calcio a rappresentare una probabile ambientazione più "bacinale" rispetto ai termini più orientali di "transizione" verso il dominio della piattaforma carbonatica.

6.4 Stima dell'infiltrazione efficace

Nell'ambito del progetto è stato realizzato un bilancio idrologico al fine di stimare l'infiltrazione efficace relativa all'area di studio, tesa alla quantificazione delle portate medio annue sottese dall'opera di progetto che interessano le singole unità idrostrutturali individuate.

Sull'area Sabina sono stati già redatti in passato diversi bilanci idrologici effettuati a scala regionale che si incentravano su misurazioni di portata pluriennali su determinati recapiti di base per calibrarne i valori ottenuti in cui venivano ricompresi gli interi termini della serie stratigrafica. Ulteriori studi specifici più recenti si sono spinti a valutare gli intervalli di infiltrazione efficace su complessi idrogeologici, proponendo valori, in base alle portate emergenti, ben superiori a quelli tradizionalmente assegnati dai "Coefficienti di Infiltrazione Potenziale" (CIP) derivati da una larga pluralità di studi e pubblicazioni sia italiane che estere.

Nella stima qui proposta si è fatto riferimento al metodo tradizionale dei CIP, privo di una "calibrazione" con un recapito di base connesso ad uno specifico bacino idrogeologico.

Un fattore di incertezza di tale stima risiede nella variazione degli scambi di acque superficiali e sotterranei nel corso dell'anno con fenomeni impulsivi di ruscellamento che non alimentano l'acquifero seguito viceversa da fenomeni di ruscellamento ritardato che, intercettando litologie molto permeabili, determinano perdite in alveo distribuite che concorrono all'alimentazione del deflusso sotterraneo. Tale situazione è rappresentativa delle dorsali dei fiumi Salto e Turano caratterizzati dall'affioramento di due diverse tipologie di conglomerati che presentano un comportamento idrologico macroscopicamente differente.

6.4.1 Afflussi

I pluviometri considerati nell'area in studio vengono riportati in Tabella 6 costituiti da 19 stazioni pluviometriche considerate nel funzionamento dell'ultimo trentennio.

Tabella 6 – stazioni pluviometriche considerate nell’area di studio.

Stazione	X	Y	m s.l.m.	P medio annua	Anni di funzionamento
Abbazia Farfa	2331682	4677023	192	919	13
Antrodoco	2362048	4698352	510	1116	24
Brusciano	2367323	4682200	950	1139	11
Cittaducale	2351529	4694798	450	1198	14
Collalto Sabino	2358719	4666568	1000	976	15
Lugnano	2349122	4700094	580	1250	20
Micigliano	2359978	4701822	923	1453	11
Monte Terminillo	2354948	4702425	1750	1439	26
Montelibretti	2332711	4667365	214	822	20
Nerola	2337152	4670184	450	1181	13
Poggio Mirteto	2328317	4680663	246	883	28
Posticciola	2350270	4677772	572	1021	30
Rieti	2344914	4696731	406	977	24
Rocca Sinibalda	2347906	4685070	552	1235	17
Salisano	2334621	4681157	463	842	12
San Martino	2354632	4688174	557	1108	15
Sorgenti Capore	2339305	4678028	250	996	7
Sorgenti Peschiera	2355864	4692446	410	1147	16

Dai dati si evince come le precipitazioni presentino dei valori compresi tra gli 822 mm/anno e i 1453 mm/anno. La distribuzione degli afflussi presenta dei valori massimi nelle porzioni a nord-est dell’area di studio, corrispondenti al Monte Terminillo e nelle porzioni più sud orientali corrispondenti al pluviometro di Licenza. L’area di interesse si pone in maniera baricentrica rispetto a questi alti pluviometrici posizionata in corrispondenza dei vicini pluviometri di Posticciola e Rocca Sinibalda, distanti qualche km tra di loro, che presentano scostamenti medi annui sulla piovosità di circa 20 % del totale. In particolare, il pluviometro di Posticciola presenta un

minimo locale di piovosità con i suoi 1021 mm/anno. La porzione occidentale del tracciato riferita alla dorsale di Monte San Giovanni Reatino-Montenero è invece caratterizzata dall'assenza di informazioni, presentando quote ben superiori all'area collinare adiacente. I dati, mediati sulla scala annua, sono stati successivamente messi in relazione con la quota allo scopo di rilevare il gradiente pluviometrico medio annuo. Il risultato di questa analisi non ha restituito un'univoca correlazione tra i dati e quindi si è scelto di calcolare la distribuzione della pioggia media annua mediante interpolazione classica tra stazioni. In virtù di tali considerazioni e dell'assenza di pluviometri in zone specifiche, si è scelto di aggiungere tre pluviometri "virtuali" sulla dorsale di Monte San Giovanni con un valore associato proveniente dalla correlazione tra pluviometri posti in senso E-W limitrofi all'area in studio.

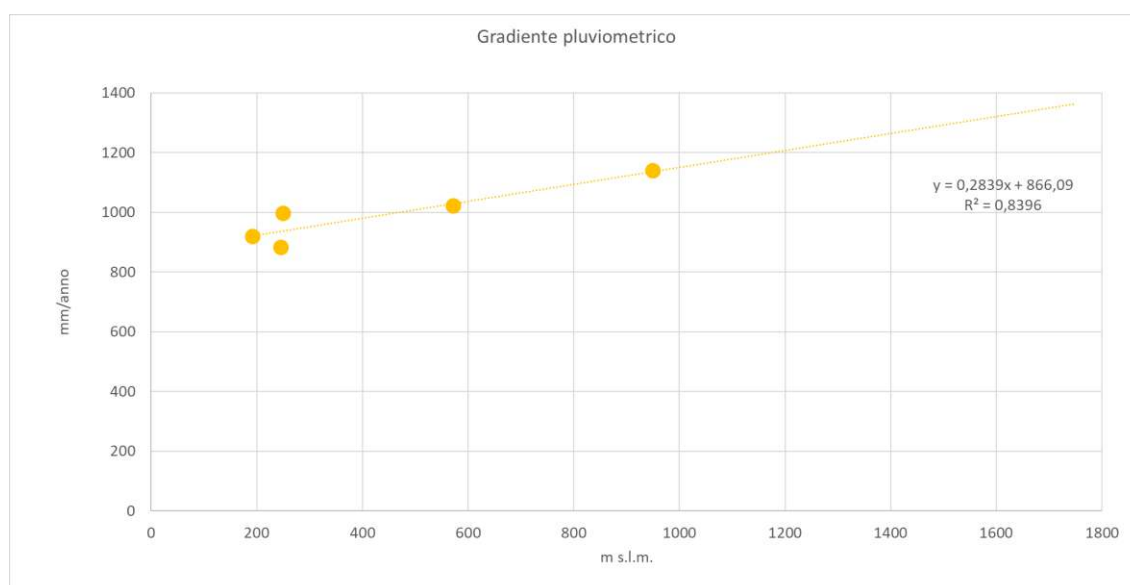


Figura 83 – Correlazione della quota altimetrica con la pioggia medio annua calcolata su un transetto di stazioni E-W.

L'interpolazione ottenuta per l'area di interesse vede l'alto pluviometrico della stazione di Rocca Sinibalda "seguire" i massimi registrati per l'area nord orientale con valori prossimi o superiori ai 1200 mm/a. L'area meridionale e quella occidentale presentano valori medi che si attestano invece sui 100 mm/a.

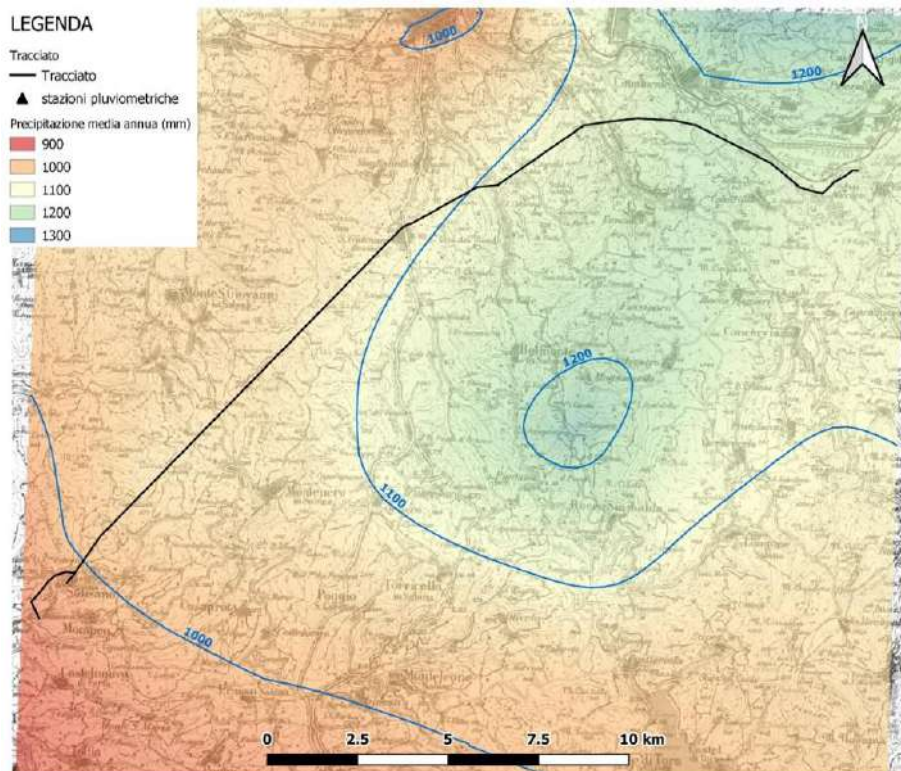


Figura 84 – Campo di pioggia medio annua ricostruito per l’ultimo trentennio.

6.4.2 Evapotraspirazione

Il parametro evapotraspirazione è stato ottenuto mediante l’utilizzo dell’equazione di Hargreaves. Questa equazione permette di ottenere l’aliquota di acqua sottratta per processi di evaporazione e traspirazione a partire da valori di temperatura e radiazione solare.

$$ET_0 = 0.0023 * R_A * \sqrt{TD} * (T + 17.8)$$

R_A = radiazione extraterrestre ($MJ * m^{-2} * g^{-1}$)

T = temperatura media dell’aria ($^{\circ}C$)

TD = differenza di temperatura max min nel periodo (media) ($^{\circ}C$)

Nell’area di studio risultano presenti 13 stazioni termometriche caratterizzate da una serie consistente per il periodo di interesse (1988-2018).

Tabella 7 – Valori di temperatura medio annua e differenza di temperatura medio annua relative all’ultimo trentennio.

stazione	x	y	z	deltaT_med	T_med
Antrodoco	2362048	4698352	510	11,99	12,55
Borgorose	2374001	4672723	720	11,45	11,29
Cittaducale	2351529	4694798	450	12,42	13,50
Collalto Sabino	2358719	4666568	1000	8,23	11,56
Fiamignano	2365093	4680883	1003	8,54	11,03
Licenza	2346274	4660233	478	11,38	13,93
Micigliano	2359978	4701822	923	9,75	12,18
Monte Terminillo	2354948	4702425	1750	4,81	6,76
Poggio Mirteto	2328317	4680663	246	13,42	15,78
Posticciola	2350270	4677772	572	11,54	13,58
Rieti Idro	2344914	4696731	402	11,57	14,15
Sorgenti Peschiera	2355864	4692446	410	11,55	13,05
Vivaro Romano	2355088	4663052	800	9,67	13,41

I dati di termometria risultano correlati alle quote altimetriche secondo le rette di equazione individuate nei grafici seguenti. Le variabili di temperatura, a differenza delle precipitazioni, presentano una tendenza univoca all’interno dell’intera area di studio.

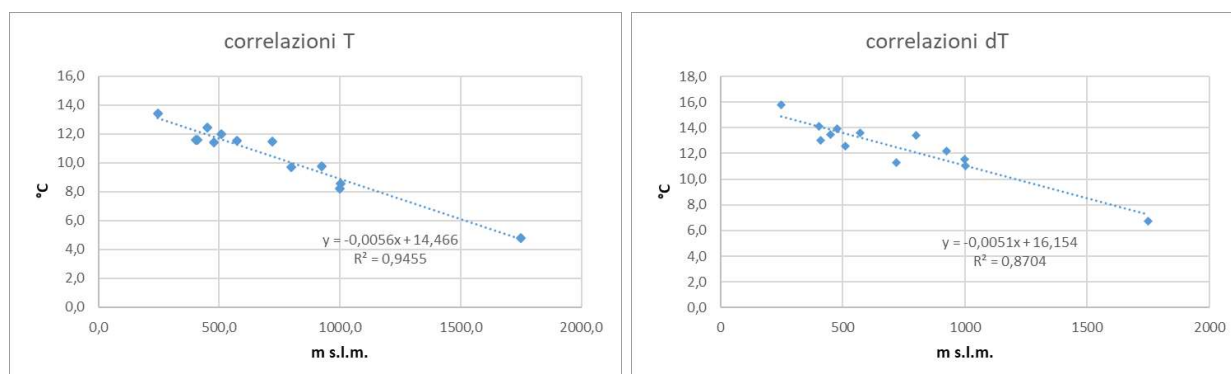


Figura 85 – Correlazione della quota altimetrica con i dati termometrici.

Dall'analisi delle correlazioni è possibile notare come l'area di studio presenti valori di temperatura media che variano dagli 8.6 °C delle aree più rilevate ai 15.5 °C dei fondivalle e delle piane. Le escursioni termiche presentano un andamento pressoché identico ma con valori che variano tra i 6 e i 14 °C.

La radiazione solare, calcolata in maniera estesa per il territorio in studio, risulta fortemente influenzato dall'orografia, e a differenza degli altri parametri medi annui, si può valutare pressoché costante nell'arco temporale considerato.

Una volta ottenute le distribuzioni delle variabili di interesse è stato possibile calcolare il parametro evapotraspirazione applicando l'equazione di Hargreaves in ambiente GIS operando operazioni tra i raster ed ottenendo i risultati proposti nella figura seguente.

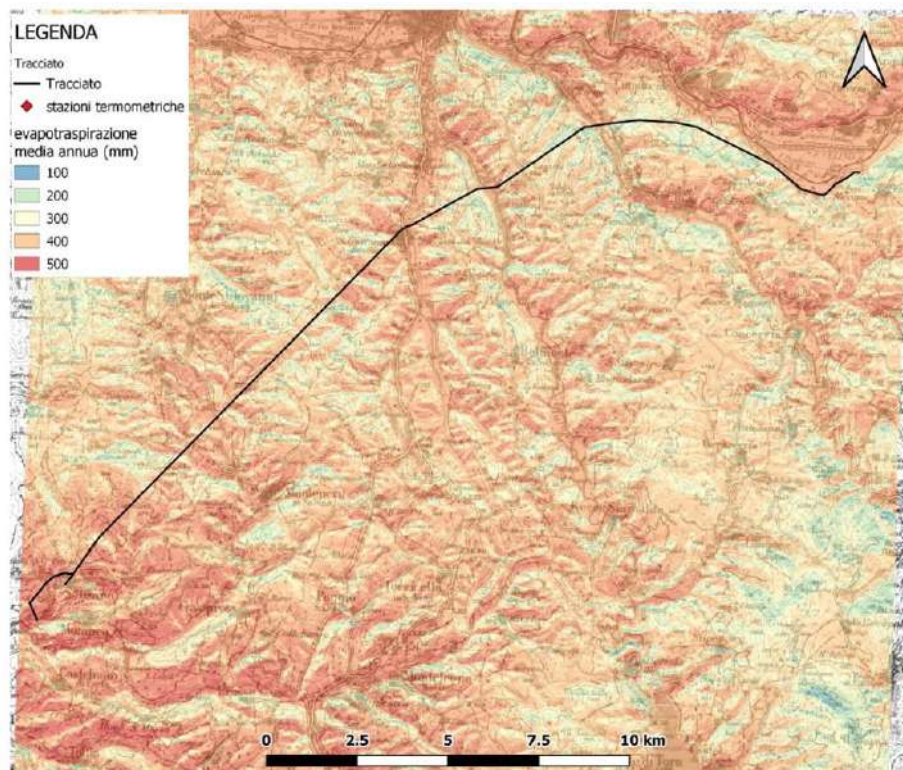


Figura 86 – Evapotraspirazione calcolata sull'area in studio.

Andando ad analizzare l'evapotraspirazione ottenuta, possiamo notare come essa vari tra un minimo di circa 100 mm/anno ad un massimo di 500 mm/anno con un valore medio dell'area compreso circa tra i 350 e i 420 mm/anno.

6.4.3 Deflusso Idrico Globale

Il deflusso idrico globale rappresenta il volume di acqua presente a valle dei fenomeni di evapotraspirazione e potenzialmente disponibile per ruscellamento ed infiltrazione in funzione delle caratteristiche dei suoli presenti e dell'utilizzo degli stessi.

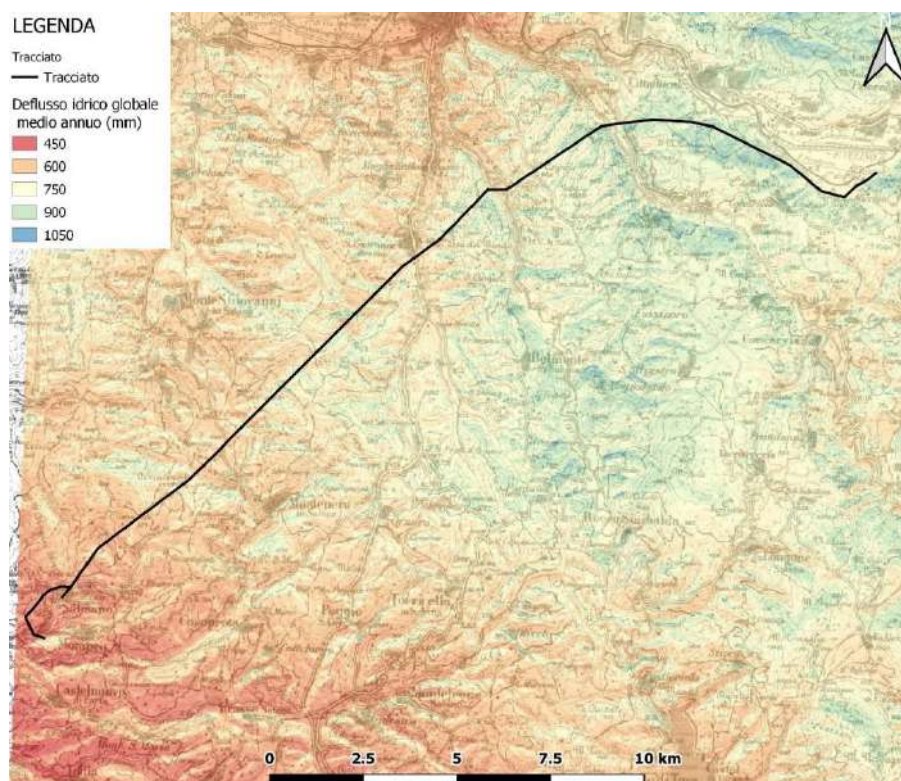


Figura 87 – Deflusso idrico globale calcolato sull'area in studio.

Si nota inoltre come i valori minimi interessino la valle del torrente Farfa e la piana di Rieti mentre i massimi sono presenti lungo i crinali che separano le valli del torrente Ariana e i fiumi Turano e Salto e a nord della piana di San Vittorino. Andando inoltre ad analizzare il diagramma di frequenza è possibile notare come i valori di deflusso medi presentino valori tra i 500 e gli 800 mm/anno.

6.4.4 Infiltrazione efficace

L'infiltrazione efficace è stata calcolata attraverso il metodo dei CIP (coefficienti di infiltrazione potenziale). Il CIP, parametro empirico, permette di assegnare ad ogni complesso idrogeologico riconosciuto un percentuale tale da esprimere la tendenza del complesso a permettere l'infiltrazione o meno di acqua. I valori di CIP, presenti in bibliografia (Celico, 1988) sono stati quindi assegnati ai complessi idrogeologici ricavati a valle della realizzazione della carta idrogeologica prodotta per il progetto. Ad ognuno dei complessi idrogeologici individuati è stato quindi assegnato un valore di CIP derivanti dalla media sull'intervallo proposto in letteratura (Tabella 8).

Tabella 8 – Valori di CIP assegnati ad ogni complesso idrogeologico (Celico, 1988).

Complesso idrogeologico	Intervallo CIP
Alluvioni	0.15 - 0.65
Complesso dei conglomerati cementati	0.7 - 1.0
Complesso marnoso calcareo	0.3 - 0.5
Complesso dei calcari	0.5 - 0.9
Complesso dei Fucoidi	0.1 - 0.2
Complesso calcareo silico marnoso	0.3 - 0.5
Complesso dei conglomerati e sabbie	0.1 - 0.4

I valori di infiltrazione efficace ottenuti variano da circa 90 mm/anno ad un massimo di circa 800 mm/anno. I massimi valori di infiltrazione vengono riscontrati rispettivamente nella zona a nord della piana di San Vittorino e lungo i versanti relativi alle valli dei fiumi Turano, Salto e del torrente Ariana. I valori minimi interessano invece le zone più depresse dell'area di studio ed in particolare la piana di Rieti a Nord e la valle del Farfa a sud. Valori non trascurabili di infiltrazione efficace sono presenti inoltre lungo la dorsale di San Giovanni Reatino con valori di circa 500 mm/anno.

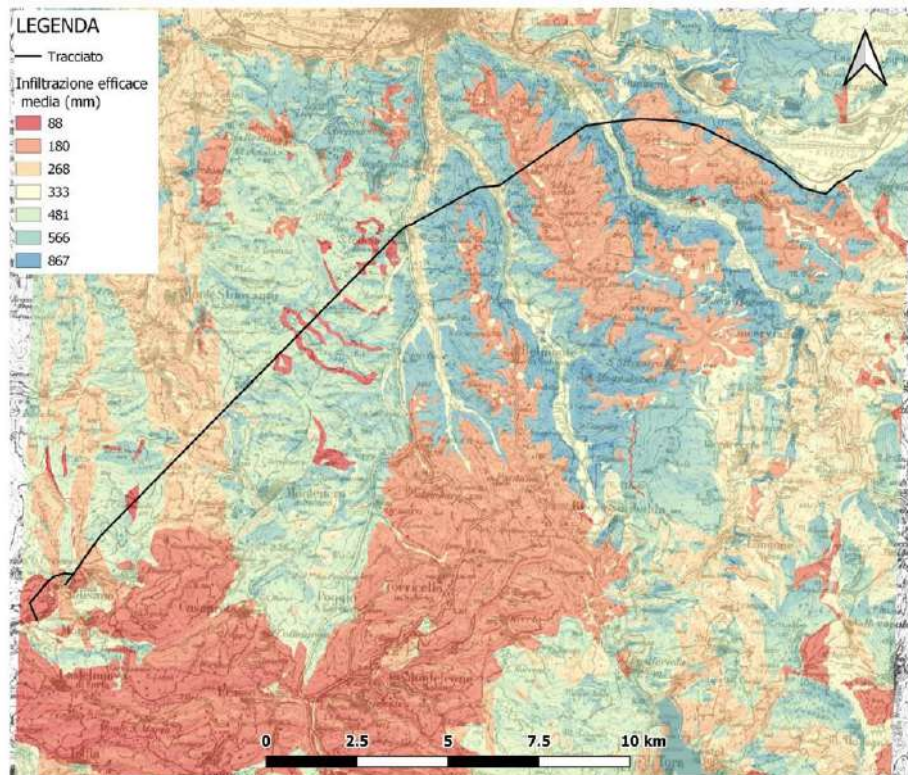


Figura 88 – Infiltrazione efficace stimata sull’area in studio.

Dalla distribuzione di valori di infiltrazione efficace sopra descritta ne deriva un deflusso superficiale con valori che oscillano da circa nulli ad un massimo di 800 mm/anno. Andando ad analizzare la distribuzione dei valori all’interno dell’area di studio è possibile notare come i valori massimi vengano riscontrati nella porzione nord-orientale dell’area di studio ed in particolare a ridosso dei versanti relativi alle valli dei fiumi Salto e Turano.

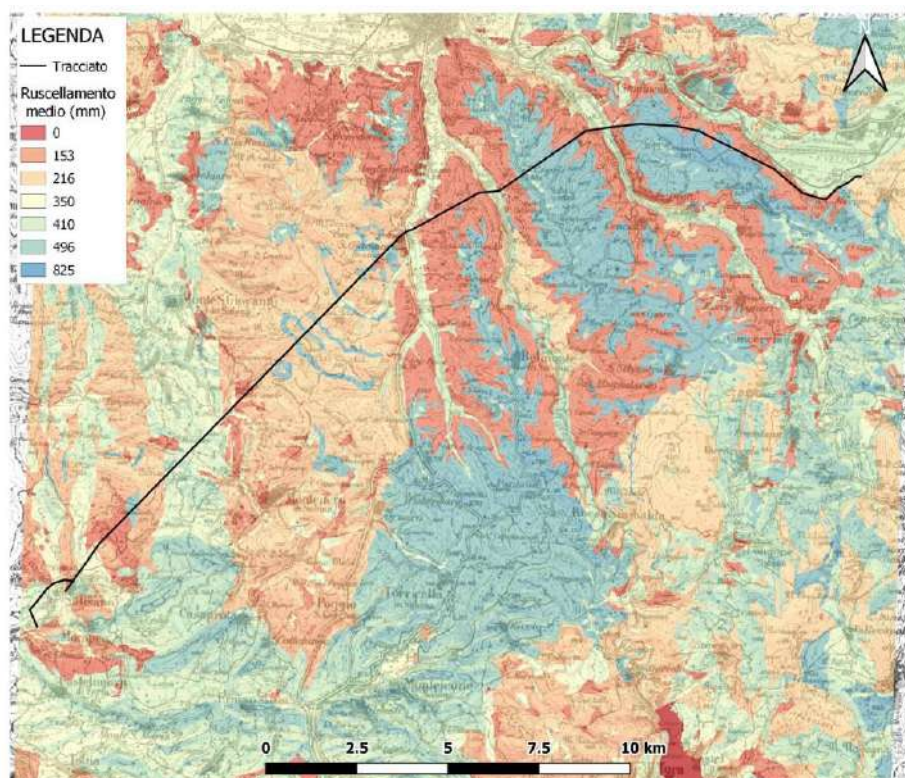


Figura 89 – Ruscaldamento stimato sull’area in studio.

Le considerazioni fatte in premessa riguardo il ruscellamento vengono qui ribadite sul fatto che il ruscellamento ritardato presente soprattutto nelle porzioni dei conglomerati sommitali delle dorsali di Salto e turano va progressivamente a rifiltrarsi aumentando di fatto il valore dell’infiltrazione efficace.

6.5 Modello idrogeologico regionale di sintesi

Prendendo a riferimento tutte le considerazioni drenate dai diversi studi editi ed inediti sull’area di progetto, unita ad evidenze provenienti da attività specifiche svolte a grande scala, si è giunti ad una sintesi idrogeologica appropriata alla fase progettuale.

L’area di interesse vede infatti un’importante falda regionale in cui si conferma lo spartiacque presente sulla dorsale di Montenero-Monte San Giovanni con direzioni di deflusso sotterraneo orientati in direzione NE e SW in cui si evidenziano gli acquiferi

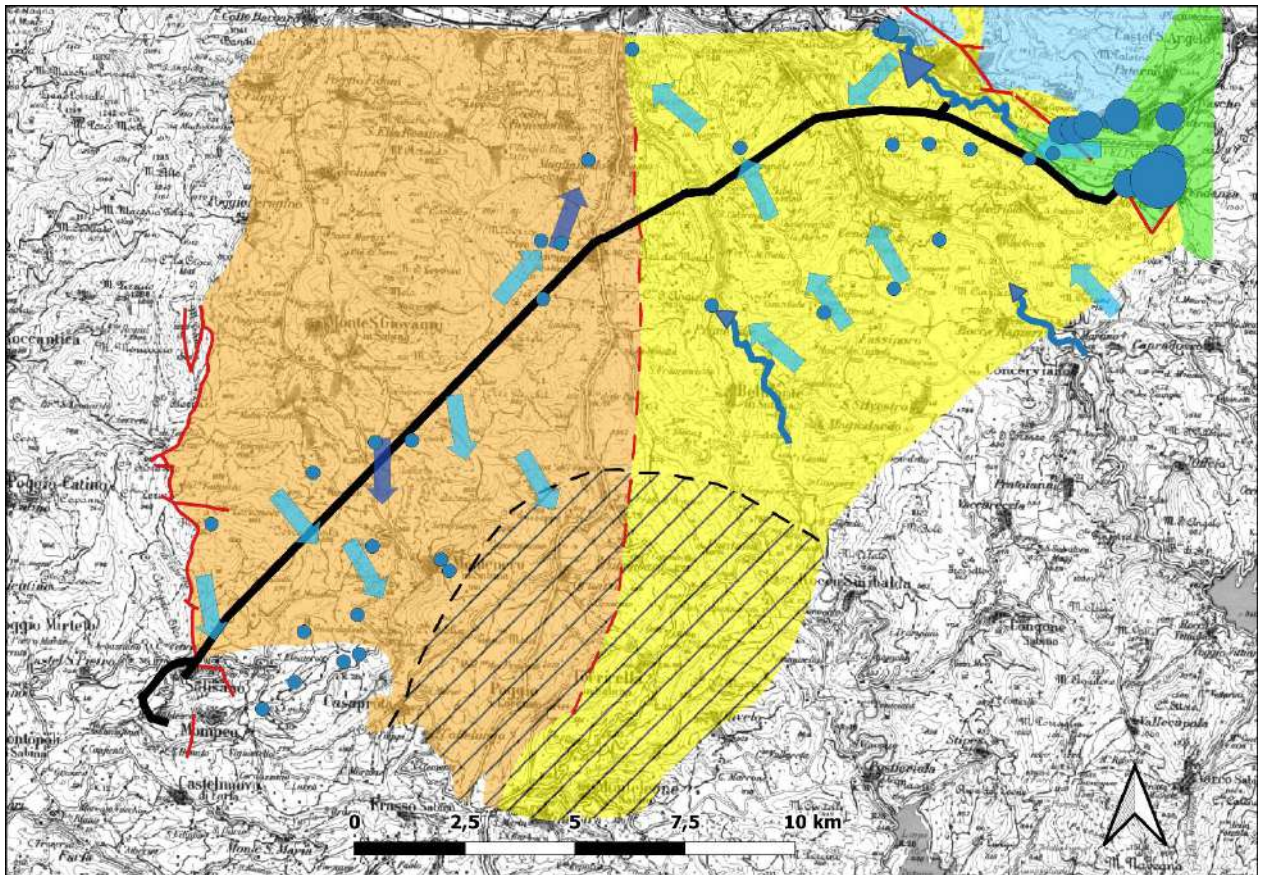
sovrapposti presenti nella Scaglia e nella Maiolica, separati dall'aquiclude costituito dalle marne a Fucoidi; le porzioni più orientali dell'area in studio vedono invece un deflusso sostanzialmente orientato verso la piana di Rieti e una falda contenuta prevalentemente nei depositi conglomeratici e della scaglia detritica ad eccezione del breve tratto interessato dalla zona sorgiva del Peschiera. In tal modo il tracciato dell'acquedotto si posiziona quasi sempre in direzione sostanzialmente perpendicolare alle direzioni di flusso degli acquiferi, eccezion fatta per alcuni tratti che attraversano la piana di S. Vittorino e della dorsale di Colle Ponzoni e in alcuni punti della dorsale di Monte San Giovanni.

A livello di circolazione regionale i flussi dell'acquifero propri delle dorsali Salto e Turano e della piana di S. Vittorino possiedono come recapito di base la piana di Rieti, eccezion fatta per il tratto di bacino idrogeologico afferente alla sorgente lineare del fiume Turano e della sorgente Laghetto di Rocca Sinibalda. I contributi infiltrativi relativi alla dorsale di Monte San Giovanni, che in parte vengono a giorno lungo il reticolo del fosso, non è ben chiaro se affiorino più a valle della sorgente Capore, lungo il fiume Farfa, oppure alimentino direttamente la sorgente stessa.

Dati indiretti quali isotopi stabili, trizio, regimi sorgivi e un bilancio idrogeologico condotto sul bacino idrogeologico riconosciuto in base ad analisi geologiche condotte nella redazione delle aree di salvaguardia per la sorgente Capore confermerebbero aree di alimentazioni prevalenti dai quadranti occidentali e sudoccidentali e un acquifero schiettamente confinato. Resta indeterminato anche il rapporto di continuità idraulica delle unità della scaglia detritica, proprie delle dorsali di Salto e Turano, con quelle della scaglia "bacinale" del torrente Ariana e dorsale di Monte San Giovanni se siano totalmente disconnesse attraverso il sovrascorrimento regionale a direzione meridiana o se vi sia una continuità idraulica attraverso elevate perdite di carico in quel tratto di acquifero.

Per quel che riguarda la natura dell'acquifero in Scaglia a cavallo del torrente Ariana, in base a quanto emerso dalle ricostruzioni geologiche ed idrogeologiche, emerge come quest'ultimo assuma le caratteristiche di un acquifero libero sostenuto

dall'acquiclude rappresentato dalla formazione delle Marne a Fucoidi. Questo schema trova conferma nei pozzi APS di San Giovanni Reatino, i quali risultano interessante rispettivamente l'acquifero superiore della Scaglia e l'acquifero sottostante della Maiolica, i quali ospitano entrambi falde a superficie libera. La sintesi operata sulla base dei dati editi e inediti sopraccitati è stata operata nella carta delle unità idrogeologiche in cui sono state distinte fondamentalmente due unità, separate da un importante lineamento tettonico orientato circa N-S (sovrascorrimento cieco di valle Ariana) caratterizzate, nelle porzioni meridionali, dalla presenza dell'acquifero in pressione della Sorgente delle Capore le cui estensioni non sono ben determinate. L'unità idrogeologica orientale, denominata Unità della Scaglia e Conglomerati, presenta una falda freatica più o meno continua circolante nei conglomerati e nella scaglia sottostante con gradiente che rispecchia quello degli acquiferi carbonatici regionali con valori del 5‰. Questa falda è caratterizzata da una direzione media di flusso orientata circa SE-NW e valori di carico idraulico che variano dagli oltre 420 m s.l.m. della zona meridionale prossima alla sorgente Laghetto di Rocca Sinibalda ai 390 m s.l.m. in prossimità della piana di Rieti. La sequenza dei conglomerati, in relazione a possibili intercalazioni di orizzonti poco permeabili, può inoltre essere sede di più circolazioni idriche sospese, che vanno ad alimentare sorgenti locali, con portate limitate. Procedendo verso i settori occidentali, ad Ovest del fronte di sovrascorrimento sepolto sotto la valle Ariana, si individua la seconda unità idrogeologica, denominata Unità della Scaglia e Maiolica. In questa unità è stata rilevata la presenza di due falde freatiche. La prima falda è ospitata dalle formazioni della Scaglia Bianca e Rossa e sospesa sulla sottostante formazione impermeabile delle Marne a Fucoidi. La seconda falda, più profonda, è ospitata dalla formazione della Maiolica e presenta un carico idraulico di circa 300 m s.l.m. I gradienti osservati per l'acquifero della scaglia invece risultano dell'ordine del 2-3% denotando una differenziazione di stile nella circolazione sotterranea esposto in precedenza.



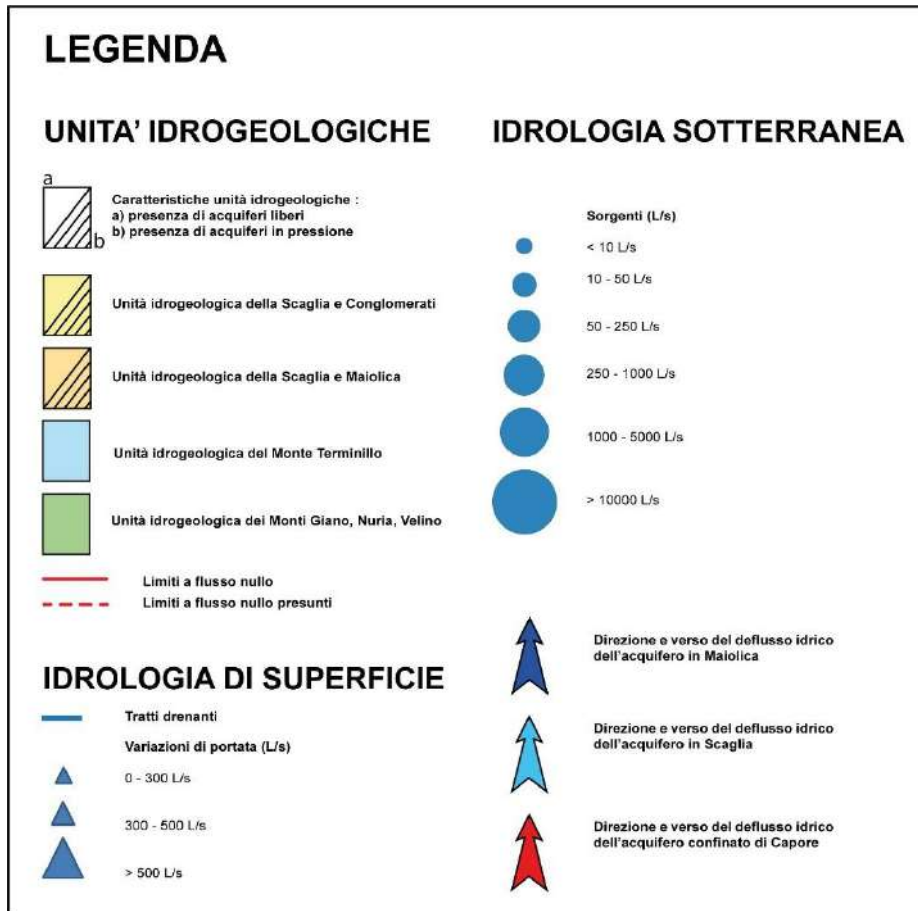


Figura 90 – Carta delle unità idrogeologiche.

7 Assetto idrogeologico di dettaglio

Sulla scorta del modello idrogeologico e sulla base dell'opera in progetto, sono state realizzate una campagna di misure e indagini atte a dettagliare e definire gli aspetti specifici trattati nella presente relazione. Oltre alle indagini geologiche e geofisiche, utili a riconoscere gli acquicludi locali e regionali, trattate in maniera esaustiva in altri paragrafi, sono state realizzate delle misure di portata sui fiumi Salto e Turano condotte per quasi un anno idrologico, atte a definire le portate presenti su questo recapito di base limitrofo al tracciato di progetto. Oltre alle misure di portata sono state realizzate misure piezometriche sui vecchi piezometri esistenti funzionanti e su quelli in via di realizzazione col fine di ricostruire il campo piezometrico, ipotizzandone la sua escursione nel regime idrologico medio per i diversi domini analizzati.

7.1 Misure di portata in alveo

Le misure di portata in alveo sui fiumi Salto e Turano, recapiti di base delle circolazioni regionali del dominio orientale, hanno avuto inizio dall'agosto del 2018 e hanno avuto postazioni di misurazione visibili nella figura di seguito riportata. In alcuni periodi dell'anno, su alcune postazioni, non è stato possibile effettuare la misura causa gli elevati battenti che cagionavano la sicurezza del personale addetto. Ciò è avvenuto di frequente sulla sezione n°5 del fiume Salto in corrispondenza della confluenza del canale idroelettrico e allo stesso modo la sezione n°6 sul Turano, nello sbocco sulla piana di Rieti. Le misure possono considerarsi rappresentative nel descrivere il regime idrologico naturale al netto degli eventuali rilasci operati dalle dighe di monte, che, al più, possono esser considerati invariati poiché le misure più prossime a tali manufatti hanno quasi tutte mostrato valori costanti. L'unica campagna rappresentativa del ruscellamento è quella del 8/2/19 mentre la precedente di gennaio e quella successiva di fine febbraio risentono di fenomeni di ruscellamento ritardato evidenti.

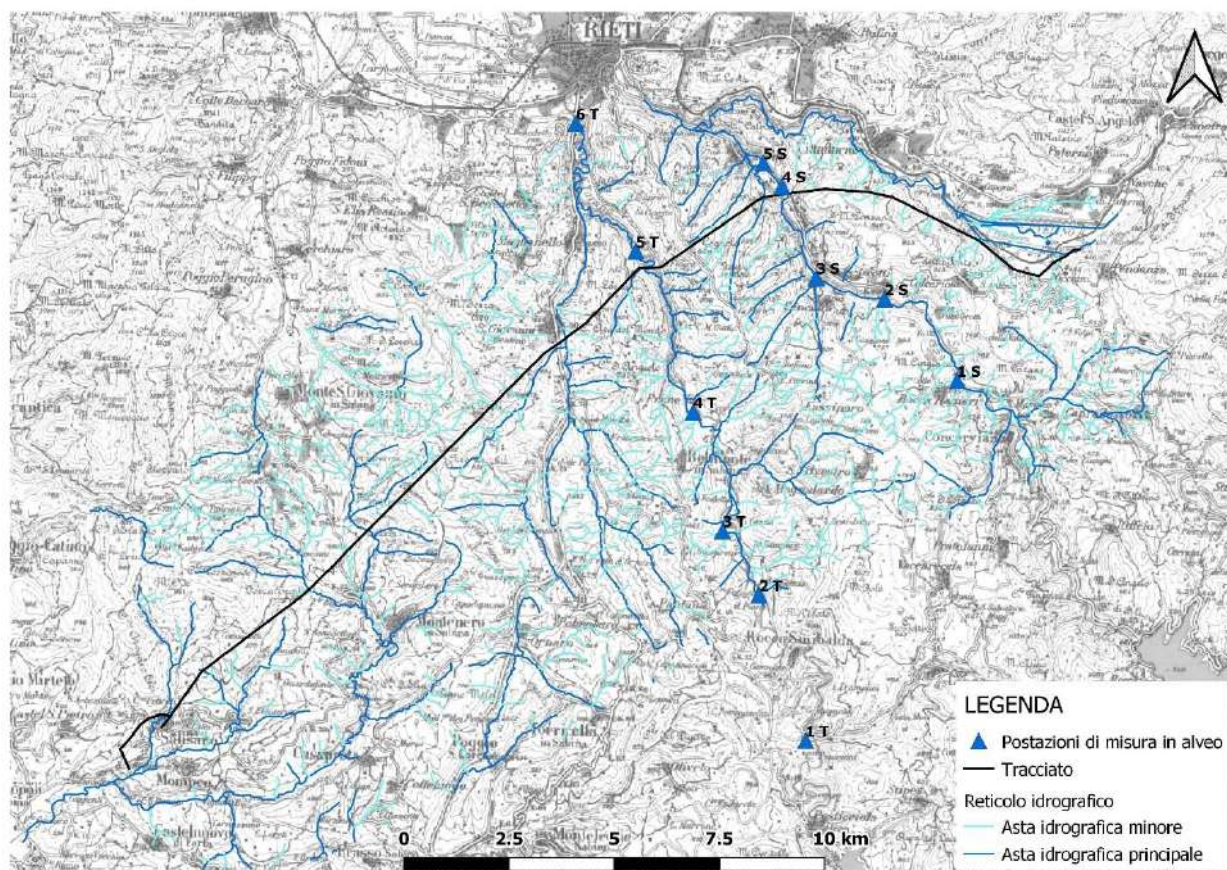


Figura 91 – Ubicazione delle postazioni di misura di portata in alveo.

7.1.1 Fiume Turano

I dati misurati sono riportati in Tabella 9 e nel grafico di sintesi successivo.

Tabella 9. Sinottico dei dati misurati Torrente Turano.

Corso d'acqua	Stazione	Data	Q m ³ /s	Corso d'acqua	Stazione	Data	Q m ³ /s
Torrente Turano	1T	24-set-2018	0,206	Torrente Turano	2T	24-set-2018	0,132
Torrente Turano	1T	10-ott-2018	0,531	Torrente Turano	2T	10-ott-2018	0,345
Torrente Turano	1T	12-nov-2018	0,264	Torrente Turano	2T	12-nov-2018	0,196
Torrente Turano	1T	19-nov-2018	0,247	Torrente Turano	2T	19-nov-2018	0,213
Torrente Turano	1T	11-dic-2018	0,242	Torrente Turano	2T	11-dic-2018	0,266

Corso d'acqua	Stazione	Data	Q m ³ /s	Corso d'acqua	Stazione	Data	Q m ³ /s
Torrente Turano	1T	10-gen-2019	0,359	Torrente Turano	2T	10-gen-2019	0,24
Torrente Turano	1T	29-gen-2019	0,305	Torrente Turano	2T	29-gen-2019	0,264
Torrente Turano	1T	08-feb-2019	0,558	Torrente Turano	2T	08-feb-2019	0,617
Torrente Turano	1T	27-feb-2019	0,751	Torrente Turano	2T	27-feb-2019	0,498
Torrente Turano	1T	11-mar-2019	0,224	Torrente Turano	2T	11-mar-2019	0,102
Torrente Turano	1T	27-mar-2019	0,286	Torrente Turano	2T	27-mar-2019	0,2
Torrente Turano	1T	09-apr-2019	0,263	Torrente Turano	2T	09-apr-2019	0,181
Torrente Turano	1T	30-apr-2019	0,268	Torrente Turano	2T	30-apr-2019	0,219
Torrente Turano	1T	24-mag-2019	0,499	Torrente Turano	2T	24-mag-2019	0,583
Torrente Turano	1T	21-giu-2019	0,228	Torrente Turano	2T	21-giu-2019	0,17
Torrente Turano	1T	11-lug-2019	0,167	Torrente Turano	2T	11-lug-2019	0,11
Torrente Turano	3T	24-set-2018	0,592	Torrente Turano	4T	24-set-2018	0,705
Torrente Turano	3T	10-ott-2018	0,753	Torrente Turano	4T	10-ott-2018	0,724
Torrente Turano	3T	12-nov-2018	0,56	Torrente Turano	4T	12-nov-2018	0,692
Torrente Turano	3T	19-nov-2018	0,563	Torrente Turano	4T	19-nov-2018	0,488
Torrente Turano	3T	11-dic-2018	0,544	Torrente Turano	4T	11-dic-2018	0,625
Torrente Turano	3T	10-gen-2019	0,664	Torrente Turano	4T	10-gen-2019	0,615
Torrente Turano	3T	29-gen-2019	0,732	Torrente Turano	4T	29-gen-2019	0,89
Torrente Turano	3T	08-feb-2019	1,25	Torrente Turano	4T	08-feb-2019	1,69
Torrente Turano	3T	27-feb-2019	0,665	Torrente Turano	4T	27-feb-2019	0,813
Torrente Turano	3T	11-mar-2019	0,52	Torrente Turano	4T	11-mar-2019	0,625
Torrente Turano	3T	27-mar-2019	0,545	Torrente Turano	4T	27-mar-2019	0,785
Torrente Turano	3T	09-apr-2019	0,514	Torrente Turano	4T	09-apr-2019	0,609
	3T			Torrente Turano	4T	30-apr-2019	0,684
Torrente Turano	3T	24-mag-2019	0,986		4T		
Torrente Turano	3T	21-giu-2019		Torrente Turano	4T	21-giu-2019	0,713
Torrente Turano	3T	11-lug-2019	0,664		4T		

Corso d'acqua	Stazione	Data	Q m ³ /s	Corso d'acqua	Stazione	Data	Q m ³ /s
Torrente Turano	5T	24-set-2018	0,567	Torrente Turano	6T	24-set-2018	0,577
Torrente Turano	5T	10-ott-2018	0,764	Torrente Turano	6T	10-ott-2018	
Torrente Turano	5T	12-nov-2018	0,621	Torrente Turano	6T	12-nov-2018	0,577
Torrente Turano	5T	19-nov-2018	0,501	Torrente Turano	6T	19-nov-2018	0,453
Torrente Turano	5T	11-dic-2018	0,537	Torrente Turano	6T	11-dic-2018	0,6
Torrente Turano	5T	10-gen-2019	0,06	Torrente Turano	6T	10-gen-2019	
Torrente Turano	5T	29-gen-2019	0,806	Torrente Turano	6T	29-gen-2019	
Torrente Turano	5T	08-feb-2019		Torrente Turano	6T	08-feb-2019	
Torrente Turano	5T	27-feb-2019	0,947	Torrente Turano	6T	27-feb-2019	
Torrente Turano	5T	11-mar-2019	0,651	Torrente Turano	6T		
Torrente Turano	5T	27-mar-2019	0,641	Torrente Turano	6T	27-mar-2019	0,608
Torrente Turano	5T	09-apr-2019	0,668		6T		
	5T				6T		
	5T				6T		
Torrente Turano	5T	21-giu-2019	0,703		6T		
Torrente Turano	5T	11-lug-2019	0,571		6T	11-lug-2019	0,529

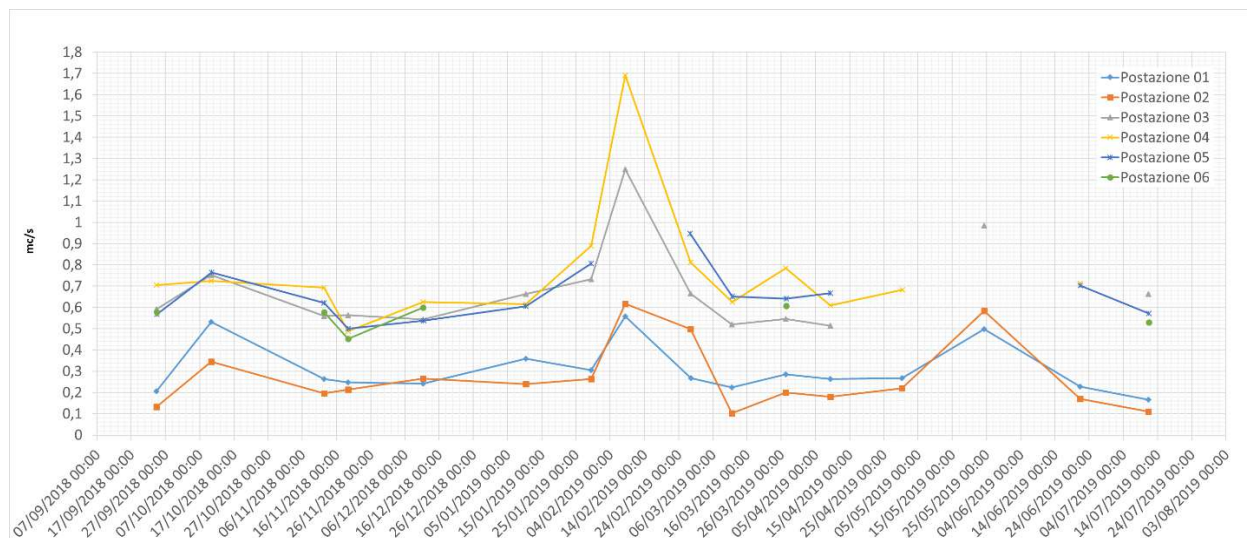


Figura 92. Livelli di portata misurati nelle stazioni 1-6.

Le misure evidenziate nel grafico su esposto mostrano un evidente incremento tra la postazione 1-2 e quelle di valle evidenziando un incremento medio di circa 400 l/s nell'anno idrologico considerato.

In particolare, misure ravvicinate nel tempo hanno poi dimostrato che nel tratto di fiume interposto tra la misura 3 e la 4 vi siano probabili ed episodici "prelievi" dal fiume che modificano il regime idrologico registrato nelle misure. Nel grafico sotto riportato è evidente come la sola misura effettuata sul punto 4 il 12/11/18 sia superiore di circa 200 l/s rispetto a quella effettuata il 19/11/18, evento che si ripete pressoché nella stessa forma in alcune misure successive.

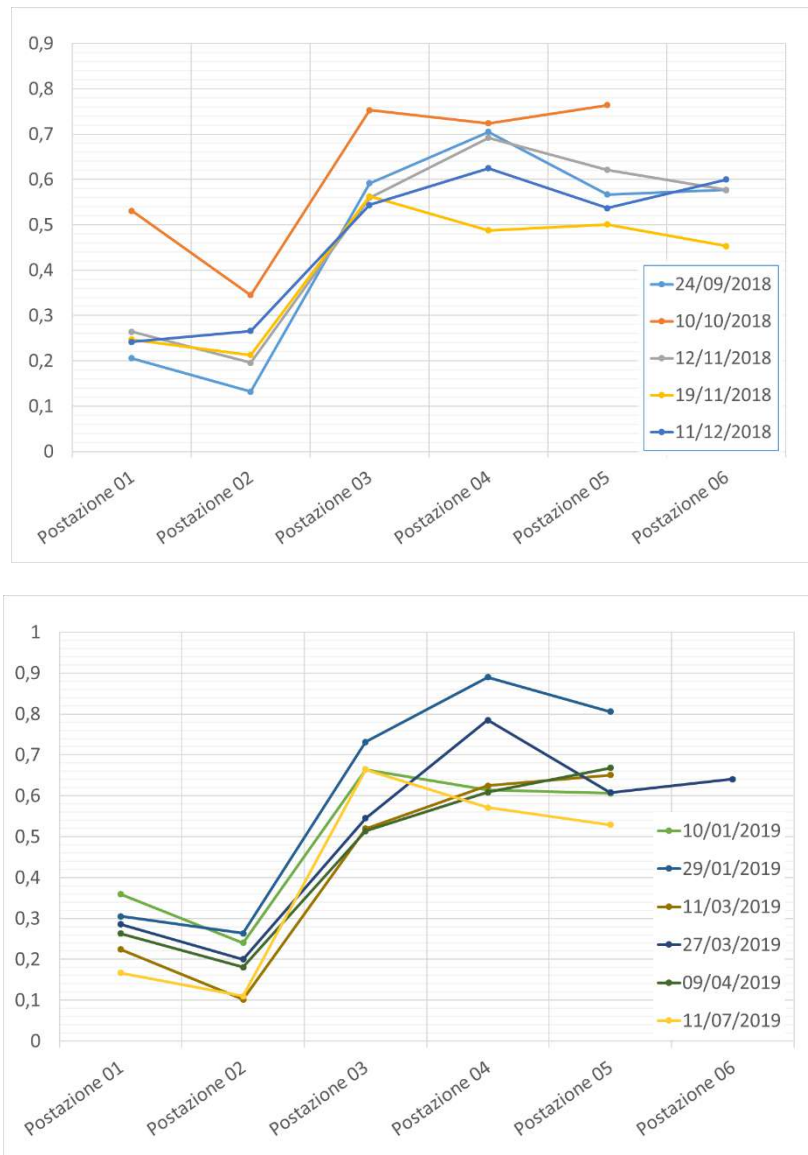


Figura 93 Confronto tra le portate misurate nelle postazioni di misura eseguite.

Da questi prospetti è macroscopicamente evidente che il tratto drenante la falda idrica in magra termina quindi sulla postazione 4. Il regime così ricostruito, tenendo in considerazione la differenza di portata tra la sezione 2 e la 4 comprende sia gli incrementi in alveo nel fiume Turano e le portate "scaricate" verso il fiume dalla sorgente Laghetto. Dal grafico sotto riportato nell'anno idrologico considerato si evidenzia una portata di magra di circa 350 l/s e una portata al colmo sicuramente superiore ai 600 l/s.

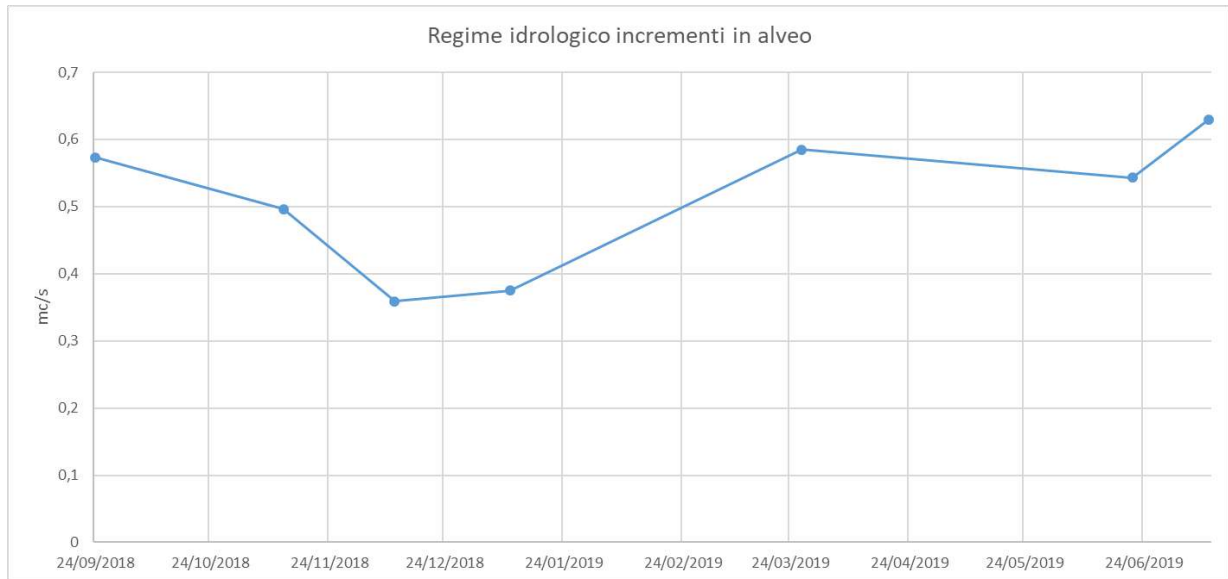


Figura 94 – Regime di portata dell’incremento in alveo del fiume Turano sommato al contributo della sorgente Laghetto per il periodo di osservazione.

A valle dei dati storici e di quelli acquisiti in questa campagna si può affermare come la portata affiorante su questo recapito di base locale delle circolazioni regionali presenti portate abbastanza diversificate strettamente connesse al regime pluviometrico presentando valori minimi registrati nel 2001 di circa 150-180 l/s sino a valori superiori a 700 l/s del 2013 sino ai circa 500 l/s registrati in questa campagna.

7.1.2 Fiume Salto

Le misure effettuate sul fiume Salto vengono parimenti di seguito riportate in Tabella 10.

Tabella 10. Sinottico dei dati misurati Fiume Salto.

Stazione	Data	Q [m ³ /s]	Stazione	Data	Q [m ³ /s]
1S	25/09/2018 09:15	0,798	2S	25/09/2018 09:45	0,613
1S	11/10/2018 07:50	0,731	2S	11/10/2018 08:50	0,612
1S	13/11/2018 08:30	0,827	2S	13/11/2018 09:30	0,724
1S	11/12/2018 12:00	0,822	2S	11/12/2018 12:45	0,843
1S	10/01/2019 15:50	0,893	2S	10/01/2019 14:30	0,786
1S	29/01/2019 16:15	0,88	2S	29/01/2019 15:30	1,11
1S	08/02/2019 11:44	1,86	2S	08/02/2019 15:00	2
1S	27/02/2019 17:45	1,23	2S	27/02/2019 17:00	0,805
1S	11/03/2019 08:00	0,991	2S	11/03/2019 09:30	0,811
1S	26/03/2019 10:45	1,06	2S	26/03/2019 12:00	0,82
1S	09/04/2019 16:15	0,96	2S	09/04/2019 15:00	1,02
1S	30/04/2019 10:16	1,07	2S	30/04/2019 10:02	1,05
1S	21/06/2019 15:00	1,14	2S	21/06/2019 14:00	0,872
1S	11/07/2019 16:00	0,98	2S	11/07/2019 15:00	0,813
3S	25/09/2018 10:13	0,507	4S	25/09/2018 10:40	0,536
3S	11/10/2018 10:00	0,582	4S	11/10/2018 11:15	0,536
3S	13/11/2018 09:05	0,717	4S	13/11/2018 11:30	0,579
3S	11/12/2018 13:45	0,713	4S	11/12/2018 15:00	0,613
3S	10/01/2019 13:30	0,634	4S		
3S	29/01/2019 14:30	1,3	4S	29/01/2019 13:15	0,974
3S	08/02/2019 13:00	1,91	4S	08/02/2019 12:00	1,75
3S	27/02/2019 16:45	0,997	4S	27/02/2019 16:00	0,765
3S	11/03/2019 10:30	0,804	4S	11/03/2019 11:45	0,735
3S	26/03/2019 13:00	0,784	4S	26/03/2019 14:30	0,867
3S	09/04/2019 15:00	0,766	4S	09/04/2019 13:45	0,657
3S	30/04/2019 10:45	0,967	4S	30/04/2019 09:33	0,863
3S	21/06/2019 13:00	0,727	4S	21/06/2019 12:00	0,973
3S	11/07/2019 14:00	0,831	4S	11/07/2019 12:45	0,706
5S	25/09/2018 11:28	0,423			
5S	11/10/2018 12:50	0,71			
5S	13/11/2018 12:00				
5S	11/12/2018 16:00				

RELAZIONE GEOLOGICA

Stazione	Data	Q [m ³ /s]	Stazione	Data	Q [m ³ /s]
5S					
5S	29/01/2019 13:00				
5S	08/02/2019 10:47				
5S	27/02/2019 15:00				
5S					
5S	26/03/2019 16:00				

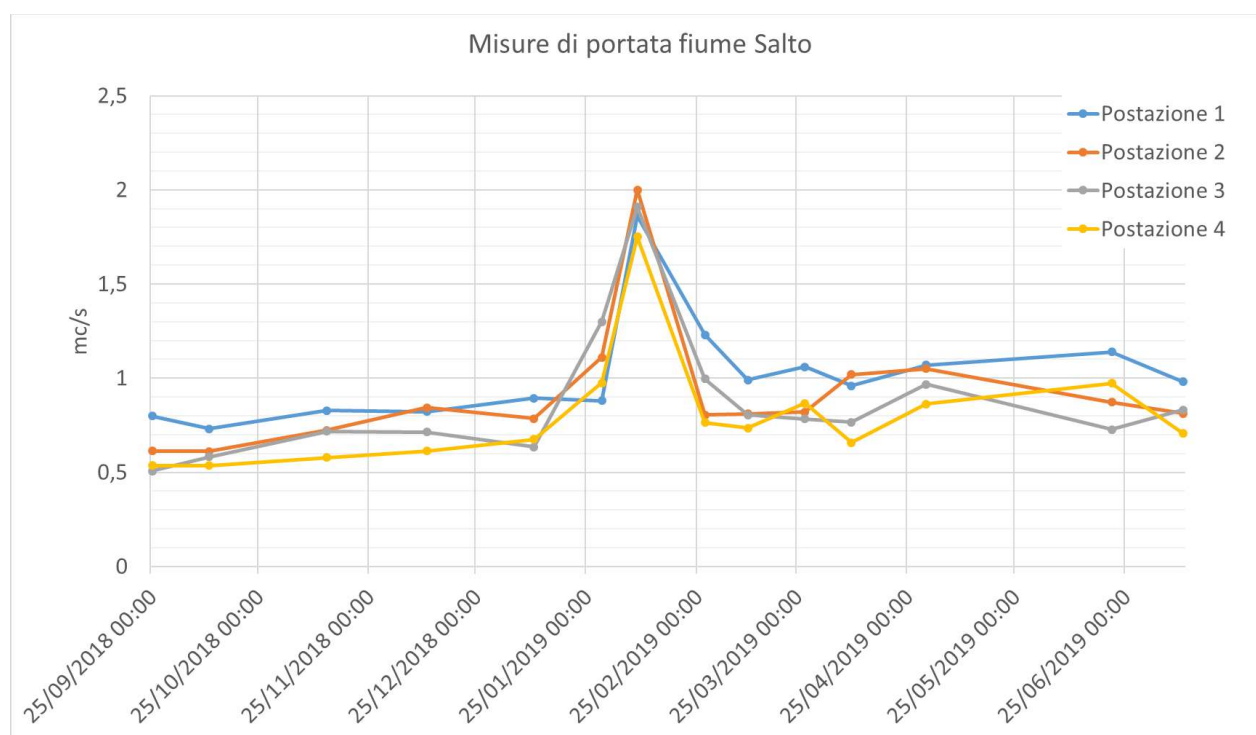


Figura 95 – Misure di portata per singola postazione.

Le portate registrate sia in morbida che in magra evidenziano una sostanziale assenza di apporti di acque sotterranee nell'anno idrologico osservato con una perdita in alveo che si mostra circa costante con una portata di circa 150 l/s nel tratto considerato. Come dalle figure di seguito riportate appare evidente come le misure nel tratto centrale del corso d'acqua, seppur contraddittorie nei regimi, mostrano una sostanziale perdita in alveo eccezion fatta per l'ultimo tratto prima dell'immissione del canale idroelettrico che in quasi tutte le campagne mostrava portate ingenti quasi

mai misurate causa logistica sfavorevole. Nel tratto finale tra la postazione 4 e 5 ci potrebbe essere quindi un incremento in alveo ad oggi non determinabile.

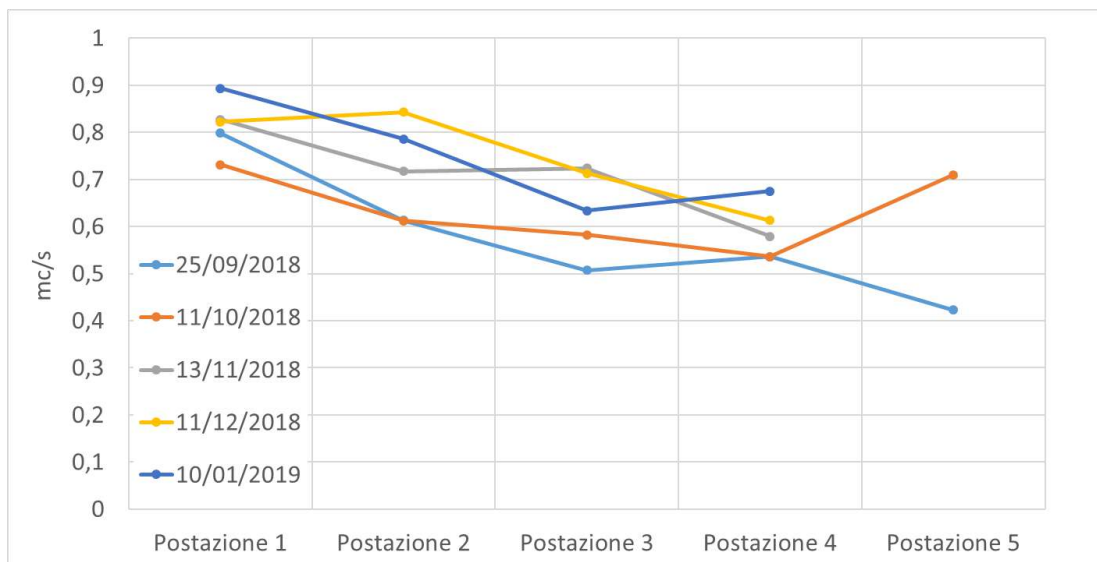


Figura 96 – Misure lungo l’asta registrate in magra.

7.2 Misure piezometriche

Le misure piezometriche effettuate sui piezometri già realizzati per lo studio del 2001 e quelli in corso di realizzazione vedono valori che sono riportati in Tabella 11 e grafico seguenti.

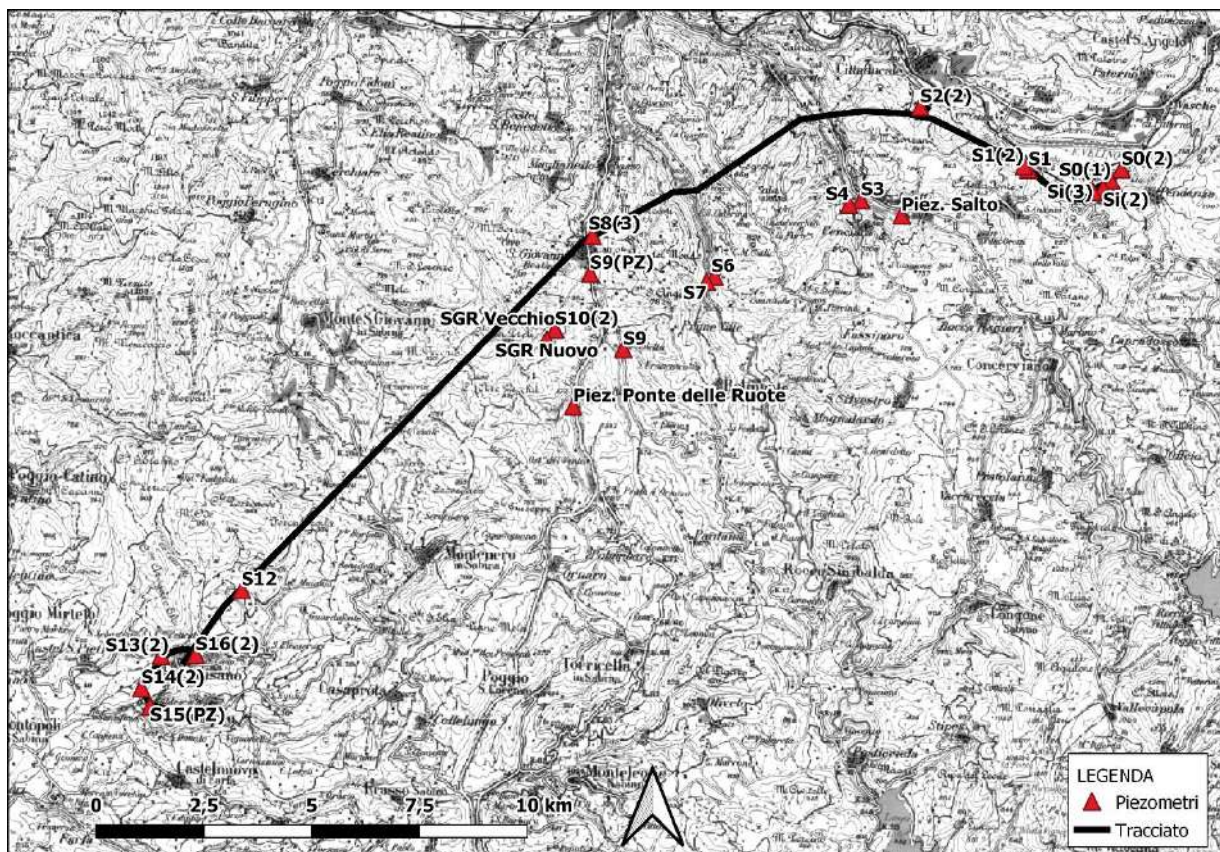


Figura 97 – Ubicazione dei piezometri storici e di quelli ad hoc realizzati rispetto al tracciato di progetto.

Tabella 11 – Misure piezometriche acquisite all’interno dei piezometri realizzati ed esistenti.

Piezometro	X(3004)	Y(3004)	Data	Sogg. (m)	p.c. (m s.l.m.)	Carico (m s.l.m.)
Piezometro Salto	2350585	4691365	08/08/2018	8,02	409,5	401,5
Piezometro Salto	2350585	4691365	27/09/2018	8,58	409,5	400,9
Piezometro Salto	2350585	4691365	01/10/2018	8,65	409,5	400,9
Piezometro Salto	2350585	4691365	19/11/2018	8,81	409,5	400,7
Piezometro Salto	2350585	4691365	12/12/2018	9	409,5	400,5
Piezometro Salto	2350585	4691365	08/05/2019	8,96	409,5	400,5

<i>Piezometro</i>	<i>X(3004)</i>	<i>Y(3004)</i>	<i>Data</i>	<i>Sogg. (m)</i>	<i>p.c. (m s.l.m.)</i>	<i>Carico (m s.l.m.)</i>
Piezometro Salto	2350585	4691365	27/06/2019	7,75	409,5	401,5
Piezometro Salto	2350585	4691365	09/07/2019	8,41	409,5	401,1
Piezometro Salto	2350585	4691365	23/08/2019	9,2	409,5	400,3
Piezometro Salto	2350585	4691365	30/09/2019	9,51	409,5	399,99
Piezometro Salto	2350585	4691365	23/10/2019	9,78	409,5	399,72
Ponte delle Ruote	2342965	4686934	08/08/2018	51.456	475	423,5
Ponte delle Ruote	2342965	4686934	27/09/2018	54,61	475	420,4
Ponte delle Ruote	2342965	4686934	01/10/2018	54,73	475	420,3
Ponte delle Ruote	2342965	4686934	19/11/2018	54,85	475	420,2
Ponte delle Ruote	2342965	4686934	12/12/2018	54,85	475	420,2
Ponte delle Ruote	2342965	4686934	29/01/2019	54	475	421
Ponte delle Ruote	2342965	4686934	08/02/2019	53	475	422
Ponte delle Ruote	2342965	4686934	27/03/2019	50	475	425
Ponte delle Ruote	2342965	4686934	10/05/2019	50,87	475	424,1
S0(1)	2355449	4692177	09/10/2019	1,4	408,2	406,8
S0(1)	2355449	4692177	23/10/2019	1,45	408,2	406,75
S0(2)	2355686	4692437	30/09/2019	0	407,5	407,5
S0(2)	2355686	4692437	23/10/2019	0	407,5	407,5
S1(2)	2353421	4692509	27/09/2019	9,33	410	400,67
S1(2)	2353421	4692509	23/10/2019	10,03	410	399,97
S1(2)	2353421	4692509	04/10/2022	9,49	410	400,51
S13(2)	2333406	4681135	30/09/2019	30,33	300	269,67
S13(2)	2333406	4681135	23/10/2019	31,16	300	268,84
S13(2)	2333406	4681135	04/10/2022	34,73	300	265,27
S15(2)	2333152	4679958	30/09/2019	25,03	157	131,97
S15(2)	2333152	4679958	23/10/2019	25,04	157	131,96
S15(2)	2333152	4679958	04/10/2022	27,90	157	129,10
S2(2)	2351015	4693885	30/09/2019	57,44	457	399,56
S2(2)	2351015	4693885	23/10/2019	57,7	457	399,3
S3	2349645	4691725	08/05/2019	7,8	404	396,2
S3	2349645	4691725	27/06/2019	6,19	404	397,81
S3	2349645	4691725	09/07/2019	6,95	404	397,05
S3	2349645	4691725	30/07/2019	6,91	404	397,09
S3	2349645	4691725	23/08/2019	7,88	404	396,12
S3	2349645	4691725	30/09/2019	7,74	404	396,26
S3	2349645	4691725	23/10/2019	8,75	404	395,25
S4	2349367	4691616	09/07/2019	5,65	403,2	397,55
S4	2349367	4691616	10/07/2019	5,3	403,2	397,9

<i>Piezometro</i>	<i>X(3004)</i>	<i>Y(3004)</i>	<i>Data</i>	<i>Sogg. (m)</i>	<i>p.c. (m s.l.m.)</i>	<i>Carico (m s.l.m.)</i>
S4	2349367	4691616	23/08/2019	6,74	403,2	396,46
S4	2349367	4691616	04/10/2022	8,10	403,2	395,10
S6	2346243	4689946	09/07/2019	10,36	405,6	395,24
S6	2346243	4689946	10/07/2019	9,9	405,6	395,7
S6	2346243	4689946	23/08/2019	11,09	405,6	394,51
S6	2346243	4689946	30/09/2019	10,68	405,2	394,52
S6	2346243	4689946	23/10/2019	11,78	405,2	393,42
S6	2346243	4689946	04/10/2022	11,30	405,2	393,9
S7	2346061	4689823	08/05/2019	6,87	401,2	394,33
S7	2346061	4689823	27/06/2019	5,55	401,2	395,65
S7	2346061	4689823	09/07/2019	5,91	401,2	395,29
S7	2346061	4689823	23/08/2019	6,73	401,2	394,47
S8(3)	2343414	4690895	30/09/2019	5,79	406	400,21
S8(3)	2343414	4690895	23/10/2019	6,7	406	399,3
S9	2344128	4688257	30/07/2019	9,44	444	434,6
S9	2344128	4688257	27/09/2019	12,61	444	431,39
S9	2344128	4688257	23/10/2019	11,2	444	432,8
S9	2344128	4688257	04/10/2022	12,93	444	431,07
S9(2)	2343362	4690020	13/08/2019	8,8	419	410,2
S9(2)	2343362	4690020	23/08/2019	9,19	419	409,81
S9(2)	2343362	4690020	27/09/2019	11,7	419	407,3
S9(2)	2343362	4690020	23/10/2019	13,2	419	405,8
S9(2)	2343362	4690020	04/10/2022	9,63	419	409,37
Si 2	2355257	4691988	10/05/2019	2,89	410	407,11
Si 2	2355257	4691988	27/06/2019	2,25	410	407,75
Si 2	2355257	4691988	09/07/2019	2,73	410	407,27
Si 2	2355257	4691988	18/07/2019	2,22	410	407,78
Si 2	2355257	4691988	30/07/2019	2,2	410	407,8
Si 2	2355257	4691988	13/08/2019	2,25	410	407,75
Si 2	2355257	4691988	23/08/2019	2,26	410	407,74
Si 2	2355257	4691988	27/09/2019	2,55	410	407,45
Si 2	2355257	4691988	23/10/2019	3,09	410	406,91
Si 2	2355257	4691988	04/10/2022	2,38	410	407,62
Si3	2355021	4691921	10/05/2019	4,99	410,7	405,71
Si3	2355021	4691921	27/06/2019	4,58	410,7	406,12
Si3	2355021	4691921	09/07/2019	5,1	410,7	405,6
Si3	2355021	4691921	18/07/2019	4,65	410,7	406,05
Si3	2355021	4691921	30/07/2019	4,58	410,7	406,12

RELAZIONE GEOLOGICA

Piezometro	X(3004)	Y(3004)	Data	Sogg. (m)	p.c. (m s.l.m.)	Carico (m s.l.m.)
Si3	2355021	4691921	13/08/2019	4,65	410,7	406,05
Si3	2355021	4691921	23/08/2019	4,75	410,7	405,95
Si3	2355021	4691921	27/09/2019	4,95	410,7	405,75
Si3	2355021	4691921	23/10/2019	5,41	410,7	405,29
Si3	2355021	4691921	04/10/2022	4,64	410,7	406,06

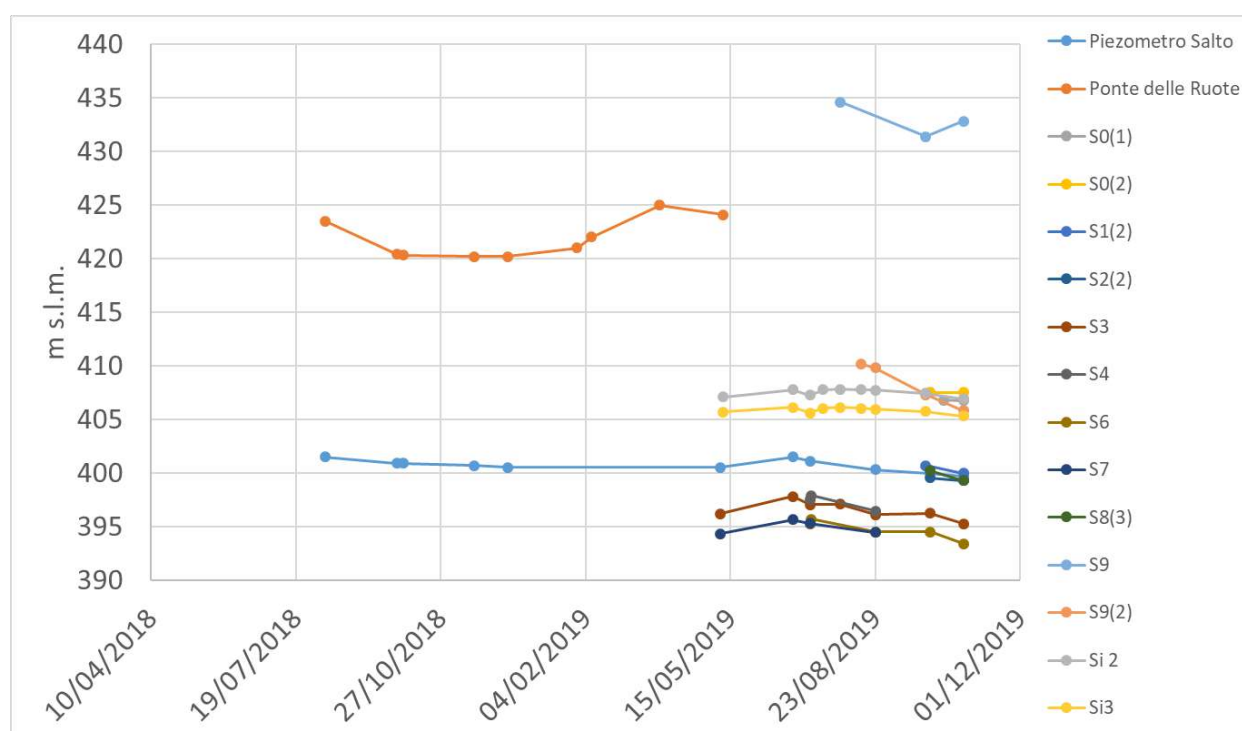


Figura 98 – Valori piezometrici misurati sui fori di sondaggio realizzati e sui vecchi piezometri realizzati per lo studio del 2001.

Da una analisi macroscopica appare evidente come il piezometro di Ponte delle Ruote, il piezometro S9 e S9(2), che si posizionano nel dominio proprio della dorsale di Montenero-Monte San Giovanni, possiedano escursioni maggiori rispetto a quelli presenti nel dominio delle dorsali di Salto Turano e piana di San Vittorino, come già testimoniato dalle misure pregresse evidenziate su studi editi e inediti unito ai carichi più elevati insieme al piezometro realizzato in corrispondenza della Valle Ariana in località Piana delle Molette. Nella figura non vengono proposti le misurazioni

effettuate per i piezometri realizzati in prossimità di Salisano poiché non indicativi di un regime idrologico ma unicamente di misure singole.

7.2.1 Area sorgiva

La piezometria rilevata nella zona antistante l'area sorgiva ha subito un'evoluzione nel tempo a causa dello sviluppo della captazione effettuata attraverso nuove opere che hanno trasformato il sito dal 1935 al 1974. La piezometria naturale ricostruita attraverso le diverse emergenze presenti sul versante e sulla piana configurano direzioni di flusso nel versante circa SE-NW mentre sulla piana si rinviene una direzione circa E-W.

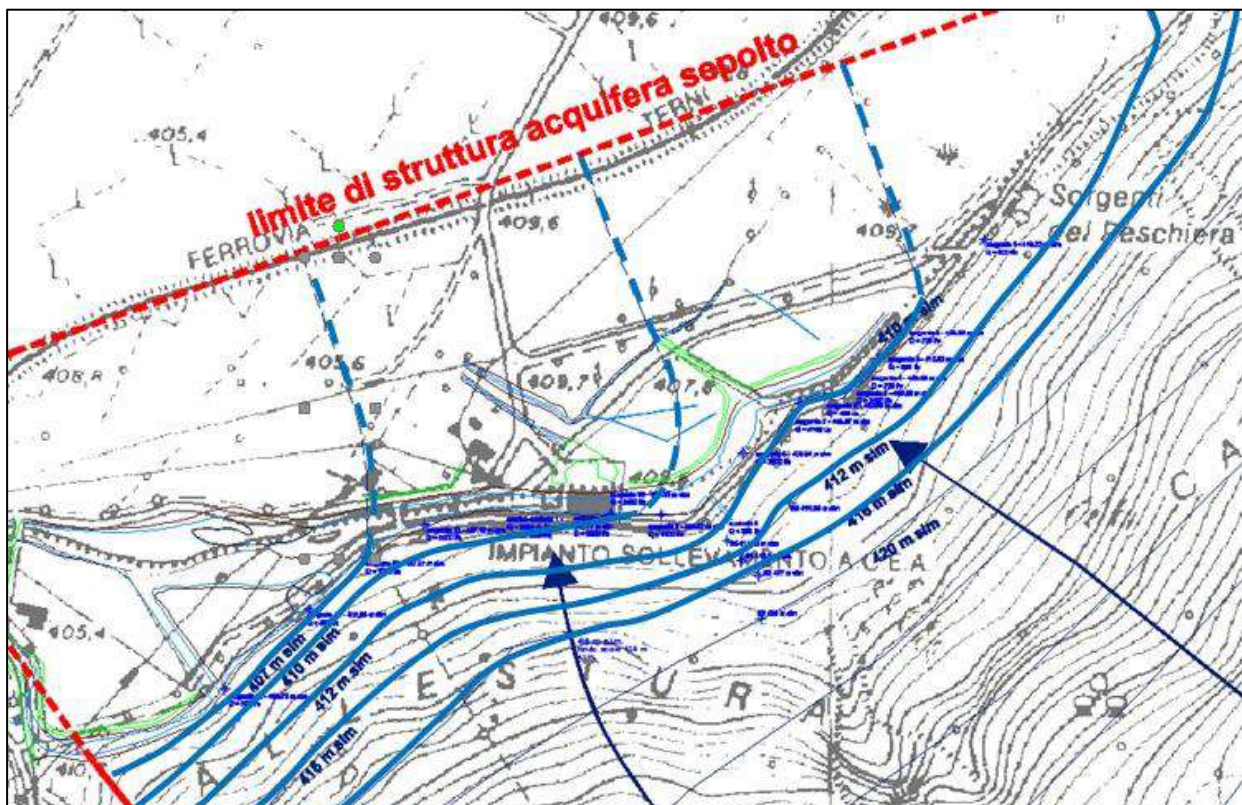


Figura 99 – Ricostruzione della piezometria sul versante e sulla piana antecedente le opere di presa. È visibile l'antico corso del fiume Peschiera passante per l'attuale posizione della centrale di sollevamento.

La piezometria ad oggi ricostruita a seguito della realizzazione delle gallerie drenanti, del sistema drenante e del canale di raccolta delle acque non captate il palancolato con annesso strato di argilla costipata profondo 8 m che delimita il sistema drenante in corrispondenza della base del cono detritico limitrofo allo scarico della finestra 2, vede la "traslazione" verso est della isoidroipsa di quota 409 m s.l.m., che viene a collocarsi in coda al sistema drenante ed a ridosso del canale delle acque non captate. Tale traslazione comporta anche un arretramento parziale della idroisoipsa di quota 410 m s.l.m. che viene vincolata alla forma geometrica del canale stesso; piezometrica ha considerato anche la quota media misurata nel sistema drenante che risulta essere pari a 408,3 m s.l.m. Inflessioni della piezometria si notano in corrispondenza delle gallerie drenanti.

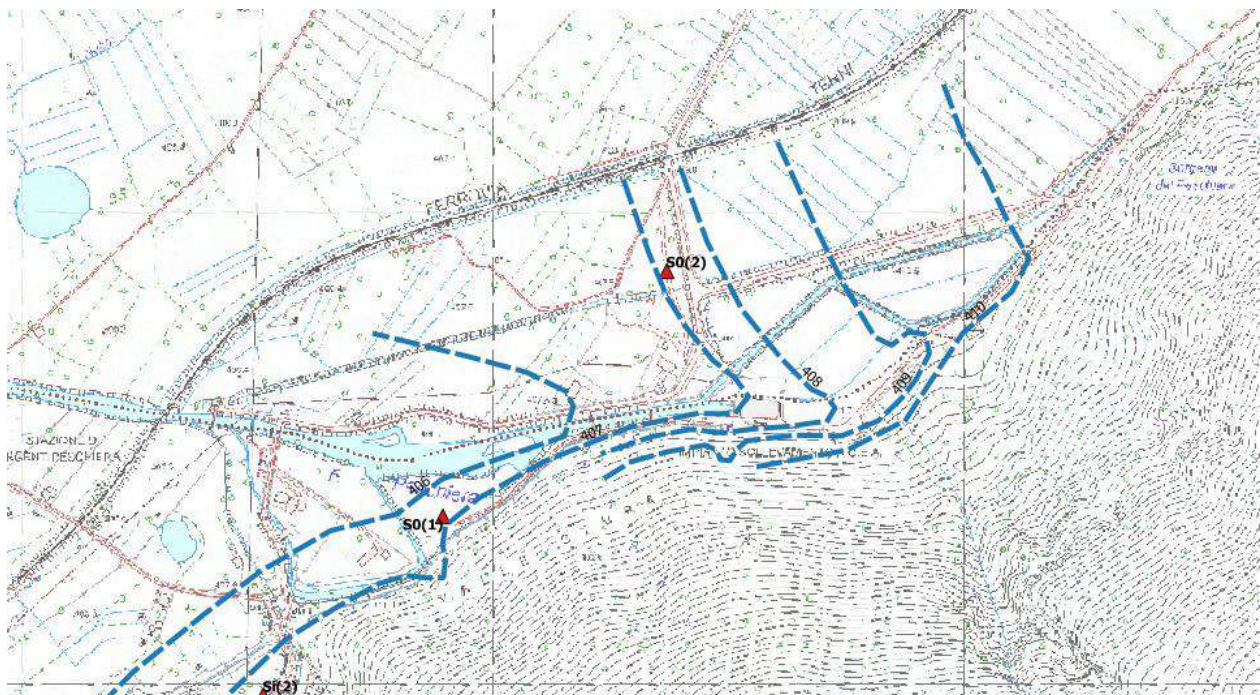


Figura 100 – Ricostruzione della piezometria attuale in zona sorgiva.

La descrizione dei carichi rilevati nelle zone antistanti la sorgente è direttamente connessa alla situazione stratigrafica della piana adiacente al versante, caratterizzata dall'interposizione di litofacies fluviali con depositi ad alta permeabilità caratterizzati da massi e detriti di grandi dimensioni il cui spessore si esaurisce rapidamente in

distanza dal piede del versante; tale fenomeno genera situazioni di blanda artesianità sulla piana connessi alla presenza di questi corpi detritici del versante allungati sulla piana poiché il substrato acquifero trasferisce portata al proprio interno per alcune decine di metri di profondità alla piana al di sotto delle quote di affioramento. La filtrazione ascensionale dei flussi trasferiti dai corpi detritici alla piana viene poi in gran parte dissipata dalle ridotte permeabilità della serie alluvionale.

In tale contesto le oscillazioni piezometriche, direttamente connesse con il regime sorgivo, possiedono variazioni pressoché irrilevanti che vengono leggermente modificate dall'esercizio dell'impianto.

7.2.2 Piana di Micciani

L'assetto piezometrico della Piana di Micciani risulta influenzato dalla presenza di una serie di componenti di seguito elencate connesse al:

- fronte di deflusso sotterraneo che dalla zona sorgiva Peschiera si allarga sulla piana di San Vittorino alla base del rilievo montuoso carbonatico su cui sorge l'abitato di Pendenza;
- travaso sotterraneo dalla porzione di rilievo collinare compreso tra l'abitato di Micciani e il versante adiacente alla zona di confluenza del F. Peschiera nel f. Velino;
- substrato meso - cenozoico a bassa permeabilità, posto nelle zone sud orientali, che interrompe la continuità dei travasi sotterranei, posto tra il rilievo montuoso del M. Nuria ed il rilievo collinare conglomeratico.

L'assetto delle isidroipse in profondità è quello caratteristico di una falda artesianiana a bassissimo gradiente, che risente solo in parte dei corsi d'acqua superficiali in quanto si articola per il ruolo dei paleoalvei ghiaiosi nella canalizzazione del flusso sotterraneo. La falda, freatica presso la base del rilievo montuoso, diviene progressivamente artesianiana progredendo verso l'interno del fondovalle in quanto i deflussi si immergono nei depositi sabbiosi sottostanti la coltre limosa superficiale con un gradiente idrico inferiori a quello topografico che la porta a risalire il piano

campagna. Il substrato carbonatico sepolto a grande profondità (tra i 150 ed i 250 m s.l.m.), ove presente, contiene risorse idriche a lentissimo ricambio, possiede quote piezometriche di alcuni metri sopra il piano campagna ed alimenta i fenomeni di drenanza verticale che caratterizzano l'intera piana di San Vittorino, testimoniati dai laghi sorgivi (sinkhole), formatisi per sprofondamento.

In questo contesto le oscillazioni piezometriche registrate nei piezometri realizzati in questo territorio si caratterizzano per blande escursioni tra morbida e magra non eccedenti gli 1,5 m come evidenziato dalla figura di seguito riportata.

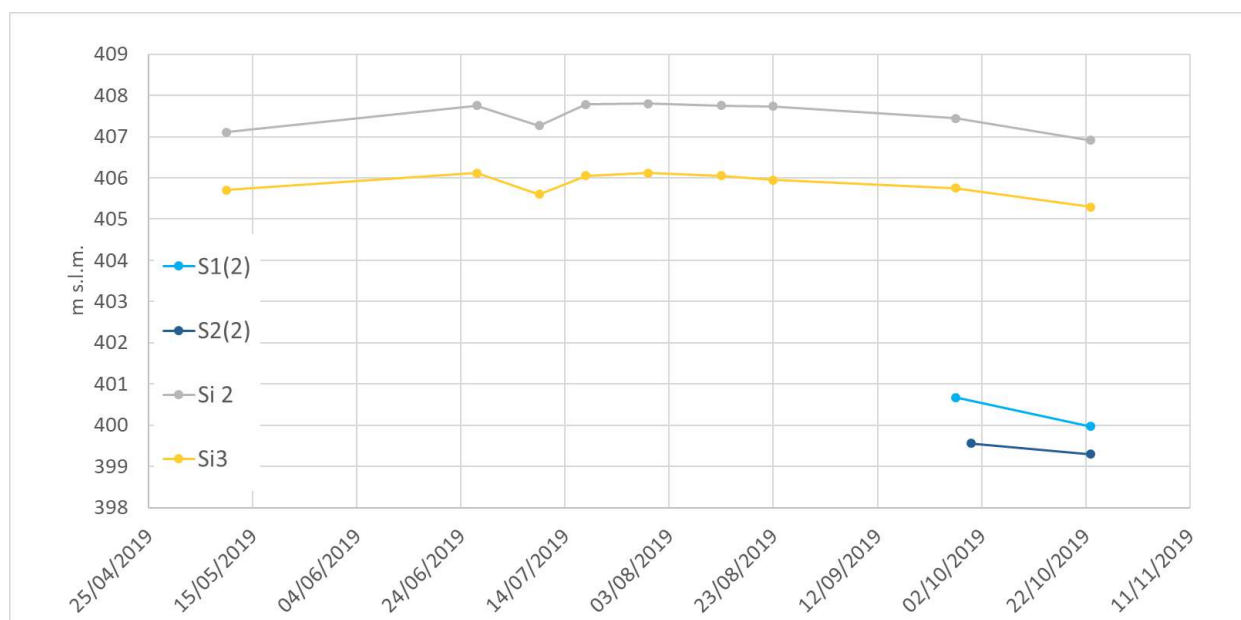


Figura 101 – Oscillazione piezometrica registrata sui piezometri della piana di Micciani-San Vittorino.

7.2.3 Fondovalle fiumi Salto e Turano

La piezometrica rilevata nei fondovalle dei due fiumi è direttamente connessa con il ruolo registrato dai due corsi in corrispondenza delle misure di portata in alveo. Nelle misure effettuate si registra un'escursione in morbida e magra maggiori di 2 m con differenze di circa 1 m rispetto al il piezometro "Salto" realizzato nel 2001.

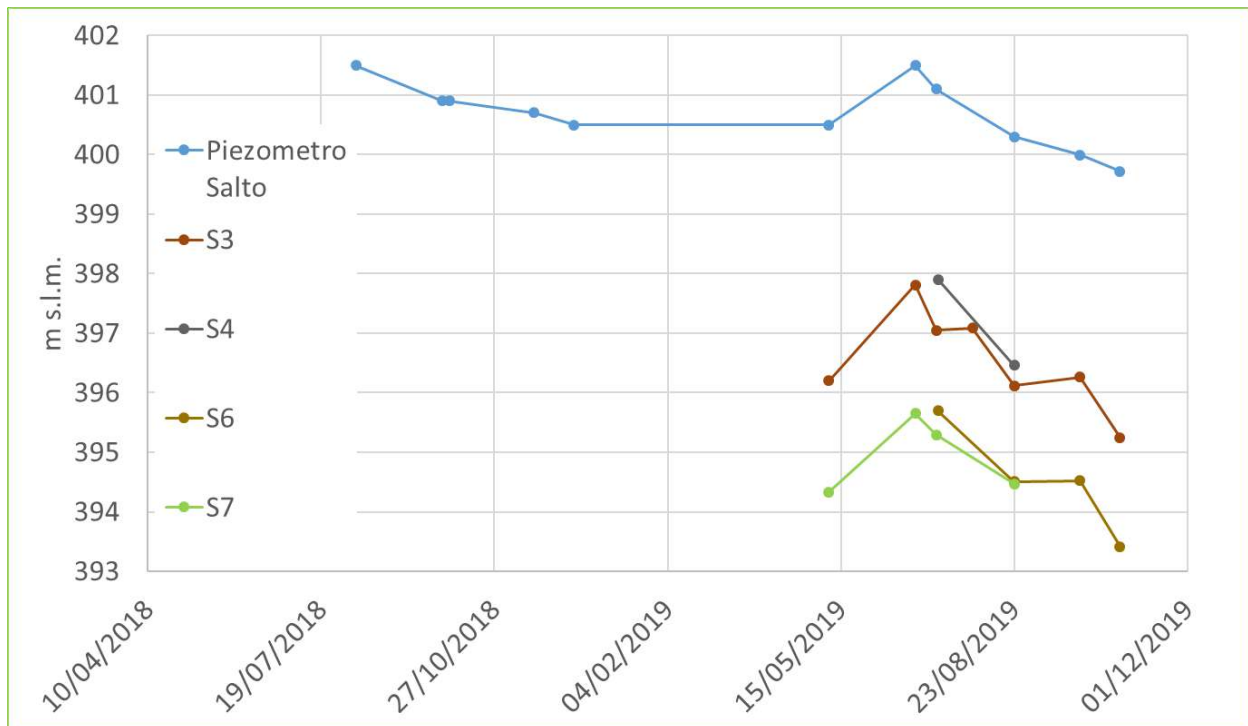


Figura 102 – Oscillazione piezometrica registrata sui piezometri sui fondivalle alluvionali dei corsi d’acqua principali.

7.2.4 Valle Ariana

La piezometrica rilevata in tale territorio, riconosciuta come afferente ad una distinta Unità Idrostrutturale, presenta il caratteristico spartiacque regionale orientato circa WNW-ESE, probabilmente connesso ad elementi strutturali a simile orientazione. I livelli piezometrici registrati nella campagna effettuata in questo studio ammontano a 5 m tra morbida a magra. Sono state rilevate in precedenti campagne piezometriche, proprie di anni particolarmente siccitosi, differenze piezometriche di circa 15 m, registrati presso il piezometro di Ponte delle Ruote tra l’anno 2001 e 2002.

La giustificazione di tali escursioni elevate rispetto al limitrofo acquifero in conglomerati e scaglia delle valli del Salto e Turano risiede, allo stato delle indagini sin ora svolte, nella probabile bassa porosità secondaria di tale porzione d’acquifero che ne giustifica regimi direttamente connessi con quelli pluviometrici con alfa di scarica.

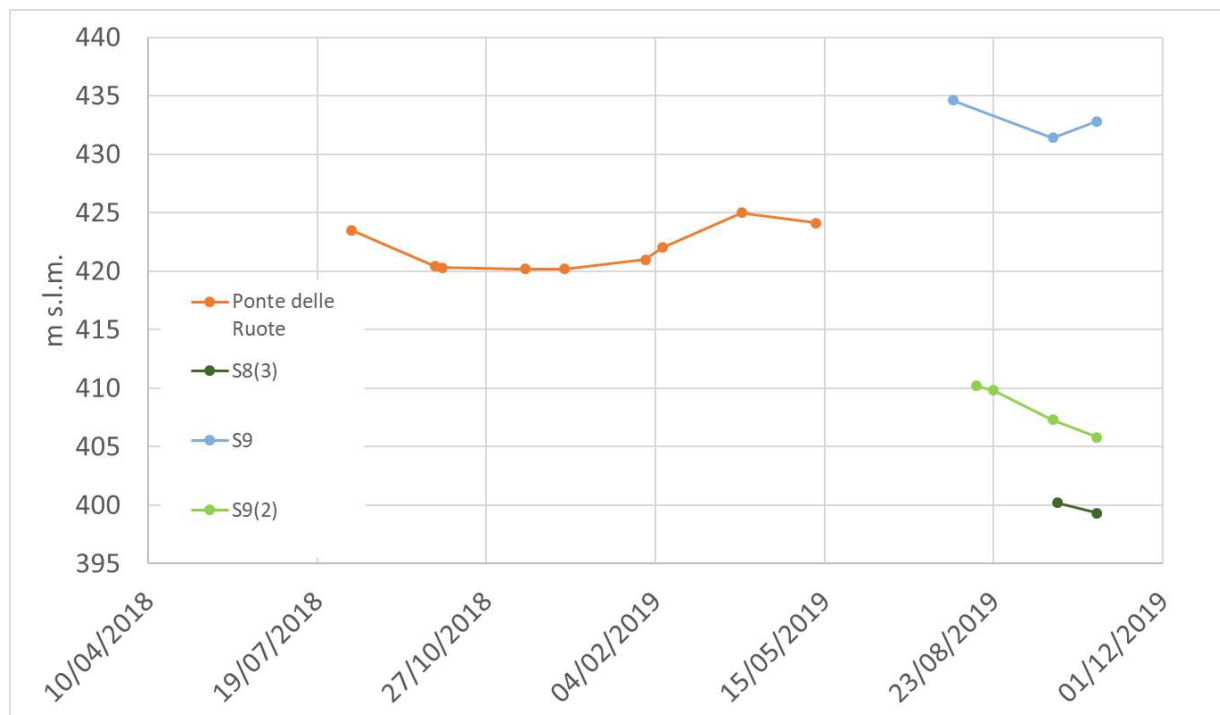


Figura 103 – Oscillazione piezometrica registrata sui piezometri di Valle Ariana.

7.2.5 Salisano

La piezometria registrata in questa porzione di acquifero risente notevolmente delle caratteristiche geomeccaniche dell'acquifero che presenta litotipi notevolmente tettonizzati che hanno modificato le proprietà della "roccia madre". Le evidenze di tali ricostruzioni sono state osservate sia nei fori di sondaggio che nelle misure piezometriche effettuate dove si sono riscontrati elevati gradienti idrici. Un esempio è fornito dal gradiente tra il piezometro S13(2) e S15(2) che presenta valori prossimi al 10%.

Tali dati trovano una giustificazione nel contesto geologico-strutturale locale proprio di un fronte di sovrascorrimento che oltre a generare fenomeni plicativi nella serie stratigrafica ha ridotto notevolmente la permeabilità secondaria serrando le fratture che conducono il flusso idrico. In tale ambientazione andranno effettuati approfondimenti per osservare la variazione dei carichi piezometrici che possono differire notevolmente su brevi distanze.

7.3 Caratterizzazione dei complessi idrogeologici

Al fine di caratterizzare i diversi complessi idrogeologici riconosciuti sia in affioramento che nei fori di sondaggio, sono state considerate sia indagini storiche, effettuate presso l'impianto di captazione delle sorgenti del Peschiera in corrispondenza dell'ampliamento dell'impianto nel 1963, sia prove eseguite sui fori di sondaggio su una campagna appositamente effettuata lungo punti del tracciato di progetto. Le prove sono state eseguite ed interpretate come da raccomandazioni AGI (1977).

7.3.1 Complesso delle alluvioni

Le prove effettuate in sorgente, ubicate nella figura di seguito riportata, sono composte da quattro sondaggi realizzati dalla Rodio rispettivamente nell'alveo naturale del fiume Peschiera, prima degli interventi del 1963, alla base del cono detritico posto in sinistra idraulica e un l'ultimo posto in destra idraulica identificato con il numero 4.

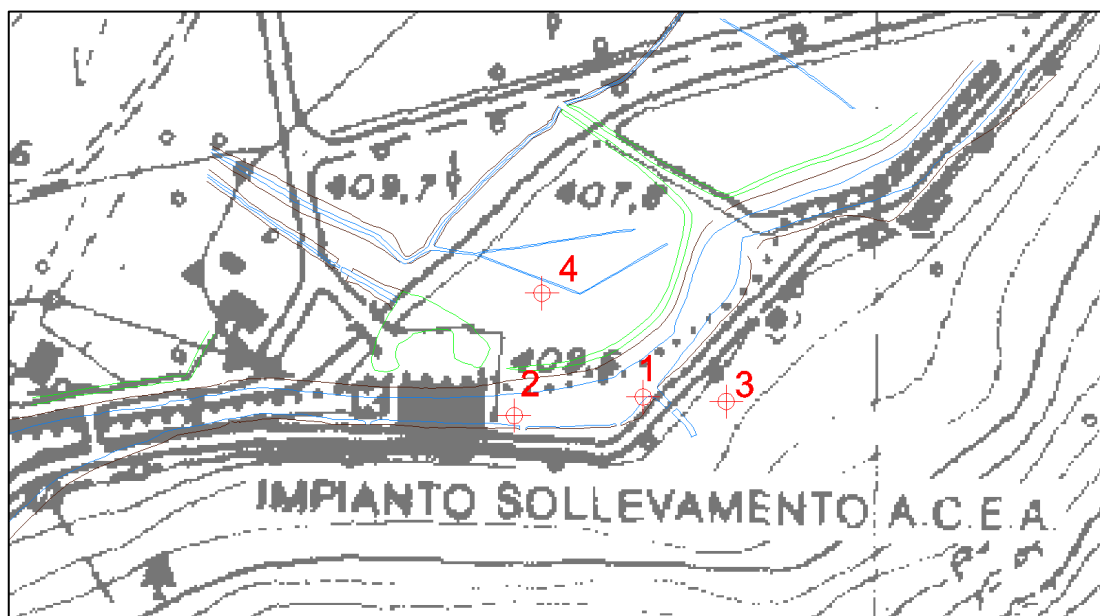


Figura 104 – sondaggi della Rodio del 1964.

Il foro 1, profondo 35 m, è integralmente impostato nel detrito ghiaioso riferibile al cono di deiezione per i primi 6.6 m., alle alluvioni ghiaioso – sabbiose del fiume Velino per l'intervallo di profondità tra i 6.6 m ed i 23 m ed infine nel detrito a blocchi e grossi elementi con sabbia del cono di detrito sino a 35 m. Il foro 2, è impostato per 6.5 m in alternanze di strati sabbiosi con ghiaia, riferibili ai depositi del fiume Velino ed in detrito calcareo a grossi blocchi per la parte restante. Il foro 3, impostato alla quota di 415.89 m s.l.m. sul cono di deiezione, riscontra per 14.5 m di profondità ciottoli calcari e poi detrito di roccia calcarea sino a 34.20 m di profondità con un orizzonte interposto di detrito poligenico spesso 0.85 m. A 34.2 m di profondità si riscontrano 2.8 m di sabbia fluviale passante quindi a detrito da 37 m sino a fondo foro a 49.5 m dal p.c. Il foro 4, posto nell'odierno spazio adiacente al sistema drenante, poco a nord del fiume Peschiera alla quota di 408.29 m s.l.m., rinviene ghiaia poligenica con sabbia sino a 14.50 m passante a ghiaia poligenica a grossi elementi con sabbia grossolana sino a 19.20 m. Questo strato poggia su un orizzonte di ghiaia poligenica grossolana ed argilla limosa presente sino a 21.60 m. Al di sotto si rinviene ghiaia poligenica a grossi elementi sino a 30.5 m di profondità e quindi il detrito calcareo monogenico sino a 36.30 m dalla superficie topografica. A questa profondità si rinvencono trovanti calcarei a grandi dimensioni sino a 39 m poggianti su 2 m di sabbie grossolane fluviali evolventi ad una "clastite fluviale a grana crescente" riferibile a ghiaia poligenica a grossi elementi e sabbia grossolana sino alla base del foro a 46.90 m dalla superficie.

In questi fori della Rodio sono state svolte diverse prove idrauliche in avanzamento del tipo Le Frank o ad assorbimento a livello variabile. In tre dei 4 fori realizzati dalla Rodio nell'ambito della campagna propedeutica alla realizzazione delle nuove opere di presa, sono state eseguite prove Le Frank e prove di assorbimento a livello variabile in avanzamento a diverse profondità che hanno restituito valori riassunti nella Tabella 12.

Tabella 12 – Misure di permeabilità Lefranc effettuata sui sondaggi collocati tra il sistema drenante e la piana.

Sondaggio	Falda	Prof.prov	Q	Dt	Dn	Battente	K
Id – n°	Prof. m dal p.c.	m	mc/s	Sec	Pollici	M	m/s
1	+1.10	5			7		
1	-7 m +0.48	+18.26+0.48	0.0044	60	7	1.91	1.5 E-02
1	-7 m+0.48	-19.70+0.48	0.01555	60	7	2.45	4.0 E-02
2	+1	-9.75					
2	-1 m	-15.10	0.00105	60	4.5	0.54	1.9 E-02
3	-5.70	-7.60	0.0055	60	7	Non si alza	--
3	-5.70	-14.50			4.5		3.1 E-03
3	-6.30	-18.65	Abb=3 cm	8 minuti	4.5		2.0 E-02
3	-4.15	-23.4-24.15	0.0055	60	4.5	Non si alza	--
3		-27.21	Abb=26 cm	12 ore	4.5		1.9 E-05
3		-28.82	Abb=7 cm	3 minuti	4.5		1.2 E-03
3	-5.40	-31.80	0.0055		4.5	Non si alza	--
3	-5.40	-33	0.0055		4.5	Non si alza	--
3	-5.40	-33.15	Abb=15 cm	120	4.5		6.5 E-05
3	-5.40	-34.20	Abb=15 cm	120	4.5		6.5 E-05
3	-5.40	-35.20	Abb=1.50 m	10 minuti	4.5		7.8 E-03
3	-5.40	-40.10	Abb=60 cm	15 minuti	4.5		2.1 E-03
3	-5.60	-44.15	Abb=62 cm	5 minuti	4.5		6.5 E-03
3	-5.85	-47			4.5		2.7 E-03
3	-5	-48.90	Abb=1.70 m	1 minuto	4.5		8.9 E-03

RELAZIONE GEOLOGICA

Sondaggio	Falda	Prof.prov	Q	Dt	Dn	Battente	K
4	-1.11	-7.43	Abb=2 cm	5 minuti	4.5		2.1 E-04
4	-3.21	-14.63	Abb=1cm	5 minuti	4.5		1.0 E-04
4	-2.05	-23.70	Abb=2 cm	5 minuti	4.5		2.1 E-04
4	-1.70	-26.05	Abb=2cm	5 minuti	4.5	4.80	2.1 E-04
4	-1.80	-30.26	Abb=2 cm	5 minuti	4.5		2.1 E-04
4	-0.60	-34.45	Abb=2 cm	5 minuti	4.5		2.1 E-04
4	-0.86	-36.90			3		2.1 E-04
4	-1.4	-39	Abb=2 cm	5 minuti	4.5	1.57	2.1 E-04
4	+0.66	-41			3		
4	+0.66	-39/-40.50					
4	-10.37	-41.07					
4	-7.82	-44.05					
4	+0.66	-36.3					
4	+0.66	-17.07					
4	-0.81	-13.77	Abb=64 cm	5 minuti			6.7 E-03
4	-0.77	-11.29	Abb=84 cm	5 minuti			8.8 E-03
4	-0.80	-8.86	Abb=73 cm	5 minuti			7.4 E-03
4	-0.78	-5.95	Abb=77 cm	5 minuti			8.0 E-03
4	-0.82	-2.65	Abb=75 cm	5 minuti			7.8 E-03

Queste misure diagrammate in relazione alla quota restituiscono una situazione stratigrafica con una massa detritica ad alta permeabilità in cui si interpongono depositi alluvionali con minore permeabilità relativa. Nella piana (Sondaggio 4) la situazione in profondità è di omogenea minore permeabilità relativa, anche per la cementazione della serie detritica mentre nel sondaggio 3 alla base del cono detritico alle stesse quote si riscontrano permeabilità decisamente superiori.

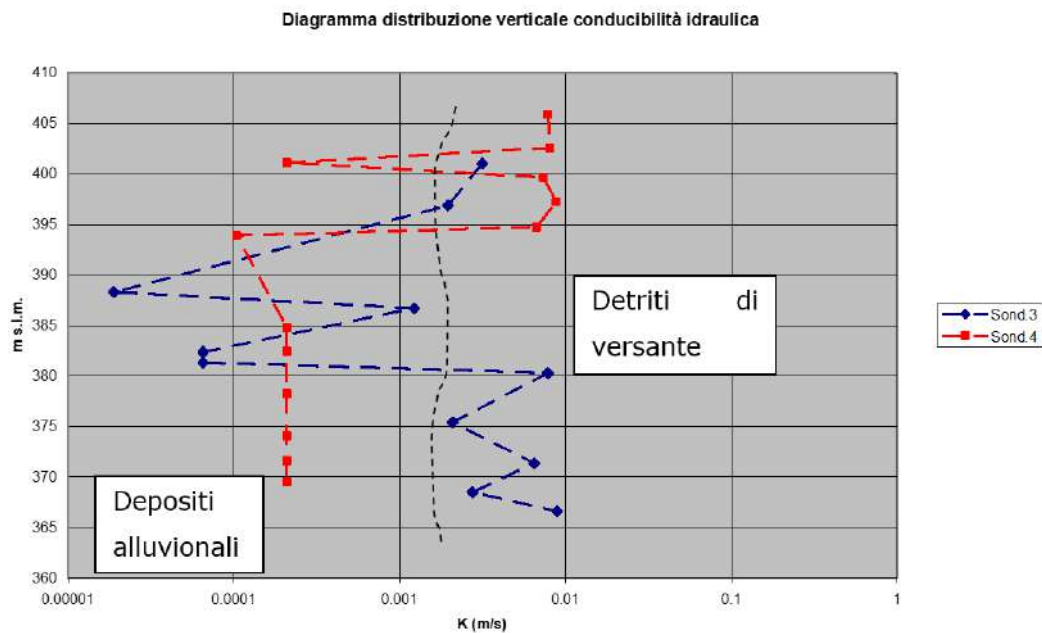


Figura 105 – la linea di demarcazione distingue i depositi di versante, a maggiore porosità e dimensioni dei vuoti dai depositi sabbioso – ghiaiosi alluvionali dell’antico fiume Velino che presentano inferiore porosità. Il sondaggio 3 è riferito alla situazione presente alla base del cono di deiezione mentre il sondaggio 4 è riferito alla piana alluvionale poco a nord dal corso originario del Fiume Peschiera.

Le facies maggiormente limo sabbiose hanno le minori permeabilità, pari a $6.53 \cdot 10^{-5}$ m/s mentre quelle sabbiose con ghiaia possiedono una permeabilità di $2.9 \cdot 10^{-4}$ m/s. I detriti hanno permeabilità di 0.003 m/s in media con valori massimi in orizzonti di poco spessore nell’intervallo 0.01 – 0.04 m/s.

Tale condizione stratigrafica era stata rilevata anche dalla geofisica eseguita nei pressi dell’impianto che viene di seguito illustrata su piani orizzontali a diverse quote.

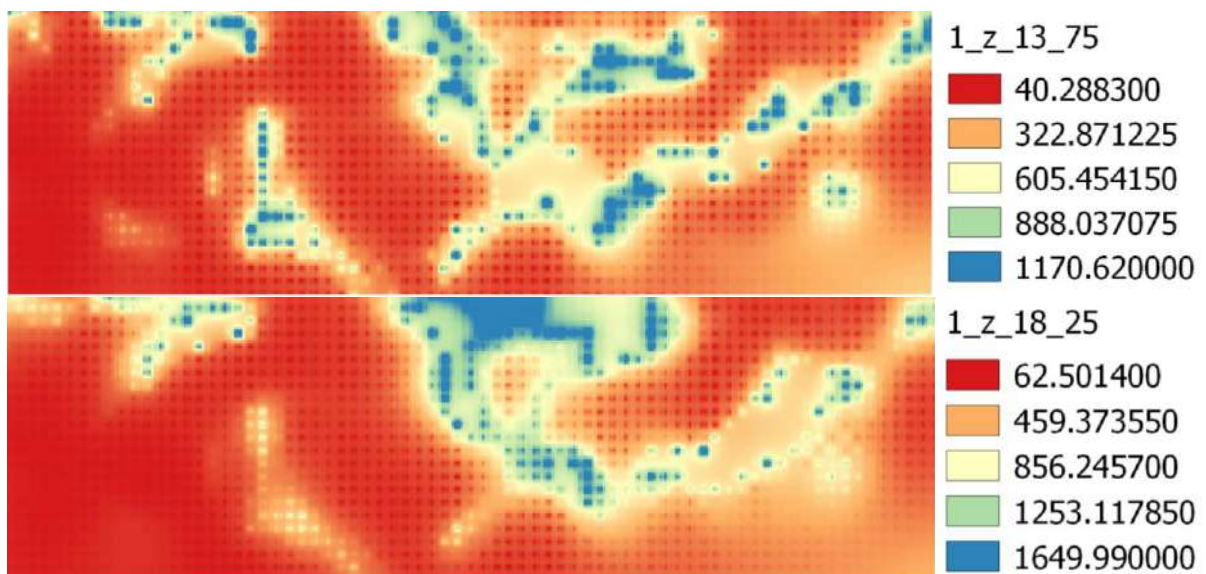


Figura 106 – Andamento delle resistività apparenti su piani a -13 m dal p.c. e a -18 m dal p.c.

La geoelettrica descrive l'andamento apparente di paleo-alveo del fiume Velino che inizia ad essere evidente già a circa 9 m dal p.c. per poi proseguire il suo segnale definito sino a profondità superiori a -20 m dal p.c. Associato a tale evidenza vi è la presenza di un segnale simile proveniente dal cono detritico in direzione NW.

Le prove effettuate in sorgente su piezometri collocati nelle immediate vicinanze della centrale di sollevamento e nel piazzale limitrofo allo scarico della finestra 6 hanno restituito valori di seguito elencati.

Tabella 13 – Misure di permeabilità Lefranc effettuata sui sondaggi collocati in area sorgiva.

Sondaggio	Falda	Prof. Prova	Dt	Dn	Battente	K (m/s)	litotipo	FMZ
S0	2.2	28 - 32	3600	101	-25.8	1.1 E-05	ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa	ALL
S0	2.2	43 - 47	1800	101	-40.8	1.6 E-05	sabbia grossolana biancastra e ghiaia eterometrica	ALL
S0	2.2	10 - 12	3600	101	-7.8	2.1 E-05	sabbia medio-grossolana con ghiaia	ALL
S0	2.2	34 - 36	1500	101	-31.8	2.1 E-05	sabbia media con ghiaia	ALL
S0	2.2	15 - 18	3000	101	-12.8	3.0 E-05	ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa	ALL
S0(1)	1.2	16 - 18	3900	101	-14.8	9.4 E-06	ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa	ALL
S0(1)	1.2	25 - 28	1800	101	-23.8	2.5 E-05	sabbia medio-grossolana conghiaia calcarea	ALL
S0(1)	1.2	19 - 21	1500	101	-17.8	3.3 E-05	trovanti calcarei misti a sabbia	ALL
S0(1)	1.2	10 - 14	3000	101	-8.8	4.1 E-05	ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa	ALL

I valori rilevati dalle prove effettuate relative all'area sorgiva individuano permeabilità generalmente di un ordine di grandezza inferiore rispetto ai dati rilevati nelle prove storiche a segnalare un maggior contenuto in fini.

Tabella 14 – Misure di permeabilità Lefranc relative ai depositi alluvionali.

Sondaggio	Falda	Prof. Prova	Dt	Dn	Battente	K (m/s)	litotipo	FMZ
S4(2)	4	2 - 4	1800	101	3.9	5.8 E-05	limo con sabbia	ALL
S4(2)	7	10 - 12	1800	101	-3	8.1 E-05	ghiaia in matrice sabbioso-argillosa	ALL
S4(2)	7	17 - 19	1200	101	-10	9.0 E-05	ghiaia in matrice sabbioso - limosa	ALL
S7	6.3	13 - 16	3600	101	-6.7	5.4 E-06	sabbia e sabbia limoso ghiaiosa	ALL
S7	6.3	9 - 11	3600	101	-2.7	2.1 E-05	sabbia e sabbia limoso ghiaiosa	ALL
S7	5	2 - 5	3600	101	3	2.2 E-05	sabbia fine , limosa	ALL
S9(2)	12	21 - 23.5	2400	101		2.9 E-05	limo con sabbia	ALL
S9(2)	5	2.5 - 5	3000	101	4.9	7.9 E-05	ghiaia in matrice limoso-sabbiosa e sabbia limosa	ALL
S9(2)	8.9	6.8 - 9	600	101	8.8	1.1 E-04	ghiaia in matrice limoso-sabbiosa e sabbia limosa	ALL
S9(2)	12	13.5 - 16	1200	101	-3.9	2.5 E-04	ghiaia da deb. sabbiosa a sabbiosa	ALL
Si2	2.45	32 - 35	3600	101	-29.55	4.7 E-07	argilla marnosa	ALL
Si2	2.45	26 - 29	3600	101	-23.55	8.6 E-07	argilla sabbiosa	ALL
Si2	2.45	16 - 18	3600	101	-13.55	9.6 E-07	sabbia argilloso-limosa	ALL
Si2	2.45	21 - 23	3600	101	-18.55	1.0 E-06	argilla sabbiosa	ALL
Si2	2.45	9 - 12	3600	101	-6.55	2.0 E-05	sabbia con ghiaia e ghiaia in matrice sabbiosa	ALL
Si3	4.5	41 - 46	3600	101	-36.5	4.8 E-06	sabbia a grana fine, limosa	ALL
Si3	4.5	16 - 20	3600	101	-11.5	1.4 E-05	sabbia e sabbia limosa	ALL
Si3	4.5	26 - 30	1800	101	-21.5	2.4 E-05	sabbia a grana medio-grossolana	ALL
Si3	4.5	10 - 13	2400	101	-8.5	4.3 E-05	sabbia limosa	ALL

I sondaggi sopra elencati, collocati prevalentemente sui fondovalle dei fiumi Turano e Salto Valle Ariana e nella piana di S. Vittorino, mostrano valori di permeabilità abbastanza costanti di circa $1 \cdot 10^{-5}$ m/s eccezion fatta per i valori registrati in corrispondenza del piezometro Si2, posto sul limite dell'idrostruttura del Peschiera, costituito da terreni alluvionali provenienti dal disfacimento di litotipi argillosi e argilloso-marnosi presumibilmente altomiocenici; i valori registrati sono di circa $1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

7.3.2 Complesso dei conglomerati

Sotto la dicitura depositi conglomeratici rientrano sia le facies cementate relative alle formazioni UGR e UFC sia quelle con una maggior componente argillosa e sabbiosa dell'UMS. I sondaggi che hanno interessato tali formazioni sono ubicati sui rilievi collinari adiacenti la piana di S. Vittorino e in Val Ariana.

Tabella 15 – Misure di permeabilità Lefranc relative ai conglomerati cementati.

Sondaggio	Falda	Prof. Prova	Dt	Dn	Battente	K (m/s)	litotipo	FMZ
S1	16	13 - 16	3000	101	3	8.8 E-05	sabbia media-limosa con clasti calcarei	UFC
S1	11.5	11.5	1800	101	3.5	2.6 E-04	ghiaia sabbiosa eterometrica	UFC
S1	20	18 - 20	2100	101	2	3.9 E-04	sabbia con ghiaia e sabbia limoso-ghiaiosa	UFC
S1	21.55	23 - 25	1200	101	-1.5	8.1 E-04	sabbia con ghiaia e sabbia limoso-ghiaiosa	UFC
S1(2)	9.3	21 - 24	1800	101	-14.5	1.8 E-05	sabbia limosa debolmente argillosa	UFC
S1(2)	9.3	10 - 12.5	3000	101	-3.2	7.0 E-05	sabbia limosa e ghiaia	UFC
S1(2)	9.3	13 - 17	1200	101	-7.6	1.2 E-04	ghiaia debolmente sabbiosa	UFC
S1(2)	6.5	4 - 6.5	1800	101	2.5	5.7 E-04	sabbia con ghiaia e sabbia calcarea	UFC
S2(2)		21.5-24				1.1 E-02	Ghiaia sabbiosa	UGR
S4(2)	7	23 - 25	600	101	-15	1.1 E-04	ghiaia in matrice sabbiosa	UGR
S8(3)	3.5	2 - 3.5	1800	101	3.4	2.3 E-05	limo con sabbia deb. argilloso	UGR
S8(3)	6.1	6 - 8	1800	101	-1.8	1.1 E-04	sabbia e ghiaia in matrice sabbioso-limosa	UGR
S8(3)	11.1	11 - 13.5	1800	101	-2.3	2.3 E-04	alternanza limoso-sabbiosa	UGR
S9	*	7 - 8	1800	127	*	5.2 E-07	sabbia debolmente ghiaiosa	UGR
S9	*	35 - 36	1800	127	*	6.6 E-07	sabbia debolmente ghiaiosa	UGR
S9	*	23 - 23.5	1800	127	*	1.3 E-06	ghiaia debolmente sabbiosa	UGR
S9	*	16 - 16.5	1800	127	*	4.0 E-06	ghiaia debolmente sabbiosa	UGR
S9	*	20 - 20.5	2700	127	*	9.4 E-06	ghiaia debolmente sabbiosa	UGR

I valori registrati sono dell'ordine di $1 \cdot 10^{-4}$ m/s, eccezion fatta per la prova sul sondaggio S9, che presenta valori notevolmente più bassi di circa due ordini di grandezza che si ripetono su tutte le prove eseguite sulla verticale.

Le prove eseguite sui depositi conglomeratici limoso sabbiosi della formazione UMS sono invece collocati nelle porzioni finali del tracciato in corrispondenza di Salisano e presentano una facies più distale dalle aree di alimentazione.

Tabella 16 – Misure di permeabilità Lefranc relative ai conglomerati sabbiosi.

Sondaggio	Falda	Prof. Prova	Dt	Dn	Battente	K	litotipo	FMZ
S13(2)	6.5	4 - 6.50	2400	101	2.7	1.1 E-05	sabbia con limo debolmente argilloso	UMS
S13(2)	18.5	15.5 - 18.5	2400	101	3.2	2.7 E-05	sabbia con limo debolmente argilloso	UMS
S13(2)	15	12 - 15	3000	101	3.1	3.4 E-05	sabbia con limo debolmente argilloso	UMS
S15(2)	*	4.5 - 5	900	101	*	1.0 E-04		UMS

I valori registrati, rappresentativi unicamente di tale area sono dell'ordine di $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

7.3.3 Complesso della scaglia calcarea e complesso della maiolica

Per la caratterizzazione dei complessi della scaglia calcarea e della maiolica sono state eseguite prove di permeabilità in foro. I risultati ottenuti riportano per il complesso della scaglia calcarea una permeabilità variabile da 10^{-4} a 10^{-6} m/s, mentre per il complesso della maiolica la permeabilità risulta essere variabile da 10^{-5} m/s a 10^{-6} m/s. Tali complessi, essendo costituiti da litotipi calcarei, risultano essere caratterizzati da una permeabilità primaria molto bassa ed una permeabilità secondaria variabile, da alta a media, in funzione dello stato di fratturazione di questi ultimi. I risultati delle prove di permeabilità, in apparente contraddizione con quanto noto su scala regionale, hanno permesso di confermare come localmente questo parametro risulti fortemente influenzato dalla scala di studio/osservazione.

Tabella 17 - Misure di permeabilità relative al complesso della scaglia calcarea e della maiolica.

Sondaggio	Falda	Prof. Prova	Dt	Dn	Battente	K (m/s)	litotipo	FMZ
S7	6.3	18 - 20	3600	101	-11.7	4.5 E-06	calcare intervallato a sabbione calcareo	SAD
S10(2)	24	24 - 29	2100	101	-4.9	1.3 E-04	calcare selcifero fratturato e sabbione	SBI
S8(3)	18	18 - 21	1200	101	-3.0	1.4 E-04	calcare fratturato intercalato a sabbione calcareo	SBI
S15(2)	*	11.5 - 14.5	*	101	*	8.3 E-06		MAI
S15(2)	*	21.5 - 24.5	*	101	*	2.4 E-05		MAI

Da fonti bibliografiche note il Complesso della Maiolica a scala regionale presenta una potenzialità acquifera alta (Capelli G. et. alii 2012; Mellini F. et. alii 2013), con permeabilità prossima a valori di 10^{-3} - 10^{-4} m/s (Mastrorillo et. alii 2012) risultando sede di importanti acquiferi regionali.

Tale complesso è costituito da litotipi calcarei caratterizzati da permeabilità primaria molto bassa e permeabilità secondaria variabile in funzione dello stato di fratturazione di questi ultimi.

Durante la campagna di indagini svolta, sono state eseguite delle prove di permeabilità che hanno restituito valori dell'ordine di 10^{-5} - 10^{-6} m/s (sondaggio S15(2)). Tale dato in apparente contraddizione con quanto noto su scala regionale ha permesso di confermare come localmente questo parametro risulti fortemente influenzato dallo stato di fratturazione dell'ammasso presentando valori variabili in funzione della scala di studio/osservazione.

7.4 Considerazioni sull'interazione tra contesto idrogeologico e opera di progetto

Il tetto della falda idrica interseca ripetutamente la superficie topografica dando luogo a fenomeni di drenaggio in alveo dei principali corsi d'acqua che si presentano perenni nei fiumi Salto Turano e Velino e intermittenti in quelli della dorsale di Monte San Giovanni quali il torrente Ariana e il reticolo del fosso di Montenero. Da queste premesse unite alle campagne di misura sin qui condotte e da ricostruzione tramite dati indiretti è scaturita la redazione del campo piezometrico su cui si posizionano le opere di progetto. Si sottolinea come il campo piezometrico riportato nella Carta Idrogeologica (elaborato A194PDG012) e nella Sezione Idrogeologica (elaborati A194PDG017, A194PDG018, A194PDG019, A194PDG020) restituiscano dei valori di "morbida" relativa ad un anno idrologico medio.

Il processo di costruzione della superficie piezometrica si è realizzato sia attraverso la misurazione delle quote di falda nei piezometri sia attraverso la conoscenza delle sue quote di affioramento nei fiumi e sulle sorgenti di base. Alcune scelte concettuali sono state operate anche attraverso studi pregressi coadiuvate dallo scavo del Tronco Superiore del Peschiera esistente.

I caratteri macroscopici della superficie piezometrica così ricostruita si evidenziano nei punti di seguito elencati:

- il dreno posto nelle zone orientali della carta in corrispondenza della piana di S. Vittorino, misurato attraverso l'andamento della isopieza di quota 400 m s.l.m., che mostra una convergenza di flussi provenienti dalle zone meridionali con quelli travasati alla piana provenienti dalle strutture carbonatiche; tale andamento è stato associato anche all'isopieza 390 m s.l.m. parimenti a quella di 380 m s.l.m. posta da diversi autori nella zona della piana di Rieti compresa tra lo sbocco delle gallerie della SS4 di Colle Giardino con il fiume Turano;
- l'interruzione della ricostruzione della piezometrica in corrispondenza del sovrascorrimento meridiano della Valle Ariana in assenza di un'univoca

interpretazione della tipologia di collegamento delle due unità idrogeologiche riconosciute;

- la notevole differenza di gradienti idraulici tra i due settori contigui che mostrano valori regionali da un lato per l'acquifero delle valli di Salto e Turano e valori di un ordine di grandezza differente per la dorsale di Monte San Giovanni riconosciuto nella Valle Ariana e assunto anche a riferimento anche per la porzione meridionale dell'unità;
- lo spartiacque ad andamento circa appenninico presente nell'unità idrostrutturale della Scaglia e Maiolica, parallelo ai lineamenti tettonici che, come riconosciuto presso il campo pozzi di San Giovanni Reatino, isolano la circolazione idrica partizionando il flusso.

Dagli elaborati A194PDG017, A194PDG018, A194PDG019, A194PDG022- Sezioni idrogeologiche sono visibili i tratti in cui il tracciato dell'acquedotto interseca la falda regionale con gli spessori in calotta su tratte acquifere omogenee alla scala analizzata e vengono inoltre riportati la tipologia delle venute d'acqua funzione della permeabilità della formazione e dello stato di fratturazione dell'ammasso. I tratti caratteristici delle singole tratte vengono di seguito elencate:

- Area sorgiva-Piana di Micciani: i manufatti realizzati nei pressi dell'opera di captazione possiedono quote che digradano dalla 407 m s.l.m. delle sorgenti sino alla 406 m s.l.m. circa, registrata fuori l'influenza dell'idrostruttura del Peschiera in prossimità della piana di Micciani. In questo tratto le opere di progetto possiedono battenti idrici di circa 10 m e gli scavi saranno caratterizzati dalla presenza di venute d'acqua funzione della permeabilità connessa alla facies dei depositi alluvionali incontrati che presumibilmente dovrebbe tendere a presentare depositi relativamente meno permeabili in direzione del sondaggio Si3; in tali zone si prevede anche l'intercettamento di fluidi profondi in risalita come restituito anche dalle notizie storiche dello scavo dell'acquedotto esistente; il battente sull'opera decresce andando in direzione del termine della piana alluvionale con valori compresi tra 5 e 10 m;

- Dorsale Casali Ponzano: dal sondaggio S1(2) in poi le opere di progetto non interferiscono con la falda idrica sino all'intersezione con il fiume Salto; l'acquedotto, infatti, si pone in un intervallo tra i 2-5 metri circa sopra la quota di saturazione regionale;
- Salto-Turano: in corrispondenza di questo tratto e sino alle porzioni orientali del fiume Turano non si prevedono interazioni con la falda idrica regionale, eccezion fatta per gli attraversamenti in sifone dei due corsi d'acqua con battenti massimi non superiori ai 5 m;
- Monte Zoccani-Sondaggio San Giovanni Reatino: lo sviluppo plano-altimetrico della condotta di progetto di questa porzione interseca l'acquifero della scaglia che possiede recapiti di base identificati con la piana di Rieti; i battenti massimi che si presentano da Monte Zoccali a fosso Ariana sono dell'ordine di 5 m e successivamente compresi tra 10 e 20 m prima dell'intersezione con le marne a Fucoidi poste in sinistra idraulica del fosso; in questo tratto si ipotizza di non intercettare la piezometrica contenuta nella Maiolica;
- San Giovanni Reatino - Salisano: nelle porzioni iniziali, che corrispondono alle zone sud occidentali rispetto al lineamento tettonico su cui si impostano i pozzi di APS nel Comune di S. Giovanni Reatino, non vi è interazione con la falda idrica poiché il tracciato si sviluppa in maiolica e possiede un flusso diretto verso i quadranti sud occidentali presentando carichi idraulici di circa 300 m s.l.m. Venute d'acqua si rintraccerebbero invece, dalla piezometria ipotizzata, in corrispondenza dell'attraversamento del tetto delle Marne a Fucoidi a valle del toponimo "Macchiette Mandrie", rientrando quindi nell'acquifero della Scaglia in prossimità del fosso a direzione N-S del reticolo del fosso di Montenero con battenti dell'ordine di 30 m. Nelle porzioni di tracciato più sud occidentali è stata comunque ipotizzata una interazione della falda con battenti che vanno dai circa 20 m presso la località Montagnoli a degradare progressivamente a battenti minimi prima di Salisano. Si segnala inoltre che anche all'interno degli aquicludi, quali scaglia cinerea Bisciario e variegata della

località Villanette, in giacitura sinclinalica, nell'attraversare i lineamenti tettonici potrebbero generarsi delle venute d'acqua concentrate in corrispondenza di zone intensamente cataclaste.

- Salisano – Allaccio Peschiera Sinistro: Nel tratto compreso tra Salisano e l'allaccio al Peschiera Sinistro, le uniche interazioni sono presenti a partire dal manufatto Pozzo di dissipazione PZ2 fino a poco oltre il manufatto Nuovo Bipartitore (BIP). In questo tratto, la falda contenuta nell'acquifero della Maiolica, presenta un battente medio di circa 5 m. Come già evidenziato nel capitolo 6 "Inquadramento idrogeologico regionale" tale circolazione, orientata in direzione nord, risulta essere separata idraulicamente dall'alimentazione della sorgente Le Capore a causa della presenza di un limite a flusso nullo rappresentato da importanti lineamenti tettonici compressivi.

7.4.1 Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.

In merito alle osservazioni del C.S.LL.PP., è stato eseguito uno studio specifico in collaborazione con il CERI e il Prof. Giuseppe Sappa, Professore Ordinario di Idrogeologia Applicata presso la Facoltà di Ingegneria Civile ed Industriale dell'Università La Sapienza di Roma.

Tale studio, il cui report completo è riportato in Appendice 1, ha permesso di approfondire il modello idrogeologico precedentemente ricostruito, fornendo informazioni integrative utili ai fini delle valutazioni in merito alle potenziali interferenze dello scavo della galleria acquedottistica con gli acquiferi presenti, in risposta all'osservazione del C.S.LL.PP.

Programma di indagini integrative

La campagna di monitoraggio di novembre 2020 ha individuato alcuni punti di indagine, in aggiunta a quelli già presi in considerazione da ACEA, con lo scopo di prelevare campioni di acqua (50 ml) da sottoporre ad analisi geochimiche ed isotopiche. Nella Tabella 18 vengono riportati i punti di prelievo considerati nella campagna di monitoraggio di novembre 2020.

Tabella 18. Punti di monitoraggio campagna novembre 2020.

Data di Campionamento	Denominazione Punto	Tipologia	N[m] ED50-UTM33N	E[m] ED50-UTM33N	Profondità[m]	Quota [m s.l.m.]	Soggiacenza [m]	T [°C]	EC [µs/cm]	Eh [mV]	pH	Analisi Geochimiche	Analisi Isotopiche
17-11-20	Pozzo Capore NC1	Pozzo di monitoraggio	4678119.04	319405.71		255							x
17-11-20	Pozzo Capore NC3	Pozzo di monitoraggio	4678097.04	319444.71		255							x
17-11-20	S4	Pozzo di monitoraggio	4691798.00	329429.90	40	405	8.1					x	x
17-11-20	S6	Pozzo di monitoraggio	4690128.00	326305.90	40	413	11.8					x	x
20-11-20	S9	Pozzo di monitoraggio	4688439.10	324190.90	47	455	7.97	14.7	542	241	7.2	x	x
17-11-20	S9(2)	Pozzo di monitoraggio	4690202.00	323425.00	70	419	11.5					x	x
20-11-20	S11(2)	Pozzo di monitoraggio	4685383.00	318032.00	250	518	23.9	13	824	285.6	7.12	x	x
20-11-20	S16(2)	Pozzo di monitoraggio	4681341.00	314273.00	65	428	36.05	12.32	1160	92.9	6.97	x	x
12-11-20	Capore	Sorgente	4678075.04	319520.70	-	255							x
17-11-20	Mompeo	Sorgente	4680328.10	315727.60	-	353						x	x
20-11-20	Pantane Emergenza	Sorgente	4682008.00	323670.00	-	546		12.51	719	193.9	6.83	x	x
20-11-20	Pantane (alveo)	Sorgente	4682008.00	323670.00	-	546		10.7	582	118	7.5	x	x
27-11-20	Madonna delle Querce (Poggio Moiano)	Sorgente	4674655.00	326382.00	-	640						x	x
27-11-20	Laghetto	Sorgente	4684476.00	328294.00	-							x	x
27-11-20	Cottorella	Sorgente	4695461.63	324133.15	390								x
20-11-20	Casale (alveo)	Fontanile	4686459.00	318345.00	-	467						x	x
20-11-20	Collelungo	Fontanile	4679311.01	319664.79	-	503		14	710	151	6.9	x	x
20-11-20	Casale (fontanile)	Fontanile	4686459.00	318345.00	-	471		12.6	509	286	7.2	x	x
12-11-20	San Giovanni Reatino V - SGRV	Fontanile	4688940.00	322703.00	100	460							
12-11-20	San Giovanni Reatino N - SGRN	Fontanile	4689672.00	322118.00	>200	460							
27-11-20	San Giovanni Reatino - SGR	Fontanile	4690444.00	323216.00	-	419						x	x
27-11-20	Maglianello alto	Fontanile	4691200.00	321912.00	-		705					x	x
27-11-20	Ornaro	Pozzo idropotabile	4684634.78	322664.55	-							x	x

La Tabella 18 mostra i punti considerati nella campagna di monitoraggio di novembre 2020, includendo anche l'indicazione delle analisi, cui i campioni di acqua sono stati sottoposti. Non sono stati prelevati campioni di acqua nei punti Pozzo Capore NC1, Pozzo Capore NC3 e la Sorgente Le Capore per essere sottoposti alle analisi geochimiche, in quanto risultano già presenti nei precedenti monitoraggi svolti da ACEA. Viene riportata in Figura 107 la localizzazione dei punti di monitoraggio considerati durante la campagna di novembre 2020, che hanno condotto al prelievo di 23 campioni di acqua sotterranea, sui quali sono state condotte 17 analisi geochimiche per la determinazione dei costituenti maggiori e 23 analisi isotopiche per la determinazione del connotato isotopico in termini di ^2H e ^{18}O .

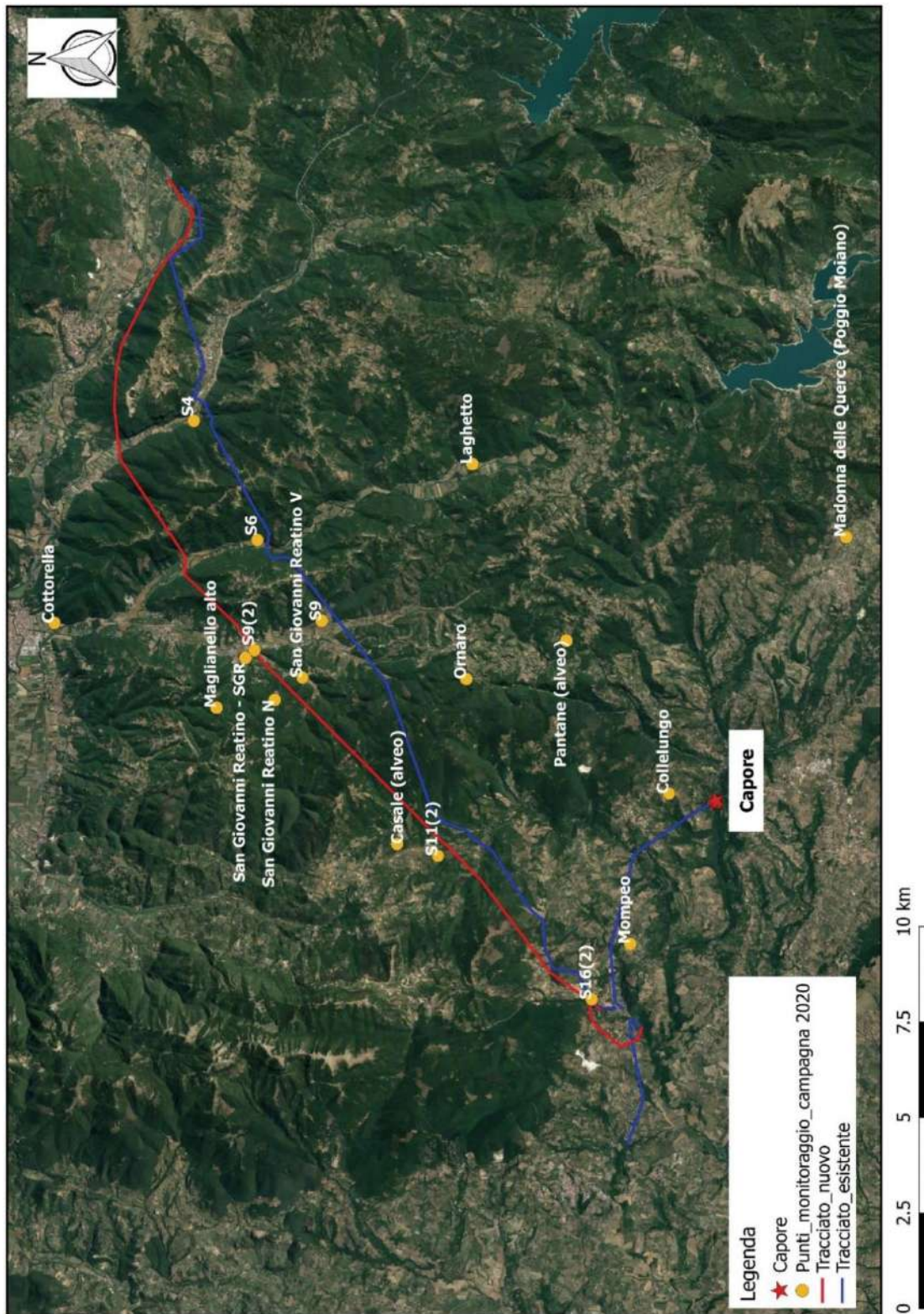


Figura 107. Localizzazione punti di monitoraggio campagna di novembre 2020.

Elaborazioni

Analisi geochimiche

Questo paragrafo presenta i risultati e le elaborazioni delle analisi geochimiche eseguite per la campagna di monitoraggio di novembre 2020. Unitamente a tali risultati, sono riportate alcune elaborazioni fatte sulle analisi geochimiche delle precedenti campagne di monitoraggio eseguite da ACEA, in quanto ritenute utili, come supporto al presente studio, ma anche per verificare la omogeneità dei dati considerati, benché riferiti a campagne di indagine e di analisi differenti. Infatti, sono stati considerati i risultati delle analisi geochimiche dei punti di monitoraggio intorno alla sorgente delle Capore, forniti da ACEA, come confronto con i risultati delle analisi geochimiche dei punti di monitoraggio del presente report tecnico-scientifico.

Non tutti i campioni prelevati durante la campagna di monitoraggio di novembre 2020 sono stati sottoposti ad analisi geochimiche.

Le analisi geochimiche sono state eseguite da Laboratorio di ACEA Elabori S.p.A. Si riportano nella Tabella 19 i risultati degli elementi maggiori, anioni e cationi, per i punti di monitoraggio considerati.

Tabella 19. Risultati Elementi Maggiori punti di monitoraggio campagna novembre 2020.

Data Campionamento	Punto	Cationi				Anioni		
		Potassio (K ⁺)	Sodio (Na ⁺)	Magnesio (Mg ²⁺)	Calcio (Ca ²⁺)	Solfati (SO ₄ ²⁻)	Cloruri (Cl ⁻)	Bicarbonati (HCO ₃ ⁻)
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
17-11-20	Mompeo	1.44	13.5	19.4	131	28.3	17.9	483.0
17-11-20	S4	1.6	4.9	2.35	83.4	4.86	7.61	287.0
17-11-20	S6	1.26	5.95	10.6	91	6.19	8.33	336.0
17-11-20	S9 (2)	1.02	3.14	1.5	88.4	1.7	6.65	294.0
20-11-20	S16 (2)	8.61	102	25.6	133	146	45.5	616.0
20-11-20	S11 (2)	2.31	49	10.5	124	7.41	54.1	480.0
20-11-20	Pantane Emergenza	0.23	8.84	4.3	148	18.2	14.6	496.0
20-11-20	S9	2.35	10.4	5.45	97.5	4.16	12.6	336.0
20-11-20	Casale (alveo)	2.93	6.09	2.39	102	5.69	11.8	326.0
20-11-20	Collelungo	1.85	7.08	2.21	144	14.7	13.5	454.0
20-11-20	Casale (fontanile)	0.71	4.21	1.46	104	3.14	9.01	334.0
20-11-20	Pantane (alveo)	0.88	9.62	3.64	132	15.2	17.1	416.0
27-11-20	SGR Fontanile	0.59	4.09	2.65	93.4	7.03	7.17	301.0
27-11-20	Maglianello alto	0.41	4.9	6.37	130	3.88	9.4	431.0
27-11-20	Poggio Moiano	0.94	3.71	1.44	78.8	2.43	7.89	247.0
27-11-20	Laghetto	0.89	3.43	16.9	86	4.96	5.5	357.0
27-11-20	Ornaro	0.54	4.23	1.18	97.7	1.86	8.22	313.0

I risultati riportati in Tabella 19 sono stati elaborati con i principali diagrammi geochimici, Chebotarev e Schoeller. A tal fine in Tabella 20, sono riportati i risultati delle concentrazioni degli elementi maggiori espresse in meq/l.

Tabella 20. Concentrazioni degli elementi maggiori espresse in meq/L.

Punto	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Mompeo	6.537	1.595	0.587	0.037	0.505	0.589	7.916
S4	4.162	0.193	0.213	0.041	0.215	0.101	4.704
S6	4.541	0.872	0.259	0.032	0.235	0.129	5.507
S9 (2)	4.411	0.123	0.137	0.026	0.188	0.035	4.819
S16 (2)	6.637	2.105	4.435	0.220	1.283	3.040	10.096
S11(2)	6.188	0.864	2.131	0.059	1.526	0.154	7.867
Pantane Emergenza	7.385	0.354	0.384	0.006	0.412	0.379	8.129
S9	4.865	0.448	0.452	0.060	0.355	0.087	5.507
Casale (alveo)	5.090	0.197	0.265	0.075	0.333	0.118	5.343
Collelungo	7.186	0.182	0.308	0.047	0.381	0.306	7.441
Casale (fontanile)	5.190	0.120	0.183	0.018	0.254	0.065	5.474
Pantane (alveo)	6.587	0.299	0.418	0.023	0.482	0.316	6.818
SGR Fontanile	4.661	0.218	0.178	0.015	0.202	0.146	4.933
Maglianello alto	6.487	0.524	0.213	0.010	0.265	0.081	7.064
Poggio Moiano	3.932	0.118	0.161	0.024	0.222	0.051	4.048
Laghetto	4.291	1.390	0.149	0.023	0.155	0.103	5.851
Ornaro	4.875	0.097	0.184	0.014	0.232	0.039	5.130

In Figura 108 - a viene rappresentato il diagramma di Chebotarev, dove è possibile verificare che i punti si concentrano nel quarto quadrante, indicando la "facies bicarbonato calcico", di tutte le acque analizzate. In particolare, è possibile riscontrare un comportamento anomalo per i campioni S11(2) e S16 che infatti si distaccano molto rispetto agli altri punti (Figura 108 - b), con valori di concentrazioni più alti per i Cloruri e il Sodio. Ai fini del presente studio questa caratterizzazione appare poco rilevante, in quanto le acque prelevate nei fori, S11(2), 250 m, e S16 (2), 65 m, presentano una composizione chimica che sembra possa essere il frutto di effetti locali, e pertanto irrilevante ai fini delle presenti considerazioni.

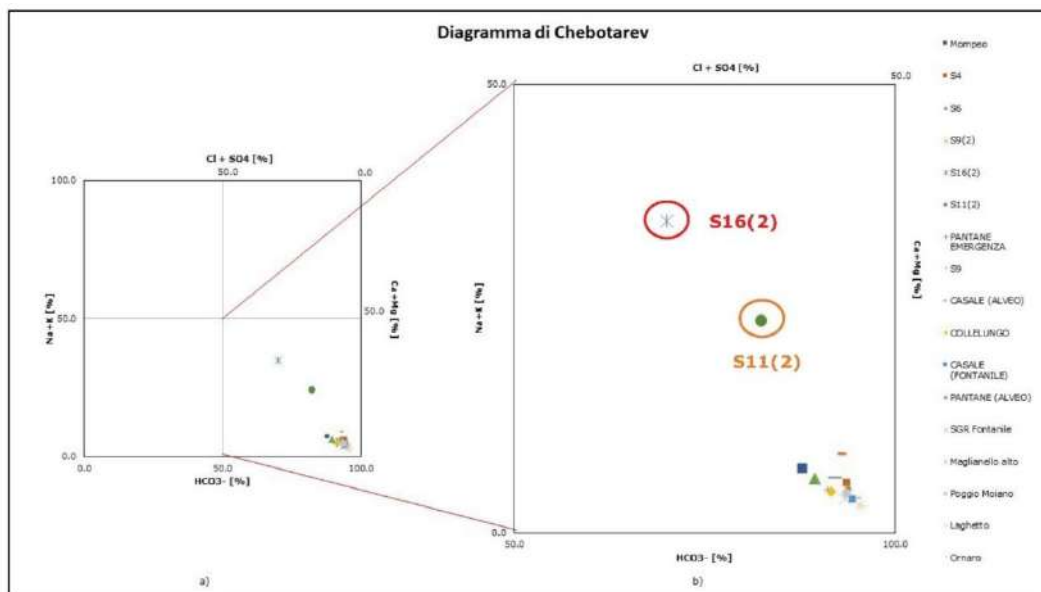


Figura 108. Diagramma di Chebotarev (a) e zoom diagramma di Chebotarev (b).

Tale comportamento è, infatti, confermato dal diagramma di Schoeller in Figura 109, dove i campioni S11(2) e S16 (2) risultano avere caratteristiche differenti rispetto agli altri campioni, posizionandosi nella parte più alta del grafico.

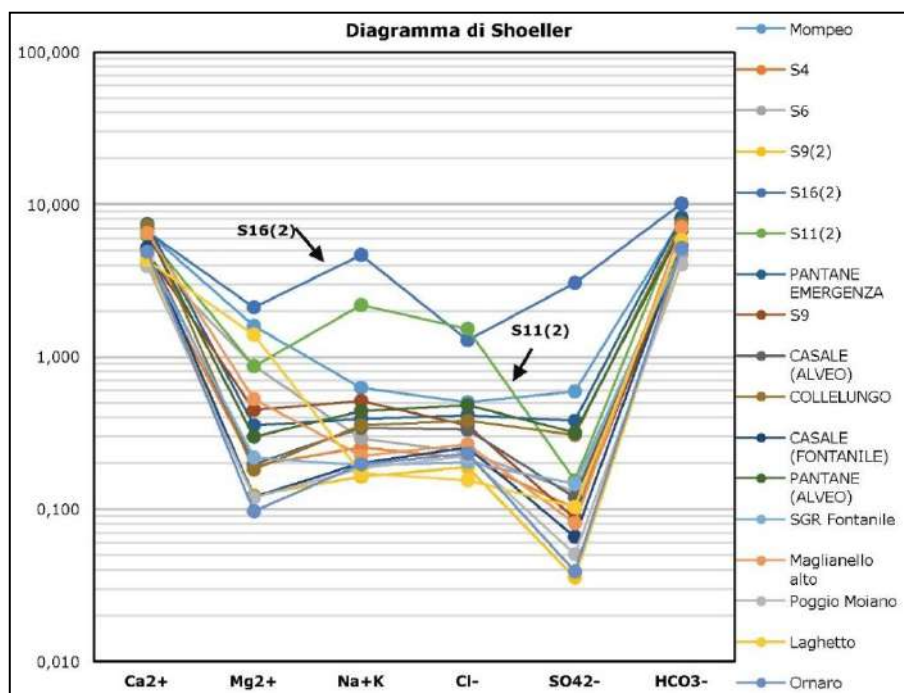


Figura 109. Diagramma di Schoeller.

A partire dal diagramma di Schoeller riportato in Figura 109, è stato possibile identificare tre "sottofacies" di appartenenza dei campioni provenienti dai punti di monitoraggio considerati, nel senso che le acque sotterranee considerate, pur appartenendo tutte alla "facies bicarbonato calcico", evidenziano però proporzioni reciproche, fra i costituenti maggiori, sensibilmente differenti, per cui consentono di individuare:

- Sottofacies 1, a cui appartengono: S9(2), S9, Casale (alveo), Casale (fontanile), Collelungo, Poggio Moiano e Ornaro (Figura 110);
- Sottofacies 2, a cui appartengono: Mompeo, S6, Maglianello Alto e Laghetto (Figura 111);
- Sottofacies 3, a cui appartengono: Pantane (alveo), Pantane (emergenza) e SGR (fontanile) (Figura 112)

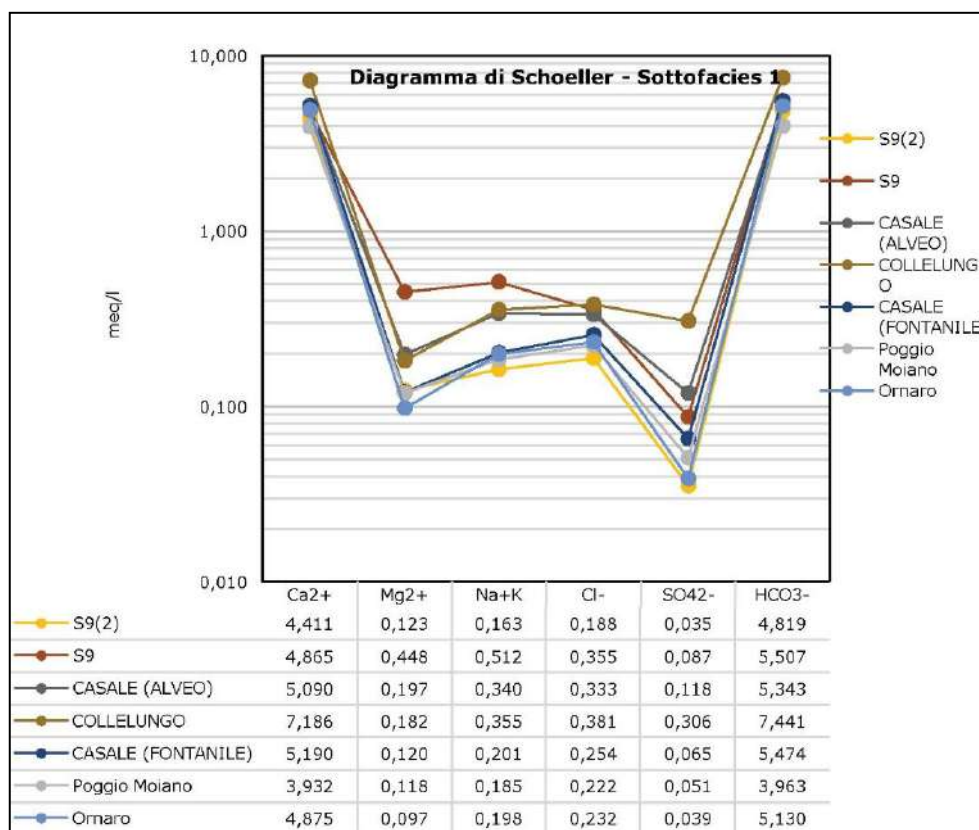


Figura 110. Diagramma di Schoeller – Sottofacies 1.

La Sottofacies 1, pur essendo anche essa carbonato calcica, presenta una sensibile prevalenza della concentrazione di Na+K, rispetto al Mg, evidenziando, in prima approssimazione, che si tratta di acque sotterranee che hanno circolato in formazioni in grado di "rilasciare" Na e/o K nelle acque sotterranee, e quindi più marnose, cioè, presumibilmente, costituite da una componente silicatica più significativa.

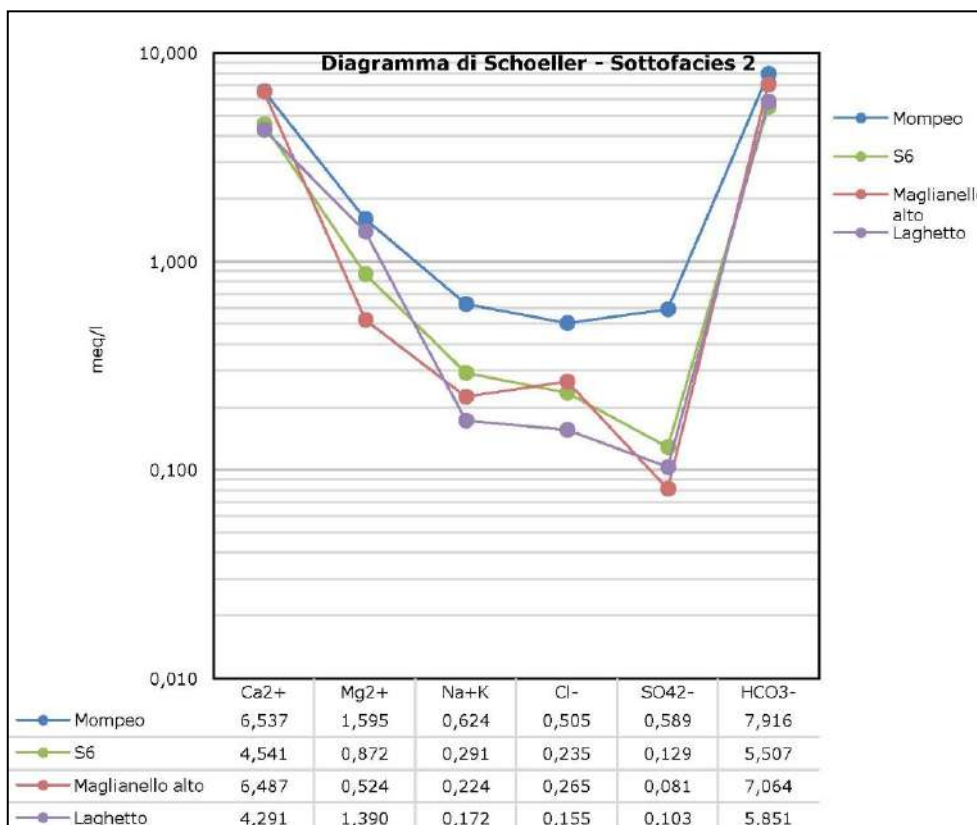


Figura 111. Diagramma di Schoeller – Sottofacies 2.

La Sottofacies 2 presenta un connotato più magnesiaco che indica una potenziale circolazione in rocce più propriamente carbonatiche, con un tenore basso, o trascurabile, di minerali silicatici.

La Sottofacies 3, in Figura 112, pur confermando la natura carbonato-calcica, presenta concentrazioni paragonabili di Mg e Na+K, indicando che si tratta di acque di transizione, o prodotte dal miscelamento fra acque provenienti da acquiferi sia carbonatici sia che abbiano una componente marnosa non trascurabile.

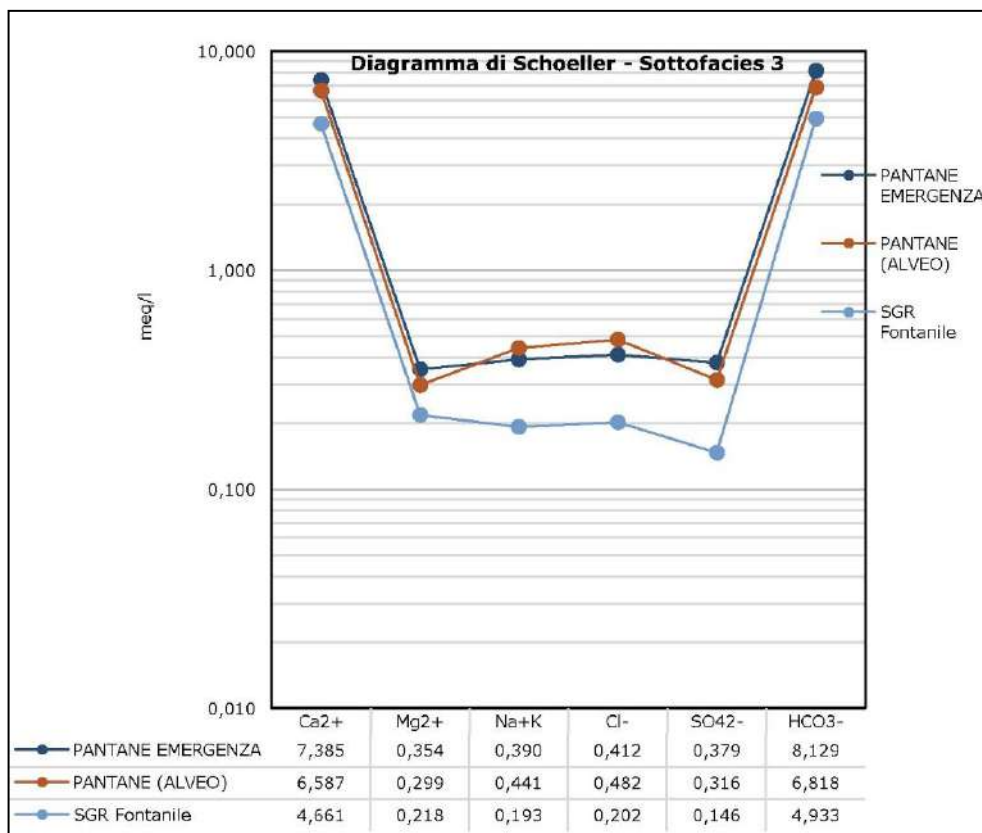
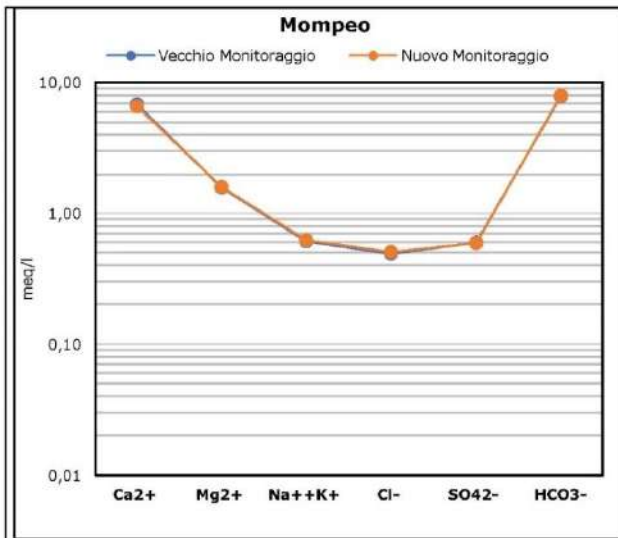
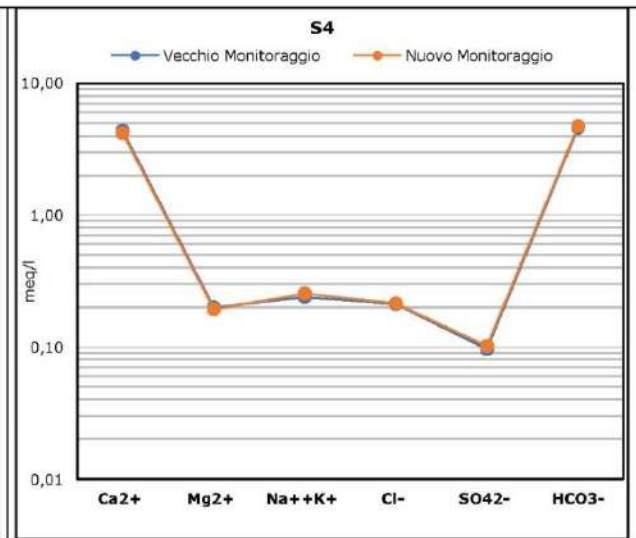


Figura 112. Diagramma di Schoeller – Sottofacies 3

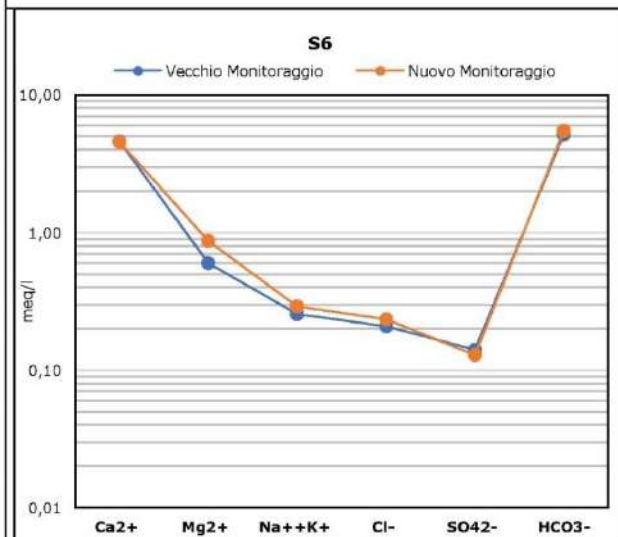
Come già anticipato all’inizio paragrafo, sono stati considerati anche i risultati delle precedenti campagne di monitoraggio svolte da ACEA, come supporto e confronto con le analisi eseguite nella campagna di monitoraggio di novembre 2020. Ciò al fine di verificare l’omogeneità della popolazione dei dati esaminati, e rendere attendibili i successivi confronti e, soprattutto, le valutazioni complessive. In particolare, sono stati presi in considerazione i seguenti punti di monitoraggio: Mompeo, S4, S6, San Giovanni N, San Giovanni V, Laghetto e S9. Nel diagramma di Schoeller in Figura 113, è riportato il confronto dei risultati tra il vecchio monitoraggio, svolto da ACEA e il nuovo monitoraggio svolto a novembre 2020, per i punti sopra menzionati.



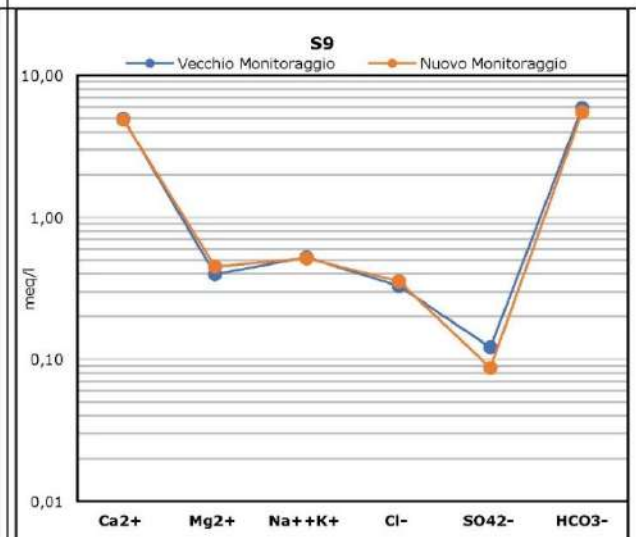
a



b



c



d

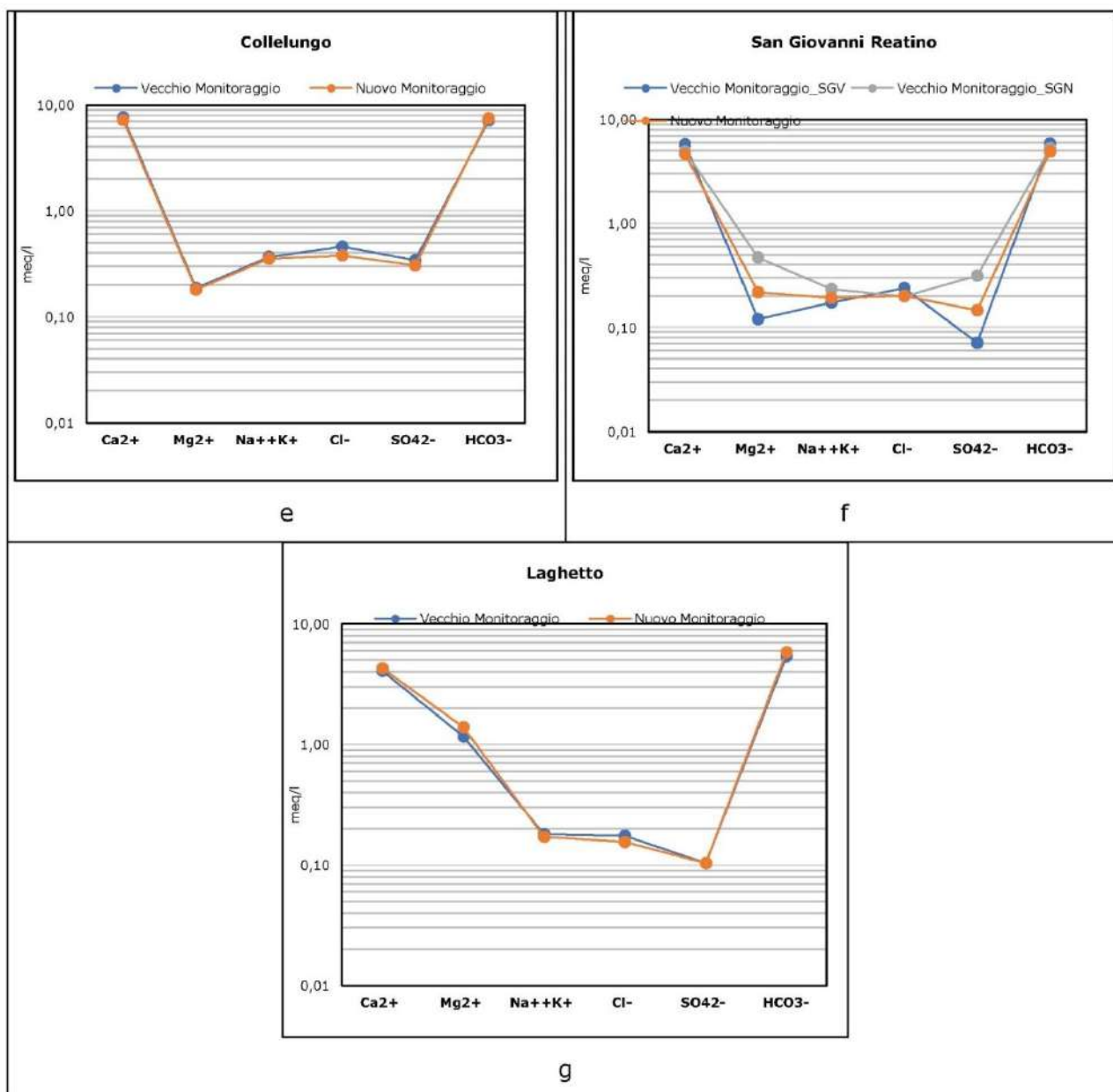


Figura 113. Diagramma di Schoeller monitoraggi a confronto: Mompeo (a), S4 (b), S6 (c), S9 (d), Collelungo (e), San Giovanni Reatino (f), Laghetto (g).

La Figura 113 mostra comportamenti analoghi per i punti di monitoraggio in comune tra la campagna svolta a novembre 2020 e quella svolta da ACEA, indicando quindi omogeneità della popolazione dei dati considerati tra le due campagne. Interessante è il punto San Giovanni Reatino, infatti nella Figura 113 – f è possibile verificare che

il campione prelevato durante la campagna di novembre 2020 mostra un comportamento intermedio tra i punti di campionamento prelevati da ACEA nel vecchio monitoraggio. Tale andamento potrebbe essere plausibilmente dovuto al fatto che, durante la campagna di novembre 2020 il campione è stato prelevato dal Fontanile, dove convergono le acque provenienti da entrambi i pozzi di San Giovanni Reatino, e pertanto mostra caratteristiche intermedie tra quelle dei due campioni, prelevati durante il precedente monitoraggio ACEA. Difatti, le indagini ed i campionamenti eseguiti da ACEA a San Giovanni Reatino riferiscono che il pozzo San Giovanni Reatino Vecchio (SGRV) risulta essere meno profondo, circa di 100 m, raggiungendo una quota di fondo foro di 365 m slm, ed un livello piezometrico di 435 m slm, e infatti riporta concentrazioni di Magnesio più basse (0.1209 meq/l) rispetto al pozzo San Giovanni Reatino Nuovo (SGRN), il quale presenta valori di concentrazioni di Magnesio sensibilmente più alti (0.4696 meq/l). Ma quest'ultimo è più profondo, raggiungendo quote di fondo foro di 265 m slm, ma, soprattutto, evidenzia un livello piezometrico di 305 m slm. Si tratta, quindi di acque provenienti da acquiferi differenti, sovrapposti, separati dalla formazione delle Marne a Fucoidi, che in tutta l'area di studio rappresenta l'acquicludo interposto fra la circolazione nella formazione della Scaglia Rossa, sovrastante, e quella nella formazione nella maiolica, sottostante.

Ai fini di una compiuta interpretazione dei risultati, e della loro corretta comparazione con i risultati delle analisi, condotte in campagne di indagine precedenti, è apparso opportuno riportare i risultati delle analisi geochimiche dei punti di monitoraggio vicino alla sorgente Le Capore, eseguite in precedenti campagne di monitoraggio condotte da ACEA, i cui risultati sono riportati in Tabella 21.

Tabella 21. Concentrazioni degli elementi maggiori per alcuni punti di monitoraggio vicino la sorgente delle Capore espresse in mg/l e meq/l

ID	Denominazione	Data di Campionamento	Calcio	Magnesio	Sodio	Potassio	Cloruri	Solfati	Bicarbonati	Fluoruri	Nitrati
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
CAP_1	Le Capore S	'96	97.60	20.64	5.06	1.40	7.10	33.60	341.60	0.15	4.00
CAP_2	Pozzo Capore NC1	06-11-14	95.30	13.80	5.80	1.18	7.87	24.90	339.00	0.12	4.20
CAP_3	Pozzo Capore NC2	'96	99.20	23.52	6.44	2.38	7.10	49.90	341.60	-	0.90
CAP_4	Pozzo Capore NC3	18-10-01	92.90	15.60	5.93	1.28	7.01	30.00	313.20	0.13	-

ID	Denominazione	Data di Campionamento	Calcio	Magnesio	Sodio	Potassio	Cloruri	Solfati	Bicarbonati	Fluoruri	Nitrati
			meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
CAP_1	Le Capore S	'96	4.87	1.70	0.22	0.04	0.20	0.70	5.60	0.01	0.06
CAP_2	Pozzo Capore NC1	06-11-14	4.76	1.13	0.25	0.03	0.22	0.52	5.56	0.01	0.07
CAP_3	Pozzo Capore NC2	'96	4.95	1.93	0.28	0.06	0.20	1.04	5.60	-	0.01
CAP_4	Pozzo Capore NC3	18-10-01	4.64	1.28	0.26	0.03	0.20	0.62	5.13	0.01	-

I risultati riportati in Tabella 21 sono stati rappresentati con il diagramma di Schoeller in Figura 114, che evidenzia un'ulteriore sottofacies, che può essere definita *bicarbonato calcico-magnesiaca*, tipica di acque sotterranee che transitano, anche per tempi o percorsi lunghi, in formazioni carbonatiche.

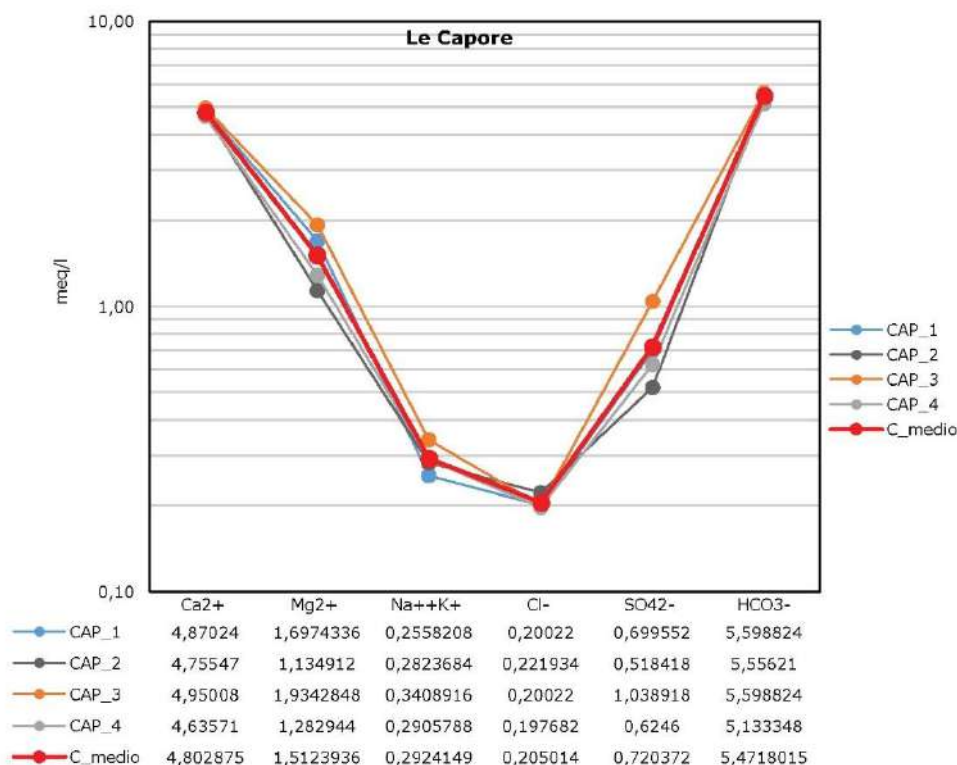


Figura 114. Diagramma di Schoeller punti di monitoraggio vicino la sorgente delle Capore.

La Figura 114 mostra un'omogeneità di comportamento per i punti vicino la sorgente delle Capore, e pertanto per le successive elaborazioni, specialmente per il diagramma di Schoeller, sarà riportato il valore medio delle concentrazioni rilevate, rappresentato in rosso nella Figura 114.

È stato, quindi, eseguito un confronto di tali risultati delle analisi dei campioni provenienti dalla sorgente delle Capore, considerando il comportamento medio, con quelli delle analisi geochimiche provenienti dal monitoraggio svolto nel mese di novembre 2020, al fine di identificare possibili analogie di comportamento. Il confronto è stato rappresentato, preliminarmente, attraverso il diagramma di Chebotarev (Figura 115) e Schoeller (Figura 116).

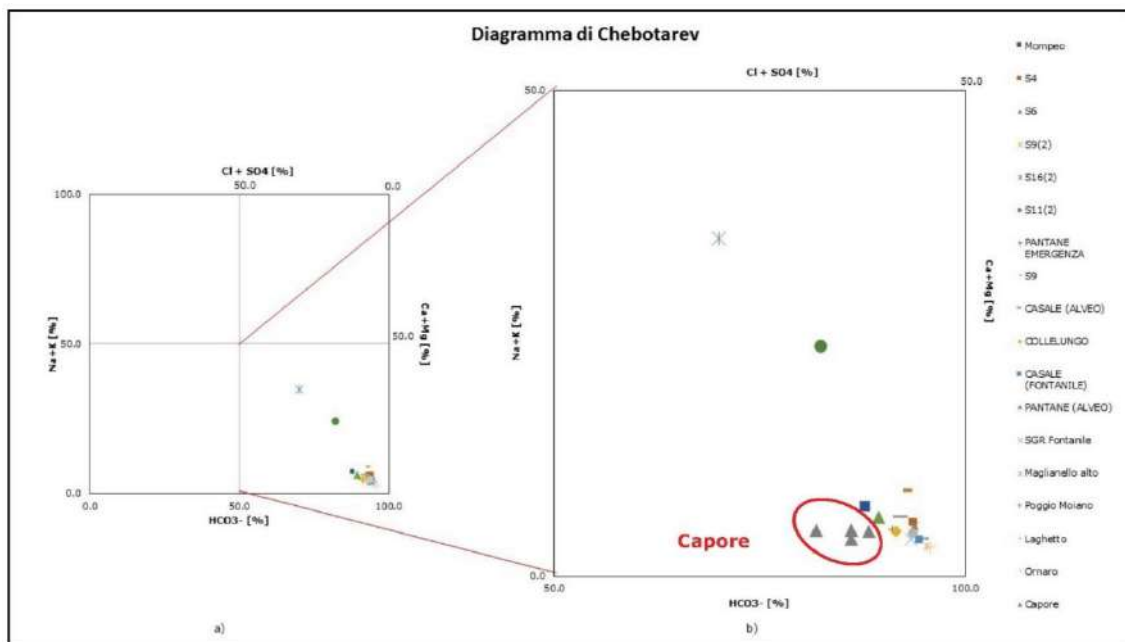


Figura 115. Diagramma Chebotarev punti di monitoraggio campagna novembre 2020 con aggiunta dei punti vicino la sorgente delle Capore: (a) Diagramma di Chebotarev e (b) zoom diagramma di Chebotarev.

La Figura 115 – a mostra che i punti relativi al monitoraggio della sorgente delle Capore si posizionano nello stesso quadrante dei punti rappresentativi del campionamento eseguito a novembre 2020, indicando quindi una comune origine bicarbonato calcico di tali acque. Tuttavia, nonostante l'origine comune delle acque,

la Figura 115 – b mostra che i campioni prelevati dalla sorgente delle Capore tendono a distinguersi, sufficientemente, dai campioni prelevati a novembre 2020. Tale comportamento è ancora meglio evidenziato dal diagramma di Schoeller in Figura 116, dove sono riportati, complessivamente, l’andamento medio tale da rappresentare la sorgente delle Capore e i punti di monitoraggio considerati nella campagna di novembre 2020. Tale distinzione può essere colta meglio se la composizione chimica delle acque sotterranee, campionate presso la sorgente Le Capore, viene confrontata con le singole sottofacies, distinte in precedenza.

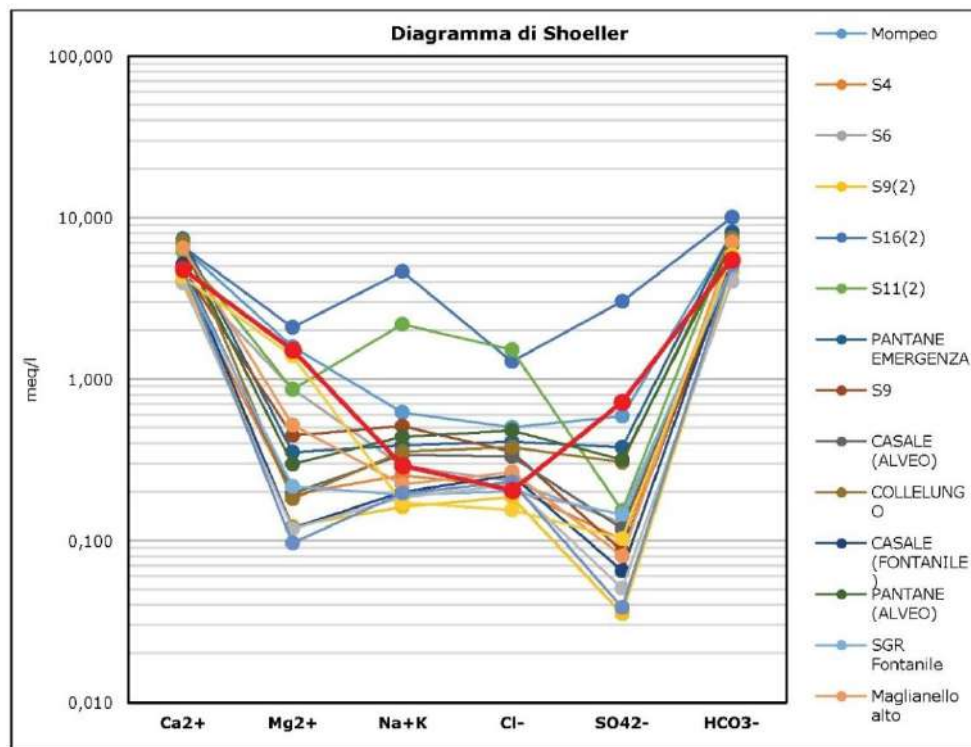


Figura 116. Diagramma Schoeller punti monitoraggio campagna novembre 2020 con aggiunta del punto di monitoraggio (andamento medio) della sorgente Capore.

Per questo sono riportati nella Figura 117, Figura 118 e Figura 119 i diagrammi di Schoeller, suddivisi per le sottofacies individuate in Figura 110, Figura 111 e Figura 112, confrontati con l’andamento medio dei risultati delle analisi geochimiche della sorgente delle Capore.

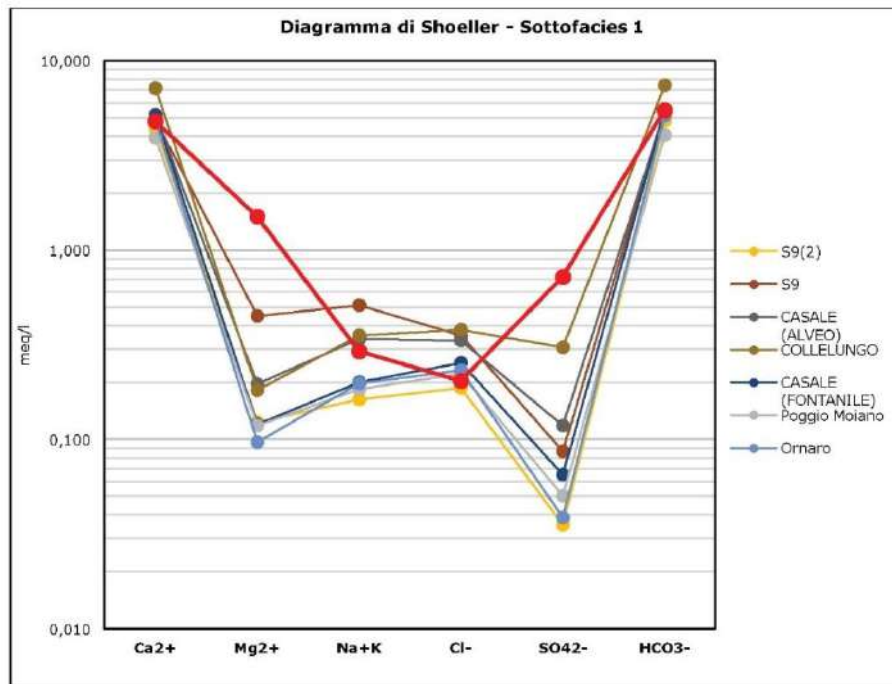


Figura 117. Diagramma Schoeller – Sottofacies 1, con aggiunta del punto di monitoraggio (andamento medio) della sorgente Capore.

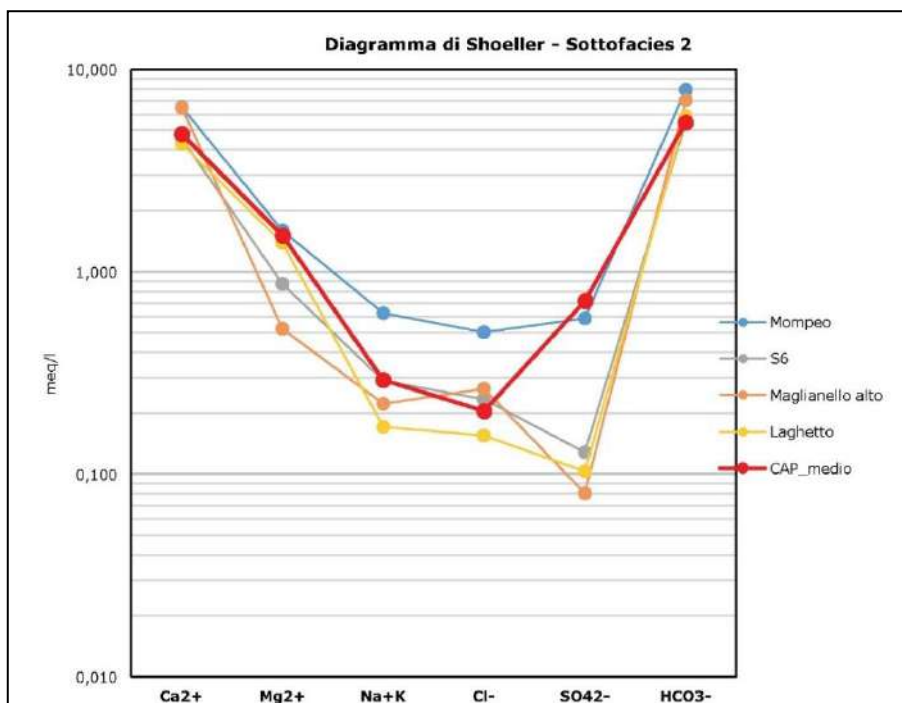


Figura 118. Diagramma Schoeller – Sottofacies 2, con aggiunta del punto di monitoraggio (andamento medio) della sorgente Capore.

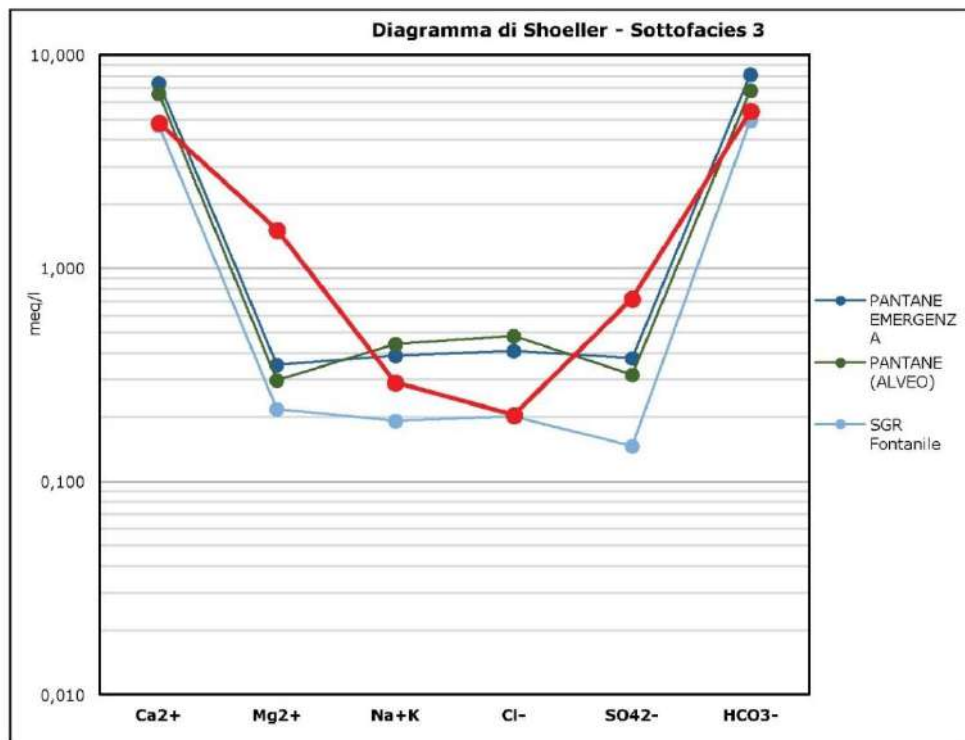


Figura 119. Diagramma Schoeller – Famiglia 3, con aggiunta del punto di monitoraggio (andamento medio) della sorgente Capore.

I risultati dei punti di monitoraggio Mompeo, S4, S6, San Giovanni N, San Giovanni V, Laghetto e S9 sono stati messi a confronto con l'andamento medio delle analisi geochimiche della sorgente delle Capore nel diagramma di Chebotarev in Figura 120 e Schoeller in Figura 123.

La Figura 120 conferma un'origine delle acque bicarbonato calcico magnesiache e i punti di monitoraggio della sorgente delle Capore tendono a distinguersi dai punti di monitoraggio Mompeo, S4, S6, San Giovanni N, San Giovanni V, Laghetto e S9. Inoltre, è possibile evidenziare due trends: il primo a cui appartengono i punti di monitoraggio S9, S4 e S6 (Figura 121), che risultano essere piezometri più superficiali (Tabella 18), e un secondo trend a cui appartengono i punti Collelungo, SGN e Mompeo, con profondità maggiori (Figura 122).

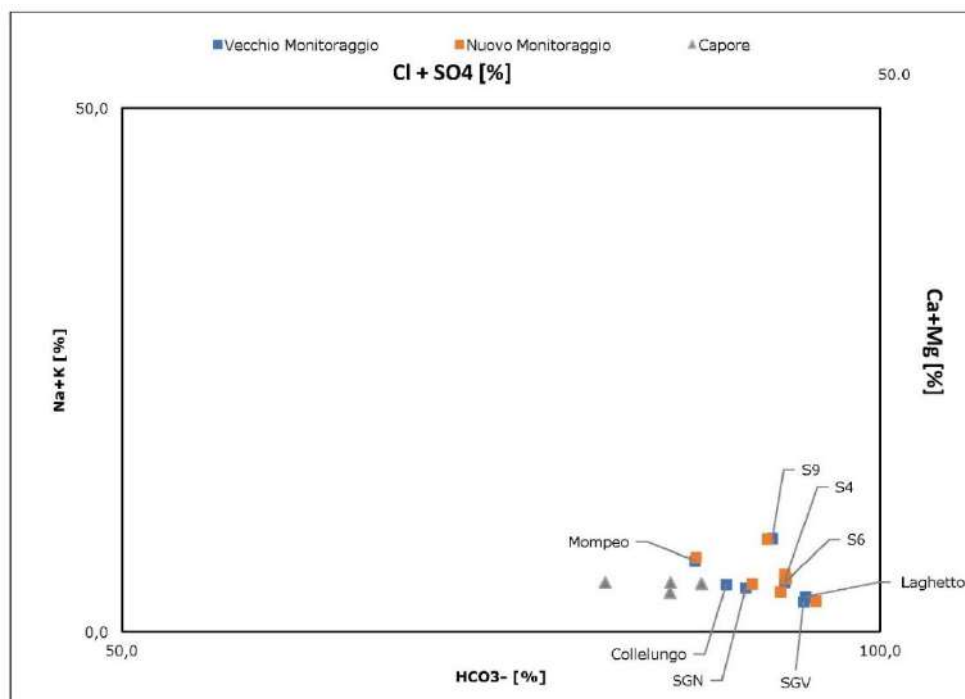


Figura 120. Zoom Diagramma di Chebotarev punti a confronto.

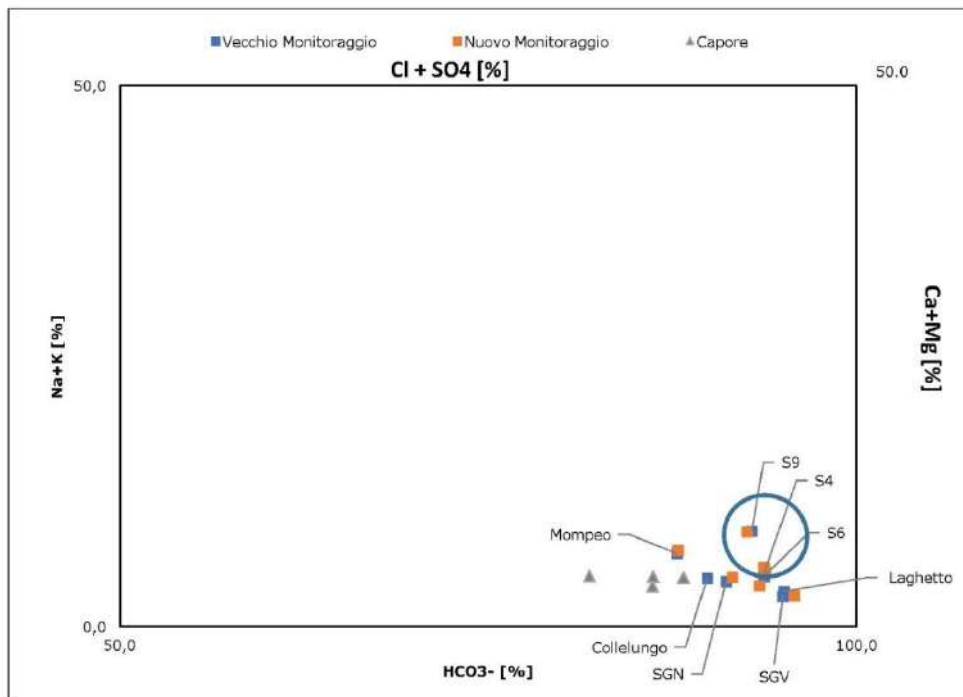


Figura 121. Zoom Diagramma di Chebotarev punti a confronto – primo trend.

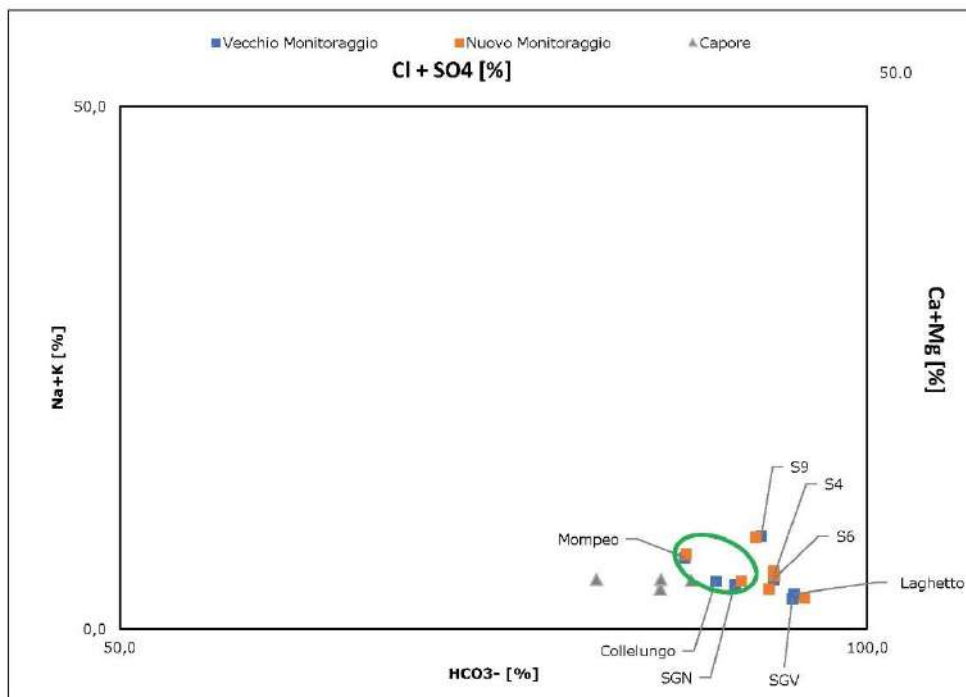
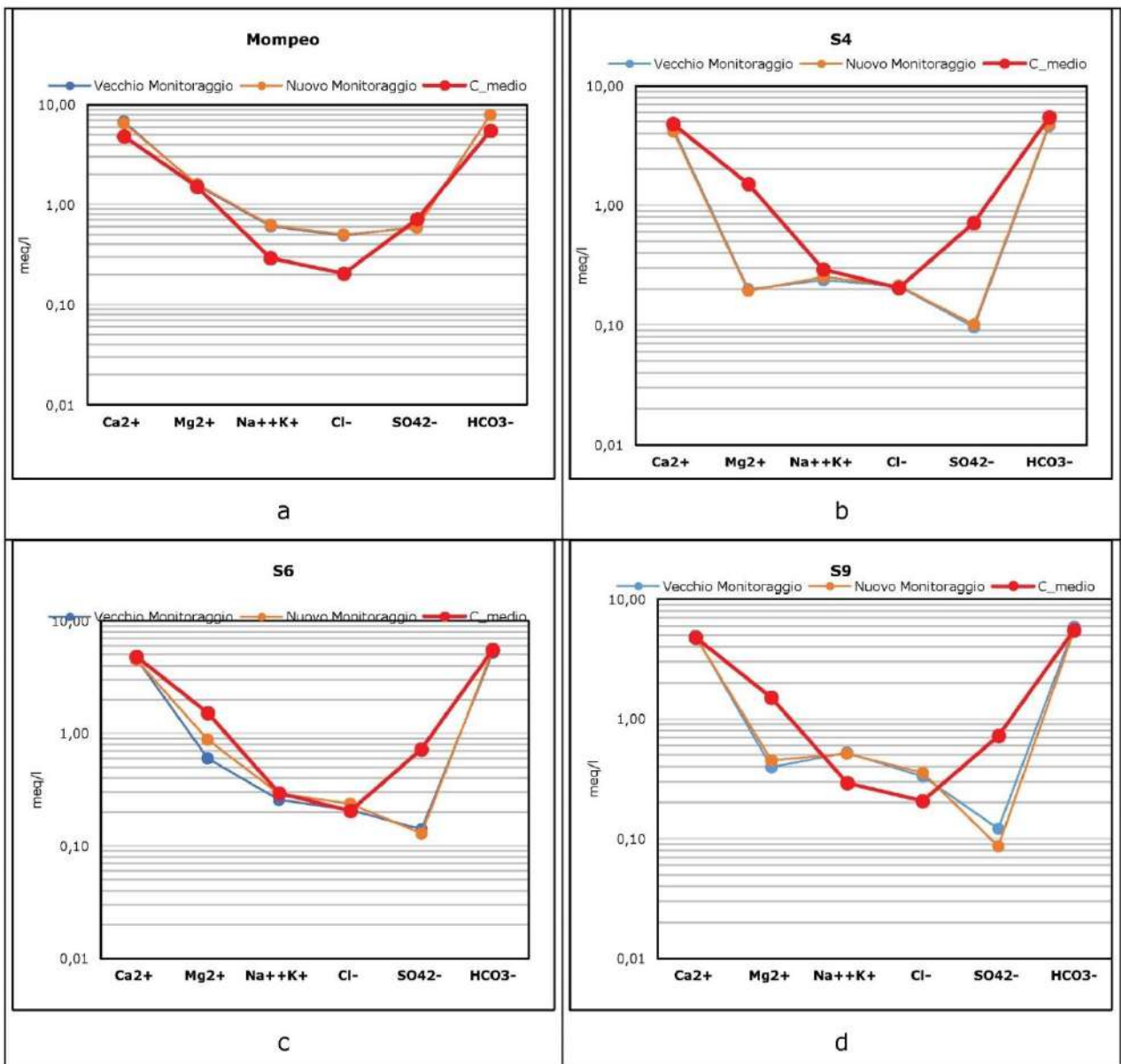


Figura 122. Zoom Diagramma di Chebotarev punti a confronto – secondo trend.

La Figura 122 mostra che il punto San Giovanni N, sia nel vecchio che nel nuovo monitoraggio, è il più simile e uno dei più vicini all'andamento medio della sorgente delle Capore. Tale comportamento è confermato dal diagramma di Schoeller in Figura 123. Infatti, come già fatto in Figura 113, sono stati rappresentati con il diagramma di Schoeller i punti di monitoraggio Mompeo, S4, S6, San Giovanni N, San Giovanni V, Laghetto e S9, confrontati con l'andamento medio della sorgente delle Capore.



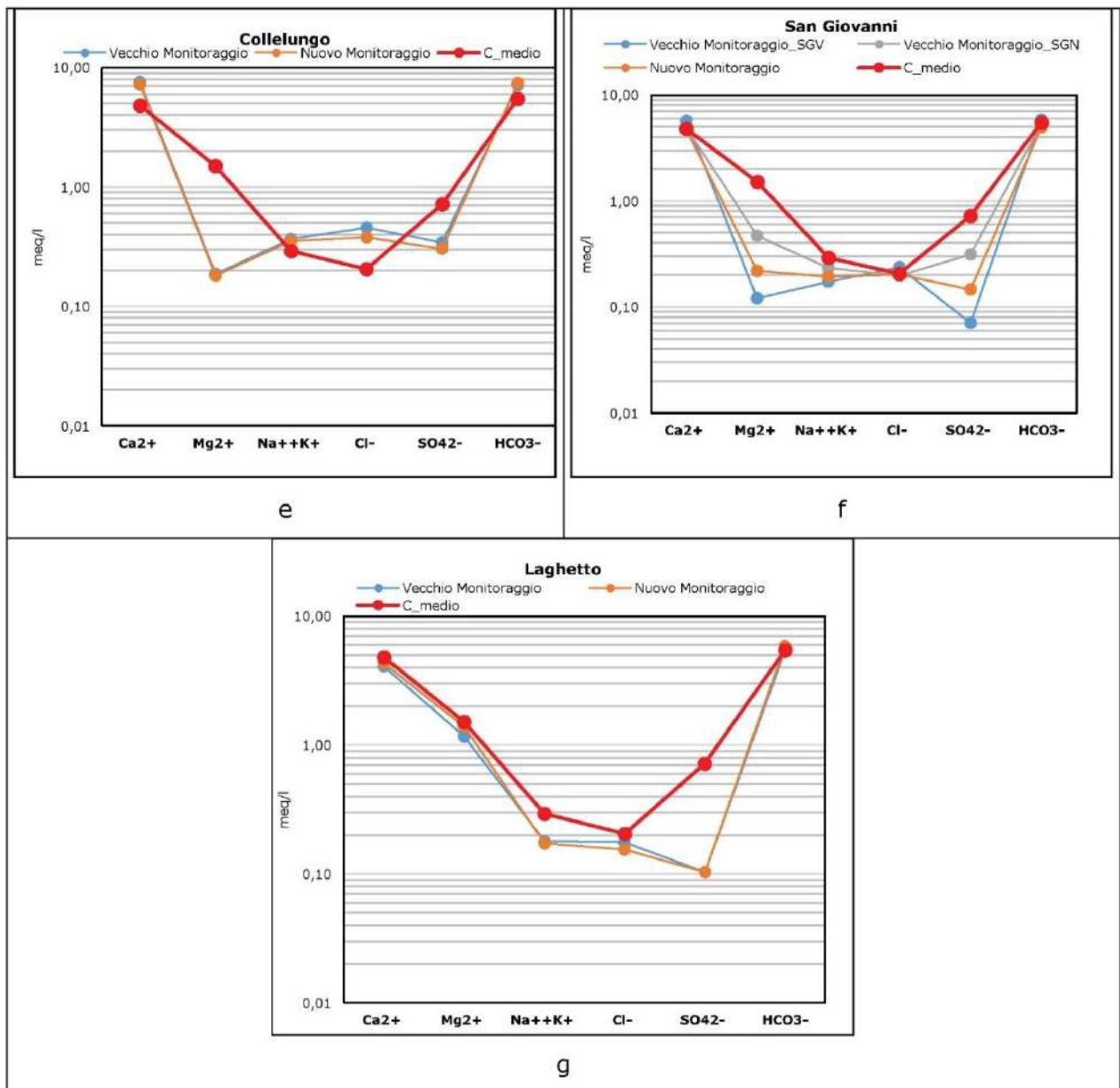


Figura 123. Diagramma di Schoeller monitoraggi a confronto con l'andamento medio rappresentativo della Sorgente delle Capore: Mompeo (a), S4 (b), S6 (c), S9 (d), Collelungo (e), San Giovanni Reatino (f), Laghetto (g).

Alla luce della elaborazione e rappresentazione dei risultati delle analisi geochimiche sopra riportate, è possibile svolgere le seguenti considerazioni. Le acque sotterranee analizzate, in diverse campagne di indagine, presentano, tutte, una facies

bicarbonato calcica, che conferma la loro residenza ed il loro transito in formazioni a prevalente costituzione carbonatica, quale è quella degli acquiferi affioranti nell'area di interesse. Allo stesso tempo, un esame più dettagliato dei risultati acquisiti ha evidenziato, sostanzialmente, la presenza di tre sottofacies, una delle quali, Sottofacies 2 può essere definita *carbonato calcico magnesiacca*, ed appare di maggiore interesse ai fini della redazione delle presenti integrazioni. Infatti, essa comprende le acque prelevate presso i punti intorno alla Sorgente Le Capore, le acque provenienti da San Giovanni Reatino Nuovo, dal piezometro S6 da Mompeo e la Sorgente Laghetto. Tutti gli altri campioni presentano connotati geochimici sensibilmente differenti, come descritto in precedenza. Ciò potrebbe condurre ad affermare, con ragionevole fondatezza, che il tracciato dell'acquedotto in progetto non abbia interferenza con l'acquifero che alimenta la Sorgente Le Capore, in quanto il Pozzo San Giovanni Reatino Nuovo, unico presente in prossimità del tracciato dell'acquedotto, le cui acque presentano connotati geochimici, assimilabili a quelle della sorgente Le Capore, presenta una quota piezometrica misurata di 305 m slm, cioè circa 100 m sotto il piano di calpestio della galleria acquedottistica. Allo stesso tempo la connotazione geochimica di dettaglio sembra evidenziare una Sottofacies 1, che può essere definita *bicarbonato calcica alcalina*, dovuta all'arricchimento in Na+K, rispetto al Mg, che comprende i campioni provenienti da Collelungo, San Giovanni Reatino Vecchio, i pozzi S4 ed S9, S9(2). Questa connotazione, unita alle indicazioni piezometriche provenienti ad esempio dal pozzo di San Giovanni Reatino Vecchio, la cui quota è stata misurata a circa 435 m slm sembra indicare una circolazione di queste acque sotterranee, all'interno di formazioni come la scaglia, nella quale la componente silicatica, potrebbe essere la fonte di arricchimento in Na e K. In questo caso la correlazione del dato piezometrico appena riportato, con le misure effettuate, ripetutamente, presso il pozzo di Ponte delle Ruote, dove la piezometrica si attesta intorno ai 420 m slm, sembra indicare che esiste un campo piezometrico, relativo a questo acquifero più superficiale, che potrebbe interferire con lo scavo della galleria acquedottistica. Potrebbe trattarsi della circolazione idrica sotterranea rilevata nel corso dello scavo dell'originario acquedotto del Peschiera nel

tratto fra i vertici XII e XV. In questo caso appare ragionevole affermare che la precedente esecuzione della galleria acquedottistica originale garantisce la eseguibilità anche di quella in progetto, pur nel rispetto di alcuni accorgimenti che dovranno essere adottati, e che saranno oggetto delle considerazioni finali del presente elaborato.

Analisi isotopiche

Questo paragrafo descrive i risultati e le elaborazioni delle analisi isotopiche eseguite per la campagna di monitoraggio di novembre 2020. Le metodologie isotopiche sono un utile strumento di indagine per la caratterizzazione delle acque meteoriche, superficiali e sotterranee. È necessario ricordare che gli isotopi sono nuclidi¹⁶ dello stesso elemento, con lo stesso numero atomico, ma con differente numero di massa¹⁸, quindi diversa massa atomica e di conseguenza moderate differenze nelle proprietà chimiche e fisiche. Il frazionamento isotopico è il fenomeno per il quale la composizione isotopica ed i rapporti reciproci fra gli isotopi di un elemento variano nello spazio e nel tempo. Tale fenomeno risulterà tanto più evidente quanto maggiore sarà la differenza di massa relativa tra i due isotopi. In particolare, nella caratterizzazione delle acque sotterranee, gli isotopi più utilizzati sono gli isotopi dell'ossigeno, ^{18}O , ^{17}O , ^{16}O , e dell'idrogeno, ^1H , ^2H , ^3H . In generale, risultano particolarmente utili per gli scopi ambientali gli isotopi del Deuterio (δD o $\delta^2\text{H}$) e dell'Ossigeno 18 ($\delta^{18}\text{O}$). La presenza degli isotopi stabili δD e $\delta^{18}\text{O}$ nelle acque è condizionata dai processi meteorologici, che le conferiscono un'impronta caratteristica della propria origine, fondamentale per definire la natura delle acque sotterranee, il loro percorso, i tempi di residenza nel sottosuolo, ed eventuali processi cui possono essere state soggette.

Le analisi isotopiche relative ai campioni prelevati durante la campagna di monitoraggio di novembre 2020 sono state eseguite presso il Laboratorio del Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale - Università di Parma. In Figura 124 viene riportata la rappresentazione spaziale dei punti di monitoraggio considerati per le analisi isotopiche. Differentemente dalle

analisi geochimiche, tutti i 23 campioni prelevati sono stati sottoposti alle analisi isotopiche.

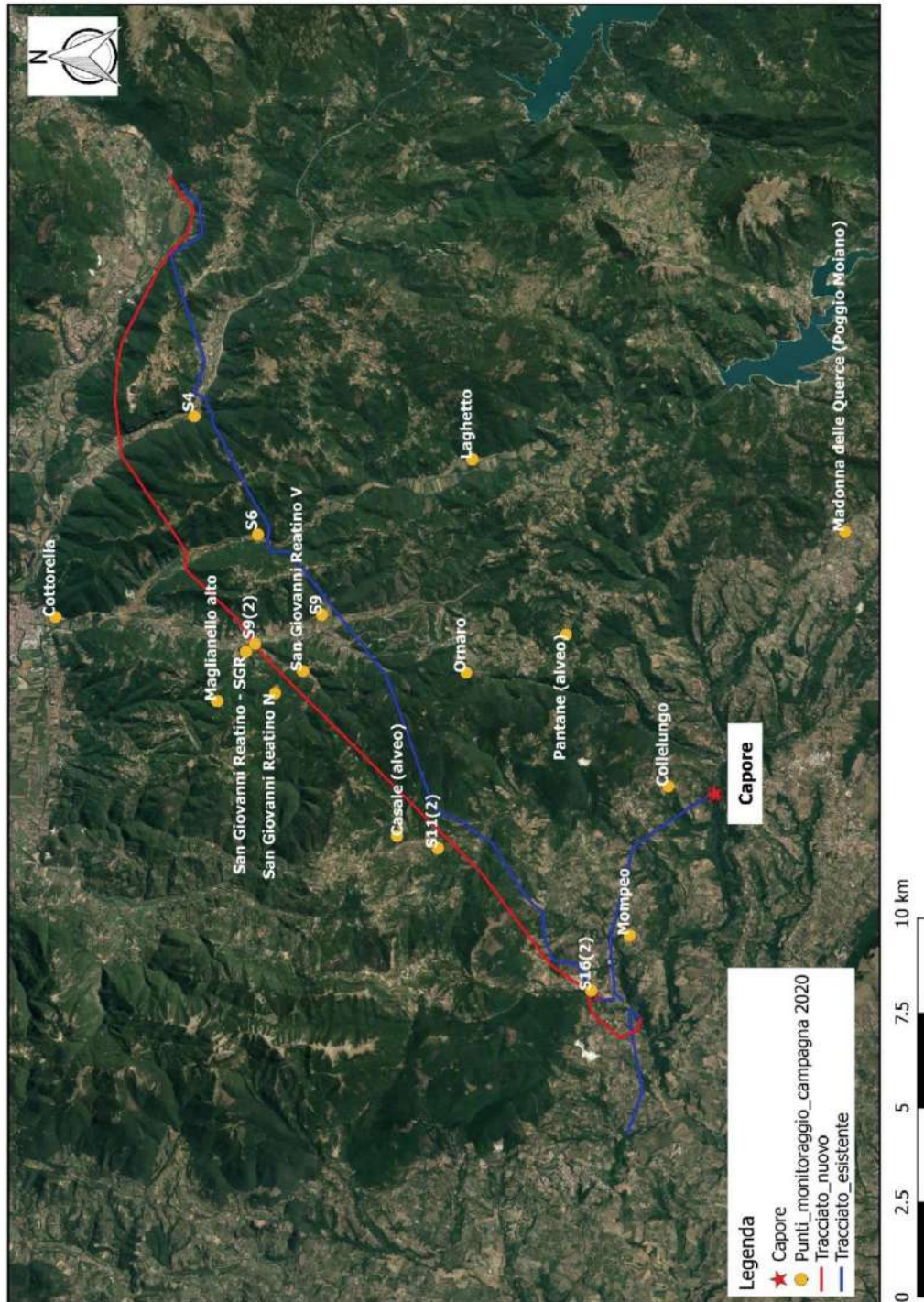


Figura 124. Localizzazione punti di monitoraggio campagna di novembre 2020.

In Tabella 22 vengono riportati i risultati delle analisi isotopiche.

Tabella 22. Risultati Analisi Isotopiche punti di monitoraggio campagna novembre 2020.

Data di Campionamento	Punto	$\delta^2\text{H} \text{‰}$ (V-SMOW)	$\delta^{18}\text{O} \text{‰}$ (V-SMOW)
12-11-20	Sorgente Capore	-44.0	-7.49
17-11-20	Pozzo Capore NC3	-45.8	-7.55
17-11-20	Pozzo Capore NC1	-40.6	-6.80
17-11-20	Madonna delle Querce	-45.5	-7.35
12-11-20	SGR 1 - Vecchio	-41.3	-6.90
12-11-20	SGR 2 - Nuovo	-46.4	-7.55
12-11-20	SGR Fontanile	-43.1	-7.27
17-11-20	Mompeo	-38.1	-6.39
17-11-20	S4	-40.2	-6.82
17-11-20	S6	-44.2	-7.39
20-11-20	S9	-36.3	-6.06
17-11-20	S9 (2)	-43.1	-7.08
12-11-20	Maglianello Alto	-42.1	-7.05
20-11-20	S16 (2)	-38.2	-6.47
20-11-20	Pantane Alveo	-37.9	-6.37
20-11-20	Pantane emergenza	-38.1	-6.42
12-11-20	Casale (fontanile)	-39.3	-6.78
12-11-20	Casale (alveo)	-39.5	-6.52
20-11-20	S11 (2)	-41.2	-6.75
20-11-20	Collelungo	-40.9	-6.70
25-11-20	Ornaro	-43.3	-7.32
25-11-20	Laghetto	-49.2	-7.97
25-11-20	Cottorella	-41.8	-7.04

I dati sono stati rielaborati nel diagramma isotopico in Figura 125, inserendo le rette meteoriche di riferimento:

- la retta meteorica globale (GMWL)¹⁹, definita dall'equazione:

$$\delta^2 H = 8 \delta^{18} O + 10 \text{‰} R_{SMOW}$$

- la retta meteorica del bacino del mediterraneo (MMWL)²⁰, definita dall'equazione:

$$\delta^2 H = 8 \delta^{18} O + 22 \text{‰} R_{SMOW}$$

- la retta meteorica locale (LMWL)²¹, definita dall'equazione:

$$\delta^2 H = 7.46 \delta^{18} O + 8.29 \text{‰ } R_{SMOW}$$

Lo RSMOW rappresenta il contenuto isotopico medio delle acque dell'oceano e costituisce l'unità di misura di riferimento, rispetto al quale sono calcolati i valori dei rapporti isotopici delle acque naturali, calcolati come deviazione rispetto al rapporto isotopico di riferimento.

La Figura 125 mostra che i risultati delle analisi isotopiche relative ai campioni prelevati a novembre 2020 tendono ad allinearsi in prossimità della retta meteorica locale (LMWL), confermando un connotato isotopico omogeneo, indice di una medesima caratteristica meteorica originaria. Può essere opportuno ricordare che le variazioni dei rapporti isotopici $\delta^{18}O$ e δ^2H , nelle acque naturali, sono soprattutto prodotte da processi di evaporazione e di condensazione.

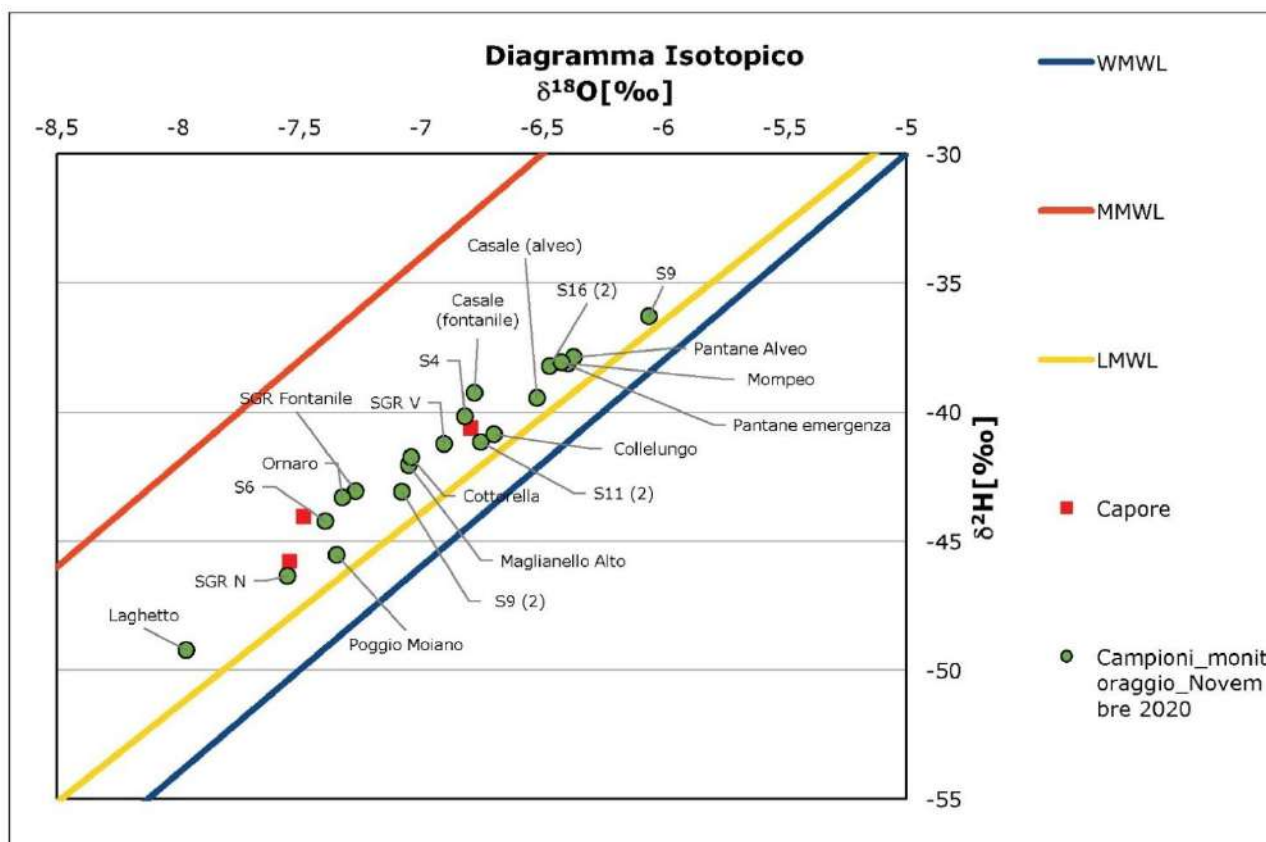


Figura 125. Diagramma isotopico punti di monitoraggio novembre 2020.

Tali modificazioni possono essere interpretate a partire dalla posizione che i punti occupano nel diagramma isotopico:

- i punti più vicini all'origine del sistema di riferimento caratterizzano acque le cui quote di infiltrazione sono più basse: infatti risultano essere più arricchiti in isotopi pesanti, in quanto il più lungo processo di evaporazione in atmosfera ha consentito la separazione di una frazione maggiore di isotopi più leggeri;
- i punti più distanti dall'origine del sistema di riferimento, viceversa, caratterizzano acque le cui quote di infiltrazione sono più alte, poiché risultano essere più poveri in isotopi pesanti, in quanto il più breve processo di evaporazione in atmosfera ha consentito la separazione di una frazione minore di isotopi più leggeri.

Inoltre, è utile ricordare che sono diversi i fenomeni che influiscono nella variazione isotopica : (i) effetto stagionale, (ii) effetto latitudine, (iii) effetto continentalità ed (iv) effetto altitudine. In questo caso, è plausibile ipotizzare che l'effetto più preponderante sulla variazione isotopica mostrata nella Figura 125 sia l'effetto altitudine, data la ridotta dimensione dell'area di studio.

Da un primo esame il diagramma rappresentato in Figura 125 sembra confermare che i campioni prelevati presso Le Capore, San Giovanni Reatino Nuovo, Ornarò, Laghetto e Poggio Moiano, presentano un connotato isotopico meno ricco in isotopi pesanti, rispetto agli altri. Sembra trattarsi pertanto di acque sotterranee, la cui quota di infiltrazione è più elevata rispetto a tutte le altre rappresentate dagli altri campioni riportati nel medesimo diagramma.

Allo stesso tempo la medesima indicazione sembra emergere da diagramma riportato in Figura 126, dove i valori dei $\delta^{18}\text{O}$, relativi alle acque campionate sono riportati in correlazione con le quote di infiltrazione delle acque meteoriche di alimentazione e dal successivo, e conseguente, diagramma riportato in Figura 127, dove le suddette quote di infiltrazione delle acque meteoriche di alimentazione, relative a ciascun punto campionato, sono correlate con la quota altimetrica del punto stesso.

Il diagramma riportato in Figura 126 è stato costruito ipotizzando un gradiente di riduzione della deviazione isotopica $\delta^{18}\text{O}$ con la quota pari a 2.5 ‰ per ogni 100 m, come suggerito da Zuppi nel 1986, per il Versante Tirrenico italiano.

Infatti, questi diagrammi confermano quanto rappresentato in Figura 125, consentendo qualche considerazione, di maggior dettaglio ai fini del presente studio.

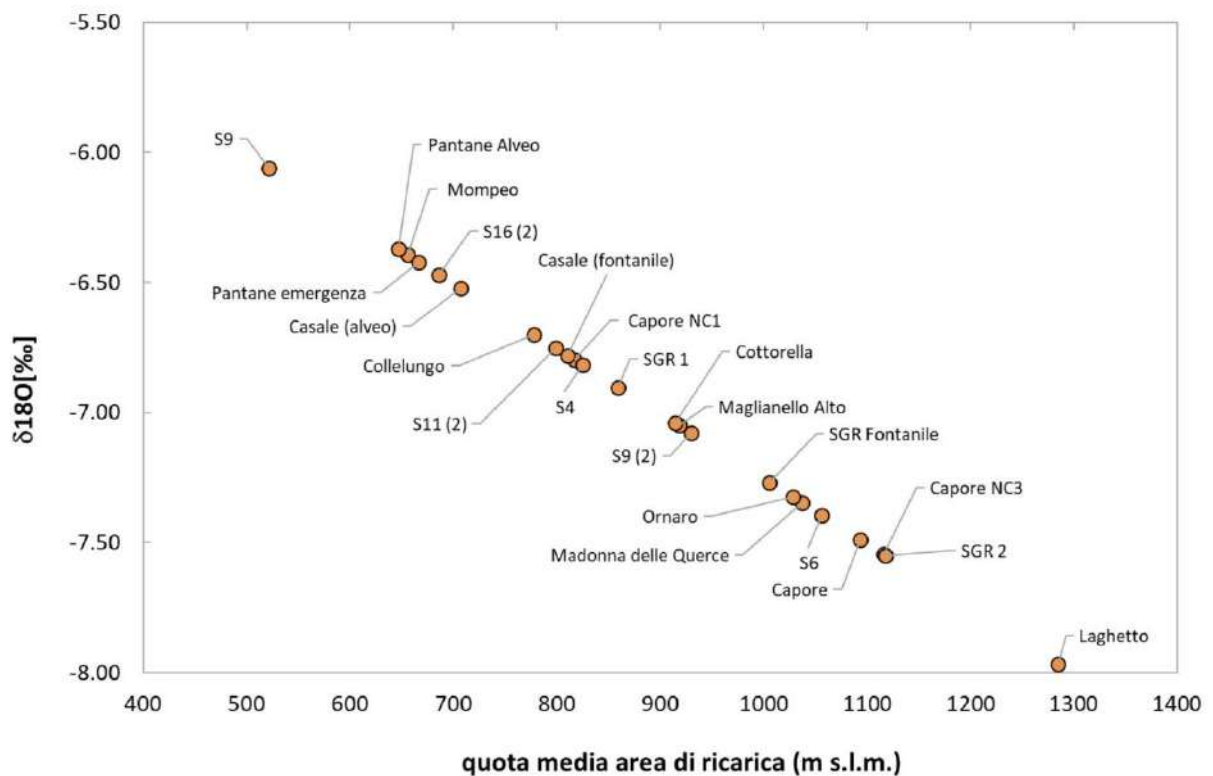


Figura 126. Connotato del $\delta^{18}\text{O}$ in funzione della media di infiltrazione delle acque meteoriche che alimentano i diversi punti campionati.

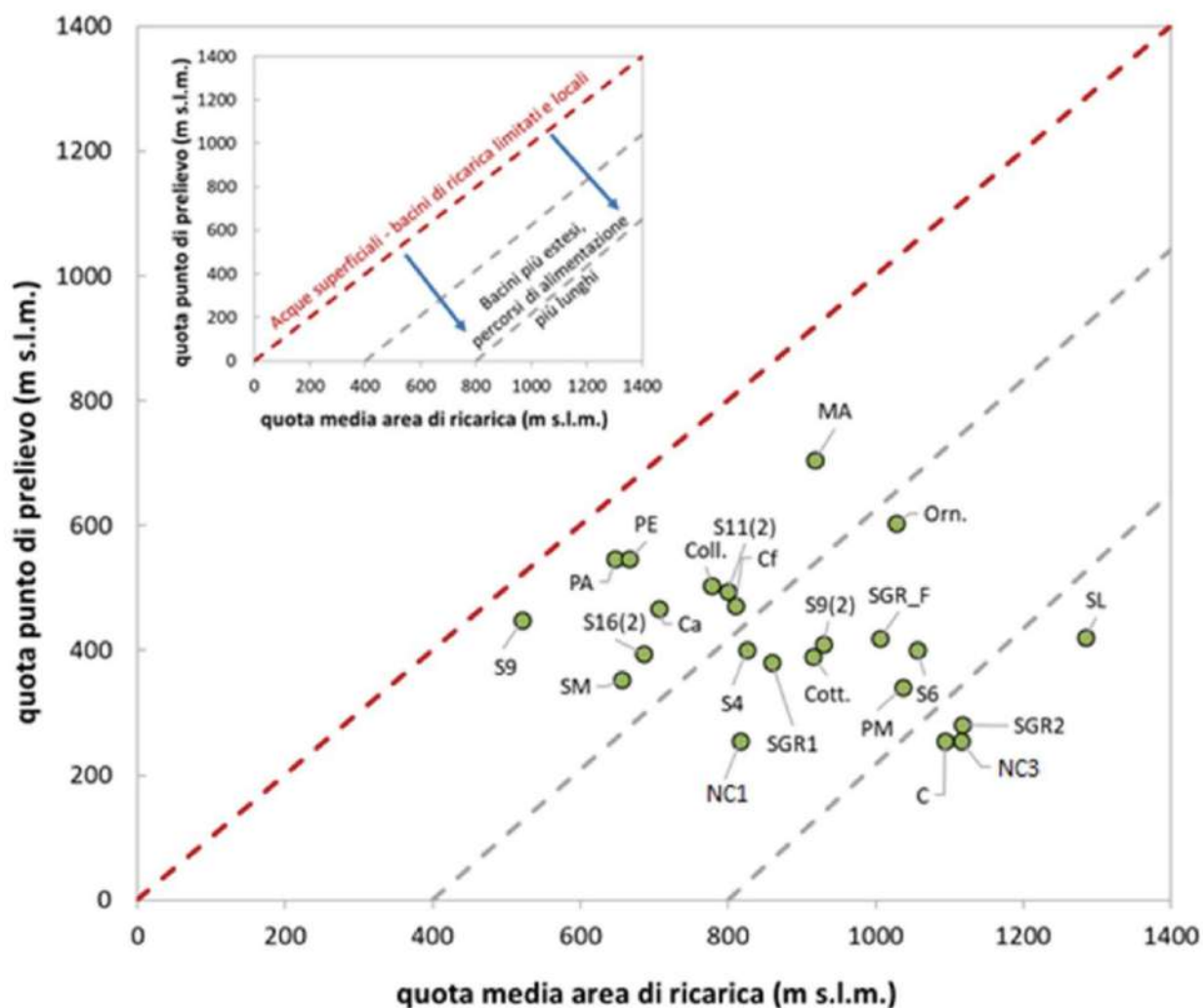


Figura 127. Quota media di infiltrazione delle acque meteoriche che alimentano i diversi punti campionati correlata con la quota del punto di prelievo. Punti di prelievo: C = Sorgente Le Capore; NC1 = Pozzo Capore NC1; NC3 = Pozzo Capore NC3; PM = Poggio Moiano; SGR1 = Pozzo S. Giovanni Reatino (vecchio); SGR2 = Pozzo S. Giovanni Reatino (nuovo); SGR_F = Fontanile S. Giovanni Reatino; SM = Sorgente Mompeo; S4 = Pozzo S4; S6 = Pozzo S6; S9 = Pozzo S9; S9(2) = Pozzo S9(2); MA = Magliano Alto; S16(2) = Pozzo S16(2); PA = Pantane Alveo; PE = Pantane emergenza; Cf = Casale fontanile; Ca = Casale alveo; S11(2) = Pozzo S11(2); Coll. = Collelungo; Orn = Ornaro; SL = Sorgente Laghetto; Cott. = Cottorella.

Il diagramma riportato in Figura 127 evidenzia, una sostanziale zonazione delle aree di ricarica dei diversi bacini, che alimentano i punti di prelievo considerati. In particolare, le acque sotterranee prelevate presso Le Capore, intese come Sorgente (C) e Pozzo NC3, hanno percorsi di alimentazione più lunghi e quindi bacini di ricarica più estesi, le aree di ricarica hanno quote paragonabili fra loro, più elevate, collocate nella porzione sud-orientale dell'area di studio. Ciò sembra avvalorare l'ipotesi che l'alimentazione della sorgente Le Capore provenga da tale area, benché il carattere geochimico ed isotopico dei campioni provenienti da San Giovanni Reatino Nuovo (SGR2), indichino che esista una continuità idraulica profonda che arriva fino a ridosso della dorsale di San Giovanni Reatino, che molti studi idrogeologici individuano come spartiacque idrogeologico in questa area. Allo stesso tempo l'indicazione, apparentemente contraddittoria, proveniente dal connotato isotopico del campione Pozzo Capore NC1, che si colloca in una zona intermedia del diagramma rappresentato in Figura 127, ubicato diversamente dagli altri nel tradizionale diagramma di Figura 125, sembra poter essere spiegata con la minore profondità di questo pozzo che, senza raggiungere la formazione della Maiolica, è intestato nella formazione sovrastante della Scaglia Rossa.

Conclusioni

In un contesto geologico ed idrogeologico, complesso, quale quello di progetto, l'affioramento di acquiferi fratturati e la presenza di falde sovrapposte rendono la ricostruzione del campo piezometrico, talvolta, di dubbia attendibilità, perché la continuità idraulica della zona satura è fortemente condizionata dalla eterogeneità della distribuzione della conducibilità idraulica, ma anche dalle complicazioni tettoniche. Peraltro, l'ipotesi di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica attraverso l'applicazione combinata di indagini geofisiche e perforazioni meccaniche a carotaggio continuo, attrezzate a piezometri, potrebbe rivelarsi fallace. E' apparso, pertanto, preferibile riferirsi alle informazioni note in merito alla distribuzione dei livelli piezometrici per definire la presenza, nell'area di progetto, di un acquifero multistrato, nel quale è presente un orizzonte più superficiale che transita nella formazione della Scaglia Rossa, intercettato in particolare dal pozzo vecchio di San

Giovanni Reatino, e dal pozzo ubicato a Ponte delle Ruote, ed uno più profondo, residente nella Formazione della Maiolica, sottostante, che alimenta, fra l'altro la Sorgente Le Capore, ed è separata dalla Scaglia, per la presenza dell'acquicludo delle Marne a Fucoidi. L'insieme delle considerazioni svolte nelle presenti integrazioni, facendo ricorso all'applicazione di tecniche di analisi geochimica ed isotopica, a supporto e verifica delle informazioni di natura prettamente fisica, contenute nella Relazione Geologica di progetto, consente di affermare che non ci sono elementi che possano lasciare ipotizzare interferenze fra il bacino di alimentazione della Sorgente Le Capore e lo scavo della galleria acquedottistica, in quanto il livello piezometrico della falda, residente nella Maiolica, intorno all'area di progetto, è stato rilevato a poco più di 300 m slm, mentre il piano di calpestio dello scavo nel tratto in cui intercetta la Maiolica, si trova, sempre, a quote superiori ai 400 m slm. Peraltro, le indicazioni fisiche e chimiche, che scaturiscono dalle indagini eseguite presso i pozzi S11(2) e S16(2), fanno presumere che la caratterizzazione idrogeologica, relativa a questi punti sia affetta da fattori locali, che non appaiono trascurabili, ai fini delle presenti integrazioni. Allo stesso tempo, altri tratti di possibile interferenza fra scavo della galleria non sembrano esserci. E, d'altro canto, le analisi chimiche ed isotopiche hanno evidenziato che le acque sotterranee, prelevate nei due pozzi scavati a San Giovanni Reatino, presentano due sottofacies idrogeochimiche sensibilmente diverse, ed anche aree di ricarica diverse, a conferma del modello idrogeologico multistrato proposto. Allo stesso tempo la stessa metodologia di indagine combinata, adottata in questa sede, nel rappresentare, come affermato nella Relazione geologica di progetto, possibili battenti idrici dell'ordine dei 10 m, consente di collocare queste acque sotterranee nell'orizzonte più superficiale della Scaglia Rossa, permeabile prevalentemente per fessurazione, il cui livello piezometrico è stato rilevato intorno ai 420 m slm. Questo orizzonte, pur nella sua più limitata importanza, rispetto a quello più profondo, è potenzialmente interferente con lo scavo della galleria acquedottistica. Infatti, l'esame di quanto emerso nel corso dello scavo della galleria acquedottistica esistente, in particolare fra i vertici XII e XV, rileva la presenza di venute d'acqua significative, e lascia ipotizzare, con ragionevole fondatezza, che si

potranno verificare fenomeni di infiltrazione di acque, anche sensibili, durante lo scavo dell'opera in progetto. Tuttavia, come il fenomeno è stato gestito, con successo, durante la fase di cantiere ed anche dopo, visto che l'orizzonte saturo risulta ancora oggi presente, è da ritenersi che eventuali infiltrazioni potranno essere tenute adeguatamente sotto controllo, anche nella costruzione dell'opera in progetto, atteso che le tecnologie, oggi disponibili, sono sicuramente migliori di quelle dell'epoca, in cui è stato realizzato il precedente acquedotto. A tale riguardo, considerato che l'ipotesi di progetto prevede, in questo tratto di sottosuolo, di procedere con lo scavo in TBM, con una velocità di avanzamento di 15 m al giorno, è opportuno raccomandare, per consentire l'adeguato controllo di eventuali venute d'acqua, di procedere con adeguata cautela, subordinata alle evidenze che potranno emergere nel corso dello scavo, nel rispetto del metodo osservazionale, generalmente applicato nella progettazione ed esecuzione delle opere in sotterraneo. A tal fine, e considerata la complessità dell'assetto geologico ed idrogeologico del sottosuolo interessato dal progetto, che non può garantire proprietà meccaniche ed idrauliche omogenee, isotrope ed uniformi, come in altre formazioni geologiche, è necessario prevedere, come previsto dalle *"Linee Guida per il monitoraggio ambientale delle opere sottoposte a valutazione di impatto ambientale"*, uno specifico Piano di Monitoraggio Ambientale Ante-Operam, in Corso d'Opera e Post Operam, che consenta di tutelare le componenti ambientali coinvolte dal progetto, in modo regolare e tempestivo ed avere, a seguito del monitoraggio ante-operam un quadro idrogeologico di dettaglio, a supporto della fase esecutiva.

7.5 Valutazione su potenziali interazioni tra le opere di progetto e gli acquiferi presenti

In merito alla valutazione su potenziali interazioni tra le opere di progetto e gli acquiferi presenti sono stati svolti approfondimenti, relativi ai tratti interessati da scavi in galleria o mediante microtunneling.

Per quel che concerne i tratti di scavo in microtunneling, sulla base delle caratteristiche dei terreni che si andranno a scavare e considerando lo stato dell'arte della tecnologia microtunneling, si ritiene idonea l'adozione di una macchina a scudo chiuso e smarino idraulico (tipo SM - V). Il sistema a smarino idraulico noto anche come "Face with Slurry Support", oltre a rendere più efficiente la fase di trasporto a giorno del materiale scavato fornirà anche l'adeguato supporto al fronte di scavo anche in presenza della falda idrica. Per ulteriori dettagli tecnici sulle modalità di scavo in galleria si rimanda all'elaborato "A194 PD R005 - ALLEGATO 4" della Relazione Geotecnica.

Per quanto riguarda i tratti interessati da scavo in galleria si sottolinea come relativamente alla interferenza con le falde idriche e dunque alla possibilità di depauperamento della risorsa sotterranea, oltre a specificare che eventuali afflussi di acqua sono possibili solo al fronte e solo nella fase di scavo, giacché l'opera finita sarà perfettamente impermeabilizzata, nel progetto è ben specificato che le gallerie "Ponzano", "Cognolo" e "Zoccani", che in ogni caso, come evidenziato dai profili idrogeologici di progetto interferiscono limitatamente con il tetto della falda superficiale, verranno scavate con TBM EPB, tecnologia che impedisce, grazie alle contropressioni operate al fronte, qualsiasi afflusso di acqua.

Per quanto riguarda la galleria "Montevecchio", tra S. Giovanni Reatino e Salisano, sempre nello studio di cui all'allegato 1, viene espressamente rappresentato a pag. 48, relativamente all'acquifero interessato della Scaglia, che *"Questo orizzonte, pur nella sua più limitata importanza, rispetto a quello più profondo, è potenzialmente interferente con lo scavo della galleria acquedottistico. Infatti, l'esame di quanto emerso nel corso dello scavo della galleria acquedottistica esistente, in particolare fra*

i vertici XII e XV, rileva la presenza d'acqua significative e lascia ipotizzare, con ragionevole fondatezza, che si potranno verificare fenomeni di infiltrazione di acque, anche sensibili, durante lo scavo dell'opera in progetto. Tuttavia, come il fenomeno è stato gestito, con successo, durante la fase di cantiere ed anche dopo, visto che l'orizzonte saturo risulta ancora oggi presente, è da ritenersi che eventuali infiltrazioni potranno essere tenute adeguatamente sotto controllo, anche nella costruzione dell'opera in progetto, atteso che le tecnologie, oggi disponibili, sono sicuramente migliori di quelle dell'epoca, in cui è stato realizzato il precedente acquedotto. A tale riguardo, considerato che l'ipotesi di progetto prevede, in questo tratto di sottosuolo, di procedere con lo scavo in TBM, con una velocità di avanzamento di 15 m al giorno, è opportuno raccomandare, per consentire l'adeguato controllo di eventuali venute d'acqua, di procedere con adeguata cautela, subordinata alle evidenze che potranno emergere nel corso dello scavo, nel rispetto del metodo osservazionale, generalmente applicato nella progettazione ed esecuzione delle opere in sotterraneo. A tal fine, e considerata la complessità dell'assetto geologico ed idrogeologico del sottosuolo interessato dal progetto, che non può garantire proprietà meccaniche ed idrauliche omogenee, isotrope ed uniformi, come in altre formazioni geologiche, è necessario prevedere, come previsto dalle "Linee Guida per il monitoraggio ambientale delle opere sottoposte a valutazione di impatto ambientale", uno specifico Piano di Monitoraggio Ambientale Ante-Operam, in Corso d'Opera e Post Operam, che consenta di tutelare le componenti ambientali coinvolte dal progetto, in modo regolare e tempestivo ed avere, a seguito del monitoraggio ante-operam un quadro idrogeologico di dettaglio, a supporto della fase esecutiva."

Per quanto riguarda infine la possibilità che l'acquedotto di progetto possa operare un effetto barriera nei confronti della circolazione idrica sotterranea, si riportano le seguenti considerazioni.

Per la **GALLERIA PONZANO** (Elab. A194PD G012 "Carta Idrogeologica", Elab. A194PD G017 "Sezione Idrogeologiche 1 di 4") con diametro di scavo pari a 4.9 m, è posta tra il "Nuovo Manufatto di Partenza" e la valle del Salto, lo scavo viene

realizzato inizialmente in UGR (Unità di Cenciara, Complesso dei Conglomerati) e, successivamente, al contatto tra UGR e la formazione SAD (Scaglia Rossa detritica). La galleria scorre per quasi tutta la sua interezza poco al di sopra del tetto della falda contenuta nel sistema acquifero formato dai conglomerati e scaglia. In quest'area si ipotizza uno spessore acquifero pari a circa 300-400 metri.

In quest'area la direzione di flusso è variabile, ma si può ritenere all'incirca parallela alla direzione di scorrimento della galleria, così come mostrato nello stralcio della Carta Idrogeologica di seguito riportato.

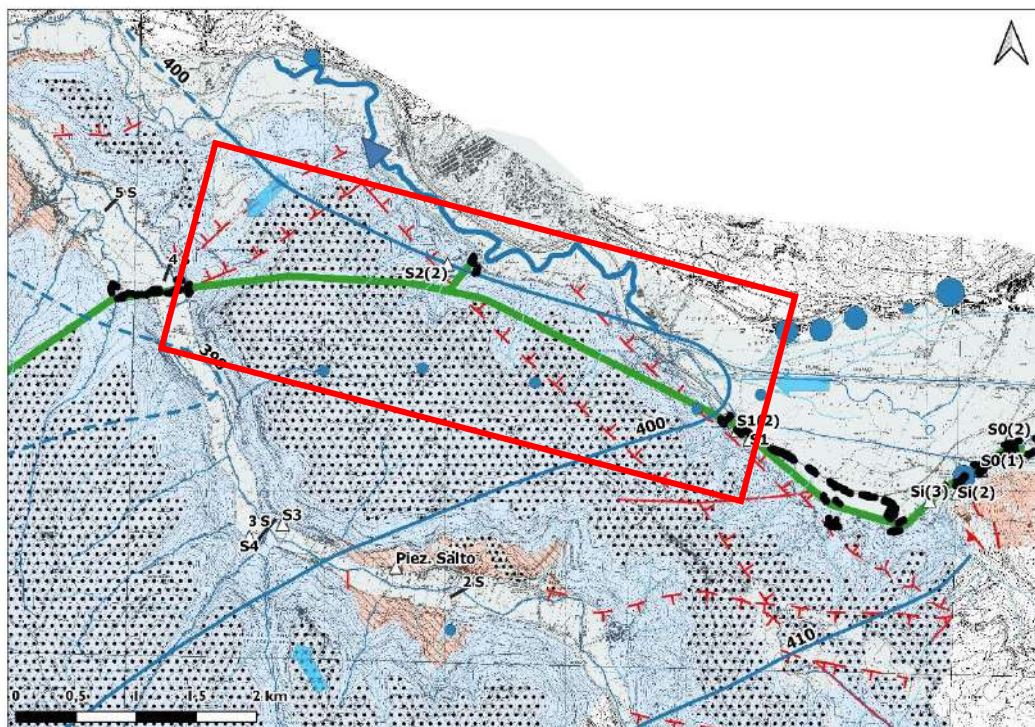


Figura 128 – Carta Idrogeologica, delimitata in rosso la Galleria Ponzano.

Per la **GALLERIA COGNOLO** (Elab. A194PD G012 "Carta Idrogeologica", Elab. A194PD G018 "Sezione Idrogeologiche 2 di 4"), con diametro di scavo pari a 4.9 m, i rapporti tra la direzione di flusso della falda e la direzione di sviluppo della galleria, sono all'incirca perpendicolari, ma l'intero tracciato si pone al di sopra del tetto della falda ospitata dal sistema acquifero costituito dalle formazioni UGR e SBD. Questo sistema acquifero ha uno spessore pari ad almeno 300-400 m.

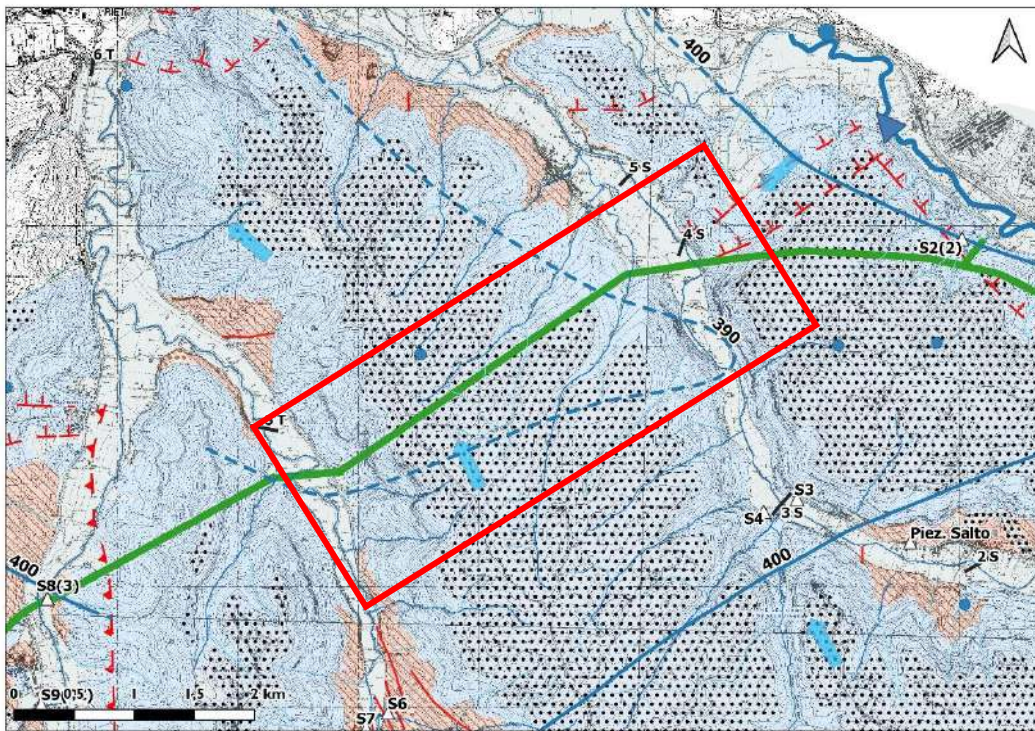


Fig. 129 – *Carta Idrogeologica*, delimitata in rosso la Galleria Cognolo.

Anche per la **GALLERIA ZOCCANI** (Elab. A194PD G012 "Carta Idrogeologica", Elab. A194PDG018 "Sezione Idrogeologiche 2 di 4"), con diametro di scavo pari a 4.9 m, valgono le considerazioni sopra espresse per la galleria Cognolo.

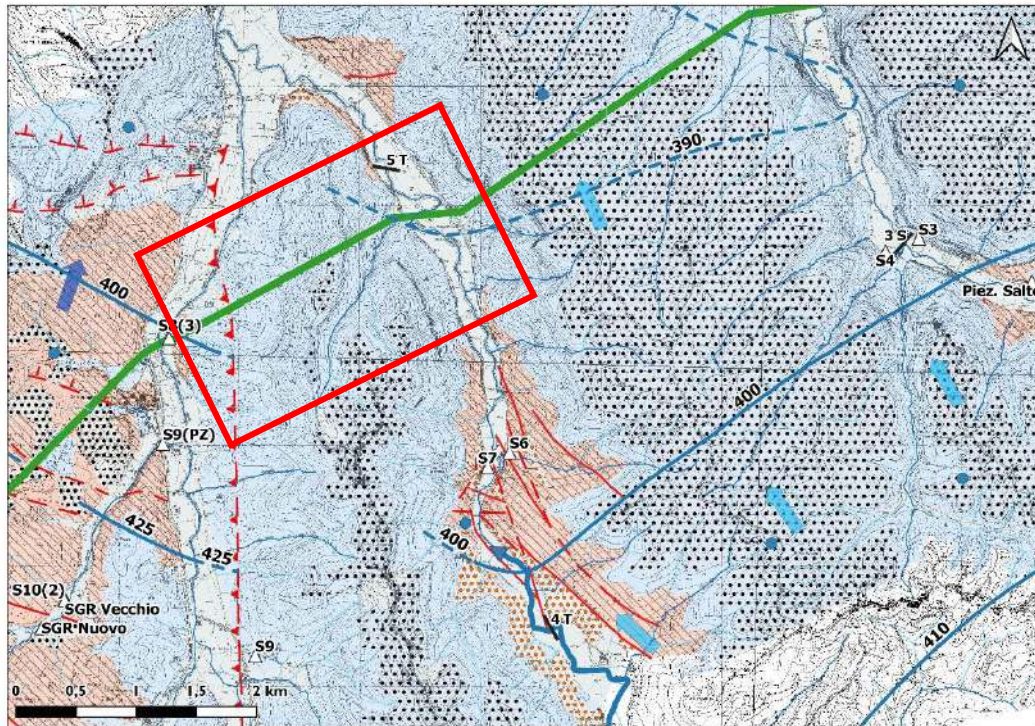


Fig.130 – Carta Idrogeologica, delimitata in rosso la Galleria Zoccani.

La **GALLERIA MONTEVECCHIO** (Elab. A194PD G012 "Carta Idrogeologica", Elab. A194PDG018-19-20 "Sezione Idrogeologiche 2 di 4, 3 di 4 e 4 di 4") con diametro di scavo pari a 8.7 m, che si sviluppa tra San Giovanni Reatino e Salisano, per una lunghezza totale pari a circa 13,4 km.

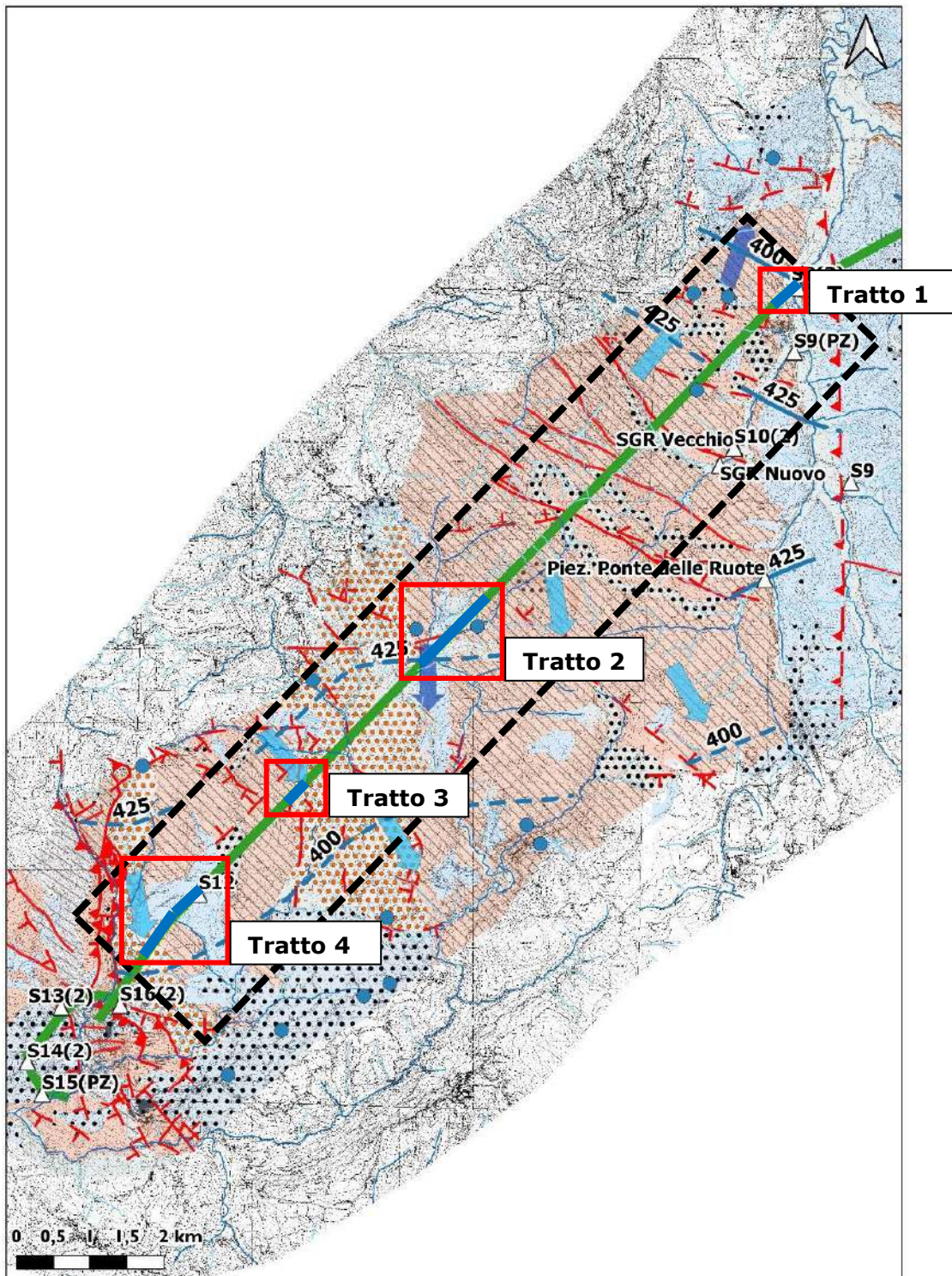


Fig. 131 - *Carta Idrogeologica*, delimitata in nero tratteggiato la Galleria Montevecchio. In blu le porzioni di galleria che interagiscono con la falda idrica sotterranea.

La galleria interessa per i primi 500 m ca. la formazione della Scaglia Bianca, interferendo con la falda superficiale nei tratti compresi tra le progressive 14100 – 14600 ca. "Tratto 1" (0,5 km ca.); l'acquifero delle scaglie, nelle tratte di interesse presenta uno spessore che varia da un minimo di 25m ad un massimo di 100 m.

Per i successivi 5.5 km la galleria interessa la formazione della Maiolica attestandosi ad una quota di progetto sempre superiore rispetto al tetto della falda in essa ospitata.

Successivamente la galleria Montevecchio interessa la *successione delle Scaglie*, interferendo con la falda superficiale nei tratti compresi tra le progressive 20400-21400 "Tratto 2" (1 km ca.), 23500-23800 "Tratto 3" (300 m ca.) e 25400-26600 "Tratto 4" (1,2 km ca.). L'acquifero delle scaglie, nelle tratte di interesse presenta uno spessore di almeno 400 m.

In merito ai rapporti tra le direzioni di flusso e la direzione di sviluppo della galleria, possiamo vedere come per il primo e l'ultimo tratto, la direzione della galleria sia quasi parallela a quella di flusso. L'unico tratto per il quale la direzione di flusso risulta all'incirca normale alla direzione di sviluppo della galleria è per il Tratto 3, peraltro il meno esteso, come evidenziato nello stralcio cartografico riportato in Fig. 131.

La **GALLERIA RELATIVA AL SORPASSO DELLA CENTRALE DI SALISANO** (Elab. A194PD G012 "Carta Idrogeologica", Elab. A194PDG020 "Sezione Idrogeologica 4 di 4") presenta nel tratto tra Manufatto Nuovo Bipartitore e PZ2 un diametro di scavo pari a 5.5 m, mentre nel tratto PZ2 – PZ1 il diametro di scavo è pari a 4.9 m. La galleria si sviluppa tra il manufatto Nodo S-Pozzo di Dissipazione 1 fino al manufatto Nuovo Bipartitore, per una lunghezza totale pari a circa 2 km, e interessa interamente la formazione della Maiolica ed i termini più antichi della Successione fino ai Calcari e Marne a Posidonia. La galleria nei primi 1.5 km circa, compresi tra il pozzo PZ1 e il Pozzo PZ2 risulta essere sempre ad una quota superiore rispetto al tetto della falda idrica. Il tratto in cui si prevede interferenza tra la galleria di progetto e la falda idrica ospitata all'interno dell'acquifero della Maiolica, comunque al di fuori del bacino di

alimentazione delle Capore, delimitato ad est dal limite a flusso nullo del sovrascorrimento di Salisano, è pari a circa 500 m compresi tra il pozzo PZ2 e il Manufatto Nuovo Bipartitore. In questo tratto, che presenta un battente idrico medio pari a circa 5 m è previsto lo scavo con tecnica tradizionale previa esecuzione di interventi di consolidamento e impermeabilizzazione al fronte, tali da impedire qualsiasi afflusso idrico, così come riportato nella *Relazione Geotecnica (Elab. A194PD R005)*.

In quest'area la direzione di flusso si può ritenere orientata verso SSE e risulta sub parallelo all'asse della galleria, così come mostrato nello stralcio della *Carta Idrogeologica* di seguito riportato.

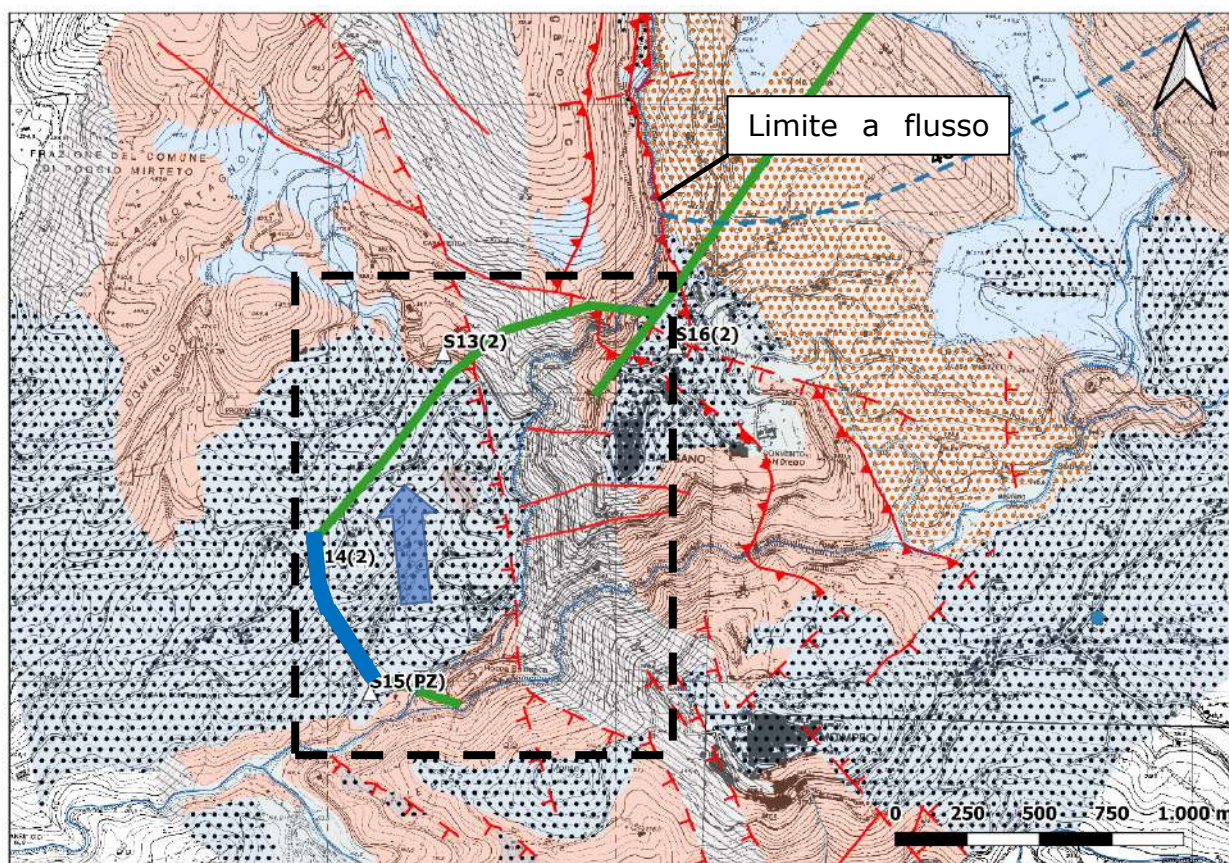


Fig. 132 – *Carta Idrogeologica*, delimitata in nero tratteggiato la Galleria relativa al Sorpasso di Saliano. In blu le porzioni di galleria che interagiscono con la falda idrica sotterranea.

Le dimensioni delle gallerie in progetto, unite al comportamento impermeabile attestato dalle modalità di scavo, non sono tali da poter influire a scala regionale sulla direzione e sul deflusso della falda, qualora la stessa venisse intercettata alla quota di scavo delle gallerie. Infatti, sebbene il deflusso possa risultare disturbato nelle immediate vicinanze dell'opera, non è ipotizzabile un'azione di deflusso tale da determinare un effetto barriera, sulla base della seguente deduzione. Stante un gradiente idraulico negli acquiferi carbonatici fratturati valutato da molti studi precedenti tra 0.5 e 1% (vedasi a tal proposito anche le carte piezometriche prodotte tra gli elaborati progettuali), è possibile determinare la differenza di carico idraulico attesa tra la zona a monte e quella a valle del cavo realizzato dalla galleria.

Ovviamente laddove la direzione della falda coincide con quella di sviluppo della galleria, non si determina alcuna interferenza nei deflussi. La massima interferenza possibile si avrebbe invece qualora la direzione di falda risultasse perpendicolare a quella di sviluppo della galleria, situazione che di fatto si riscontra solo limitatamente lungo il tracciato di progetto.

In ogni caso in questo scenario peggiorativo, a fronte di uno sviluppo perpendicolare all'asse della galleria di massimo 8,7 m (dimensione massima di scavo della galleria Montavecchio), la differenza di carico idraulico tra la falda a monte e a valle dell'opera, applicando un gradiente massimo dell'1%, può essere valutato in 8,7 cm. Tale differenza, anche in presenza di coefficienti di permeabilità elevati (ad esempio 10^{-4} m/s, valori considerevoli e probabilmente sovrastimati per rocce fratturate del tipo Maiolica), determinerebbe un potenziale ostacolo al deflusso, inteso come "effetto barriera", di soli 0,87 l/s per ogni 100 m di sviluppo lineare della galleria. Questa sarebbe potenzialmente l'entità della deviazione del flusso idrico sotterraneo determinata dall'opera. Tale valore, non risulta ovviamente in grado di determinare un'azione significativa di barriera nei confronti del deflusso idrico sotterraneo della falda regionale, ma neanche nei confronti di falde locali. Si ribadisce poi che questo scenario rappresenta un caso limite e che per l'opera di progetto si riscontrano condizioni meno severe.

Sempre In merito alla stima dell'eventuale *barriera* dovuto alla realizzazione di gallerie in falda, si rappresenta che secondo lo studio condotto da Pujades E., López A., Carrera J., Vázquez-Suñé E., Jurado A. (2012) "Barrier effect of underground structures on aquifers (Engineering Geology, 144-145, pp. 41 - 49, DOI: 10.1016/j.enggeo.2012.07.004) tale effetto risulta essere pari al raggio della galleria secondo la direzione di deflusso idrico sotterraneo, pertanto, nel caso in esame, si può ragionevolmente ipotizzare che tale effetto vada ad esaurirsi (per la galleria avente il diametro maggiore) ad una distanza di circa 8.7 m.

8 Cenni di sismicità e riferimenti alla vigente normativa antisismica

La sismicità relativa all'area interessata dal tracciato del Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera è principalmente legata ai terremoti prodotti dalle vicine strutture sismogeniche dell'Appennino centrale (settore umbro-marchigiano e aquilano/marsicano con ipocentri a distanza inferiore a 100 km), oltre che, secondariamente, a risentimenti di terremoti regionali (con ipocentri a distanza maggiore 100 km) o telesismi.

In particolare, analizzando la più recente versione del DISS (Database delle sorgenti sismogenetiche con terremoti potenziali superiori a $M_w=5.5$) a cura dell'INGV (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>), sono state individuate (Figura 133) le sorgenti sismogeniche composite prossime all'area di progetto che concorrono a determinare la pericolosità sismica di base a cui essa è esposta:

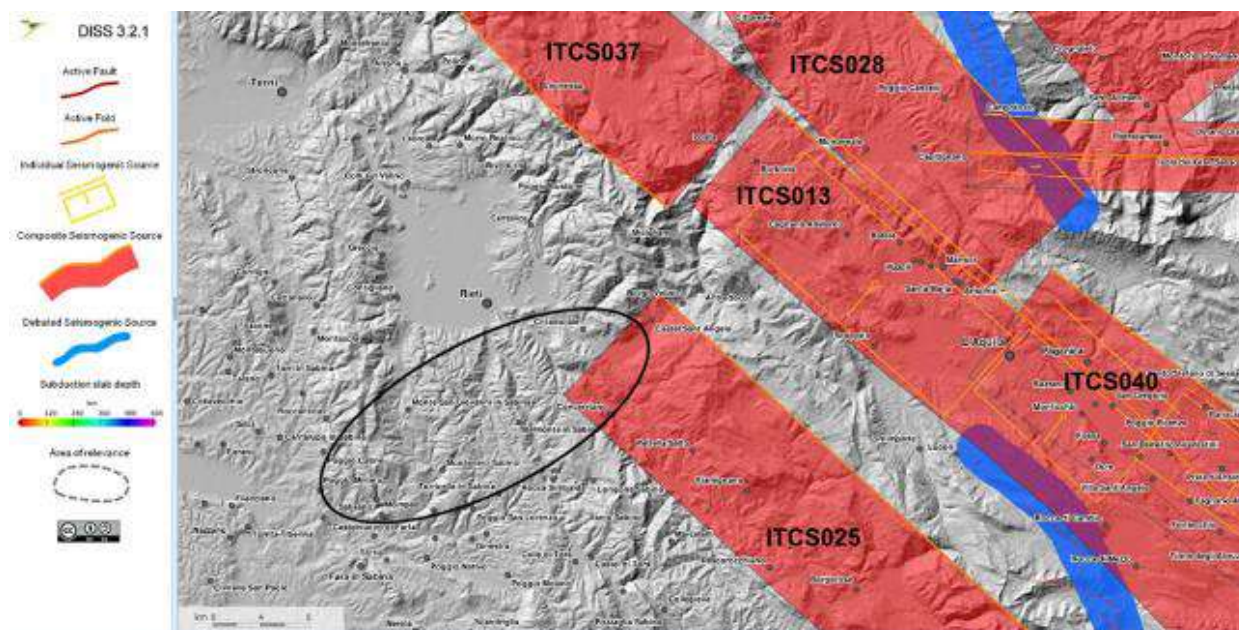


Figura 133 – Estratto della carta delle sorgenti sismogenetiche (DISS 3.2.1 - 2016) prodotta da INGV (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>) relativo all'area interessata dal tracciato (in nero) del nuovo acquedotto del Peschiera.

- **ITCS037** "Mugello-Leonessa" a N del tracciato, comprendente una serie di strutture estese in direzione NW-SE per circa 200 km (tra cui quelle relative al vicino distretto sismico dei Monti Reatini) con M_w (Magnitudo Momento) massima attesa pari a 6.2;
- **ITCS013** "Borbona-L'Aquila-Aremogna" a E-NE del tracciato, estesa per circa 110 km in direzione NW-SE, (comprendente l'ampio distretto sismico aquilano con differenti sorgenti sismogenetiche individuali tra le quali "Bacino di Montereale" e "Paganica") con M_w massima attesa pari a 6.5;
- **ITCS040** "Barisciano-Sulmona" a E-SE del tracciato estesa per circa 60 km in direzione appenninica con terremoti potenziali attesi di M_w massima pari a 6.4;
- **ITCS025** "Salto-Barrea-Ovindoli" a E-SE del tracciato, nell'area del distretto sismico Marsicano (comprendente, tra le altre, la struttura sismogenetica individuale del "Bacino del Fucino") estesa su una fascia di 120 km in direzione NW-SE, cui è associata una M_w massima attesa pari a 6.7;
- **ITCS028** "Colfiorito-Campotosto" a NE del tracciato, estesa su una fascia di 100 km in direzione NW-SE, comprendente il distretto sismico dei Monti Sibillini, cui è associata una M_w massima attesa pari a 6.5 (e in cui si localizzano i terremoti dell'Italia centrale occorsi nella sequenza sismica del 2016 quali quello di Amatrice e di Norcia).

Analizzando il Catalogo Parametrico dei Terremoti in Italia nella sua ultima versione (CPTI 15, <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>), che considera oltre 4000 terremoti localizzati direttamente o indirettamente nel periodo 1000-2014, per l'area in esame risultano localizzati terremoti di M_w compresa tra 4.5 e 6.5, seppur non direttamente in corrispondenza del tracciato della galleria in progettazione (Figura 134).

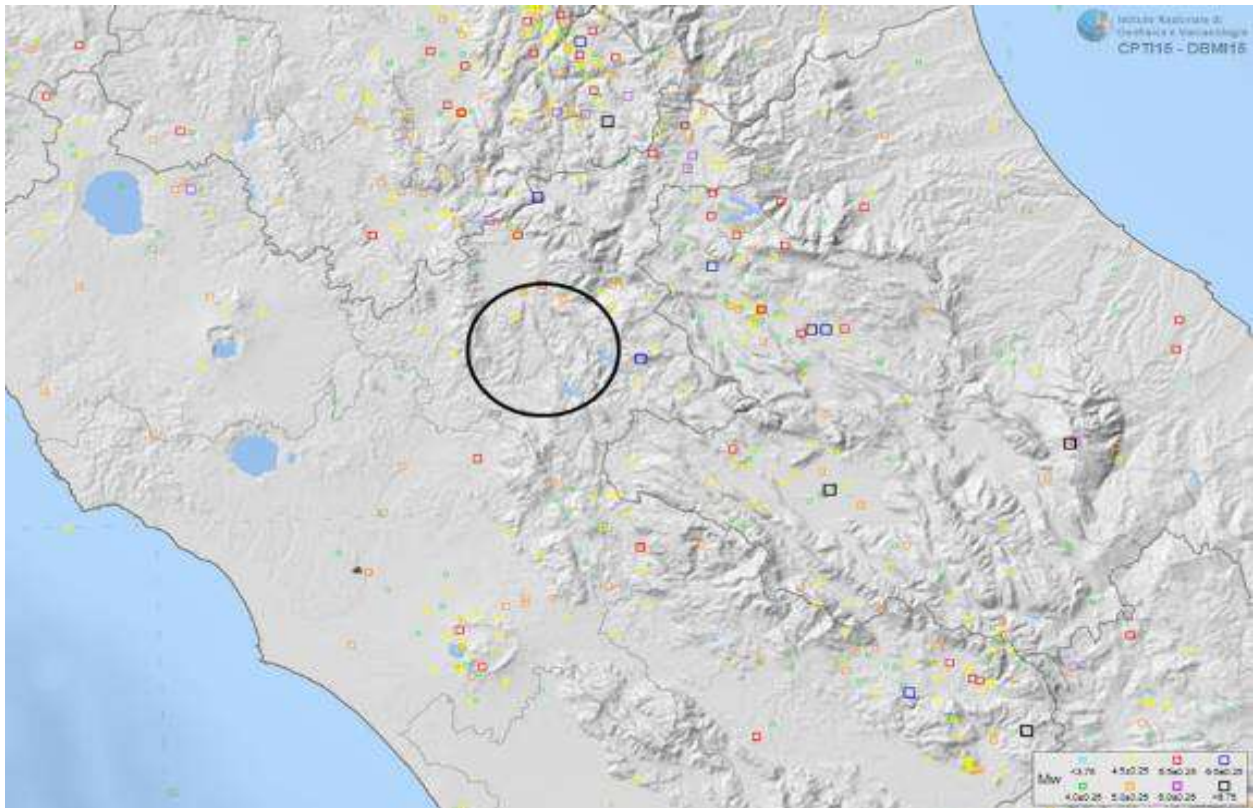


Figura 134 - Terremoti localizzati nel CPTI15 prodotto da INGV (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>) nell'area interessata dal presente studio.

In riferimento al Catalogo ITHACA (curato e aggiornato da ISPRA, <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>), contenente la collocazione spaziale delle faglie attive presenti sul territorio italiano, in special modo di quelle stimate in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (ovvero capaci), nell'area prossima a quella di progetto si individuano le seguenti faglie che risultano nel complesso aver avuto attività dal tardo Pleistocene all'Olocene come documentato da specifici studi paleo-sismologici e di cui solo quella identificata con il codice 21002 interseca il tracciato del nuovo acquedotto (Figura 135):

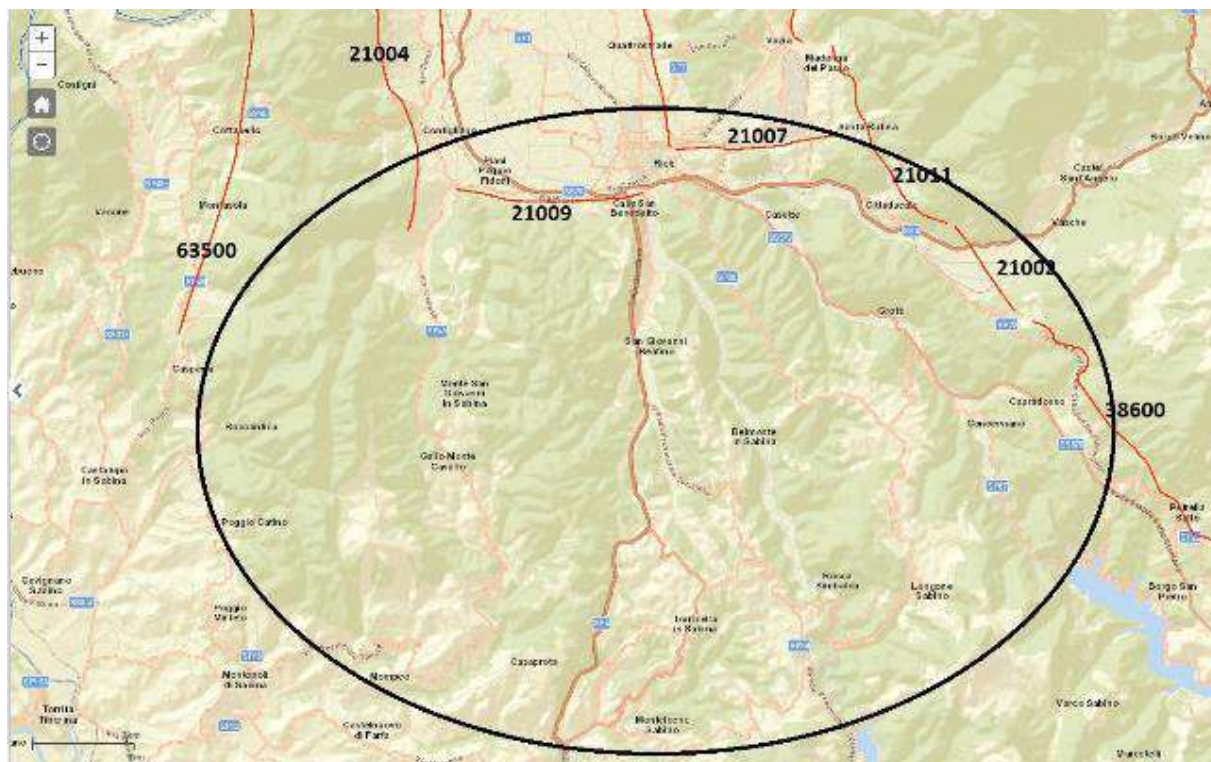


Figura 135 – Localizzazione e codice identificativo delle Faglie Capaci prossime all’area di progetto (evidenziata dal riquadro) come rappresentate nel Catalogo ITHACA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>).

- **63500** “Faglia Sabina” localizzata circa 15 km a NW del tracciato, estesa per circa 20 km con movimento da trascorrente a normale e ultima attività nel tardo Pleistocene;
- **21004** “Bacino di Rieti, Monti Sabini-Greccio” localizzata a circa 12 km NNW dal tracciato, di lunghezza 12 km, movimento normale e attività ultima tra 9000 e 15000 anni fa (Olocene);
- **21009** “Bacino di Rieti, bordo meridionale” a circa 8 km a N dell’area di progetto, estesa per 12 km a movimento normale/obliquo destro con attività ultima nel tardo Pleistocene;

RELAZIONE GEOLOGICA

- **21007** “Bacino di Rieti, bordo meridionale” a circa 8 km a N dell’area di progetto, estesa per 12 km a movimento normale/obliquo destro con attività ultima nel tardo Pleistocene;
- **21011** “Bacino di Rieti” a 12 km a NE del dell’area di progetto, con lunghezza di 23 km (complessiva associata alla 21002), movimento normale e ultima attività nell’Olocene (3000-9000 anni fa);
- **21002** “Bacino di Rieti” situata in corrispondenza del tratto iniziale orientale del tracciato di progetto prossimo alla Piana di San Vittorino, con lunghezza di 23 km (complessiva associata alla 21011), direzione circa NW-SE, movimento normale e ultima attività nell’Olocene (3000-9000 anni fa); nello specifico, l’attività di questa faglia risulta documentata da studi paleo-sismologici (trincee investigative) effettuati in località la Casetta, Caporio e Poggio Bustone (Michetti *et al.*, 1995) situate a nord della Piana di San Vittorino;
- **38600** “Faglia di Fiamignano” a circa 18 km a W dell’area di progetto, lunghezza 19 km, movimento normale e attività ultima stimata nel tardo Pleistocene-Olocene (15,000-9000 anni).

Nel complesso, data la vicinanza di sorgenti sismogeniche in grado di generare terremoti di magnitudo compresa tra 6 e 7, l’area di progetto del nuovo acquedotto del Peschiera risulta caratterizzata da una sismicità medio-alta come confermato anche dai dati storici disponibili.

La consultazione del Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 riferito al periodo 1000-2014, fonte INGV, <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>) evidenzia, in un raggio di circa 25 km dal tracciato della nuova galleria (comprendente i comuni interessati dall’opera), risentimenti di eventi sismici (Figura 136), con intensità (scala MCS) fino all’XI grado, in gran parte dovuti a terremoti provenienti dai distretti sismici dell’Appennino Umbro-Marchigiano (Val Nerina, Monti Sibillini), di quello abruzzese (L’Aquila, Marsica) e generati dalle strutture sismogeniche sopra descritte.

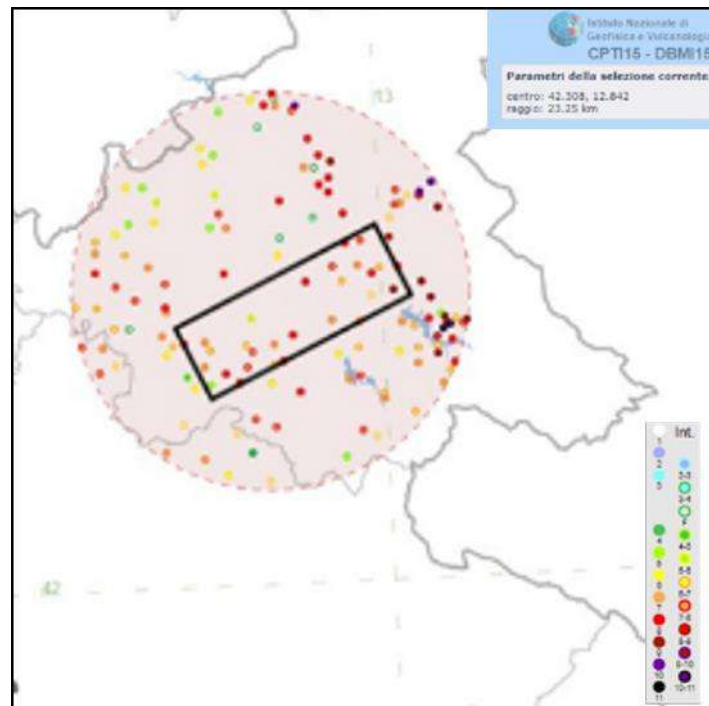


Figura 136 – Intensità macrosismiche (MCS) dei risentimenti nelle località prossime all’area di progetto in un raggio di circa 25 km come riportato nel DBI15 (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>).

In buon accordo con quanto sopra, nello specifico dei Comuni interessati dal progetto (Cittaducale, Castel Sant’Angelo, Longone Sabino, Rieti, Belmonte in Sabina, Torricella in Sabina, Monte San Giovanni in Sabina, Montenero Sabino, Mompeo, Salisano), la Carta delle massime Intensità Macrosismiche osservate, prodotta da ENEA per la Regione Lazio (DGR 835/2009), indica un’intensità macrosismica MCS compresa tra 7.0 e 9.5 (Figura 137).

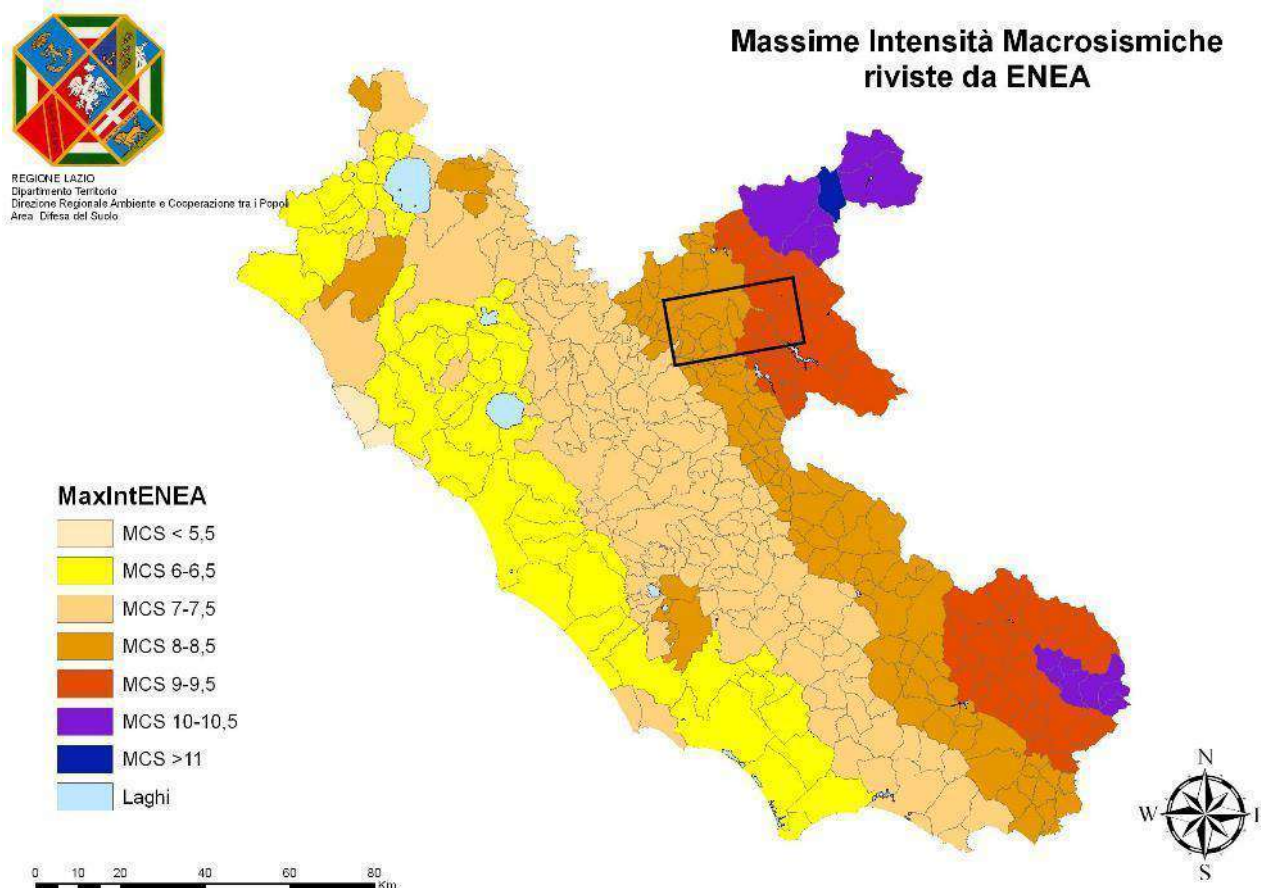


Figura 137 – Carta delle Massime Intensità Macrosismiche stimate per i diversi comuni della Regione Lazio.

8.1 Considerazioni sulle faglie di interesse per l’opera segnalate dal catalogo ITHACA

Dei succitati elementi tettonici, le due faglie di specifico interesse per l’opera in progettazione, segnalate dal catalogo ITHACA (Figura 135), sono quelle codificate come “**21002**” e “**38600**” (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>).

La prima di esse (21002) attraversa la piana di San Vittorino (Figura 138) con due terminazioni che si troverebbero rispettivamente sul versante settentrionale e meridionale della piana.

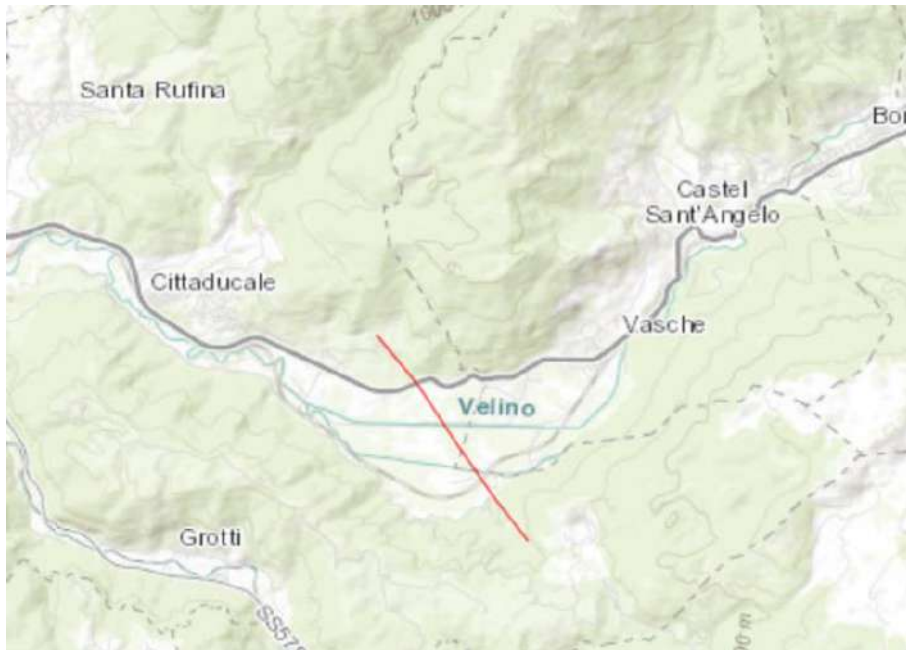


Figura 138 – Stralcio dal catalogo ITHACA relativo alla faglia "21002".

La seconda di esse (38600) si trova a sud della piana di San Vittorino (Figura 139) e sembrerebbe non prolungarsi fino alla stessa con la sua terminazione settentrionale.

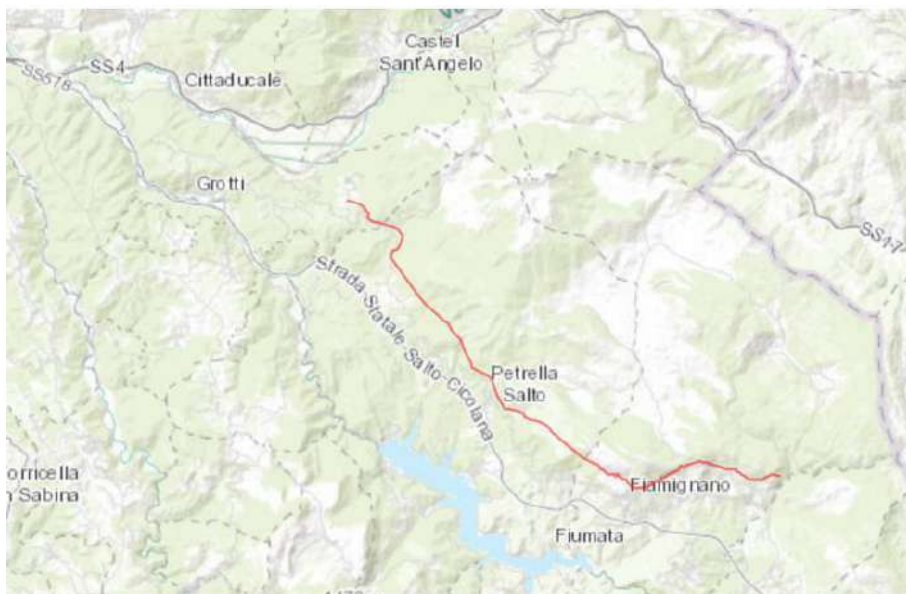


Figura 139 – Stralcio dal catalogo ITHACA relativo alla faglia "38600".

L'attività della faglia 21002 (Figura 138) è stata censita dal catalogo ITHACA sulla base della pubblicazione scientifica di Michetti *et al.* (1995), i quali tuttavia, come risulta dalla pubblicazione medesima, hanno indagato specificatamente non questa faglia bensì quella limitrofa, ad essa settentrionale, codificata come "21011" nel catalogo ITHACA. Le informazioni desunte su questa faglia provengono dagli studi paleo-sismologici relativi ai due siti B e C della Figura 141 tratta dalla pubblicazione medesima.



Figura 140 – Stralcio dal catalogo ITHACA relativo alla faglia 21011.

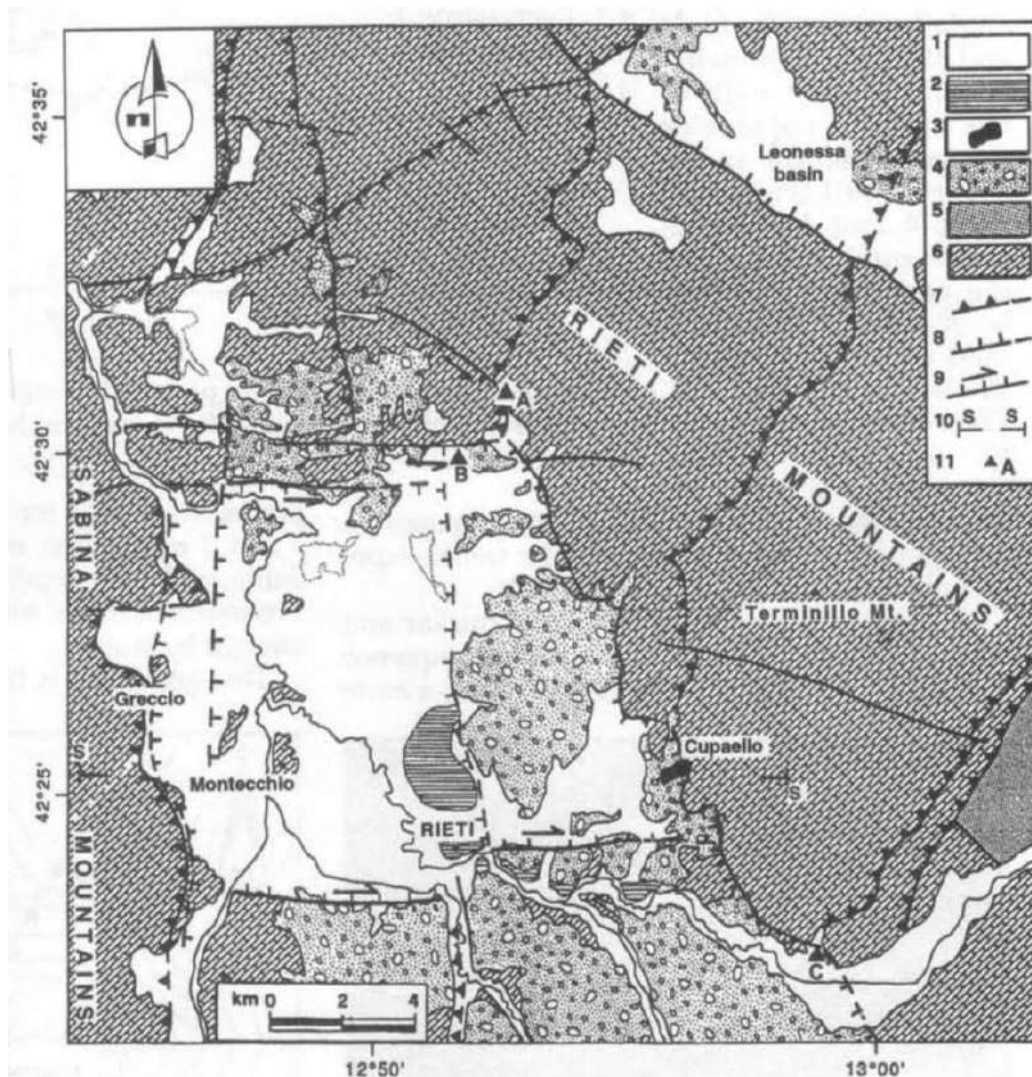


Figure 2—Neotectonic sketch of the Rieti region. 1 = late Pleistocene to Holocene fluvio-lacustrine and fan deposits, 2 = travertines (middle to late Pleistocene), 3 = Cupaello volcanic rocks (middle Pleistocene), 4 = Villafranchian fluvio-lacustrine sediments (late Pliocene to early Pleistocene), 5 = marine siliciclastic deposits, mainly sandstone (upper Miocene), 6 = dolostone, limestone, and marls (Triassic to middle Miocene), 7 = thrust faults, 8 = normal faults, 9 = normal-oblique faults, 10 = trace of cross sections in Figure 14; trench sites: A = La Casetta, B = Pié di Colle, C = Caporio.

Figura 141 – Schema geologico ed ubicazione dei punti di indagine paleo-sismologica (modificata da Michetti et al., 1995). Di rilevanza il punto C, Caporio, adiacente al bordo settentrionale della piana di San Vittorino.

In particolare, il sito C, cava di Caporio, mostra la presenza di faglie dirette con direzione circa E-W e immersione verso sud alla terminazione meridionale della faglia 21011 del catalogo ITHACA; tale terminazione si trova in posizione limitrofa a quella settentrionale della faglia a tratteggio che attraversa la piana di San Vittorino e che coincide con la faglia 21002 del catalogo ITHACA sulla quale è soffermata l'attenzione per la realizzazione dell'opera.

La faglia 21002 nello schema di Figura 138 è riportata a tratteggio da Michetti *et al.* (1995) in quanto sepolta da un ingente spessore di depositi pleistocenici che colmano parzialmente la piana di San Vittorino e ad essa il catalogo ITHACA estende le informazioni tratte per quella più a nord (21011) nell'ipotesi che la faglia 21002 sia intesa dagli autori Michetti *et al.* (1995) quale prosecuzione della faglia 21011.

Su questa estrapolazione vengono di seguito espresse alcune considerazioni.

In particolare, si sofferma l'attenzione sul tratto meridionale della Piana di San Vittorino, su cui sembrerebbe essere proseguita la faglia 21002 facendola coincidere con la scarpata morfologica ad Est dell'abitato di Micciani.

Diversamente, si ritiene probabile che, in corrispondenza del bordo meridionale della piana, e più precisamente ad Est dell'abitato di Micciani, affiori la parte terminale settentrionale della faglia di Fiamignano (censita dal catalogo ITHACA come 38600 di Figura 135), struttura complessa, che viene interpretata in modo diverso da diversi autori. Dal punto di vista geomorfologico, l'affioramento della faglia coincide con una scarpata in roccia fortemente alterata ed interessata da diffusi processi di instabilità gravitativa che ne determinano un visibile arretramento ed in virtù dei quali essa è definibile quale scarpata di erosione di faglia.

Le evidenze geologiche della faglia di Fiamignano, descritte in dettaglio in Bigi & Costa Pisani (2005), inducono a considerarla una struttura miocenica, che avrebbe controllato lo sviluppo di un bacino, quello della valle del Salto. Tale bacino non presenta le caratteristiche tipiche di un bacino quaternario essendo caratterizzato da una successione quaternaria di ridotto spessore, substrato affiorante e nessuna

circolazione endoreica; esso piuttosto mostra le caratteristiche di un bacino torbido miocenico (Milli & Moscatelli, 2000; Bigi & Costa Pisani, 2005).

Sulla base di tali considerazioni, il piano di faglia affiorante può essere considerato un piano trasportato passivamente durante le fasi compressive ed esumato principalmente dall'erosione.

Essa avrebbe sviluppato il suo massimo rigetto durante il Miocene, come altre strutture localizzate nella stessa area (Carminati *et al.*, 2014).

Il piano di questa faglia normale lungo il tracciato di affioramento è discontinuo, tagliato e interrotto da sovrascorrimenti e faglie inverse, che indicherebbero appunto la sua antecedenza rispetto alla fase compressiva. Questo è proprio quello che si verificherebbe nella zona della Piana di San Vittorino. Qui infatti il sovrascorrimento, noto come Olevano-AnTRODoco, interromperebbe tale faglia isolando l'acquifero contenuto nella successione carbonatica orientale della piana (struttura del Gianonuria-Velino in Barbieri *et al.*, 2017).

L'attività miocenica della faglia di Fiamignano è anche evidenziata dalla discrepanza esistente tra il rigetto geologico e il rigetto quaternario, in accordo con schemi interpretativi convenzionali quali quelli proposti da Pizzi e Scisciani (2000) (Figura 142).

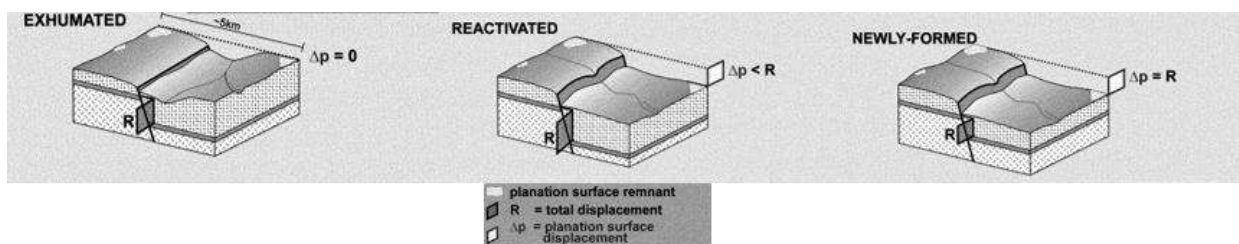


Figura 142 - Criteri di distinzione di una faglia con attività multipla rispetto ad una di neoformazione (da Pizzi e Scisciani, 2000).

Nel catalogo DISS, la faglia di Fiamignano è considerata parte del sistema composito ITCS025 (Figura 133): Lago del Salto-Ovindoli-Barrea, come prosecuzione verso nord di due piani sismogenetici localizzati molto più a sud, in corrispondenza della piana del Fucino. Questo indica che non risultano terremoti strumentali o storici associabili ad un piano di faglia sismogenetico in corrispondenza di questa faglia.

Altri autori, tuttavia, documentano una attività quaternaria lungo il piano di faglia basata sulla osservazione della dislocazione di paleosuperfici e sull'evoluzione del drenaggio attraverso il piano di faglia (Roberts and Michetti, 2004; Whittaker *et al.*, 2008), mentre Centamore & Nisio (2002) descrivono depositi quaternari in contropendenza lungo il piano di faglia, anche se non interessati da faglie. Queste evidenze sono molto discusse perché presentate da questi Autori come evidenze dell'attività sismica della faglia, cioè indicherebbero che la faglia di Fiamignano sia sismogenetica.

La faglia di Fiamignano affiora con certezza ad Est della valle del Salto fino all'abitato di Micciani, a Sud della piana di San Vittorino. Nella piana di San Vittorino, gran parte degli autori sopra citati concordano nel ritenere che tale struttura sia tagliata dal sovrascorrimento dell'Olevano – Antrodoco e che quindi essa rimanga nel *foot-wall* del sovrascorrimento stesso (Figura 143). Quest'ultimo attraversa la Valle e probabilmente si raccorda a sud della Piana di San Vittorino con il sovrascorrimento di M. Navegna, che costituisce il tratto N-S della linea Olevano Antrodoco (linea Ancona – Anzio e linea Olevano – Micciani, in Centamore *et al.*, 2004).

Di conseguenza, la traccia definita dal codice 21002 del database ITHACA nella Piana di San Vittorino, rappresenta il tratto più incerto in quanto la faglia certamente non affiora, anche perché tale tratto sarebbe associato a manifestazioni superficiali di instabilità quali *gas vents* e *sinkholes* (Centamore & Nisio, 2004; Barbieri *et al.*, 2017).

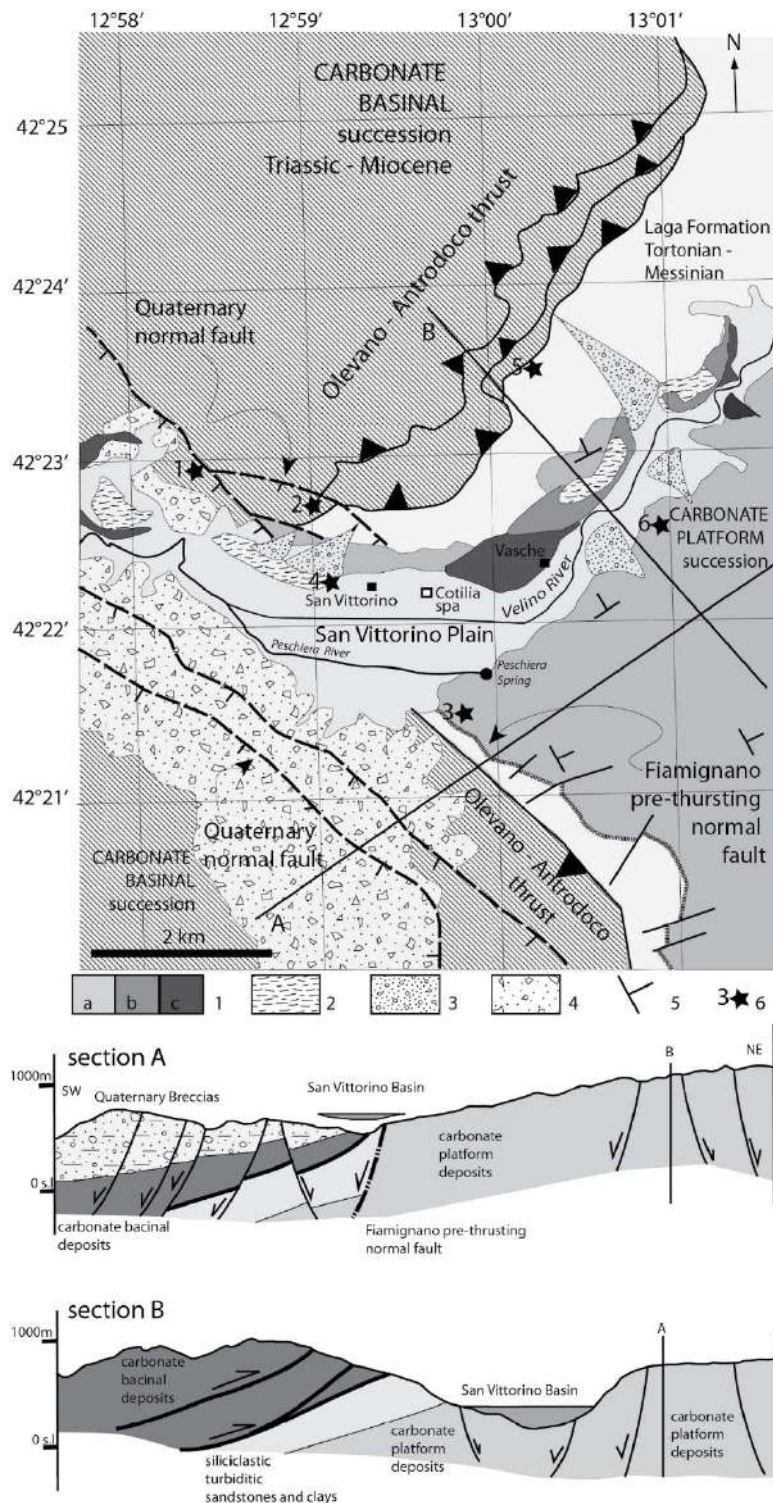


Figura 143 – Schema geologico-strutturale interpretativo dell'area della Piana di San Vittorino (Bigi et al., inedito).

Il settore occidentale della Piana di San Vittorino, invece presenta, nel versante nord, faglie normali che tagliano i depositi di versante (Figura 144).



Figura 144 – Depositi recenti fagliati in una cava a ovest dell'abitato di San Vittorino.

Queste faglie, localizzate in zona ad ovest dell'abitato di San Vittorino, sono da associare al sistema quaternario delle faglie normali che hanno generato la piana di Rieti e che, dal bacino di Rieti, proseguono a Sud dislocando i depositi conglomeratici. In sintesi, la discontinuità NNO-SSE alla quale è associata la Faglia di Fiamignano-Micciani costituisce un elemento tettonico che è stato smembrato, interrotto e dislocato dalle successive fasi compressive e di sovrascorrimento. Nella zona Micciani questa Faglia rappresenta oggi un "relitto strutturale", inattivo dal punto di vista sismogenetico, che non subisce deformazioni o spostamenti in occasione di eventi sismici esterni, di provenienza appenninica (A. Prestininzi).

Gli studi condotti in quest'area per oltre 30 anni dall'Università di Roma *La Sapienza*, in convenzione con ACEA, hanno mostrato che il quadro complessivo delle instabilità

delle gallerie di captazione è condizionato dagli effetti gravitativi correlati, in larga misura, ai processi di dissoluzione chimico-fisica delle strutture carbonatiche, dovuti al flusso idrico in prossimità delle sorgenti. Il monitoraggio sismometrico messo in opera, sia nella parte interna delle gallerie drenanti sia all'esterno nella zona Nord di Pendenza, operante sin dal 2000, con rilevazione remota degli scuotimenti e dei microtremiti dovuti a piccoli collassi interni, a fratture o a terremoti, non ha mai rilevato attività riconducibile come genesi di questa faglia. La stessa ispezione diretta eseguita nella parte finale della galleria collettrice, costituita da un elemento in acciaio circolare, noto come "Tronchetto di raccordo", che attraversa la Faglia di Micciani non ha mostrato negli oltre 80 anni di esercizio alcuna "sofferenza" legata a spostamenti relativi delle due parti di questo elemento tettonico.

8.2 Pericolosità e classificazione sismica

In base alla vigente Classificazione Sismica della Regione Lazio (Delibera di Giunta Regionale n. 387 del 22/05/2009), i Comuni interessati dall'area di progetto rientrano quasi esclusivamente nella Sottozona Sismica 2B ad eccezione del Comune di Castel Sant'Angelo classificato in Zona Sismica 1, del Comune di Cittaducale classificato in zona sismica 2A e del Comune di Rieti diviso in Sottozona Sismica 2A e 2B (rispettivamente zona est e zona ovest). Alle zone e sottozone sismiche suddette corrispondono i valori di accelerazione di picco orizzontale (a_g), su suolo rigido (categoria A) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni indicati nella (Figura 145, Tabella 23, Tabella 24).

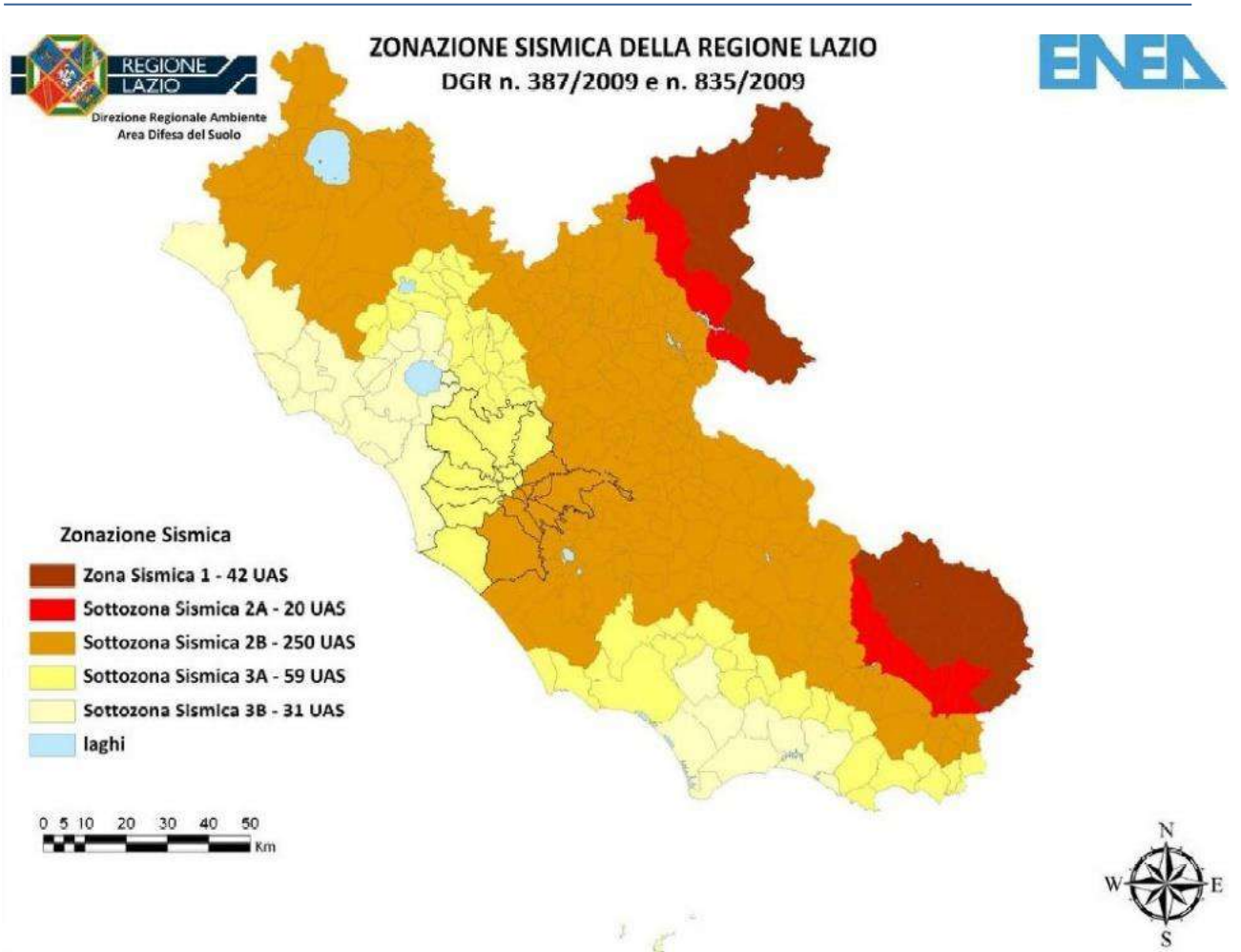


Figura 145 – Classificazione Sismica della Regione Lazio (DGR 387/2009).

Tabella 23 – Zone sismiche in relazione ai Comuni intercettati dal tracciato del Nuovo Tronco Superiore dell’Acquedotto del Peschiera

Comune	Zona sismica	Accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido (g)
Castel Sant’Angelo	1	$0.25 < a_g < 0.278$
Cittaducale	2A	$0.20 < a_g < 0.25$
Rieti	2B	$0.15 < a_g < 0.20$
Rieti - Orientale	2A	$0.20 < a_g < 0.25$
Belmonte in Sabina	2B	$0.15 < a_g < 0.20$
Monte San Giovanni in Sabina	2B	$0.15 < a_g < 0.20$
Montenero Sabino	2B	$0.15 < a_g < 0.20$
Mompeo	2B	$0.15 < a_g < 0.20$
Salisano	2B	$0.15 < a_g < 0.20$

Tabella 24 – Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all’accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

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.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 (“Nuove Norme tecniche per le Costruzioni”), le azioni sismiche di progetto in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite

considerati si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.

La valutazione dell’azione sismica di progetto, secondo le *NTC18*, è da condurre attraverso specifiche analisi di Risposta Sismica Locale (RSL). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà del terreno siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella *Tab 3.2.II delle NTC18* (Tabella 25), è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

Tabella 25 – Tab 3.2.II delle NTC18, inerente alle categorie di sottosuolo che permettono l’impiego dell’approccio semplificato.

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

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

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

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

dove:

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

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

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata in Tabella 26.

Tabella 26 – Tab 3.2.III delle NTC18, inerente le caratteristiche della superficie topografica.

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 $15^\circ \leq i < 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per una valutazione locale degli effetti dovuti a risentimento tellurico, seppur indotto da una zona epicentrale esterna all'area, risulta di notevole importanza la specifica situazione sia litologica che morfologica del sito; in tal senso si ritiene che la morfologia pianeggiante rappresenti un elemento positivo mentre la presenza in loco

di una potente coltre di terreni di copertura determini fenomeni di amplificazione sismica locale.

Ai sensi del D.P.R. 545/2010 che definisce le linee guida per gli studi di Microzonazione Sismica del territorio della Regione Lazio, risultano pubblicati per i Comuni intercettati dal tracciato del Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera, gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

Negli elaborati A194PDG029, A194PDG032, A194PDG031, A194PDG032 si riportano gli stralci delle cartografie delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), relative ai suddetti studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare, l'intero tracciato di progetto interessa diverse zone sismiche, in particolare:

➤ **Comune di Salisano**

- Zone stabili:
 - **"1011"**, Substrato lapideo stratificato o massivo, di natura calcarea o calcareo marnosa, affiorante o entro 3 m dal p.c. Vs > 700m/s e $i < 30^\circ$;
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:
 - **"2002"**, Terreni di copertura costituiti da termini GW, GM, GC, SC di ambiente deposizionale variabile, con spessore massimo di 20 m, sovrapposti ad alternanza di litotipi, stratificati, calcareo marnosi, marne, argilliti marnose, con spessore > 100 m;
 - **"2003"**, Terreni di copertura costituiti da depositi di ambiente deposizionale variabile (falda di detrito, conoide di detrito, conoide alluvionale, eluvio e colluvio e cordone litoraneo), con spessore fino a 20 m, sovrastanti un alternanza di litotipi in litofacies conglomeratica (AL) e Alternanza di litotipi stratificati, calcari marnosi, marne, argilliti, argilliti marnose stratificate (ALS) con spessore fino a 50 m, sovrastante il Substrato lapideo

stratificato o massivo di natura calcarea o calcareo marnosa, affiorante o entro 3 m dal p.c., Vs > 700 m/s e i < 30° (S);

- "2004", Terreni di copertura costituiti da termini GW, GM, GC, SC di ambiente deposizionale variabile, con spessore massimo di 20 m, sovrapposti al substrato lapideo stratificato o massivo, di natura calcarea o calcareo marnosa, affiorante o entro 3 m dal p.c., molto fratturato, con spessore > 100 m;
- Zone suscettibili di instabilità:
 - **30132003 e 30152003 – Zafr – Zona di instabilità di versante – Zona 3.**
- **Comune di Mompeo**
 - Zone stabili:
 - "Zona 1", Substrato litoide stratificato;
 - Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:
 - "Zona 2", Substrato litoide fratturato e cataclasato.
- **Comune di Monte San Giovanni in Sabina**
 - Zone stabili:
 - "LPS", Substrato lapideo stratificato;
 - Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:
 - "SA1", Calcari marnosi, marne, argilliti, livelli arenacei teneri, con alterazione superficiale di spessore maggiore di 3 m;
 - "SA2", Calcari marnosi, marne, argilliti, livelli arenacei teneri, con alterazione superficiale di spessore maggiore di 3 m
 - "SA5", Conglomerati clasto sostenuti con ciottoli calcarei e rari clasti arenacei arrotondati o subarrotondati con lenti di sabbie e peliti e rari livelli di prodotti vulcanici più o meno pedogenizzati (con spessore fino a 50 m), sovrapposti a calcari marnosi, marne, argilliti, livelli arenacei teneri, con alterazione superficiale di spessore maggiore di 3 m;

➤ **Comune di Montenero Sabino**

- Zone stabili:
 - **"S1"**, Substrato lapideo, stratificato (calcari, calcari dolomitici e dolomie);
 - **"S2"**, Substrato lapideo, stratificato (calcari marnosi, marne calcaree e marne);
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per effetti topografici:
 - **"Sa1"**, Substrato lapideo, stratificato (calcari, calcari dolomitici e dolomie);
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per effetti topografici e stratigrafici:
 - **"Sa4"**, Detrito di versante e brecce stratificate, con spessori compresi tra 10-20 m, sovrapposti a substrato lapideo, stratificato (calcari marnosi, marne calcaree e marne);
 - **"Sa5"**, Conglomerati con matrice sabbiosa, sabbia in banchi (con spessori compresi tra 20-30 m), sovrapposti a substrato lapideo, stratificato (calcari marnosi, marne calcaree e marne);
- Zone suscettibili di instabilità:
 - **"Fr1"**, Instabilità di versante: Attiva. Area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso;
 - **"Fr2"**, Instabilità di versante: Attiva. Area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso;

➤ **Comune di Rieti**

- Zone stabili:
 - **"S 01"**, Substrato lapideo stratificato;
- Zone stabili suscettibili di amplificazione locale:
 - **"SA 01"**, Substrato lapideo fratturato o cataclasite con spessore di 20 m, sovrapposto a substrato lapideo stratificato cementato (spessore > 100m);

- **"SA 03"**, Depositi eluvio-colluviali a granulometria mista, depositi limo-argillosi residuali con spessore di 20 m, sovrapposti a substrato conglomeratico granulare, poco cementato (spessore > 100m);
 - **"SA 04"**, Breccie eterometriche di natura calcarea in matrice sabbioso-limosa, da sciolte a mediamente cementate, con spessore di 30 m, sovrapposte a substrato lapideo stratificato cementato (spessore > 100m);
 - **"SA 05"**, Breccie eterometriche di natura calcarea in matrice sabbioso-limosa, da sciolte a mediamente cementate, con spessore di 30 m, sovrapposti a substrato granulare addensato, poco cementato (spessore > 100m);
 - **"SA 06"**, Ghiaie e ghiaie sabbiose con intercalazioni sabbioso-limose, sabbie e limi localmente con lenti limo-sabbiose, con spessore di 30 m, sovrapposte a substrato lapideo stratificato cementato (spessore > 100m);
 - **"SA 10"**, Sabbie e limi da poco a mediamente addensati con livelli e lenti di argille e ghiaie, con spessori di 60 m, sovrapposti a substrato granulare addensato, poco cementato (spessore > 100m);
 - **"SA 13"**, Sabbie e limi da poco a mediamente addensati con livelli e lenti di argille e ghiaie, con spessori > 100 m, sovrapposti a a substrato lapideo stratificato cementato.
- **Comune di Belmonte in Sabina**
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:
 - **Zona 1 -2001**, Alternanza di litotipi stratificati (ALS);
 - **Zona 2 -2002**, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose (con spessori fino a 5-10 m) (CL), sovrastanti un substrato geologico granulare cementato (GR);

- **Zona 3 -2003**, Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (con spessori fino a 5-10 m) (GP), sovrastanti un substrato geologico granulare cementato (GR);
 - **Zona 5 -2005**, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose (con spessori fino a 5-10 m) (CL) e Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (con spessori fino a 30-40 m) (GC), sovrastanti un'alternanza di litotipi stratificati (ALS);
 - **Zona 6 -2006**, Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (con spessori fino a 15-20 m) (SM), sovrastanti Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia (con spessori fino a 30-40 m) (GP), sovrastanti un'alternanza di litotipi stratificati (ALS).
- **Comune di Cittaducale**
- Zone stabili:
 - **"1012"**, Substrato lapideo (LP);
 - Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:
 - **"Zona 4 - 2004"** - Substrato granulare cementato stratificato (GRS);
 - **"Zona 6 - 2006"** - Ghiaia - sabbia (GP - GM - GW - SW) con spessore di 20-50 m;
 - **"Zona 7 - 2007"** - Sabbia argillosa (SC) con spessore di 10-25 m;
 - **"Zona 8 - 2008"** - Sabbia argillosa (SC) con spessore di 5-40 m con lenti di sabbia e ghiaia (SW - GP - GM - GW) con spessore di 0-30 m, sovrapposti al substrato;
 - Zone suscettibili di instabilità:
 - **"ZA cd"** - Zona di attenzione per cedimenti differenziali crollo di cavità/sinkhole - Area con cavità sepolta;
 - **"ZA fac"** - Zona di attenzione per faglie attive e capaci;

- “ZA id” – Zona di attenzione per instabilità differenti.

- **Comune di Castel Sant’Angelo**

- Zone suscettibili di instabilità:
 - “ZA cd” – Zona di attenzione per cedimenti differenziali crollo di cavità/sinkhole – Area con cavità sepolta.

8.2.1 Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l’assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. I fenomeni di liquefazione interessano in genere depositi non coesivi saturi e dipendono principalmente da: proprietà geotecniche dei terreni, caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata, genesi, storia geologica dei terreni e profondità della falda. Le NTC18 richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni del sito sul quale insiste la progettazione dell’opera. La verifica a liquefazione può essere omessa (*paragrafo 7.11.3.4.2 NTC 2018*) quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- 2) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- 4) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) delle NTC18 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 7.11.1(b) delle NTC18 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

Sulla base delle NTC18 la verifica a liquefazione può essere omessa quando la distribuzione granulometrica dei campioni ricade all'esterno dei fusi granulometrici indicati da normativa. Su tutti i campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi geognostici, sono state effettuate analisi granulometriche tramite le quali è stato possibile osservare come quasi la totalità dei campioni presentano una distribuzione granulometrica che ricade al di fuori dei fusi indicati da normativa (*Fig. 7.11.1 (a), 7.11.1 (b) del paragrafo 7.11.3.4.2 NTC 2018*).

A titolo rappresentativo, vengono di seguito riportate le curve granulometriche di alcuni campioni indisturbati prelevati in corrispondenza dei depositi alluvionali presenti nelle zone vallive, i quali potrebbero potenzialmente essere interessati da fenomeni di liquefazione. Per l'analisi di tutte le curve granulometriche si rimanda ai report presenti negli allegati.

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA				
RIFERIMENTO: Indagini geognostiche finalizzate alla progettazione del nuovo tronco superiore dell'acquedotto del Peschiera.				
SONDAGGIO: S0 (1)		CAMPIONE: C1		PROFONDITA': m 7.50 - 8.00
ANALISI GRANULOMETRICA				
Modalità di prova: Norma ASTM D 422				
Ghiaia	32.6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	55.5 %	D10 0.00552 mm
Sabbia	44.0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	37.1 %	D30 0.19645 mm
Limo	13.8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	23.4 %	D50 1.21674 mm
Argilla	9.6 %			D60 2.77653 mm
Coefficiente di uniformità		503.29	Coefficiente di curvatura	2.52
				D90 19.36570 mm

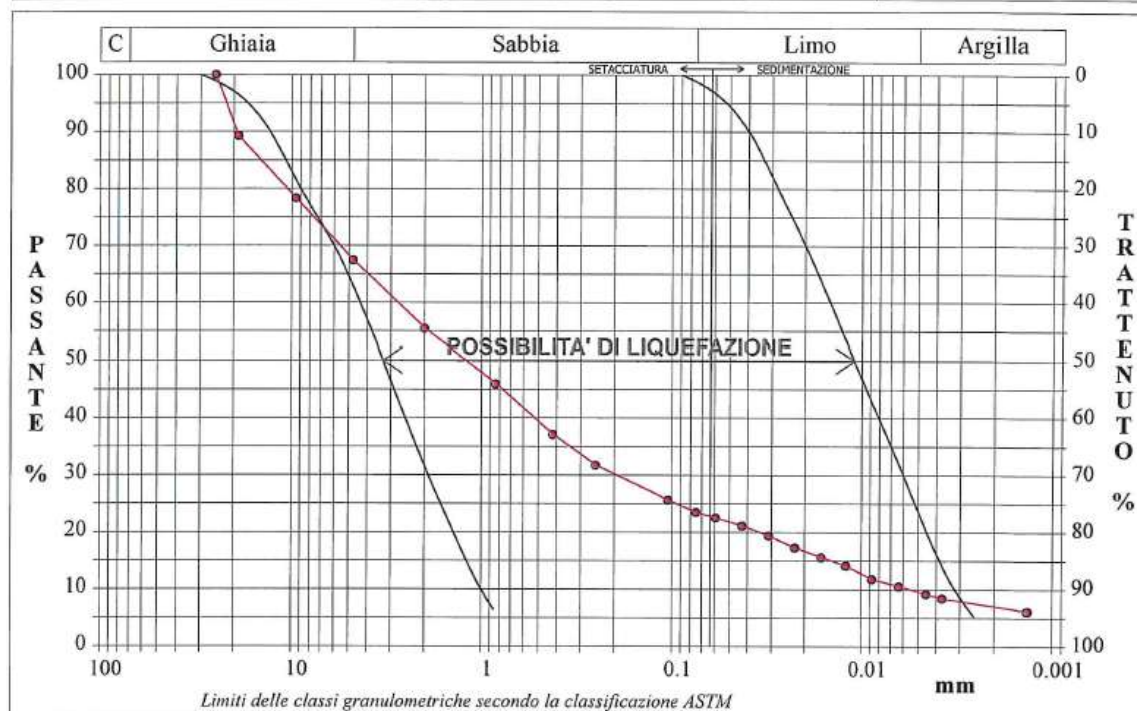


Figura 146 - Curva granulometrica campione indisturbato S0(1)C1 - Piana di San Vittorino.

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - Via Vitorchiano, 165 Roma.		
RIFERIMENTO:	Indagini geognostiche finalizzate alla progettazione del nuovo tronco superiore dell'acquedotto del Peschiera.		
SONDAGGIO:	S4(2)	CAMPIONE:	C2
		PROFONDITA':	m 8.00 - 8.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422 ASTM D 421

Ghiaia	43.3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	43.2 %	D ₁₀	0.02403 mm
Sabbia	39.6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	28.1 %	D ₃₀	0.52340 mm
Limo	12.5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	17.1 %	D ₅₀	3.09058 mm
Argilla	4.6 %			D ₆₀	5.28145 mm
				D ₉₀	12.59800 mm
Coefficiente di uniformità		219.82	Coefficiente di curvatura		2.16

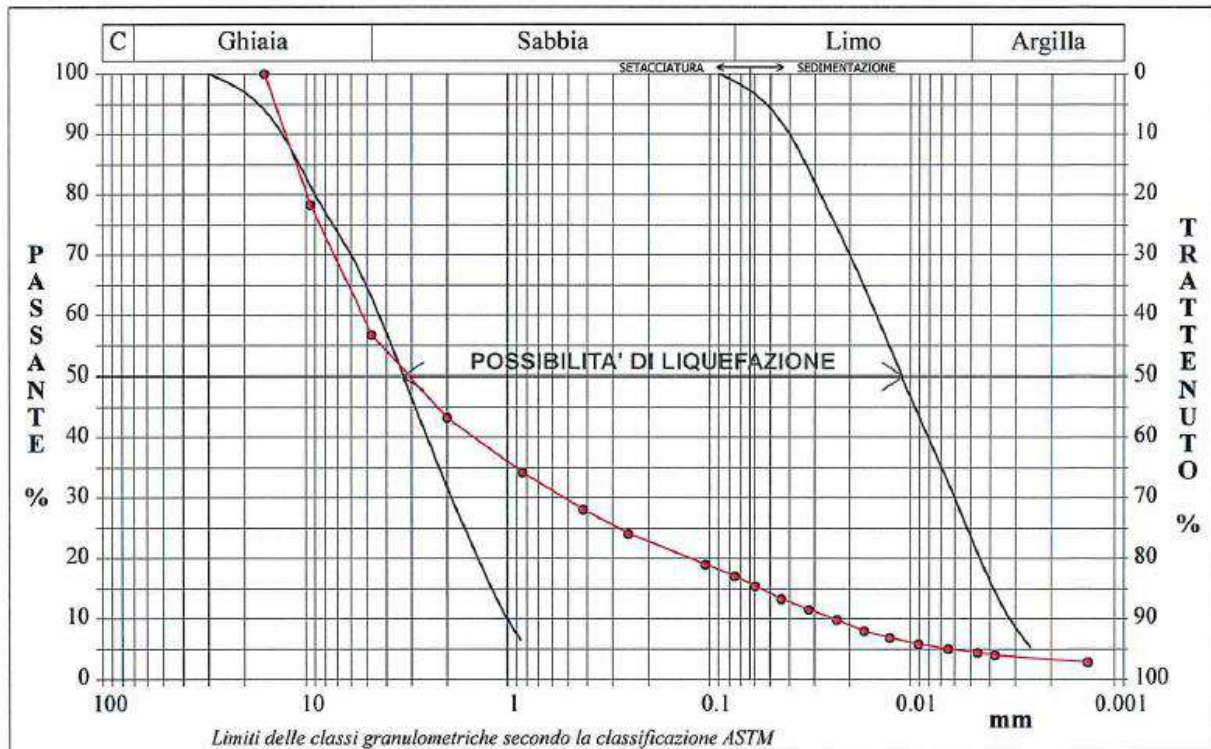


Figura 147 - Curva granulometrica campione indisturbato S4(2)C2 - Valle del Salto.

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA			
RIFERIMENTO: Indagini geognostiche finalizzate alla progettazione del nuovo tronco superiore dell'acquedotto del Peschiera.			
SONDAGGIO: S7	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	4.50 - 5.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100.0 %	D10	0.00195 mm	
Sabbia	45.7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96.1 %	D30	0.02004 mm	
Limo	39.0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	54.3 %	D50	0.06509 mm	
Argilla	15.3 %			D60	0.08502 mm	
Coefficiente di uniformità		43.50	Coefficiente di curvatura	2.42	D90	0.24066 mm

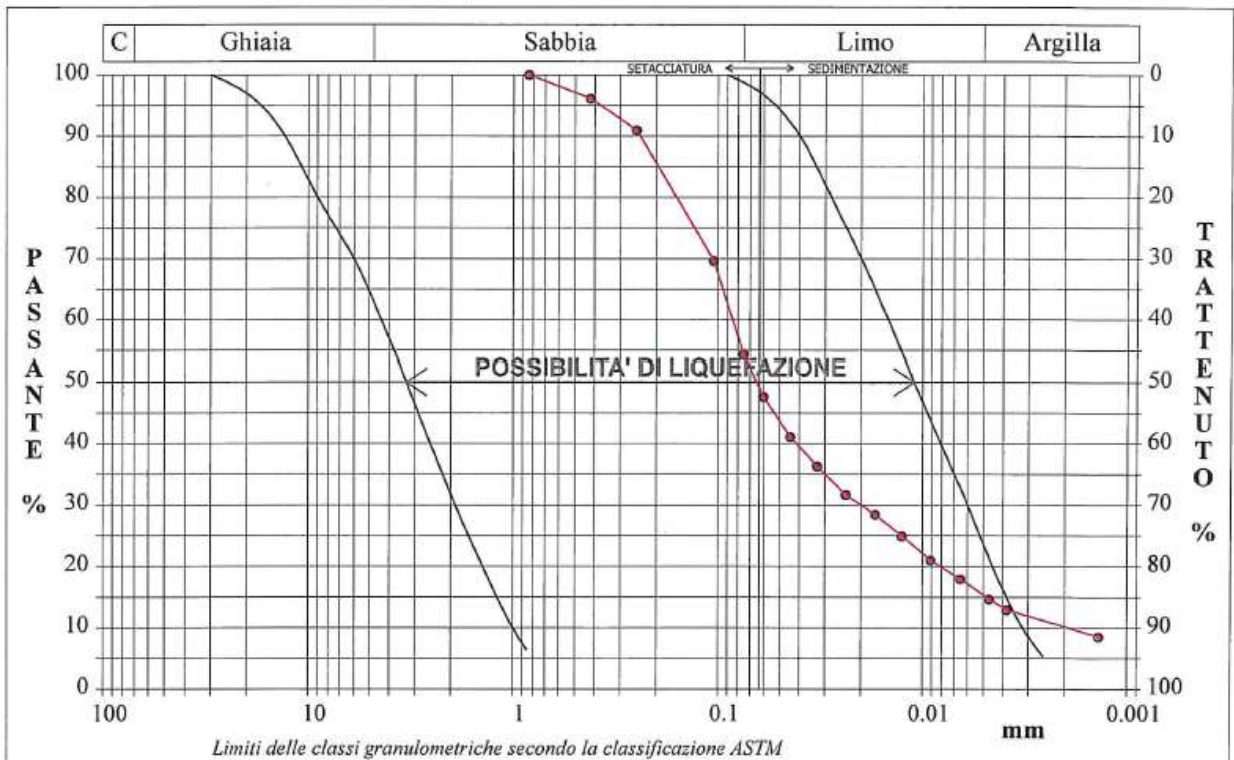


Figura 148 - Curva granulometrica campione indisturbato S7C1 - Valle del Turano.

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA			
RIFERIMENTO: Indagini geognostiche finalizzate alla progettazione del nuovo tronco superiore dell'acquedotto del Peschiera.			
SONDAGGIO: S9 (Pz)	CAMPIONE: C3	PROFONDITA': m	12.50 - 13.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422 ASTM D 421

Ghiaia	36.8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	48.9 %	D10	0.02731 mm	
Sabbia	46.5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	29.8 %	D30	0.42739 mm	
Limo	12.4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	16.7 %	D50	2.13199 mm	
Argilla	4.3 %			D60	3.91081 mm	
Coefficiente di uniformità		143.20	Coefficiente di curvatura	1.71	D90	26.57984 mm

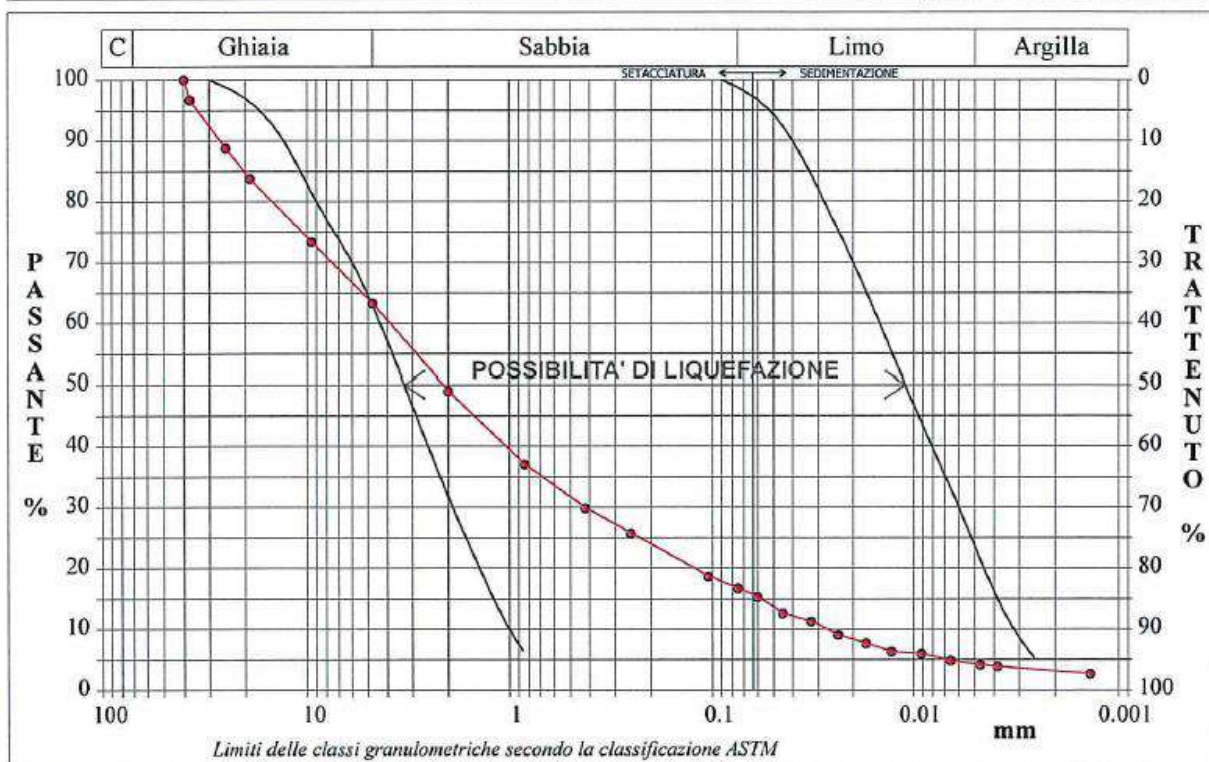


Figura 149 - Curva granulometrica campione indisturbato S9(Pz)C3 – Valle del Fosso Ariana.

In dettaglio è stata condotta una verifica di suscettibilità a liquefazione dei terreni interessati dalle opere di progetto, considerando, in particolar modo, le curve granulometriche comprese interamente nel fuso granulometrico indicato in normativa. Tali analisi sono state svolte considerando la totalità delle indagini

geognostiche e geofisiche eseguite, atte alla corretta valutazione del potenziale di liquefazione.

Per la consultazione dell'analisi di suscettibilità a liquefazione dei terreni si rimanda all'Elab. *A194PD R005 – Relazione Geotecnica*.

In sintesi, dalle risultanze di tali verifiche si riscontrano dei potenziali di liquefazione classificati come "Molto Bassi" secondo quanto proposto da Iwasaki. Occorre precisare che le profondità di posa delle condotte dell'infrastruttura e le quote di imposta dei manufatti di progetto, ricadono all'interno di strati di terreno con caratteristiche di resistenza e deformabilità tali da avere, a quelle profondità, dei coefficienti di sicurezza locali sempre superiori all'unità, con margini adeguati.

9 Indagini geognostiche e geofisiche

Il programma delle indagini geognostiche e geofisiche eseguito presso l'area di previsto intervento è stato sviluppato in funzione delle opere di progetto, tenendo conto del volume significativo, come definito dal D.M. 17/01/2018 (*Aggiornamento delle <<Norme Tecniche per le Costruzioni>>*).

Nel complesso, la campagna di indagini è stata articolata come di seguito descritto:

- N. 27 sondaggi geognostici ordinari a carotaggio continuo spinti ad una profondità compresa tra 25 e 100 m dal p.c.;
- N. 4 sondaggi geognostici profondi con tecnica *wire-line* spinti fino ad una profondità massima di 250 m dal p.c.;
- N. 10 prove penetrometriche dinamiche DPSH e N. 2 prove penetrometriche statiche CPTu;
- N. 20 prospezioni sismiche con metodologia MASW;
- N. 15 misure di frequenza fondamentale HVSr;
- N. 34 prospezioni di sismica a rifrazione con tecnica tomografica;
- N. 11 prospezioni di sismica a riflessione;
- N. 7 prospezioni sismiche in foro tramite tecnica down-hole;
- N. 5 prospezioni geoelettriche con tecnica tomografica 2D e 3D;
- N. 1 prospezione microgravimetrica;
- N. 2 rilievi geostrutturali in foro con telecamera acustica (BHTV).

Nel corso delle perforazioni sono state eseguite numerose prove in foro di sondaggio atte a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche ed idrauliche dei terreni attraversati. In particolare, le prove effettuate risultano essere:

- prelievo di campioni di terreno, sia rimaneggiati che indisturbati, da sottoporre a prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche per i terreni a comportamento granulare e fisico-meccaniche per quelli a grana fine;

- prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) per la determinazione, in primo luogo, dello stato di addensamento e dei parametri di resistenza per terreni a comportamento granulare;
- prove pressiometriche per la stima delle caratteristiche di deformabilità dei terreni riscontrati lungo la verticale di indagine;
- prove dilatometriche in roccia per la stima delle caratteristiche di deformabilità degli ammassi rocciosi riscontrati lungo la verticale di indagine;
- prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc per la valutazione delle caratteristiche idrauliche dei terreni alle diverse profondità indagate (conducibilità idraulica k);
- prove di permeabilità in foro di tipo Lugeon per la valutazione delle caratteristiche idrauliche degli ammassi rocciosi alle diverse profondità indagate (conducibilità idraulica k);
- rilievo geostrutturale in foro con telecamera acustica (BHTV) per descrivere con notevole accuratezza le caratteristiche geometriche e geomeccaniche delle discontinuità, delle giaciture ed eventuali cavità.

Al termine delle perforazioni, i fori di sondaggio sono stati completati attraverso installazioni dedicate a misure o monitoraggi successivi. In particolare, è stata eseguita la posa in opera di piezometri (tubo aperto e Casagrande) e tubazioni in PVC per prove *down-hole*.

L'ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche è illustrata negli elaborati A194PDG001, A194PDG002, A194PDG003, A194PDG004, A194PDG005, A194PDG006, A194PDG007, A194PDG008 - *Planimetria con indicazioni delle indagini eseguite*. I report delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area in esame sono presenti negli allegati, consultabili in calce alla presente Relazione Geologica. Di seguito vengono illustrati in breve i risultati ottenuti tramite le indagini geognostiche e geofisiche ad oggi eseguite.

9.1 Stratigrafie

Le stratigrafie ricostruite sulla verticale dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti confermano in linea generale l'assetto geologico evidenziato dalla cartografia geologica disponibile e del rilievo geologico di campagna. In allegato si riportano in dettaglio i log stratigrafici.

9.2 Letture piezometriche

La campagna di indagini geognostiche ha previsto l'installazione di piezometri, a tubo aperto e di Casagrande, fino a fondo foro all'interno di n. 23 fori di sondaggio. Di seguito sono riassunte le misure effettuate:

PZ	Tipo	Profondità fondo foro (m dal p.c.)	Letture livello idrico (m dal p.c.)								
			04/19	05/19	06/19	07/19	08/19	09/19	10/19	12/19	10/22
S0(1)	Casagrande	30	-1.20	/	/	/	/	-1.40	-1.45	/	/
S0(2)	Tubo aperto	30	/	/	/	/	/	0	0	/	/
Si(2)	Tubo aperto	35	-2.45	-2.89	-2.25	-2.22	-2.25	-2.55	-2.26	/	-2.38
Si(3)	Tubo aperto	50	/	-4.50	-4.58	-4.65	-4.75	-4.95	-4.75	/	-4.64
S1	Tubo aperto	25	Secco	Secco	Secco	Secco	Secco	Secco	Secco	/	Secco
S1(2)	Tubo aperto	50	/	/	/	/	-9.30	-9.33	-10.03	/	-9.49
S2(2)	Tubo aperto	80	/	/	/	/	/	-57.44	-57.60	/	/
S3	Tubo aperto	30	-7.40	-7.80	-6.19	-6.95	-7.88	-7.74	-8.75	/	/
S3(2)	Tubo aperto	145	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S4	Tubo aperto	40	/	/	/	-5.30	-6.74	/	/	/	-8.10
S6	Tubo aperto	40	/	/	/	-10.36	-11.09	-10.68	-11.78	/	-11.30

S7	Tubo aperto	23	-6.30	-6.87	-5.55	-5.91	-6.73	/	/	/	/
S8(3)	Tubo aperto	30	/	/	/	/	/	-5.83	-6.70	/	/
S8(4)	Tubo aperto	28	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S9 (2pz)	Tubo aperto	70	/	/	/	-8.80	-9.19	-11.70	-13.20	/	-9.63
S9	Tubo aperto	47	/	/	/	-9.44	-8.80	-12.61	-11.20	/	-12.93
S10(2)	Tubo aperto	100	/	/	/	-24.0	/	/	/	/	/
S11(2)	Tubo aperto	250	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S12	Casagrande	120	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S13(2)	Tubo aperto	50	/	/	/	/	/	-30.33	-31.16	/	-34.73
S14(2)	Tubo aperto	50	/	/	/	/	/	Secco	Secco	/	Secco
S15(PZ)	Tubo aperto	40	/	/	/	/	/	-25.03	-25.04	/	-27.90
S16(2)	Tubo aperto	65	/	/	/	/	/	/	Secco	Secco	Secco

Si specifica come i dati contrassegnati dal simbolo “/” indichino l’impossibilità dell’effettuare la misura piezometrica a causa di inaccessibilità e/o possibilità di eseguire la misura (eg. per danneggiamento od ostruzione).

9.3 Prove geotecniche in foro di sondaggio

Al fine di determinare le principali caratteristiche fisiche e meccaniche di ciascun terreno attraversato, durante le perforazioni sono state eseguite le seguenti prove in foro:

- prelievo di n. 174 campioni, sia di terreno che di roccia, da sottoporre a prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche per i terreni a comportamento granulare e fisico-meccaniche per quelli a grana fine;
- n. 133 prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) per la determinazione, in primo luogo, dello stato di addensamento e dei parametri di resistenza per terreni a comportamento granulare;
- n. 72 prove pressiometriche per la stima delle caratteristiche di deformabilità dei terreni riscontrati lungo la verticale di indagine;
- n. 100 prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc per la valutazione delle caratteristiche idrauliche dei terreni alle diverse profondità indagate (conducibilità idraulica k);
- n. 15 prove di permeabilità in foro di tipo Lugeon per la valutazione delle caratteristiche idrauliche degli ammassi rocciosi alle diverse profondità indagate (conducibilità idraulica k);
- n. 8 prove dilatometriche in roccia per la valutazione della deformabilità degli ammassi rocciosi;
- n. 2 rilievi geostrutturali in foro con telecamera acustica (BHTV) per descrivere con notevole accuratezza le caratteristiche geometriche e geomeccaniche delle discontinuità, delle giaciture ed eventuali cavità.

Sondaggio	Campioni	SPT	Pressiom.	Lefranc	Lugeon	Dilatom.	BHTV
S0	5	5	3	5			
S0(1)	5	6	3	4			
S0(2)	1	6					
S0(3)		6					
S0(4)	1	7					
Si2	8	7	4	5			
Si3	8	5	4	4			
S1	6	6	3	4			

S1(2)	10	6	4	4			
S1(3)							
S2(2)	16	6	5	4			
S3	5	5	4	4	1		
S3(2)		5		10	4	4	1
S4	7	4	3	3	1		
S4(2)	8	4	4	4			
S6	9	4	3	4			
S7	4	3	3	3	1		
S8(3)	6	4	3	4			
S8(4)							
S8(5)							
S8(6)							
S9		5		5			
S9(2)	10	5	4	4			
S9(PZ)	10	4	4	4			
S10(2)	19	5	4	4			
S11(2)	6	5	2	9	4	4	
S12		6	2	4	4		1
S13(2)	10	6	5	3			
S14(2)	2	3					
S15(2)	5						
S15(PZ)							
S16(2)	13	5	5	5			
Totale	174	133	72	100	15	8	2

9.3.1 Prove SPT (Standard Penetration Test)

Per valutare il grado di addensamento/consistenza dei terreni investigati si è proceduto nel corso delle perforazioni all'esecuzione di n. 133 prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*), i cui risultati sono di seguito riportati:

Sondaggio	Prof. Prova (m dal p.c.)	N _{spt}
S0	4.0	8
S0	7.5	9
S0	11.5	32
S0	20.0	5
S0	27.0	29
S0(1)	4.5	Rif
S0(1)	7.0	41
S0(1)	10.0	15
S0(1)	16.0	Rif
S0(1)	20.0	5
S0(1)	25.0	16
S0(2)	2.0	2
S0(2)	6.5	4
S0(2)	8.2	4
S0(2)	15.1	23
S0(2)	21.0	Rif
S0(2)	25.0	35
S0(3)	3.0	3
S0(3)	5.5	39
S0(3)	8.0	Rif
S0(3)	11.0	Rif
S0(3)	16.0	Rif
S0(3)	23.0	32
S0(4)	1.3	3
S0(4)	3.2	3
S0(4)	5.0	5
S0(4)	9.0	51
S0(4)	15.0	Rif
S0(4)	19.0	54
S0(4)	25.0	Rif
Si(2)	6.5	11
Si(2)	9.0	Rif
Si(2)	11.5	12
Si(2)	13.5	Rif
Si(2)	16.5	35
Si(2)	19.0	45

Si(2)	28.5	Rif
Si(3)	10.0	7
Si(3)	13.0	11
Si(3)	15.5	16
Si(3)	20.0	22
Si(3)	28.0	31
S1	6.5	Rif
S1	7.5	69
S1	9.5	65
S1	14.0	61
S1	18.0	Rif
S1	20.0	77
S1(2)	2.5	15
S1(2)	5.5	18
S1(2)	7.7	38
S1(2)	9.5	Rif
S1(2)	12.5	37
S1(2)	14.0	Rif
S2(2)	2.5	15
S2(2)	5.5	18
S2(2)	7.7	38
S2(2)	9.5	Rif
S2(2)	12.5	37
S2(2)	14.0	Rif
S3	7.0	2
S3	9.0	Rif
S3	14.0	Rif
S3	23.0	Rif
S3	29.5	74
S3(2)	4.6	Rif
S3(2)	10.0	Rif
S3(2)	13.0	Rif
S3(2)	18.8	Rif
S3(2)	26.0	Rif
S4	3.0	25
S4	5.5	15
S4	11.5	29
S4	14.0	82
S4(2)	2.5	14
S4(2)	5.0	16
S4(2)	10.0	17
S4(2)	14.0	21
S6	4.0	17
S6	7.0	73
S6	14.0	78
S6	19.0	Rif

S7	9.0	Rif
S7	12.5	Rif
S7	16.0	Rif
S8(3)	2.0	22
S8(3)	6.0	22
S8(3)	10.0	28
S8(3)	12.0	35
S9	4.5	Rif
S9	7.5	Rif
S9	12.5	Rif
S9	27.5	Rif
S9	39.0	Rif
S9(2)	2.0	12
S9(2)	4.0	20
S9(2)	6.0	32
S9(2)	8.0	32
S9(2)	10.0	32
S9(2pz)	3.0	15
S9(2pz)	5.0	18
S9(2pz)	9.0	22
S9(2pz)	11.0	31
S10(2)	3.5	15
S10(2)	6.0	19
S10(2)	10.0	37
S10(2)	14.0	30
S10(2)	17.0	32
S11(2)	5.0	Rif
S11(2)	8.5	Rif
S11(2)	17.0	69
S11(2)	24.5	77
S11(2)	29.0	62
S12	3.6	Rif
S12	12.0	Rif
S12	20.5	Rif
S12	29.0	Rif
S12	42.0	Rif
S12	55.0	Rif
S13(2)	2.0	11
S13(2)	6.0	12
S13(2)	8.0	41
S13(2)	10.0	32
S13(2)	11.0	37
S13(2)	13.0	Rif
S14(2)	6.0	20
S14(2)	8.5	11
S14(2)	12.5	Rif

S16(2)	3.0	7
S16(2)	7.0	11
S16(2)	9.0	12
S16(2)	11.0	18
S16(2)	12.5	16

9.3.2 Prove Pressiometriche

Al fine di determinare le caratteristiche di deformabilità dei terreni riscontrati lungo la verticale di indagine si è proceduto nel corso delle perforazioni all'esecuzione di n. 72 prove pressiometriche, a diversa profondità, attraverso l'utilizzo di una sonda pressiometrica di tipo Ménard (MPM). Nel dettaglio, la prova pressiometrica MPM consiste nell'installazione di una sonda cilindrica dilatabile in un foro di sondaggio precostituito e, successivamente, farla espandere gradualmente registrando i valori delle pressioni applicate e delle corrispondenti deformazioni radiali.

Delle 72 prove pressiometriche MPM eseguite, di cui 47 in terreni caratterizzati da alta variabilità granulometrica ed incoerenza e 25 nelle formazioni dei conglomerati e carbonatiche.

È stato verificato come i risultati delle prove pressiometriche MPM eseguite nei depositi alluvionali (ALL) risultano avere valori anomali. Tale anomalia è probabilmente riconducibile alla variabilità granulometrica ed incoerenza dei terreni incontrati. Pertanto, non sono stati considerati nella caratterizzazione geotecnica di tale unità litotecnica.

Negli allegati in calce sono consultabili i certificati delle prove pressiometriche eseguiti in ogni foro di sondaggio. In sintesi, nella seguente tabella, sono riportati i risultati delle suddette prove:

Sondaggio	Profondità prova	Pressione limite	Pressione limite netta	Modulo di Young
	(m dal p.c.)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
S1	10.5	5700	5402	70979
	15.5	5500	5249	115764
	20.5	6800	6437	69151
S1(2)	5.0	4000	3689	50309
	11.0	4000	3566	133803
	14.0	4000	3749	153882
	17.0	4000	3737	124470
S2(2)	3.0	6800	6140	78948
	11.5	5700	3435	79168
	18.0	7500	6591	70785
	21.0	6000	5575	57833
	31.0	14000	13205	158884
S3	18.5	4000	3569	91400
	24.0	6200	5740	82776
S4	23.0	5700	5116	85933
S6	8.0	7900	7487	121764
	18.0	5700	5313	84100
	25.0	6800	6420	71800
S8(3)	2.5	5100	3657	50597
	7.0	4700	3606	72488
	12.0	5200	3759	92888
S10(2)	8.0	5800	4789	26642
	11.0	4100	3772	52779
	16.0	6100	5736	48986
	22.0	6100	5452	71208
S11(2)	36.0	2989	2052	36539

9.3.3 Prove di Permeabilità in foro (Lefranc)

Per la valutazione delle caratteristiche idrauliche dei terreni alle diverse profondità indagate si è proceduto nel corso delle perforazioni all'esecuzione di n. 100 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile. In questo tipo di prova si misura la velocità di riequilibrio del livello dell'acqua presente nel foro (abbassamento o risalita) dopo averlo alterato mediante immissione o emungimento.

Negli allegati in calce sono consultabili i certificati delle prove di permeabilità eseguiti in ogni foro di sondaggio. In sintesi, i risultati delle prove di seguito riportati:

Sondaggio	Livello statico della falda	Profondità prova	Coefficiente di permeabilità (k)
	(m dal p.c.)	(m dal p.c.)	(m/s)
S0	-2.30	10.0 – 12.0	2.07×10^{-5}
	-2.30	15.0 – 18.0	3.02×10^{-5}
	-2.30	28.0 – 32.0	1.13×10^{-5}
	-2.30	34.0 – 36.0	2.80×10^{-5}
	-2.30	43.0 – 47.0	1.60×10^{-5}
S0(1)	-1.40	10.0 – 12.0	4.13×10^{-5}
	-1.40	16.0 – 18.0	9.35×10^{-6}
	-1.40	19.0 – 21.0	3.33×10^{-5}
	-1.40	25.0 – 28.0	2.50×10^{-5}
Si(2)	-2.55	9.0 – 12.0	2.00×10^{-5}
	-2.55	16.0 – 18.0	9.61×10^{-7}
	-2.55	21.0 – 23.0	1.02×10^{-6}
	-2.55	26.0 – 29.0	8.64×10^{-7}
	-2.55	32.0 – 35.0	4.72×10^{-7}
Si(3)	-4.95	10.0 – 13.0	4.29×10^{-5}
	-4.95	16.0 – 20.0	1.43×10^{-5}
	-4.95	26.0 – 30.0	2.38×10^{-5}
	-4.95	41.0 – 46.0	4.84×10^{-6}
S1	Secco	8.0 – 11.5	2.58×10^{-4}
	Secco	13.0 – 16.0	8.81×10^{-5}
	Secco	18.0 – 20.0	3.86×10^{-4}
	Secco	23.0 – 25.0	8.11×10^{-4}
S1(2)	-9.33	4.0 – 6.5	5.66×10^{-4}
	-9.33	10.0 – 12.5	6.97×10^{-3}
	-9.33	13.0 – 17.0	1.15×10^{-4}
	-9.33	21.0 – 24.0	1.76×10^{-5}
S2(2)	-57.44	3.5 – 6.5	1.54×10^{-3}
	-57.44	12.5 – 15.0	8.81×10^{-4}
	-57.44	16.5 – 18.5	1.16×10^{-3}
	-57.44	21.5 – 24.0	1.06×10^{-2}
S3	-7.74	5.0 – 7.0	3.17×10^{-5}

RELAZIONE GEOLOGICA

	-7.74	9.0 – 11.0	1.44×10^{-5}
	-7.74	20.0 – 23.0	2.36×10^{-5}
	-7.74	27.0 – 30.0	8.60×10^{-7}
S3(2)	-17.00	7.5 – 8.0	1.12×10^{-5}
	-17.00	14.5 -15.5	3.47×10^{-6}
	-17.00	21.5 -22.0	4.11×10^{-6}
	-17.00	41.0 – 41.5	1.75×10^{-6}
	-17.00	49.0 – 49.5	1.82×10^{-6}
	-17.00	57.5 – 58.0	1.95×10^{-6}
	-17.00	68.5 – 69.0	1.04×10^{-6}
	-17.00	80.0 – 80.5	8.74×10^{-7}
	-17.00	89.5 – 90.0	8.74×10^{-7}
	-17.00	99.0 – 99.5	6.95×10^{-7}
S4	-6.74	11.0 – 12.9	7.58×10^{-6}
	-6.74	16.0 – 18.9	3.90×10^{-5}
	-6.74	35.0 – 39.9	1.03×10^{-4}
S4(2)	n.d.	2.0 – 4.0	5.83×10^{-3}
	n.d.	10.0 – 12.0	8.11×10^{-3}
	n.d.	17.0 – 19.0	9.01×10^{-3}
	n.d.	23.0 – 25.0	1.08×10^{-2}
S6	-10.68	9.5 – 12.5	1.55×10^{-4}
	-10.68	15.5 – 18.0	1.07×10^{-4}
	-10.68	27.0 – 29.5	7.75×10^{-5}
	-10.68	33.0 – 36.0	5.69×10^{-5}
S7	-6.73	2.0 – 5.0	2.21×10^{-5}
	-6.73	9.0 – 11.0	2.11×10^{-5}
	-6.73	13.0 – 16.0	5.36×10^{-6}
S8(3)	-5.83	2.0 – 3.5	2.28×10^{-3}
	-5.83	6.0 – 8.0	1.13×10^{-2}
	-5.83	11.0 – 13.5	2.29×10^{-2}
	-5.83	18.0 – 21.0	1.39×10^{-2}
S9(2pz)	-11.70	2.0 – 4.5	9.75×10^{-5}
	-11.70	7.0 – 9.5	4.32×10^{-5}
	-11.70	12.0 – 14.5	2.00×10^{-4}
	-11.70	19.0 – 22.0	2.28×10^{-5}
S9	-12.61	7.0 – 8.0	5.16×10^{-7}
	-12.61	15.5 – 16.5	4.02×10^{-6}
	-12.61	20.0 – 20.5	9.40×10^{-6}
	-12.61	22.5 – 23.5	1.27×10^{-6}
	-12.61	35.0 – 36.0	6.63×10^{-7}
S9(2)	n.d.	2.5 – 5.0	7.87×10^{-5}
	n.d.	6.8 – 9.0	1.13×10^{-4}
	n.d.	13.5 – 16.0	2.48×10^{-4}
	n.d.	21.0 – 23.5	2.94×10^{-5}
S10(2)	-24.20	3.5 – 5.5	4.81×10^{-4}
	-24.20	8.5 – 11.5	1.03×10^{-4}
	-24.20	14.5 – 17.0	3.04×10^{-5}
	-24.20	24.0 – 29.0	1.30×10^{-4}

S11(2)	- 16.00	10.0 – 11.0	6.92×10^{-7}
	- 16.00	22.30 – 23.00	5.21×10^{-7}
	- 16.00	29.50 – 30.50	3.05×10^{-7}
	- 16.00	39.00 – 40.00	2.37×10^{-7}
	- 16.00	50.50 – 51.50	2.78×10^{-7}
	- 16.00	59.00 – 60.00	2.97×10^{-7}
	- 16.00	70.00 – 71.00	3.84×10^{-7}
	- 16.00	78.50 – 79.50	3.03×10^{-7}
S12	n.d.	5.0 – 6.0	6.26×10^{-6}
	n.d.	14.0 – 15.0	2.90×10^{-6}
	n.d.	24.0 – 25.0	1.71×10^{-6}
	n.d.	35.0 – 36.0	1.23×10^{-6}
S13(2)	-30.33	4.0 – 6.5	1.05×10^{-3}
	-30.33	12.0 – 15.0	3.40×10^{-3}
	-30.33	15.5 – 17.5	2.70×10^{-3}
S16(2)	-33.16	6.0 – 8.5	7.39×10^{-4}
	-33.16	11.0 – 13.0	4.36×10^{-3}
	-33.16	15.0 – 16.5	2.24×10^{-4}
	-33.16	21.0 – 23.0	1.97×10^{-4}
	-33.16	25.0 – 27.5	1.75×10^{-4}

9.4 Prove geotecniche di laboratorio

Con riferimento alle indagini geognostiche eseguite ed alle litologie distinte, sono di seguito riepilogati i risultati relativi alle principali caratteristiche fisiche ed ai parametri geomeccanici ottenuti con le prove di laboratorio svolte sui campioni prelevati, sia di terreno che di roccia. Per ulteriori approfondimenti e dettagli, si rimanda agli allegati in calce.

RELAZIONE GEOLOGICA

Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consistenza				Granulometria				Compr.	Taglio diretto		Edometrica						
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γ _{sec} kN/m³	γ _{sat} kN/m³	γ _s kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	GHIAIA %	SABBA %	LIMO %	ARGILLA %	σ kPa	φ °	c kPa	24.5 kPa	49.0 kPa	98.0 kPa	196.0 kPa	392.0 kPa		
S0	C1	10.00 - 10.50	22.5				26.0				24.9	20.1	4.8	0.51	8.3	67.0	21.7	3.0										
S0	C2	17.00 - 17.50	16.4				26.6								61.9	34.5	2.6	1.0										
S0	C3	29.00 - 29.50	19.9				26.5								65.0	28.7	5.1	1.2										
S0	C4	35.00 - 35.50	24.3				25.5								35.2	59.4	3.8	1.6										
S0	C5	41.00 - 41.50	18.8				26.5								57.3	38.4	2.6	1.7										
S0 (1)	C1	7.50 - 8.00	13.5	19.9	17.6	20.6	25.6	0.46	31.3	77.1	33.7	21.5	12.2	1.66	32.6	44.0	13.8	9.6										
S0 (1)	C2	13.00 - 13.50	12.2				26.2								49.6	42.5	5.3	2.6										
S0 (1)	C3	23.50 - 24.00	11.1	20.1	18.1	20.8	25.2	0.40	28.5	72.0	34.3	22.8	11.5	2.01	29.9	34.9	25.8	9.4	44.3	28.9	9.1	3709	4442	5297	8958	14401		
S0 (1)	C4	27.50 - 28.00	12.4	21.0	18.7	21.4	25.8	0.38	27.4	86.2	26.8	18.0	8.8	1.64	24.9	49.1	21.6	4.4										
S0 (1)	C5	29.00 - 29.50	9.6				25.9								27.9	60.8	8.7	2.6										

Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consistenza				Granulometria				Compr.	Taglio diretto		Edometrica						
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γ _{sec} kN/m³	γ _{sat} kN/m³	γ _s kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	GHIAIA %	SABBA %	LIMO %	ARGILLA %	σ kPa	φ °	c kPa	24.5 kPa	49.0 kPa	98.0 kPa	196.0 kPa	392.0 kPa		
S1	C1	4.50 - 5.00	31.3	17.9	13.7	18.4	26.4	0.93	48.2	90.5	40.3	29.7	10.6	0.85	45.5	23.5	12.3	18.7										
S1	C2	8.00 - 8.50	17.4				25.8				30.2	20.4	9.8	1.31	37.9	37.7	9.2	15.2										
S1	C3	12.50 - 13.00	28.1	17.9	14.0	18.5	25.8	0.85	45.8	87.3	39.9	31.3	8.6	1.37	15.6	59.3	20.4	4.7	73.7	28.1	9.6			6129	5448	7845	12573	
S1	C4	16.50 - 17.00	7.6	17.3	16.1	19.9	26.4	0.64	39.0	32.1	26.9	18.8	8.1	2.38	36.5	48.2	11.0	4.3	80.3	30.2	7.9							
S1	C5	21.50 - 22.00	17.2				24.8				28.3	22.5	5.8	1.91	12.0	65.1	18.3	4.6										
S1	C6	23.50 - 24.00	18.9				26.3								27.5	59.9	9.6	3.0										
S3	C1	6.50 - 7.00	40.3	17.7	12.6	17.7	26.4	1.08	52.0	99.9	66.6	31.3	35.3	0.74		4.0	45.8	50.2	20.6	21.7	8.5	615	1000	1815	2882	5939		
S3	C2	10.00 - 10.50	12.4				26.4								47.9	47.7	3.1	1.3										
S3	C4	17.50 - 18.00	26.9	19.2	15.2	19.3	26.0	0.72	41.7	99.7	57.0	30.4	26.6	1.13		42.4	31.2	26.4	27.9	25.9	8.2							
S3	C5	25.00 - 25.50	12.5	20.7	18.4	21.3	26.1	0.42	29.7	79.0	38.1	19.0	19.1	1.34	53.6	23.0	13.6	9.8	40.5	31.5	7.7							
S1	C6	23.50 - 24.00	18.9				26.3								27.5	59.9	9.6	3.0										
S7	C1	4.50 - 5.00	21.9	19.5	16.0	19.8	26.0	0.62	38.4	93.2	47.9	19.5	28.4	0.91		45.7	39.0	15.3	44.9	26.2	10.5	1429	2025	3161	5490	9825		
S7	C2	10.00 - 10.50	14.0				25.6				30.5	21.6	8.9	1.85	46.4	24.2	16.0	13.4										
S7	C3	14.50 - 15.00	9.5	20.4	18.6	21.3	25.7	0.38	27.5	65.7	27.2	16.7	10.5	1.69	30.4	41.1	13.3	15.2	88.7	28.2	11.8	12000	7890	6626	8610	12476		

Campione	Contenuto naturale di acqua (%)	Peso di volume allo stato naturale (Kn/m ³)	Resistenza a compressione Uniassiale (Mpa)
S3-C3 prof.12.50 -12.80 m	2.80	23.3	3.20
S7-C4 prof.19.30 -19.50 m	3.80	21.7	51.84

Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consistenza				Granulometria				Compr.		Taglio diretto		Edometrica				
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m ³	γ _{sat} kN/m ³	γ _{sub} kN/m ³	γ _s kN/m ³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Chiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	σ kPa	φ °	c kPa	24.5 kPa	49.0 kPa	98.0 kPa	196.0 kPa	392.0 kPa	
Si2	C1	8.50 - 9.00	8.0				26.1								50.8	33.2	8.5	7.5									
Si2	C2	10.50 - 11.00	11.5	21.1	18.9	21.5	25.6	0.36	26.2	84.5	32.1	18.9	13.2	1.56	28.2	45.9	15.5	10.4	49.0	28.5	10.4						
Si2	C3	12.50 - 13.00	23.2	18.6	15.1	18.9	24.6	0.63	38.8	92.0	61.7	32.9	28.8	1.34	0.9	10.6	24.3	64.2	176	22.3	39.6	2182	3267	5158	7000	8909	
Si2	C4	15.00 - 15.50	21.1	18.7	15.5	19.6	26.8	0.73	42.2	78.6	60.5	30.4	30.1	1.31	0.2	13.1	25.1	61.6	193	23.8	34.4	6000	4455	3636	6795	11462	
Si2	C5	18.00 - 18.50	10.9	20.4	18.4	21.3	26.2	0.43	29.9	68.2	49.0	21.5	27.5	1.39	27.9	25.5	11.8	34.8	202	25.8	38.8						
Si2	C6	22.00 - 22.50	15.5	17.9	15.5	19.5	26.1	0.68	40.6	60.5	51.8	30.8	21.0	1.73	11.5	21.4	20.0	47.1	165	27.8	28.6						
Si2	C7	25.50 - 26.00	21.5	19.8	16.3	19.9	25.6	0.57	36.3	98.4	53.2	19.9	33.3	0.95	24.5	21.6	19.7	34.2	157	26.0	21.9						
Si2	C8	29.50 - 30.00	24.0	18.7	15.1	18.9	24.6	0.63	38.8	95.1	59.5	30.7	28.8	1.23	0.9	12.2	24.9	62.0									
Si3	C1	11.50 - 12.00	27.7	19.5	15.3	19.4	26.3	0.72	41.8	103.2	47.3	20.4	26.9	0.73	2.6	45.4	25.4	26.6	20.5	26.9	7.9	3478	3769	5600	10000	11200	
Si3	C2	14.00 - 14.50					26.3								6.1	71.3	15.5	7.1									
Si3	C3	18.00 - 18.50					26.1								7.3	66.1	17.4	9.2									
Si3	C4	26.00 - 26.50	17.9	19.0	16.1	19.8	25.8	0.60	37.5	78.6	51.3	22.8	28.5	1.17	38.7	32.9	28.4	118	37.6	13.6	3429	4083	6125	9800	15077		
Si3	C5	32.00 - 32.50					26.0								5.7	39.1	33.9	21.3									
Si3	C6	36.00 - 36.50	29.0	18.3	14.2	18.6	25.5	0.79	44.2	95.1	54.8	35.2	19.6	1.32	22.7	56.1	21.2	40.7	25.4	8.7	2229	3065	4086	5769	8717		
Si3	C7	42.50 - 43.00	19.9	20.0	16.7	20.3	26.5	0.59	37.1	91.4	41.0	25.3	15.7	1.34	27.2	52.5	11.6	8.7	30.4	27.9	7.2	3502	4903	4715	7486	12819	
Si3	C8	45.00 - 45.50					26.5								15.6	38.9	19.4	26.1									

Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consistenza				Granulometria				Taglio diretto		Edometrica						
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m ³	γ _{sat} kN/m ³	γ _{sub} kN/m ³	γ _s kN/m ³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Chiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	σ kPa	φ °	c kPa	24.5 kPa	49.0 kPa	98.0 kPa	196.0 kPa	392.0 kPa	
S4(2)	C2	8.00 - 8.50	10.8	21.3	19.2	21.9	26.5	0.38	27.4	77.5	29.8	21.2	8.6	2.21	43.3	39.6	12.5	4.6	36.2	5.9	4000	4455	4667	6533	11039		
S4(2)	C4	17.50 - 18.00					26.2								57.8	30.3	8.9	3.0									
S4(2)	C5	23.50 - 24.00					26.9								64.6	29.4	4.4	1.6									
S8(3)	C1	3.00 - 3.50	16.4	16.6	14.2	18.7	25.9	0.82	45.1	52.7	48.3	26.9	21.4	1.49	5.6	25.2	57.2	12.0	24.9	38.5	5275	6064	5914	6479	9620		
S8(3)	C3	12.00 - 12.50	32.3	17.7	13.4	18.1	25.9	0.94	48.4	91.0	45.9	27.3	18.6	0.73	6.2	23.3	61.1	9.4	24.3	21.6	5275	6064	5914	6479	9620		

Campione	Profondità	Contenuto naturale di acqua (%)	Peso di volume allo stato naturale (kN/m ³)	Indice IS(50) (Mpa)	Resistenza a compressione (Mpa)
S4(2) C6	27.00-27.50	1.1	24.4	8.28	91.10
S4(2) C7	32.00-32.50	1.3	24.5	7.72	84.89
S4(2) C8	36.00-36.50	0.7	24.4	6.78	74.63
S8(3) C4	17.50-18.00	1.2	23.7	6.60	72.57
S8(3) C5	23.00-23.50	1.0	23.4	6.95	76.48
S8(3) C6	29.00-29.50	1.0	24.2	6.23	68.57

Riferimento			Caratteristiche fisiche							Limiti di consistenza					Granulometria				Taglio diretto		DESCRIZIONE
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	Y kN/m ³	Y _{sec} kN/m ³	Y _{sat} kN/m ³	γ _s kN/m ³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	φ °	c kPa	
S4	Ci 2	9.00 - 9.50	26.2	17.0	13.5	18.2	26.1	0.93	48.2	74.8	54.7	34.4	20.3	1.41		9.8	71.4	18.8			LIMO ARGILLOSO DEBOLMENTE SABBIOSO.
S4	Ci 3	15.50 - 16.00	2.6				26.1								40.1	47.5	9.5	2.9			SABBIA CON GHIAIA DEBOLMENTE LIMOSA.
S4	Ci 4	22.00 - 22.50	1.9				26.5								52.9	41.8	4.2	1.1			GHIAIA CON SABBIA.
S4	Ci 5	29.00 - 30.00	1.4				25.5								52.4	42.3	3.9	1.4			GHIAIA CON SABBIA.
S4	Ci 7	36.50 - 37.00	2.0				25.8								56.0	39.2	2.6	2.2			GHIAIA CON SABBIA.
S6	Ci 2	5.50 - 6.00	13.3	19.5	17.2	20.5	25.9	0.50	33.5	69.7	27.1	18.2	8.9	1.55	26.8	57.3	11.1	4.8			SABBIA CON GHIAIA LIMOSA.
S6	Ci 4	10.50 - 11.00	9.5	18.3	16.8	20.1	25.5	0.52	34.3	47.2	39.0	20.6	18.4	1.60	14.8	25.5	50.5	9.2			LIMO CON SABBIA GHIAIOSO DEB. ARGILLOSO
S6	Ci 5	16.50 - 17.00	7.6	18.3	17.1	20.3	25.5	0.50	33.1	39.9	27.6	18.8	8.8	2.27	25.9	55.7	13.1	5.3			SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEB. ARGILLOSO
S6	Ci 7	29.00 - 29.50	10.0	18.6	16.9	20.5	26.5	0.57	36.2	47.7	38.9	26.2	12.7	2.28	25.8	53.9	11.6	8.7			SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEB. ARGILLOSO
S6	Ci 9	37.50 - 38.00	1.1				26.6								60.0	36.9	2.5	0.6			GHIAIA CON SABBIA.
S10(2)	C 2	7.00 - 7.50	29.1	18.0	14.0	18.5	25.7	0.84	45.7	90.7	61.7	39.1	22.6	1.44	11.1	21.3	41.3	26.3	27.2	10.4	LIMO CON ARGILLA SABBIOSO E GHIAIOSO.
S10(2)	C 3	14.50 - 15.00	13.4	19.8	17.4	20.7	26.2	0.50	33.4	71.3	34.6	25.4	9.2	2.31	45.4	34.1	17.0	3.5	32.5	8.5	GHIAIA CON SABBIA LIMOSA.
S10(2)	C 5	23.50 - 24.00	17.8	19.1	16.2	19.9	25.8	0.59	37.2	79.1	29.5	21.3	8.2	1.43	31.9	53.9	10.0	4.2	27.1	7.9	SABBIA CON GHIAIA LIMOSA.

Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consistenza				Granulometria				Taglio diretto		Edometrica				
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m ³	γ_{sec} kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	γ_c kN/m ³	Indice vuoti	Poros. %	Sat %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	ϕ °	c kPa	24.5 kPa	49.0 kPa	98.0 kPa	196.0 kPa	392.0 kPa
S1(2)	C2	8.50 - 9.00	9.5	19.3	17.6	20.9	26.5	0.51	33.6	50.8					37.1	53.1	8.5	1.3	29.1	7.6					
S1(2)	C3	12.00-12.50	22.0	19.2	15.7	19.7	26.3	0.68	40.3	87.3	58.6	27.6	31.0	1.18	9.0	24.7	43.7	22.6	24.9	20.4					
S1(2)	C4	18.50 - 19.00	16.2	19.0	16.3	19.9	25.7	0.58	36.6	73.8	25.7	20.4	5.3	1.79	32.5	52.1	11.9	3.5	30.1	8.8					
S1(2)	C6	27.50 - 28.00	20.6	17.5	14.5	18.9	26.3	0.82	45.0	67.6	36.1	25.8	10.3	1.50	9.1	58.8	27.6	4.5	28.9	11.1	1333	2722	4092	6374	9662
S1(2)	C7	32.00-32.50	11.2	20.2	18.2	21.2	26.4	0.45	31.1	66.4	45.5	27.2	18.3	1.88	17.2	37.8	18.0	27.0	27.1	9.3	6115	2881	3920	4782	7730
S1(2)	C8	36.50 - 37.00	17.5	18.1	15.4	19.3	25.6	0.66	39.9	68.9	30.7	21.8	8.9	1.49	32.7	51.3	11.5	4.5	30.5	7.9	6000	2722	5765	6125	9333
S1(2)	C9	42.00 - 42.50	16.9	19.3	16.5	19.9	25.2	0.53	34.5	82.5	30.3	24.4	5.9	2.28	18.9	55.8	22.2	3.1	28.5	14.0					
S1(2)	C10	46.50 - 47.00	19.1	18.3	15.3	19.3	25.9	0.69	40.9	73.0	29.9	22.5	7.4	1.46	45.2	40.8	10.2	3.8	30.9	19.1					
S9 (Pz)	C2	8.50 - 9.00	19.8	18.7	15.6	19.6	26.4	0.69	40.8	77.6	29.7	23.3	6.4	1.54	13.7	67.1	15.5	3.7	27.3	9.0	4067	7538	5952	5073	7809
S9 (Pz)	C3	12.50 - 13.00	20.6	18.6	15.5	19.4	26.0	0.68	40.7	79.9	26.7	21.0	5.7	1.07	36.8	46.5	12.4	4.3	30.1	10.5					
S9 (Pz)	C4	17.00 - 17.50	36.4	17.7	13.0	17.8	25.4	0.96	49.0	98.4	66.5	34.0	32.5	0.93		11.6	25.1	63.3	24.2	21.0	3065	2851	3605	4291	7693
S9 (Pz)	C5	21.50 - 22.00	23.9	18.8	15.2	19.3	26.4	0.74	42.6	86.8	48.9	21.2	27.7	0.90		26.8	40.5	32.7	25.1	29.2					
S9 (Pz)	C6	29.50 - 30.00	27.9	19.1	14.9	19.2	26.3	0.76	43.1	98.8	53.7	32.5	21.2	1.22		12.3	65.8	21.9	24.5	39.1					

Campione	Contenuto naturale di acqua (%)	Peso di volume allo stato naturale (KN/m ³)	Resistenza a compressione Uniaassiale (Mpa)
S9(Pz) - C9 prof.42.50-43.00 m	1.3	23.6	32.10
S9(Pz) - C10 prof.48.00-48.50 m	1.5	24.9	48.80

Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consistenza				Granulometria				Taglio diretto		Edometrica					DESCRIZIONE
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m ³	γ_{sec} kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	γ_c kN/m ³	Indice vuoti	Poros. %	Sat %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	ϕ °	c kPa	49.0 kPa	98.0 kPa	196.0 kPa	392.0 kPa		
S2(2)	C2	7.00 - 7.50	26.2	18.1	14.3	18.3	24.1	0.68	40.5	94.7	49.5	21.7	27.8	0.84	11.6	32.3	42.1	14.0	25.8	12.4	3772	4159	5415	7587	Limo con sabbia argilloso e ghiaioso.	
S2(2)	C4	17.50 - 18.00	21.4	18.7	15.4	19.0	24.5	0.59	37.1	90.3	43.5	23.6	19.9	1.11	8.0	44.8	11.6	35.6	26.9	16.2					Sabbia con argilla limosa deb.ghiaiosa.	
S2(2)	C5	22.50 - 23.00	3.3												61.7	35.6	2.7								Ghiaia con sabbia.	
S2(2)	C7	32.00 - 32.50	2.8												73.1	23.4	3.5									Ghiaia sabbiosa.

Campione	Contenuto naturale di acqua (%)	Peso di volume allo stato naturale (kN/m ³)	Resistenza a compressione Point Load Test (Mpa)	Indice IS(50) (Mpa)	Resistenza a compressione Uniaassiale (Mpa)
S2(2) - C8 prof.37.00-37.50 m	4.6	21.6	-	-	56.80
S2(2) - C10 prof.47.50-48.00 m	1.5	22.5	50.13	4.56	-
S2(2) - C12 prof.59.00-59.50 m	1.5	22.7	-	-	61.58
S2(2) - C14 prof.69.50-70.00 m	3.3	23.0	47.34	4.30	-
S2(2) - C16 prof.79.50-80.00 m	3.9	23.1	62.08	5.64	-
S12 - C1 prof.108 m	0.9	24.4	-	-	40.30
S12 - C2A prof.111 m	1.0	24.3	-	-	38.10
S12 - C2B prof.111 m	1.0	24.5	-	-	39.11
S12 - C3 prof.110 m	1.2	24.3	-	-	43.80

	S14C1	S14C2
--	-------	-------

PROFONDITÀ (m)	31.0 - 31.30	40.0 - 40.4
-----------------------	--------------	-------------

RESISTENZA A COMPRESSIONE (MPa)	51.30	62.50
--	-------	-------

	S15C2	S15C3	S15C4	S15C5
--	-------	-------	-------	-------

PROFONDITÀ (m)	11.0 - 11.30	16.1 - 16.4	29.5 - 29.8	32.4 - 32.7
-----------------------	--------------	-------------	-------------	-------------

RESISTENZA A COMPRESSIONE (MPa)	41.20	37.50	45.10	31.10
--	-------	-------	-------	-------

Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consistenza				Granulometria				Compr	Taglio diretto		Edometrica					
Sond n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γ _{sec} kN/m³	γ _{sat} kN/m³	γ _s kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	σ kra	φ °	c kPa	24.5 kPa	49.0 kPa	98.0 kPa	196.0 kPa	392.0 kPa	
S16(2)	C2	7.50 - 8.00	20.5	18.6	15.5	19.5	26.1	0.69	40.8	79.3	66.3	32.9	33.4	1.37		8.4	41.6	50.0	304	19.3	33.4						
S16(2)	C4	17.50 - 18.00	22.3	19.2	15.7	19.5	25.4	0.62	38.2	93.5	64.3	30.6	33.7	1.25		12.7	39.6	47.7	592	18.6	63.7	3527	3742	4780	7538	10208	
S16(2)	C6	27.50 - 28.00	24.6	18.1	14.5	18.8	25.9	0.79	44.0	82.8	64.3	35.2	29.1	1.36		6.7	21.3	72.0	444	17.8	43.2						
S16(2)	C8	37.50 - 38.00	19.7	19.0	15.8	19.6	25.9	0.64	38.8	81.9	64.0	31.2	32.8	1.35		10.3	32.9	56.8	448	19.1	39.7	4086	8172	8528	6671	7472	
S16(2)	C10	48.50 - 49.00	33.3	17.3	13.0	18.0	26.5	1.04	51.0	86.1	66.5	28.1	38.4	0.87		4.6	60.5	34.9	100	18.2	14.0		4818	6172	10399	14250	
S16(2)	C12	59.50 - 60.00	23.9	18.3	14.8	19.0	26.1	0.76	43.3	83.2	69.2	36.1	33.1	1.37		3.9	58.4	37.7	106	17.2	13.9			12250	10652	15870	
S16(2)	C13	63.50 - 64.00													59.6	38.2	2.2										
S13(2)	C2	6.50 - 7.00	25.8	17.5	13.9	18.4	25.8	0.86	46.1	79.3	71.6	37.0	34.6	1.32		3.2	38.8	58.0	525	18.5	56.5	2637	2151	2322	5836	8790	
S13(2)	C3	11.50 - 12.00	24.3	17.9	14.4	18.9	26.3	0.82	45.2	79.1	68.1	32.7	35.4	1.24		3.6	35.4	61.0	520	18.0	60.5	3243	3556	4460	4106	8320	
S13(2)	C4	19.00 - 19.50	4.6	2.0	1.9	4.8	2.7	0.41	29.1	3.2					62.5	35.3	2.2										
S13(2)	C6	28.00 - 28.50													75.4	23.8	0.8										

Campione	Profondità	Contenuto naturale di acqua (%)	Peso di volume allo stato naturale (KN/m³)	Indice IS(50) (Mpa)	Resistenza a compressione (Mpa)
S13(2) C7	33.00-33.50	0.7	24.7	7.22	79.41
S13(2) C8	38.00-38.50	0.9	23.9	6.70	73.74
S13(2) C10	47.00-47.50	0.6	24.7	6.99	76.91

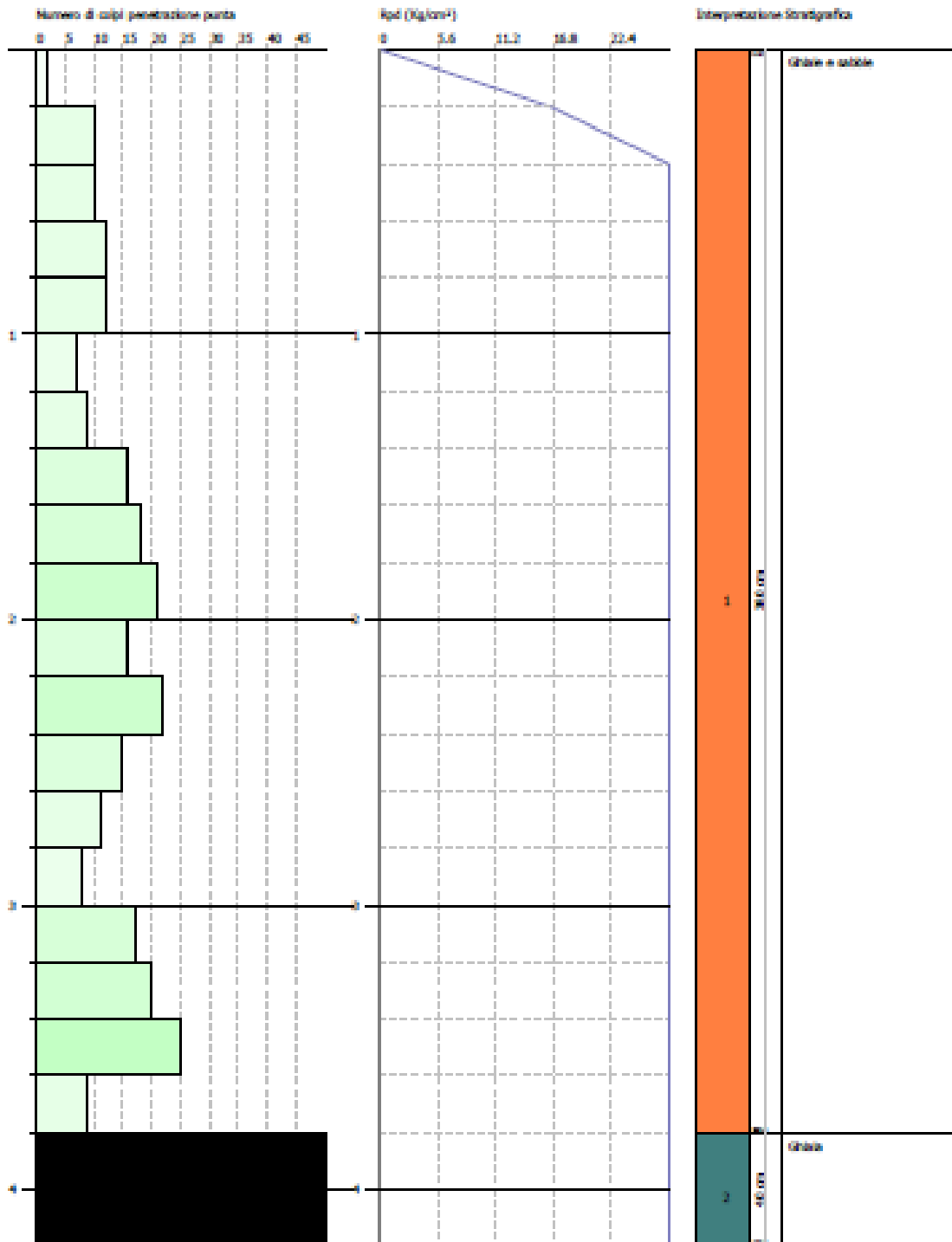
9.5 Prove penetrometriche statiche (CPT) e dinamiche super pesanti (DPSH)

La prova penetrometrica dinamica super pesante (DPSH) consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica battendo sulle aste con un maglio a caduta libera e contando il numero di colpi necessari all'avanzamento della punta, di successive quantità costanti. Anche per questa prova esistono numerose correlazioni empiriche che consentono dal numero di colpi di risalire ad alcuni parametri geomeccanici dei terreni investigati.

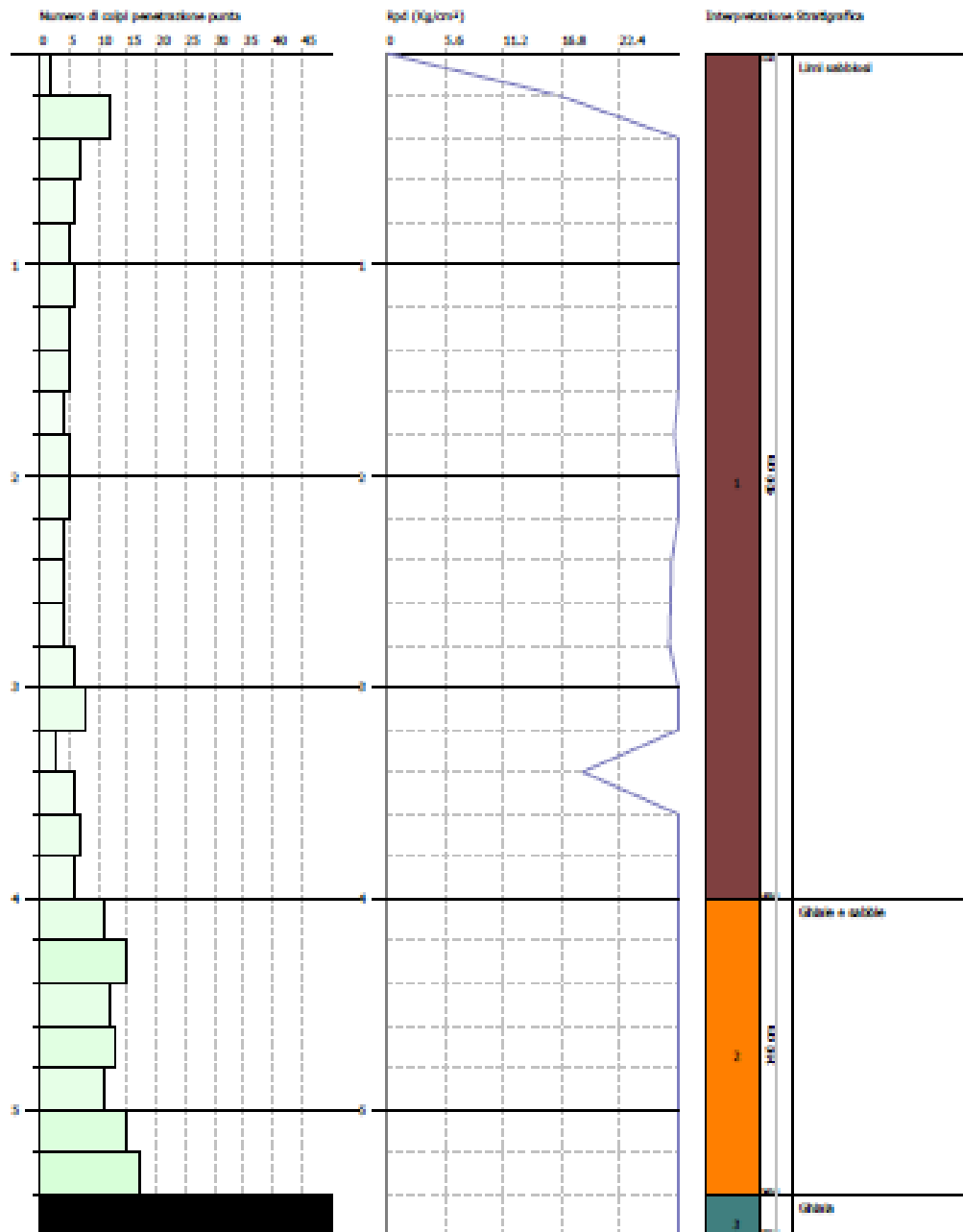
La prova penetrometrica statica con punta meccanica di tipo Begeman (CPT) permette di individuare la successione stratigrafica di un terreno identificando la natura degli strati attraversati e fornendo una stima dei parametri geotecnici per una vasta gamma di terreni che vanno dalle argille tenere alle sabbie dense.

Presso l'area di studio, in corrispondenza dei manufatti principali, sono state eseguite n. 10 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH. Di seguito si riporta una sintesi i risultati:

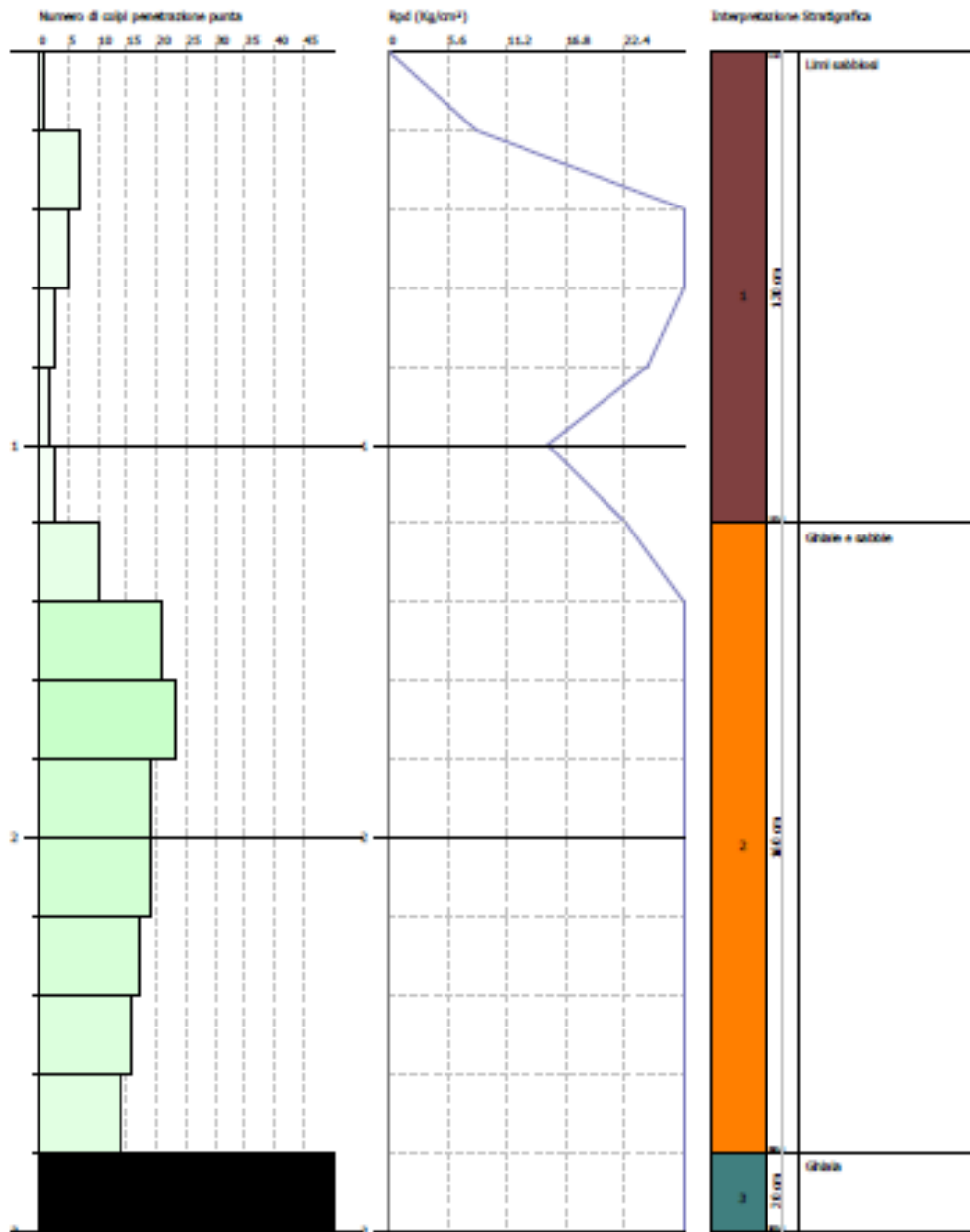
DPSH 1 "TURANO MONTE"



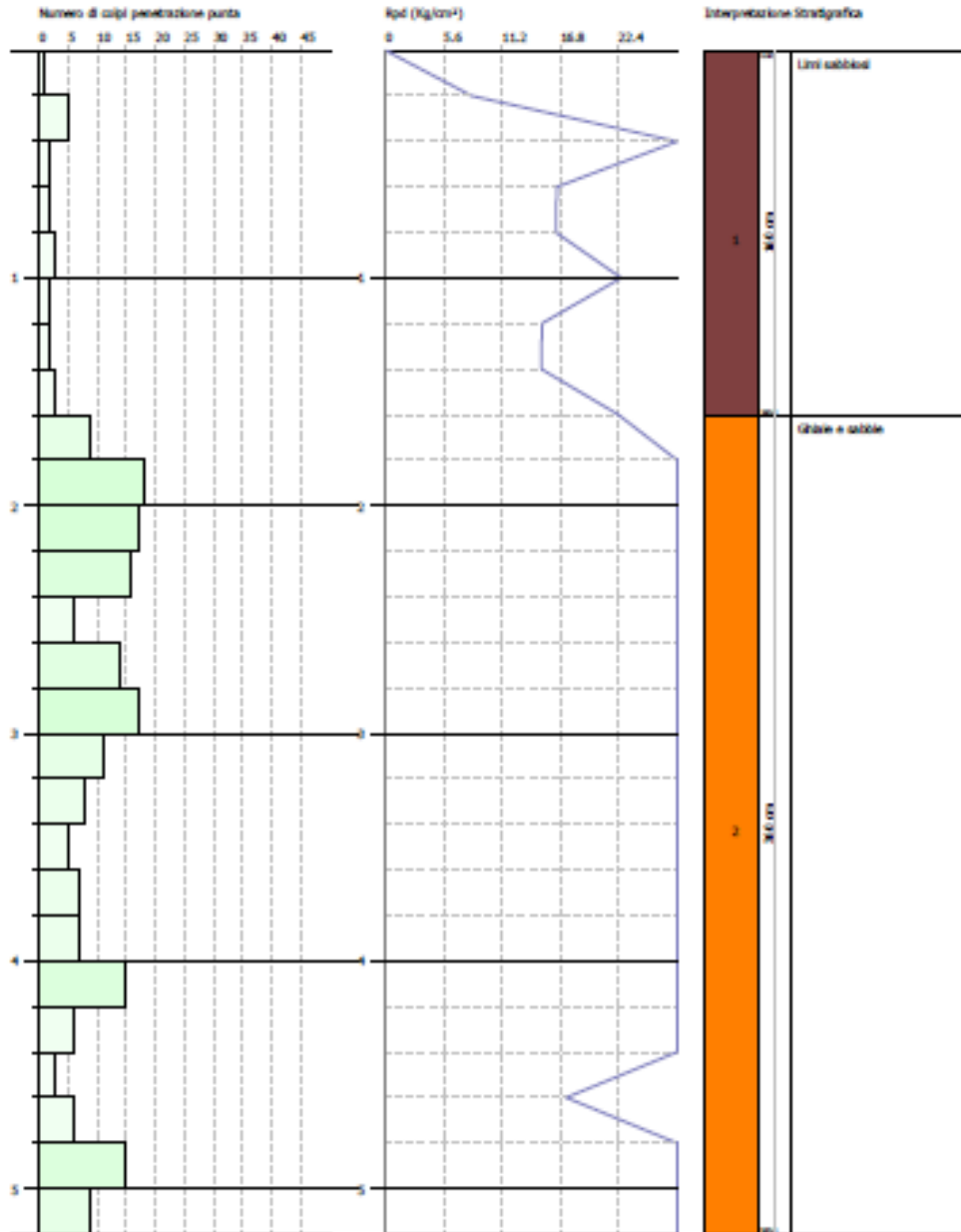
DPSH 2 "TURANO MONTE"



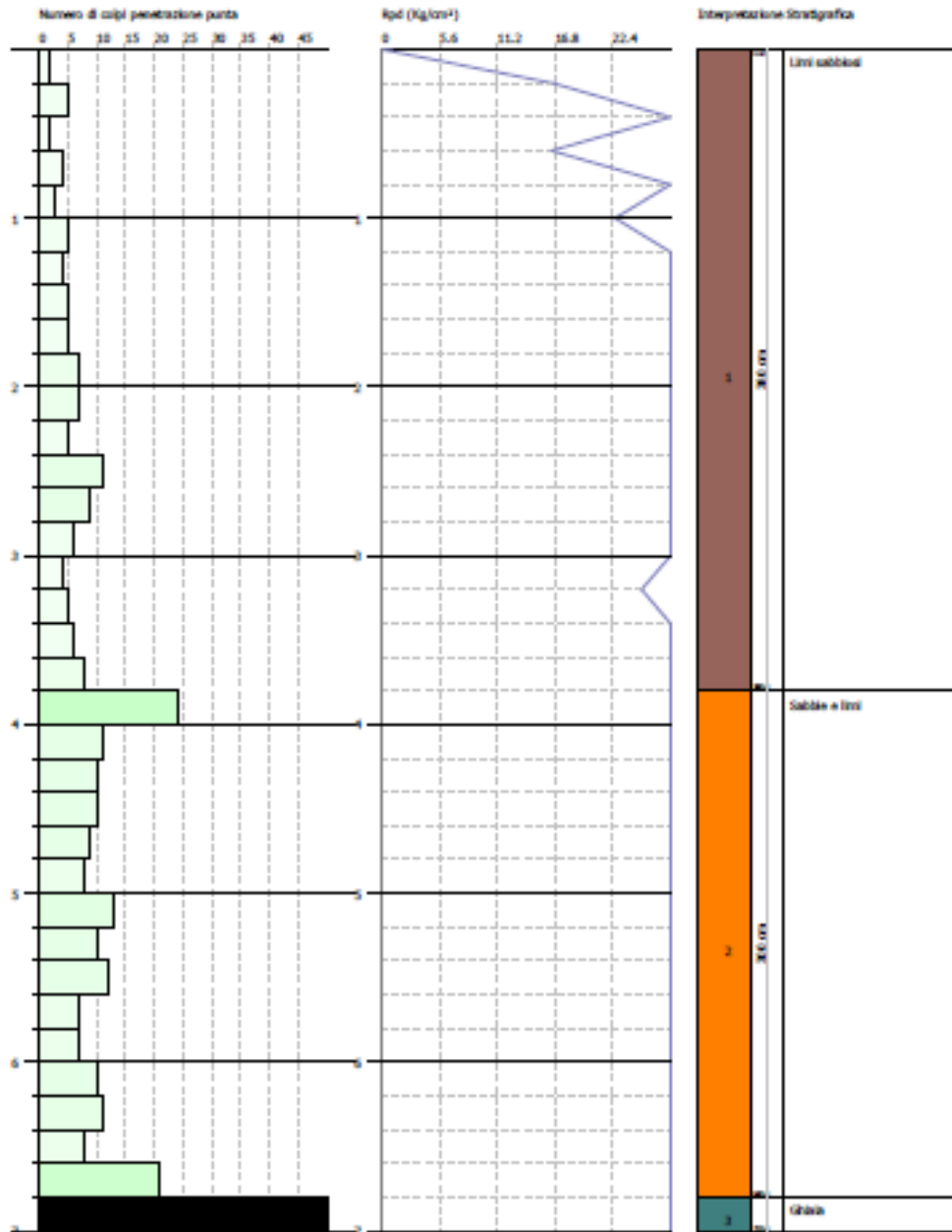
DPSH 3 "TURANO VALLE"



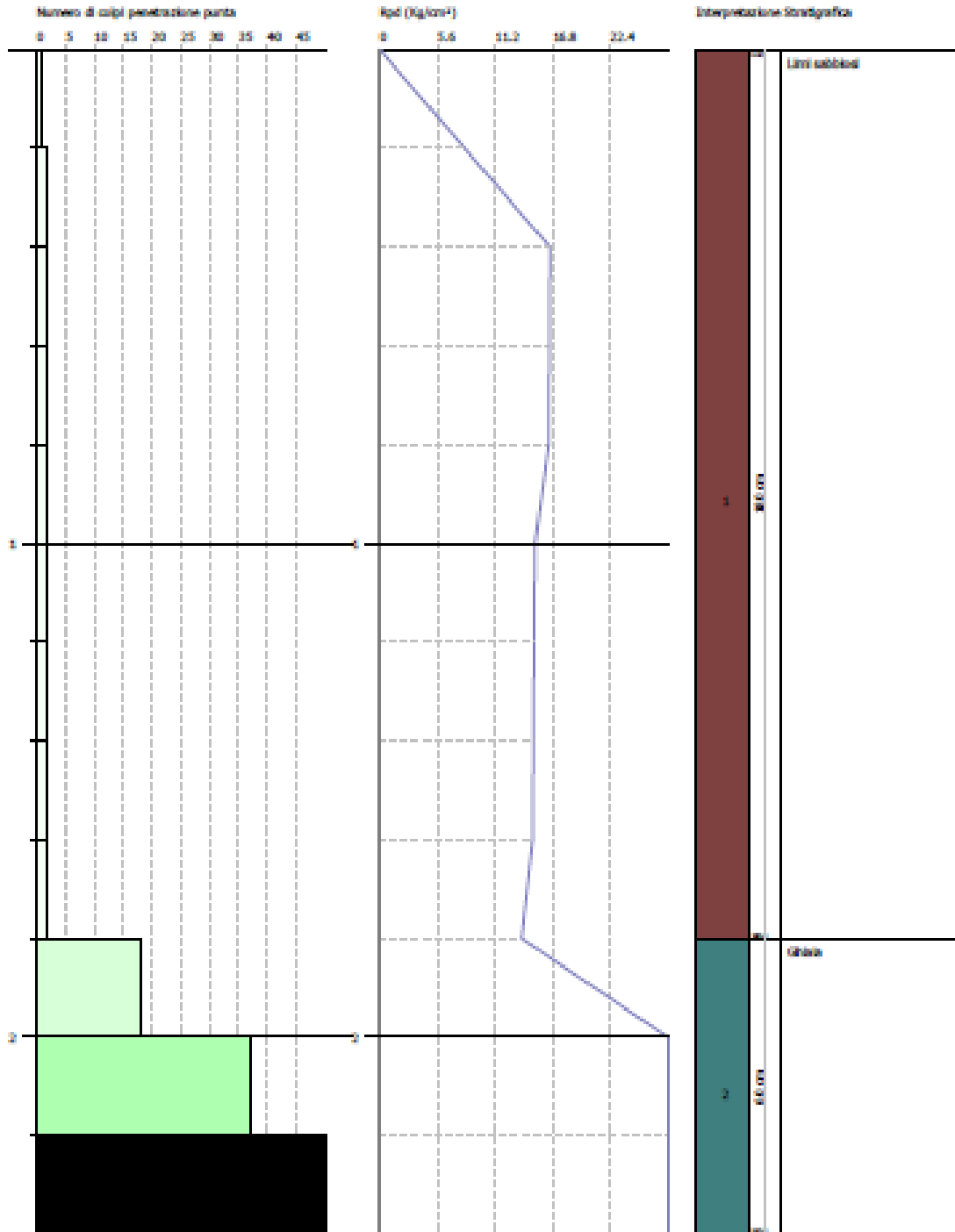
DPSH 4 "TURANO VALLE"



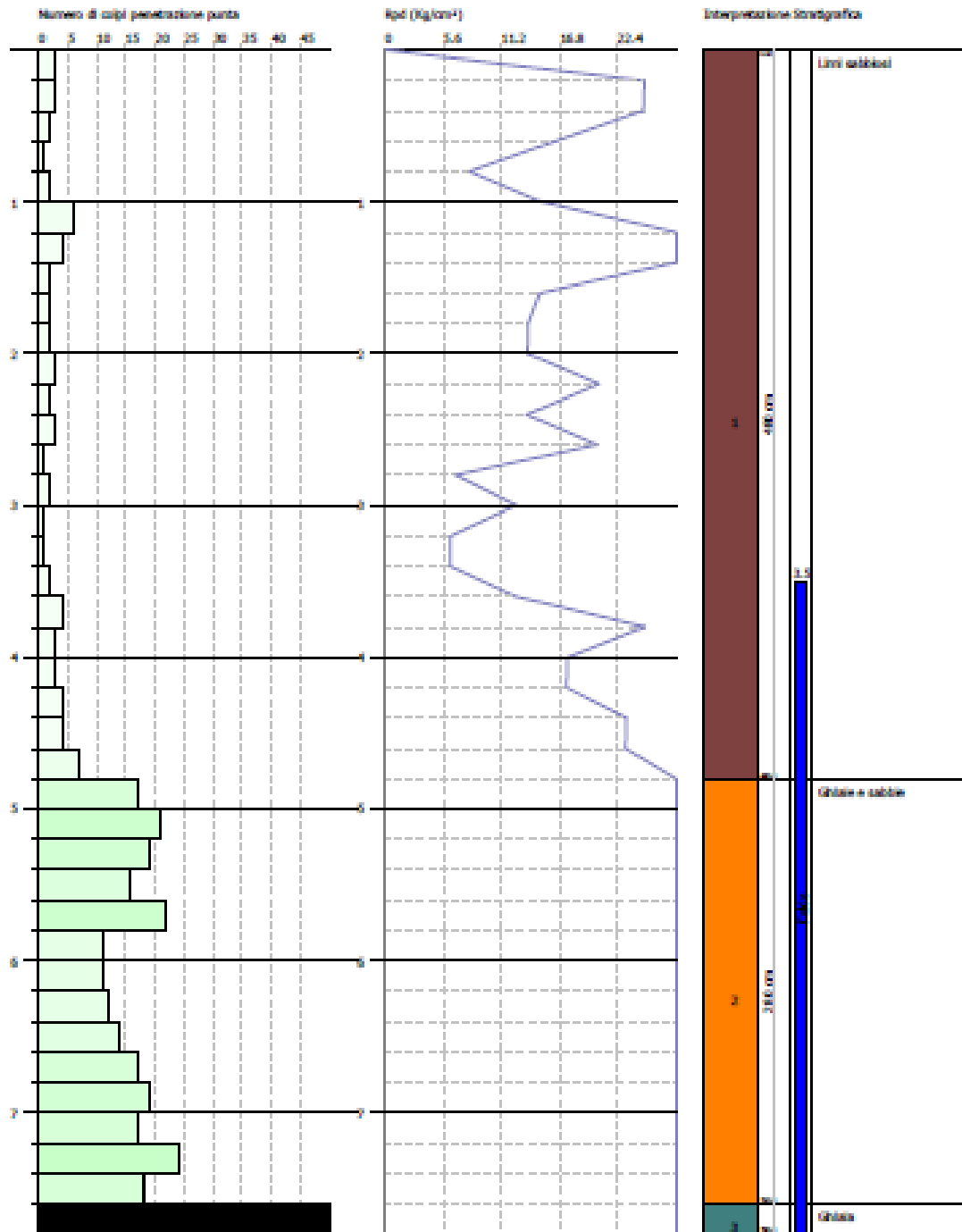
DPSH 5 "SALTO VALLE"



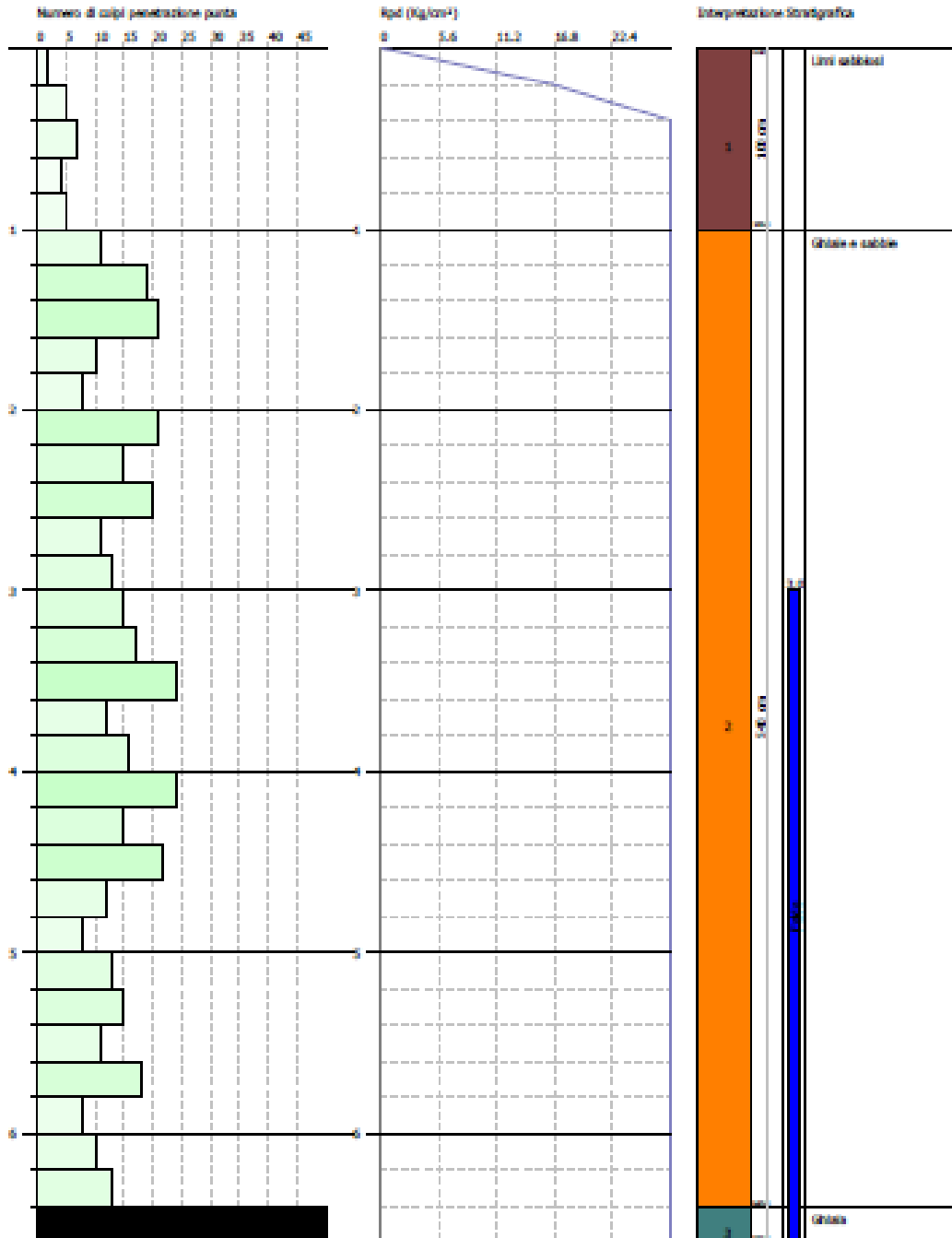
DPSH 6 "SALTO VALLE"



DPSH 7 "MANUFATTO M3"



DPSH 8 "MANUFATTO M4"



Inoltre, nell'area di prevista ubicazione del nuovo Nodo S, nei pressi dell'abitato di Salisano, è stato eseguito uno studio volto alla determinazione dell'assetto litostratigrafico proprio dei depositi argillosi di facies lacustre. Nel dettaglio, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche (CPT) e n. 2 dinamiche super pesanti (DPSH), data l'impossibilità di accesso al sito di indagine con la strumentazione ed i mezzi necessari all'esecuzione di un sondaggio geognostico (Figura 150).

Durante l'esecuzione della prova CPT 1, sono stati incontrati terreni di natura argillosa fino ad una profondità di circa 10.80 m dal p.c., ovvero profondità in cui si è terminata la prova. Successivamente, è stata eseguita, nel medesimo foro, la prova DPSH 1, la quale a partire dai 10.00 m dal p.c. fino a 14.20 m dal p.c. ha permesso di identificare terreni con una maggiore componente ghiaiosa-sabbiosa molto addensato.

Analogamente, durante l'esecuzione della prova CPT 1, sono stati incontrati terreni di natura argillosa fino ad una profondità di circa 12.00 m dal p.c., ovvero profondità in cui si è terminata la prova. Successivamente, è stata eseguita, nel medesimo foro, la prova DPSH 1, la quale a partire dai 12.00 m dal p.c. fino a 16.00 m dal p.c. ha permesso di identificare terreni con una maggiore componente ghiaiosa-sabbiosa molto addensato.

Tali prove penetrometriche statiche e dinamiche hanno registrato valori associati al "rifiuto strumentale" a profondità più superficiali rispetto a quelle relative al substrato calcareo. Per determinare tale contatto con il bedrock, sono state eseguite n.2 misure di frequenza fondamentale HVSR nelle vicinanze, illustrate nel successivo paragrafo 9.7 (HVSR1 16(2) e HVSR2 16(2)).



Figura 150 – Esecuzione della prova penetrometrica CPT.

9.6 Prospezioni sismiche con metodologia MASW

Nelle aree limitrofe a ciascun sondaggio, in particolare S0, S1(2), S3, S4(2), S6(2), S8(4), S9(2), S14(2), S15(2) e S16(2), sono state eseguite n. 2 prospezioni sismiche MASW, per un totale di n. 20 prospezioni sismiche MASW. Tale metodologia è utilizzata per la caratterizzazione delle unità sub-superficiali presenti nel sottosuolo mediante la generazione di profili unidimensionali e tomografie bidimensionali del campo di velocità delle onde S (V_s), con una approssimazione sul valore di V_s di circa il 10%.

Questa metodologia utilizza le onde superficiali di Rayleigh normalmente chiamate ground-roll. La modalità di propagazione delle onde di superficie viene analizzata attraverso tecniche di elaborazione particolari che permettono di associare un profilo

verticale delle Vs alle onde di superficie registrate. La notevole energia delle onde di superficie (tipo Rayleigh) permette di lavorare e di effettuare prospezioni anche in aree dove normalmente non è possibile con le classiche indagini sismiche a riflessione o a rifrazione data la bassa energia delle onde riflesse o rifratte che facilmente possono essere disturbate da onde di altro tipo legate alla normale noise ambientale.

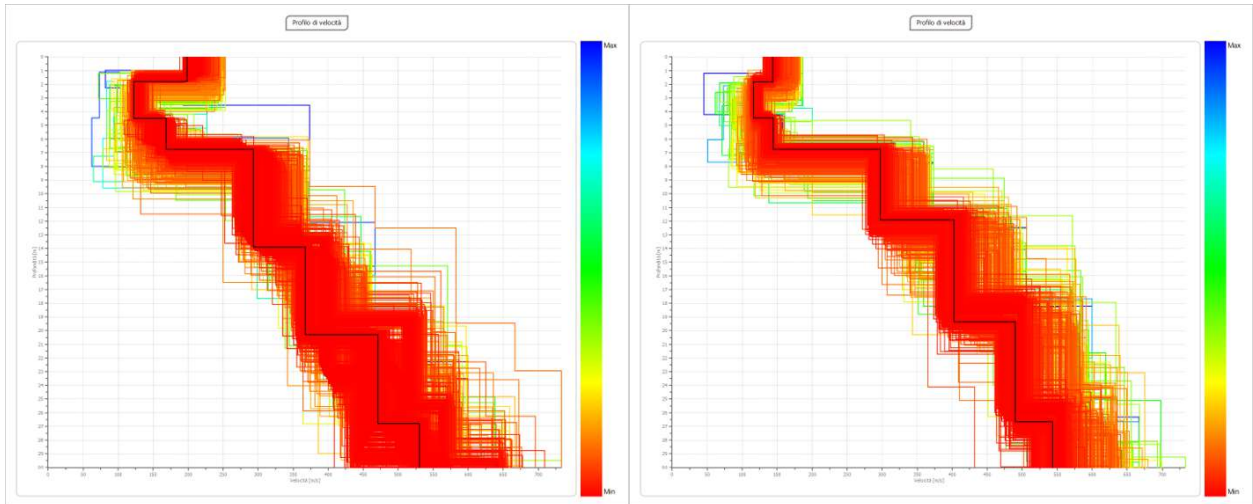
In sintesi, l'intero processo di indagine comprende tre passi successivi:

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

Di seguito viene riportata una sintesi dei risultati ottenuti, quest'ultimi dettagliati riportati in calce.

Per le prospezioni eseguite, la curva che meglio approssima i dati sperimentali deriva da un profilo verticale delle onde S costituito da sismostrati nei quali le onde di taglio si propagano a velocità tali da collocarsi sia in una categoria di sottosuolo di tipo B (*"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."*) che di tipo C (*"Depositati 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."*), ad esclusione della prospezione eseguita in corrispondenza del sondaggio S14(2) che colloca il sottosuolo in categoria E (*"Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m."*).

MW 0



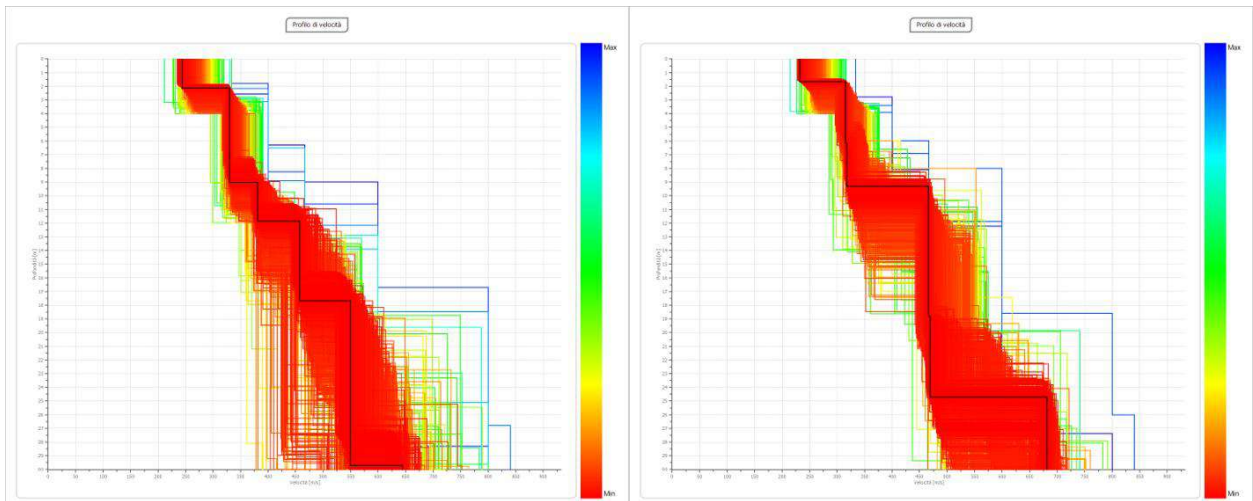
Diretta

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 282.3
Categoria del suolo C

Inversa

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 276.9
Categoria del suolo C

MW 1(2)



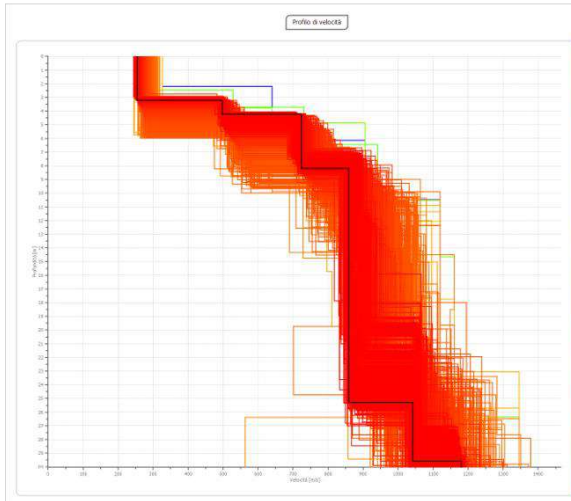
Diretta

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 415.8
Categoria del suolo B

Inversa

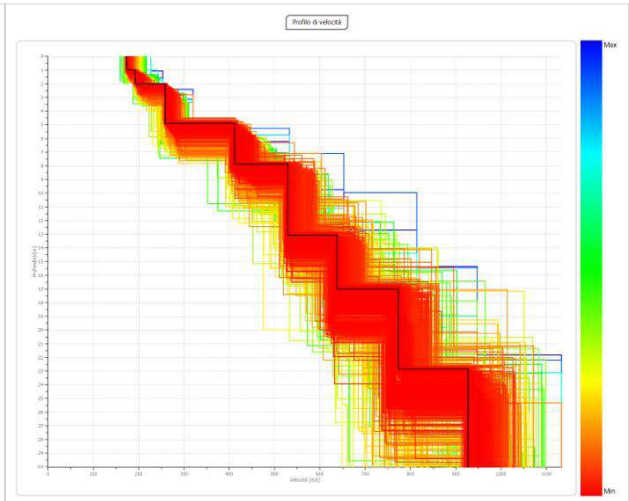
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 416.1
Categoria del suolo B

MW 3



Diretta

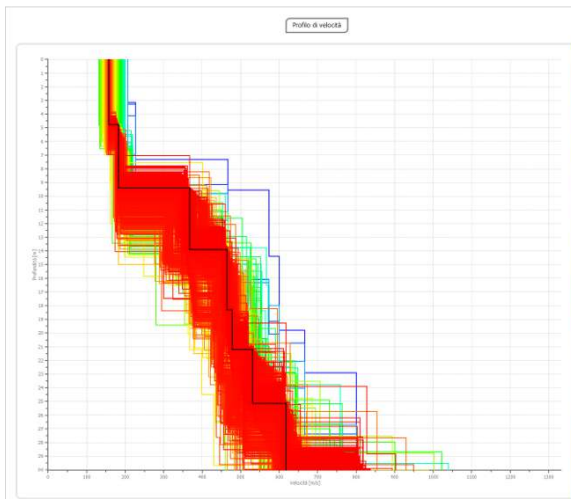
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 406.4
Categoria del suolo B



Inversa

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 494.27
Categoria del suolo B

MW 4(2)



Diretta

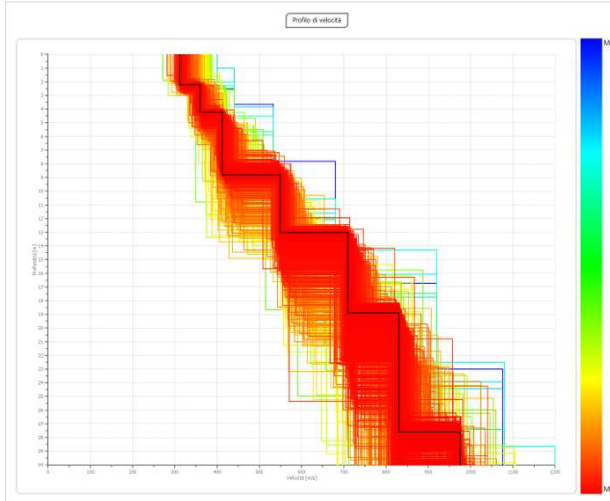
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 303.75
Categoria del suolo C



Inversa

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 245.8
Categoria del suolo C

MW 6(2)



Diretta

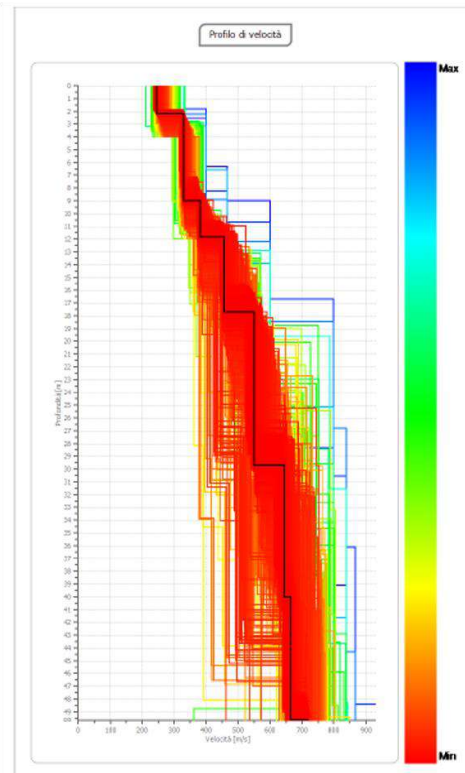
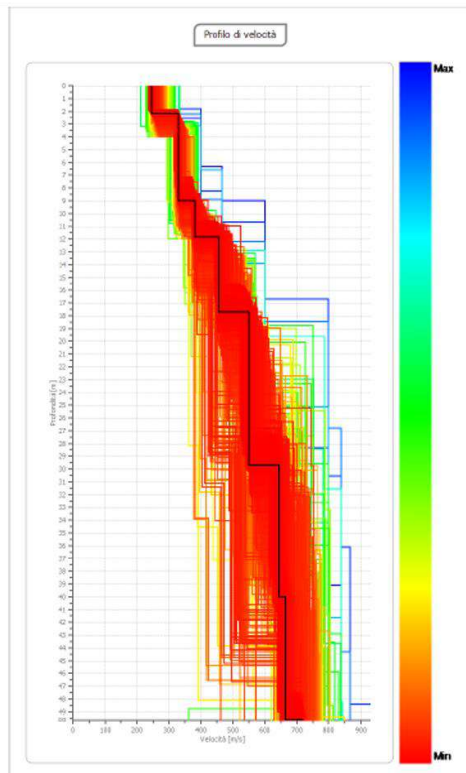
$V_{s,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m): 568.9
Categoria del suolo B



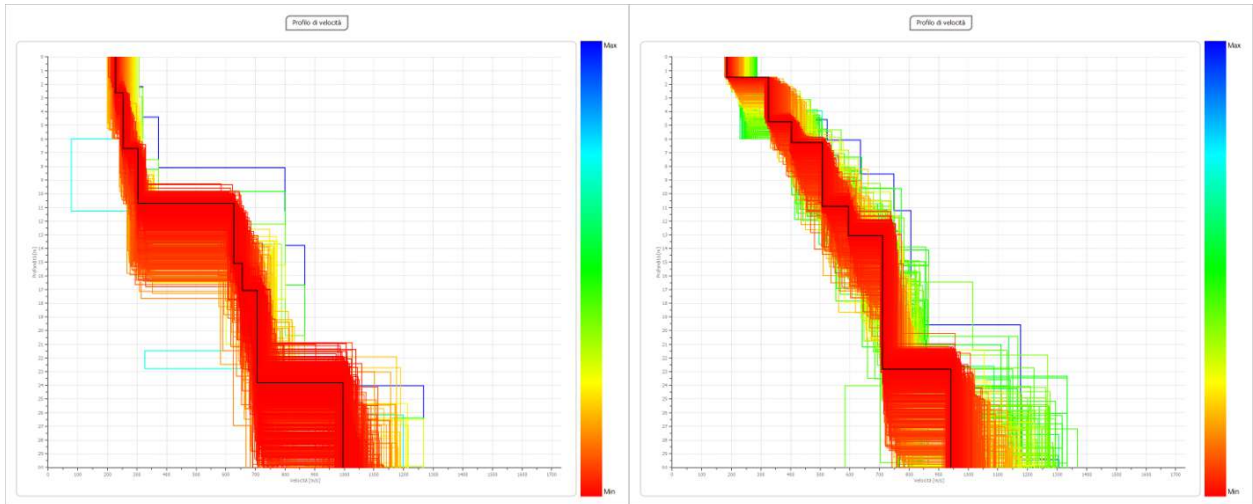
Inversa

$V_{s,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m): 415.0
Categoria del suolo B

MW 8(4)



MW 9(2)



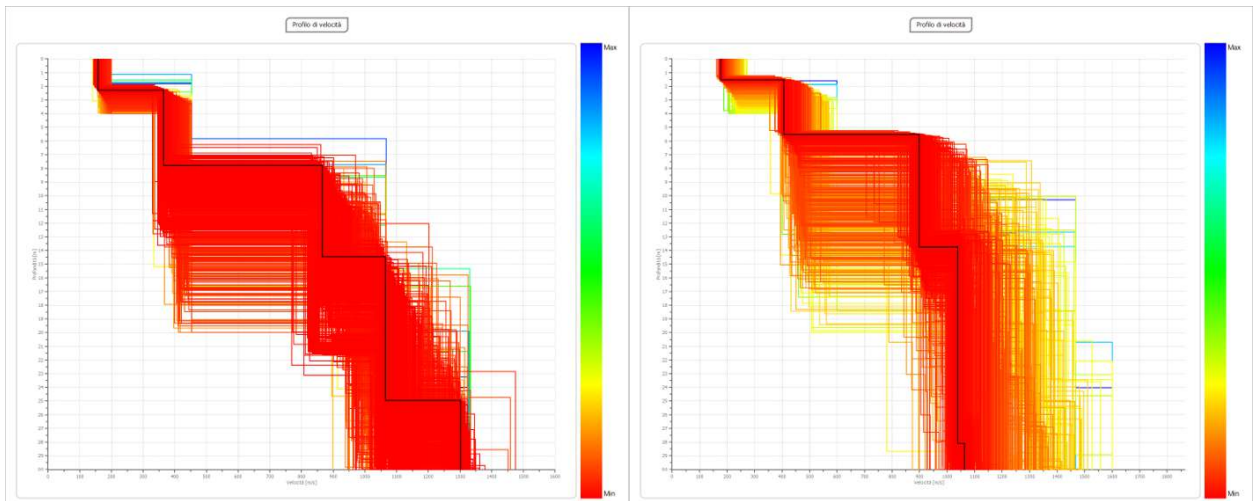
Diretta

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 394.6
Categoria del suolo B

Inversa

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 471.56
Categoria del suolo B

MW 14(2)



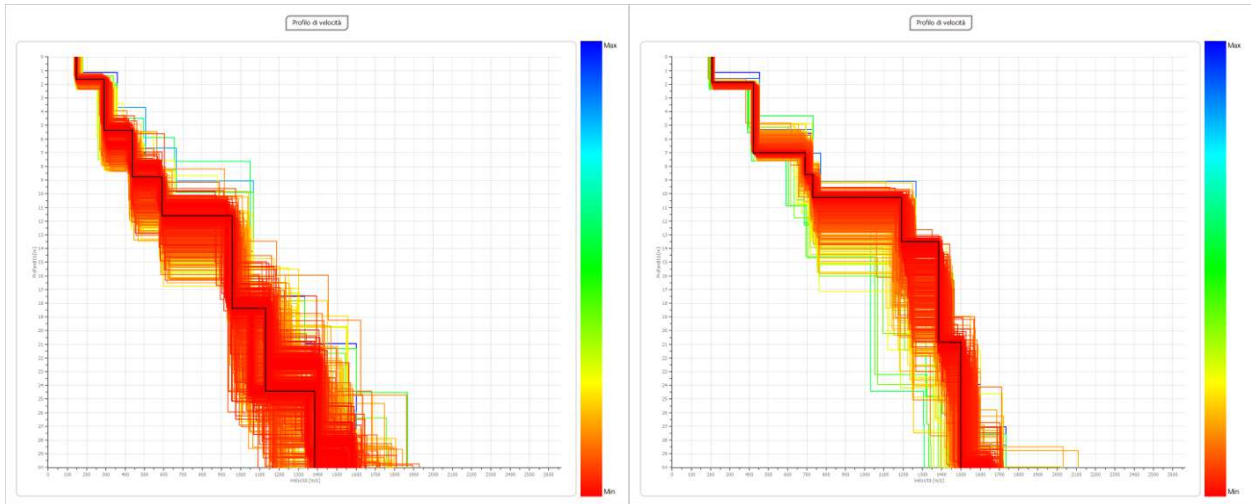
Diretta

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 263.0
Categoria del suolo E

Inversa

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 299.4
Categoria del suolo E

MW 15(2)



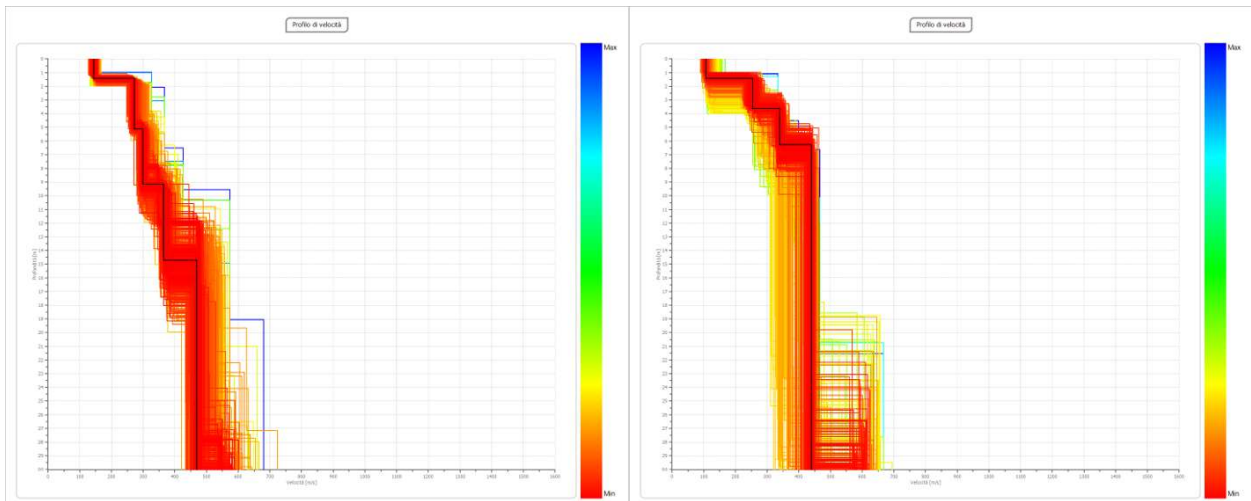
Diretta

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 563.9
Categoria del suolo B

Inversa

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 398.67
Categoria del suolo B

MW 16(2)



Diretta

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 352.9
Categoria del suolo C

Inversa

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 358.2
Categoria del suolo C

9.7 Misura frequenza fondamentale HVSR

Nell'area di indagine sono state eseguite n. 15 acquisizioni di misure di frequenza fondamentale HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

La sismica passiva si basa sulla misura dei microtremiti che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine) e artificiali (attività antropiche). Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale). Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio V_s della copertura dalla seguente relazione:

$$f_r = V_s / 4 \cdot h$$

V_s = velocità delle onde S della copertura

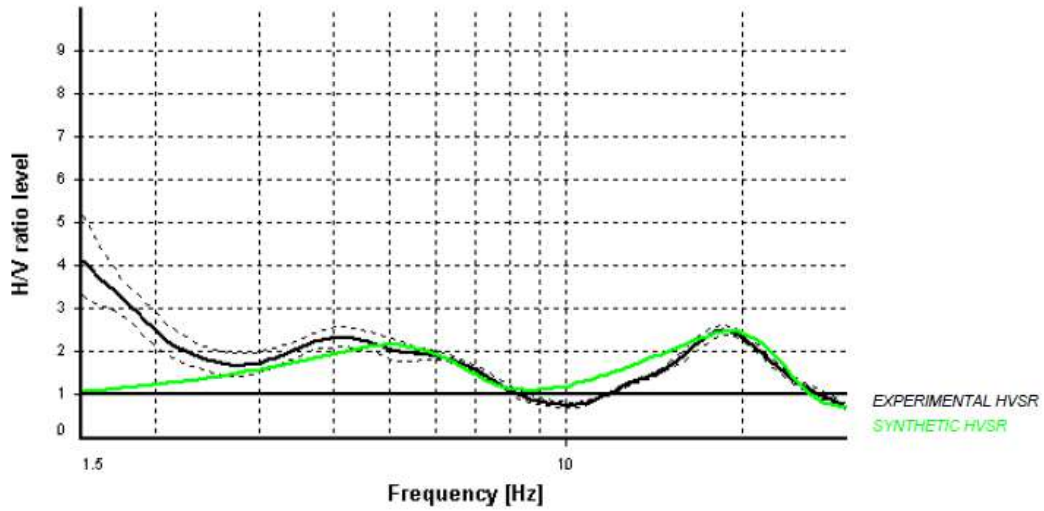
h = spessore copertura

Attraverso la generazione di un modello HVSR sintetico eseguita partendo dai dati stratigrafici relativi ai sondaggi geognostici e sismostratigrafici relativi alle prospezioni MASW, è stato ricostruito il profilo di velocità delle onde di taglio (S) esteso fino al bedrock sismico.

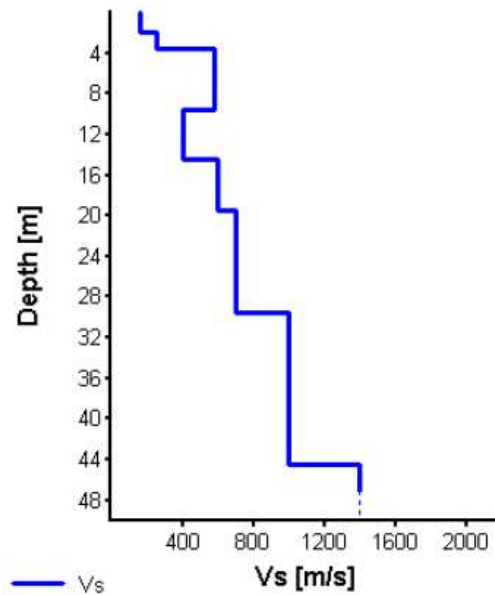
Di seguito viene riportata una sintesi dei risultati ottenuti, che sono meglio dettagliati nel report relativo alle indagini geofisiche in allegato.

HVSR 0

Synthetic HVSR modelling



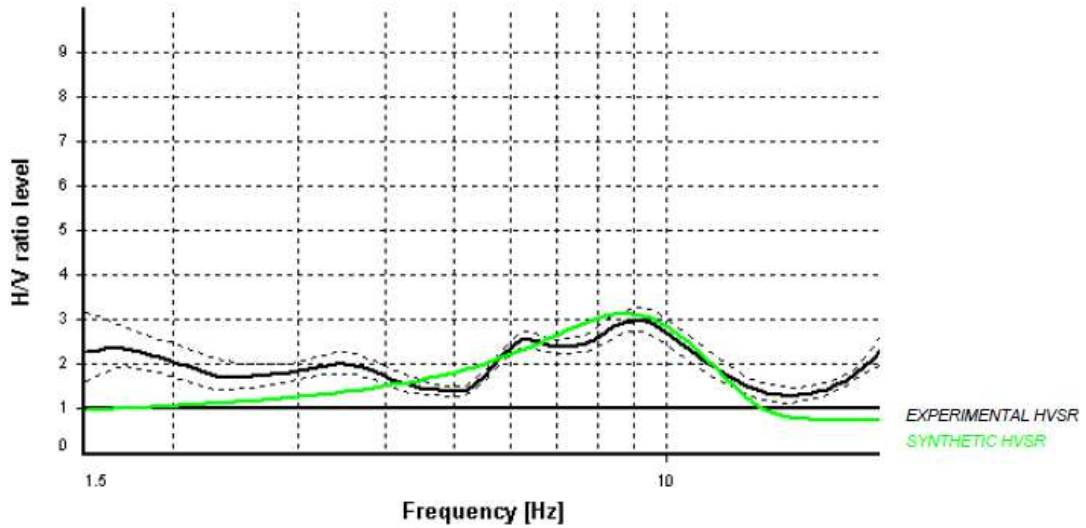
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
1.9	1.9	261	160	1600
1.6	3.5	442	255	2000
6	9.5	1085	580	2000
5	14.5	748	400	2000
5	19.5	980	600	2200
10	29.5	1143	700	2200
15	44.5	1633	1000	2300
-	> 44.5	2286	1400	2400



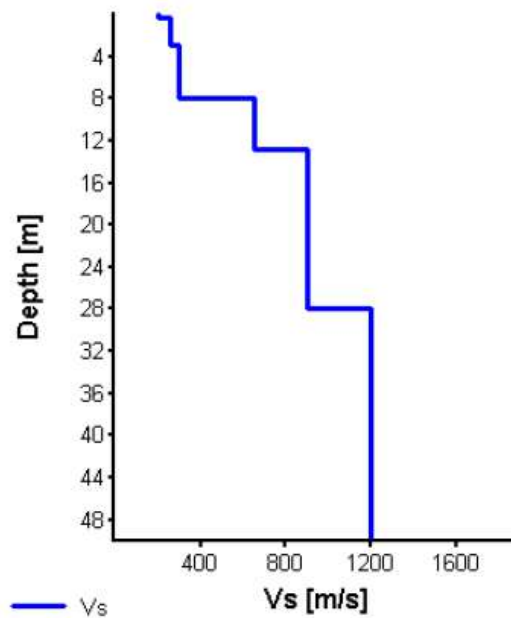
Vs 30 = 468 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 1(2)

Synthetic HVSR modelling



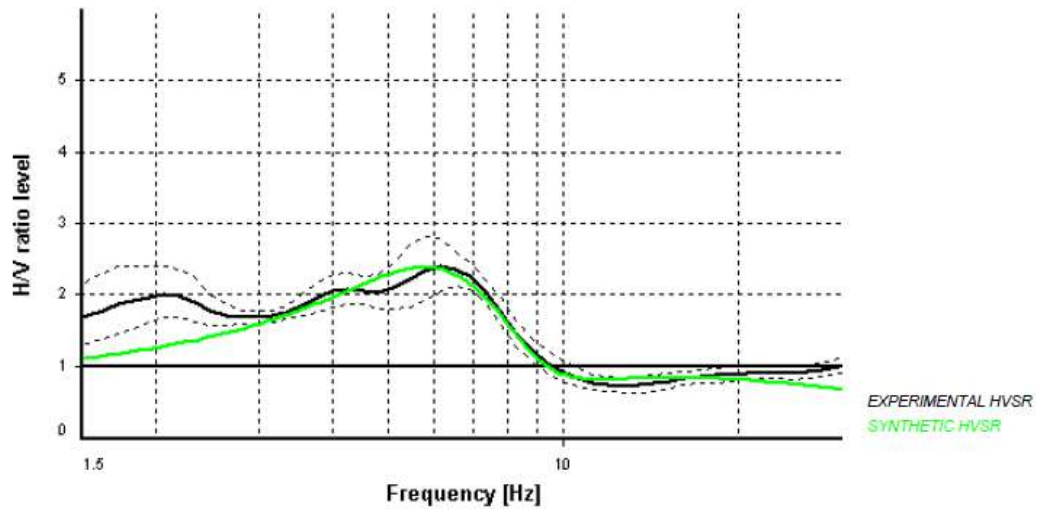
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
0.4	0.4	374	200	1800
2.5	2.9	486	260	2000
5	7.9	490	300	2000
5	12.9	1061	650	2200
15	27.9	1470	900	2200
30	57.9	1960	1200	2300
-	> 57.9	2123	1300	2400



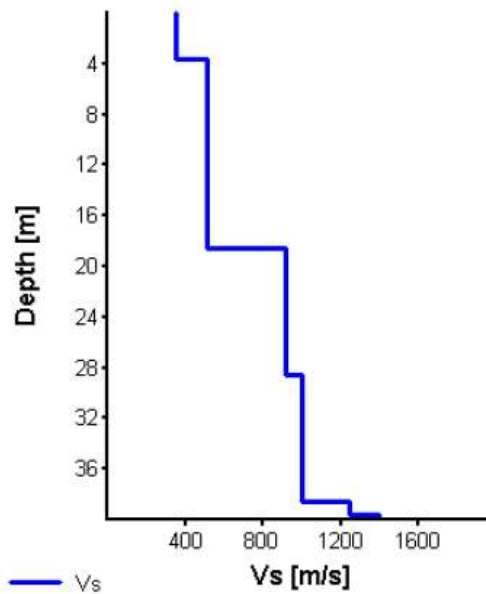
Vs 30 = 552 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 3

Synthetic HVSR modelling



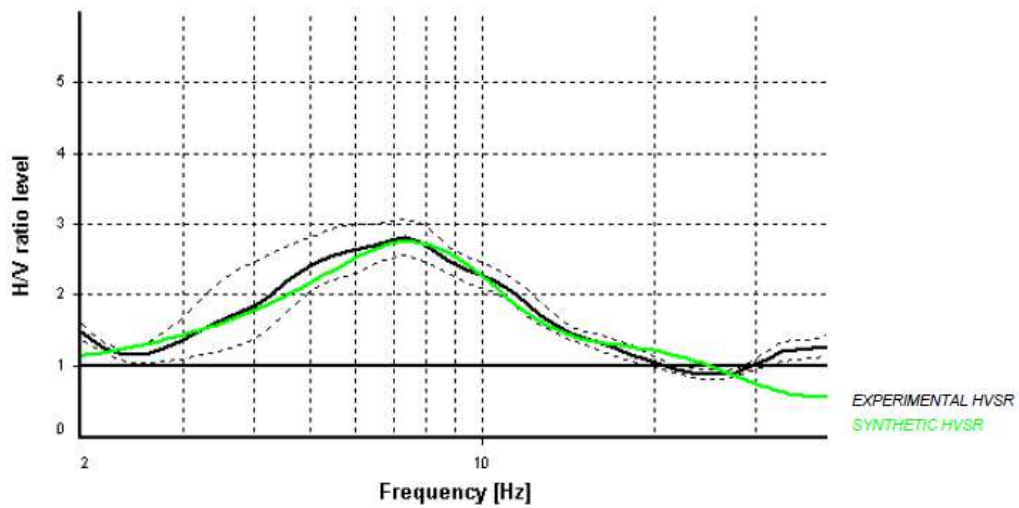
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3.6	3.6	655	350	2000
15	18.6	945	505	2200
10	28.6	1494	915	2300
10	38.6	1633	1000	2300
1	39.6	2041	1250	2400
50	89.6	2286	1400	2400
-	> 89.6	2776	1700	2400



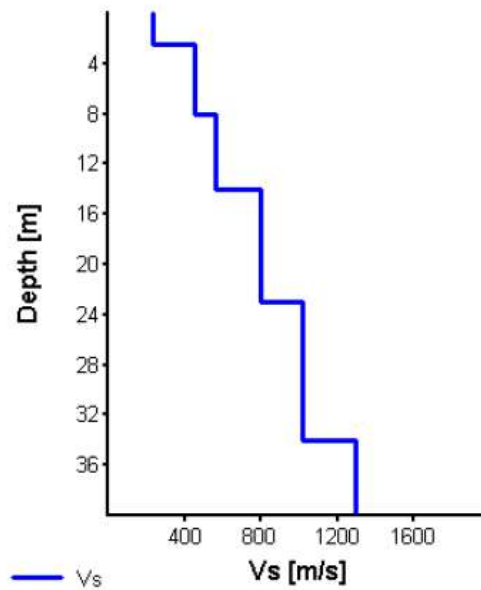
Vs 30 = 573 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 4(2)

Synthetic HVSR modelling



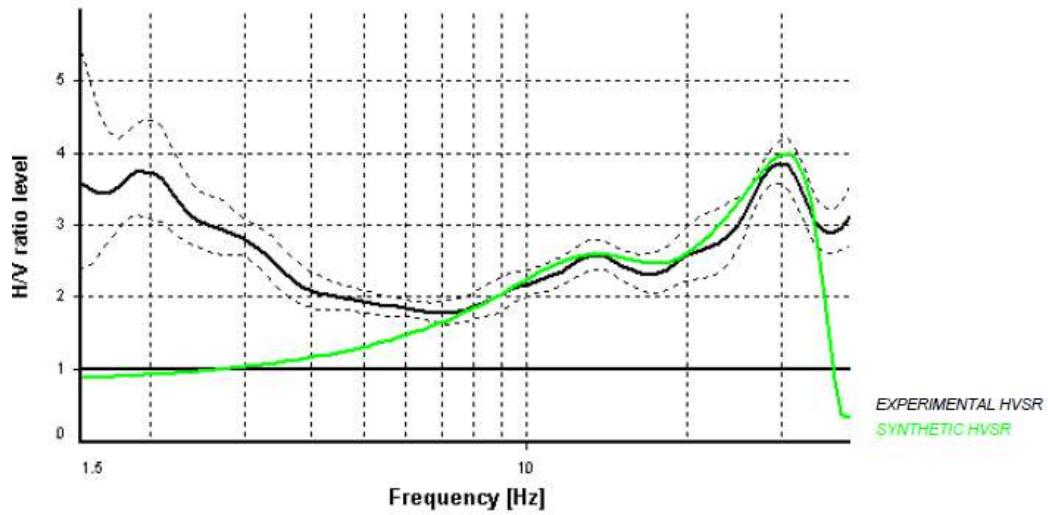
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2.5	2.5	430	230	1700
5.5	8	833	445	1900
6	14	1048	560	2000
9	23	1306	800	2100
11	34	1666	1020	2200
20	54	2123	1300	2200
250	304	2613	1600	2300
-	> 304	2776	1700	2400



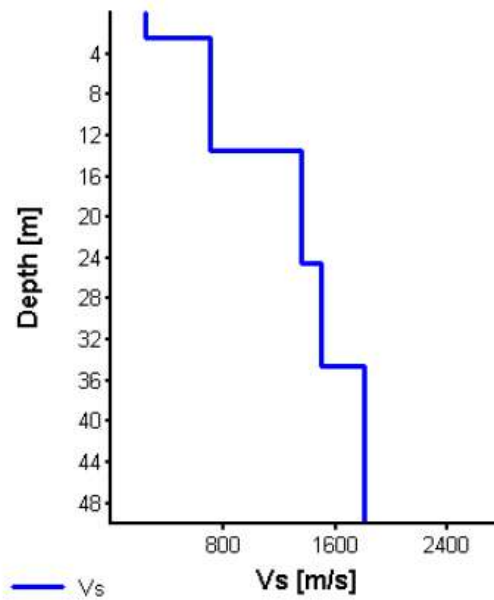
Vs 30 = 576 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 6(2)

Synthetic HVSR modelling



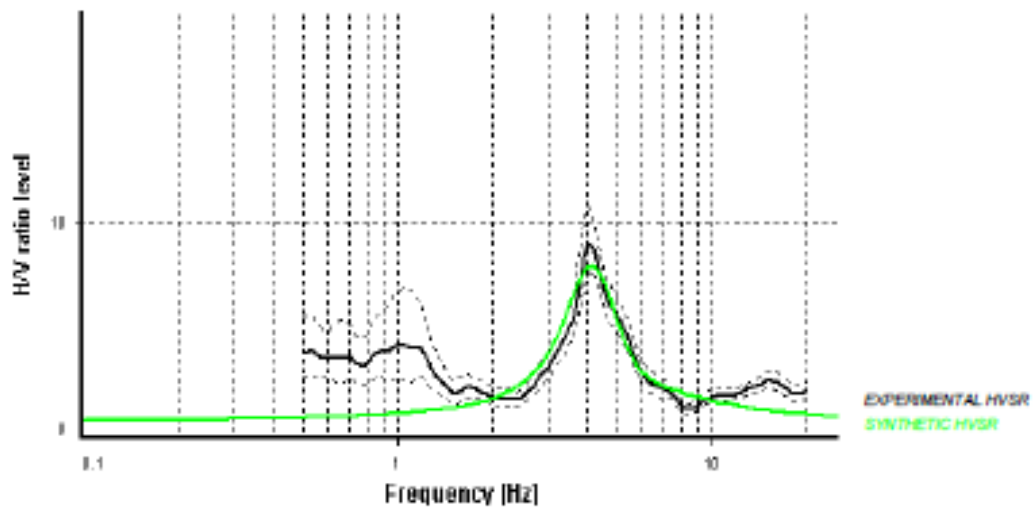
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2.5	2.5	467	235	1800
11	13.5	1143	700	2100
11	24.5	2205	1350	2300
10	34.5	2449	1500	2400
200	234.5	2939	1800	2400
-	> 234.5	3103	1900	2400



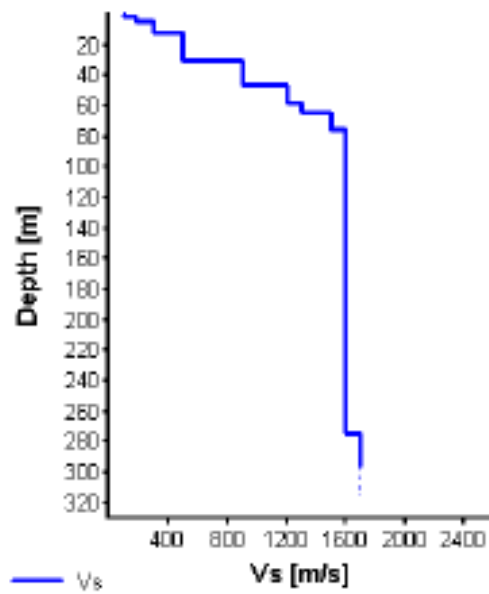
Vs 30 = 786 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 8(4)

Synthetic HVSR modelling



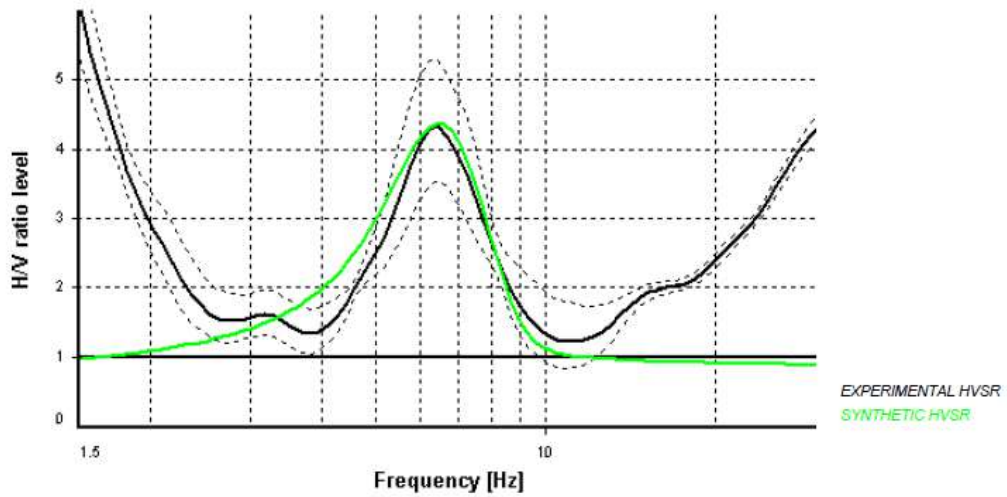
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
0.8	0.8	150	100	1600
0.5	1.3	206	110	1600
3.2	4.5	337	180	1800
7.5	12	581	300	2000
17.5	29.5	868	500	2000
17	46.5	1470	900	2200
11	57.5	1960	1200	2200
7	64.5	2123	1300	2300
10	74.5	2449	1500	2300
200	274.5	2613	1600	2400
-	> 274.5	2776	1700	2400



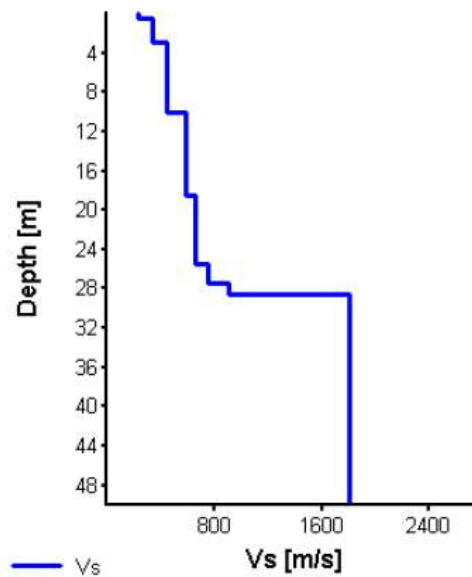
Vs 30 = 330 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 9(2)

Synthetic HVSR modelling



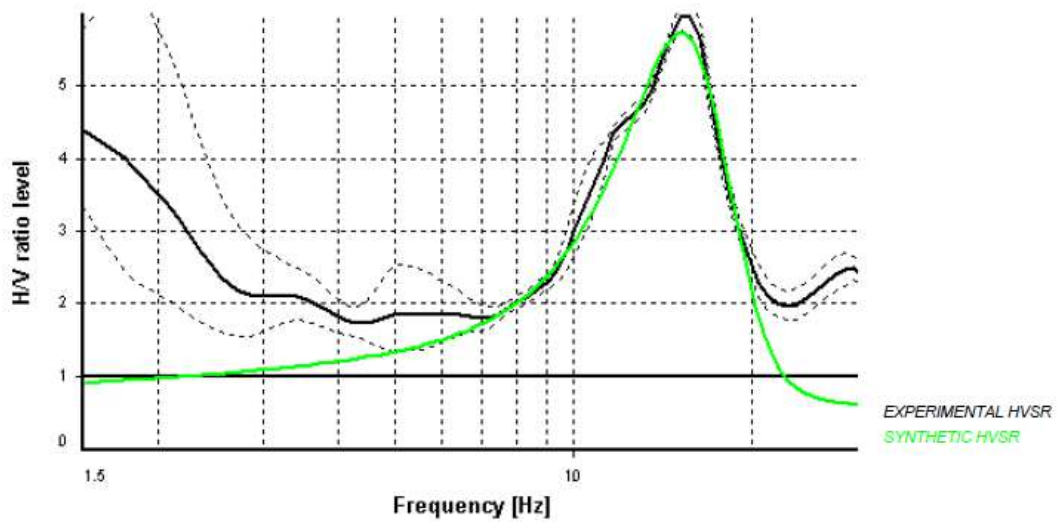
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
.5	0.5	412	220	1800
2.5	3	617	330	2000
7	10	762	440	2000
8.5	18.5	1005	580	2200
7	25.5	1061	650	2300
2	27.5	1225	750	2300
1	28.5	1470	900	2400
50	78.5	2939	1800	2400
-	> 78.5	3103	1900	2400



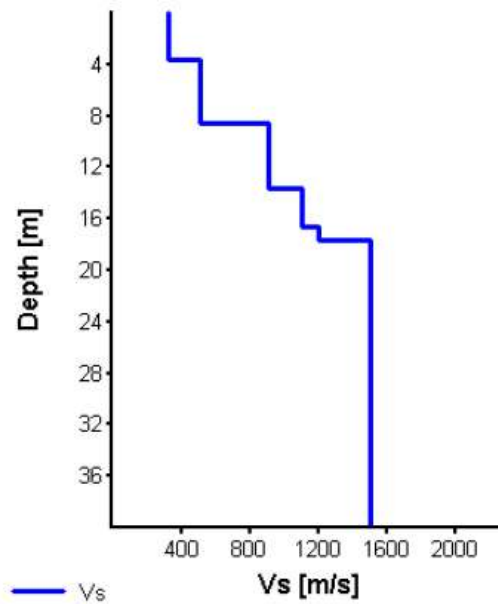
Vs 30 = 538 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 14(2)

Synthetic HVSR modelling



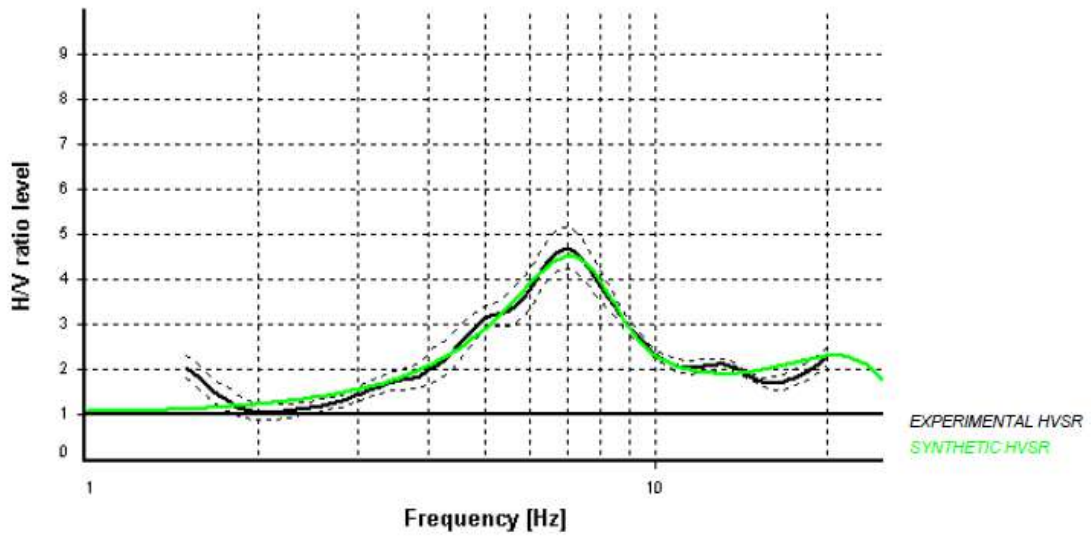
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3.6	3.6	610	320	2000
5	8.6	954	510	2200
5	13.6	1486	910	2300
3	16.6	1796	1100	2300
1	17.6	1960	1200	2400
50	67.6	2449	1500	2400
-	> 67.6	2939	1800	2400



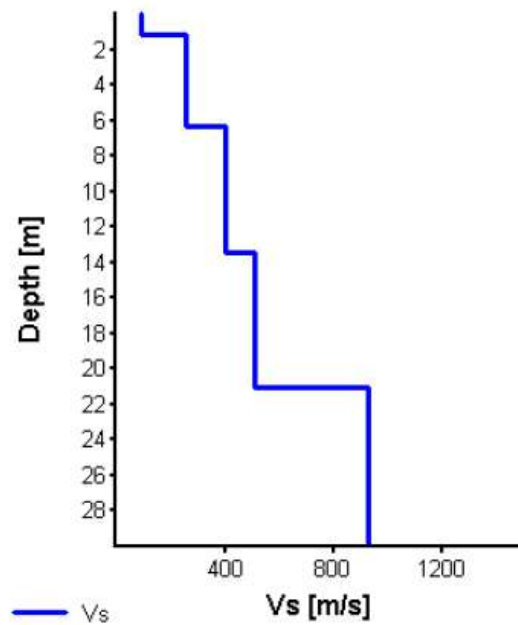
Vs 30 = 782 m/s (Offset = 0 m)

HVSR1 16(2)

Synthetic HVSR modelling



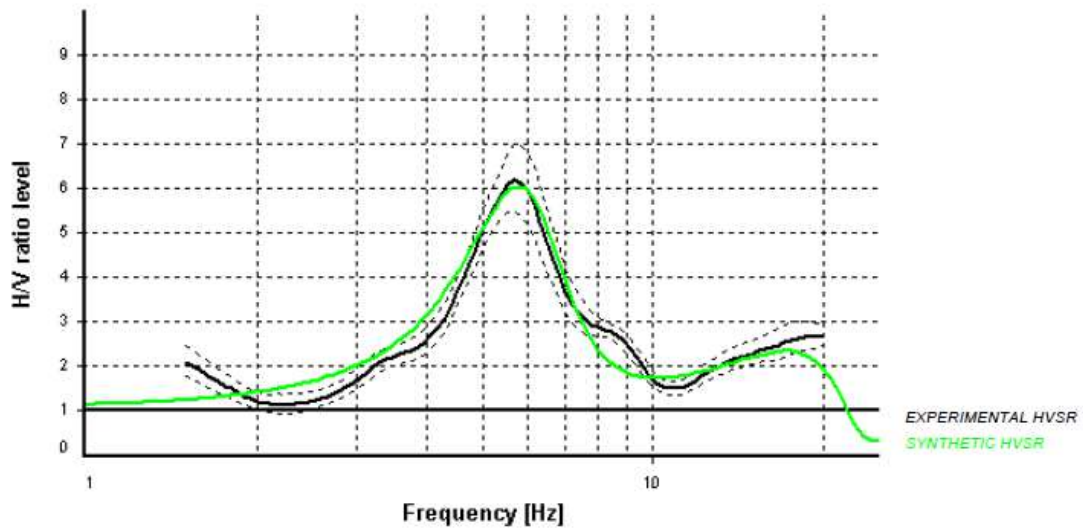
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
1.2	1.2	168	90	1600
5.1	6.3	477	255	1600
7.1	13.4	748	400	2000
7.6	21	883	510	2100
50	71	1593	925	2300
100	171	1796	1100	2300
100	271	1960	1200	2400
100	371	2123	1300	2400
-	> 371	2449	1500	2400



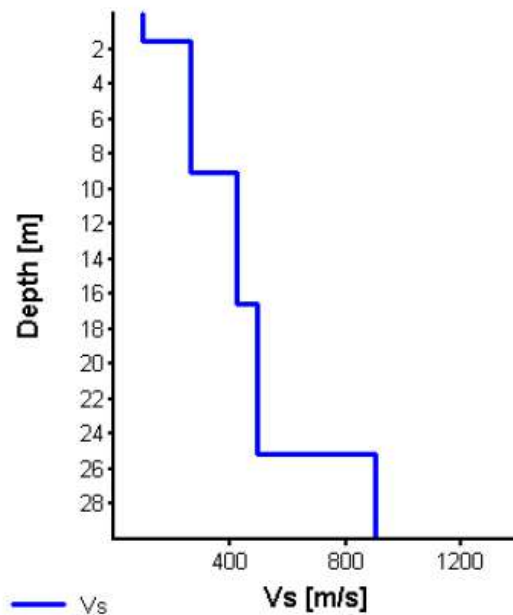
Vs 30 = 396 m/s (Offset = 0 m)

HVSR2 16(2)

Synthetic HVSR modelling

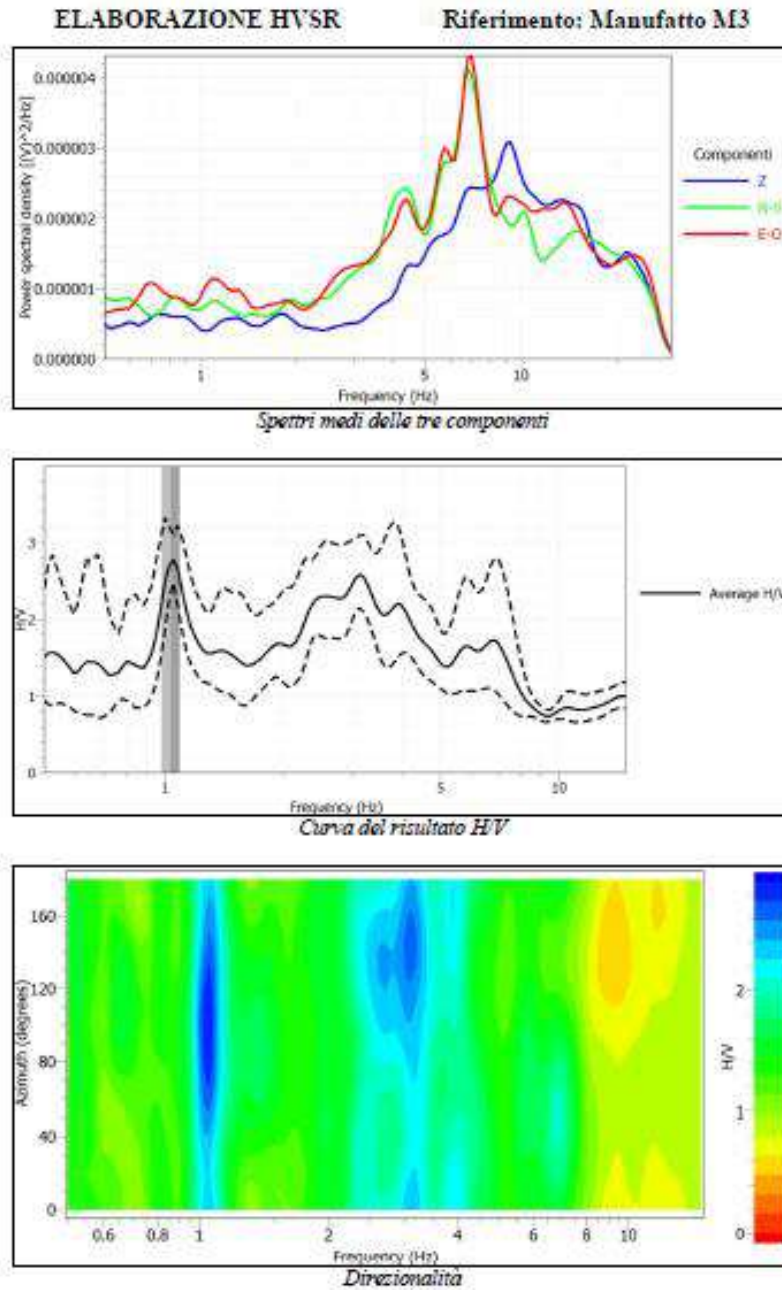


H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
1.6	1.6	198	95	1600
7.5	9.1	477	260	1600
7.5	16.6	786	420	2000
8.5	25.1	917	490	2100
50	75.1	1602	900	2300
100	175.1	1796	1100	2300
100	275.1	1960	1200	2400
100	375.1	2123	1300	2400
-	> 375.1	2449	1500	2400



Vs 30 = 347 m/s (Offset = 0 m)

HVSR MANUFATTO M3

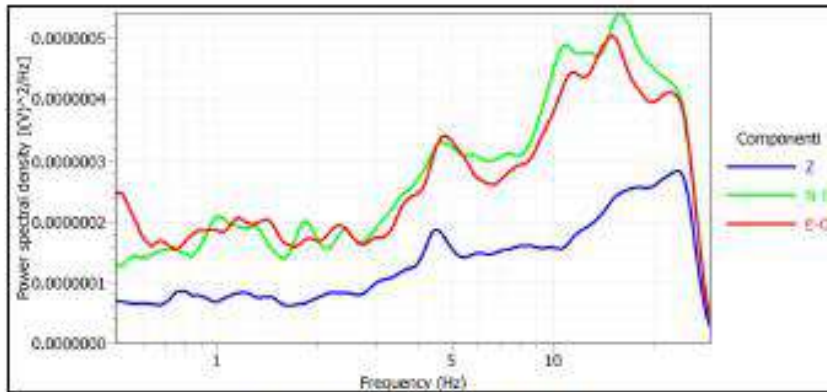


$f_0 = 1.05$ $A_0 = 2.72$

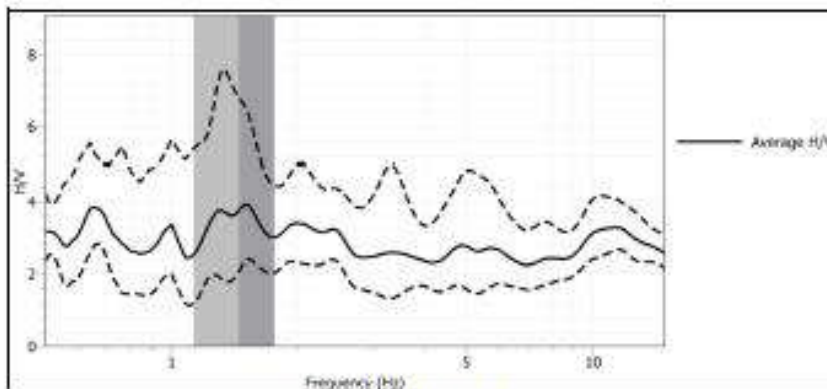
HVSR MANUFATTO M4

ELABORAZIONE HVSR

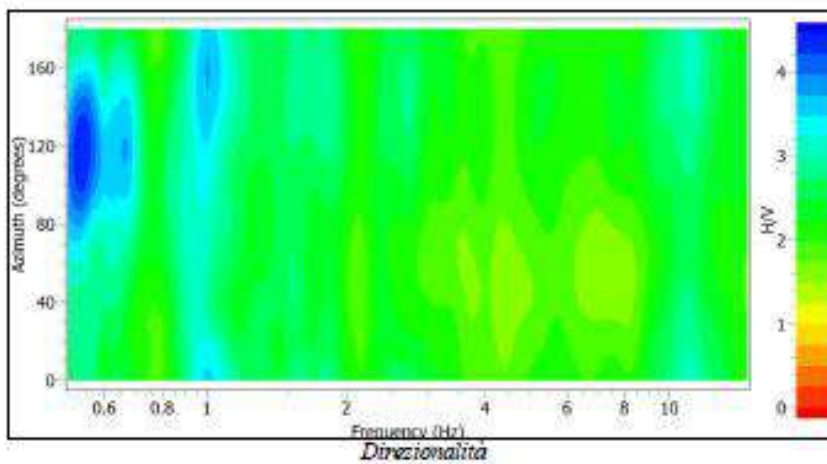
Riferimento: Manufatto M4



Spettri medi delle tre componenti



Curva del risultato HV

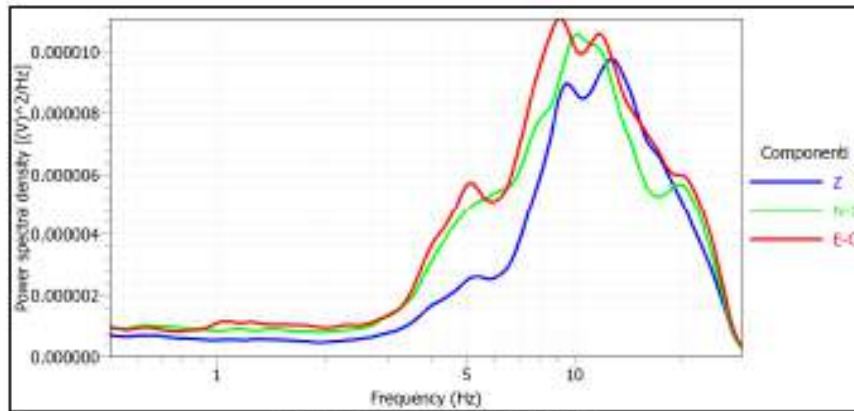


$f_0 = 1.48$ $A_0 = 3.73$

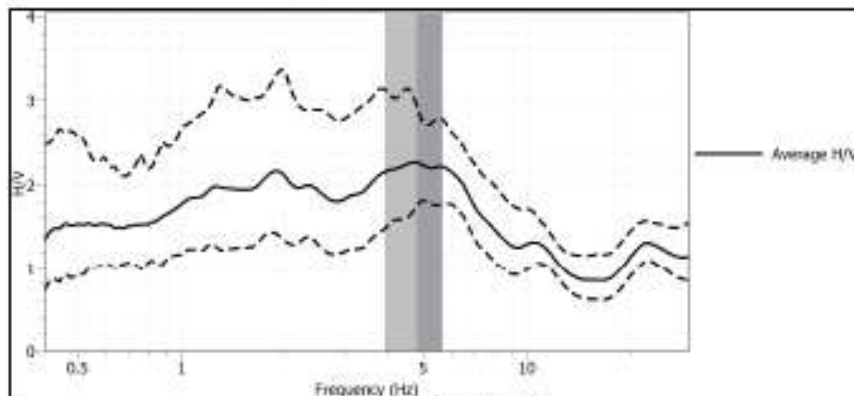
HVSR SALTO VALLE

ELABORAZIONE HVSR

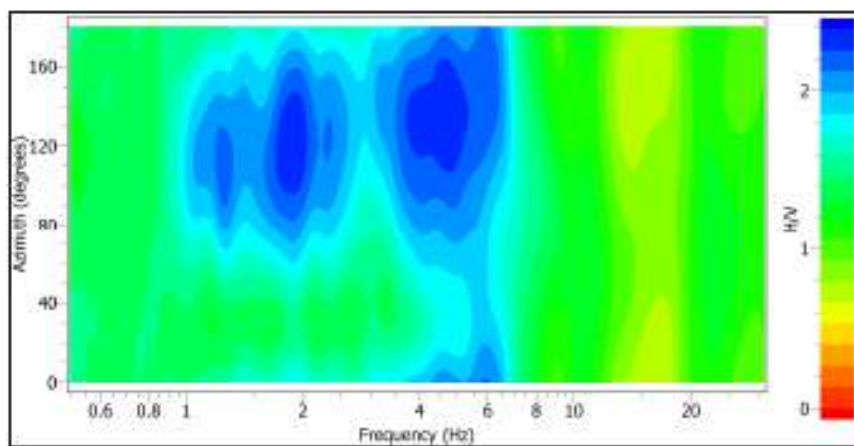
Riferimento: Salto valle



Spettri medi delle tre componenti



Curva del risultato HV



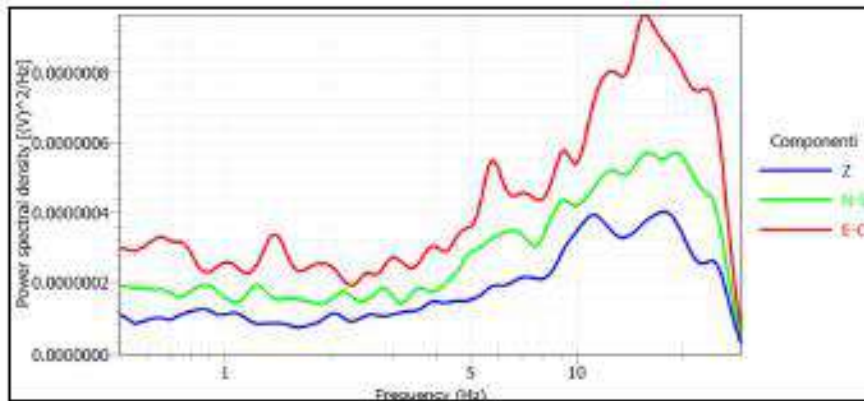
Direzionalità

$f_0 = 4.73$ $A_0 = 2.26$

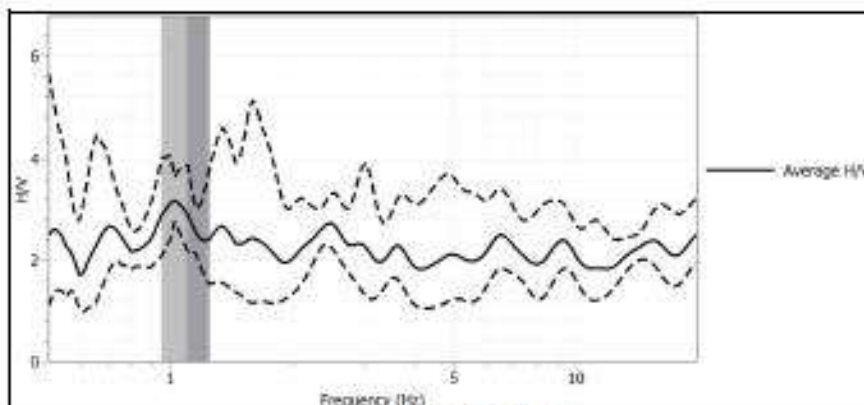
HVSR TURANO MONTE

ELABORAZIONE HVSR

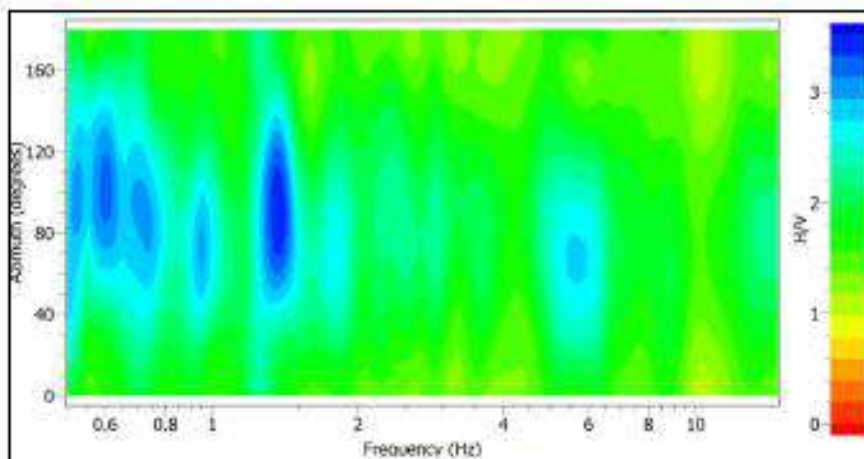
Riferimento: Turano monte



Spettri medi delle tre componenti



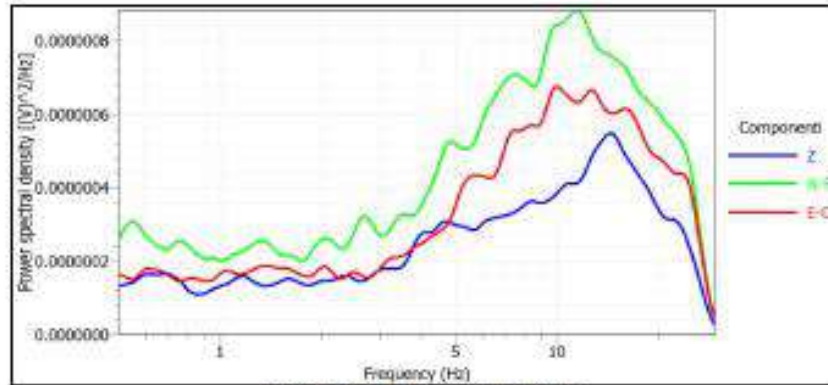
Curva del risultato HV



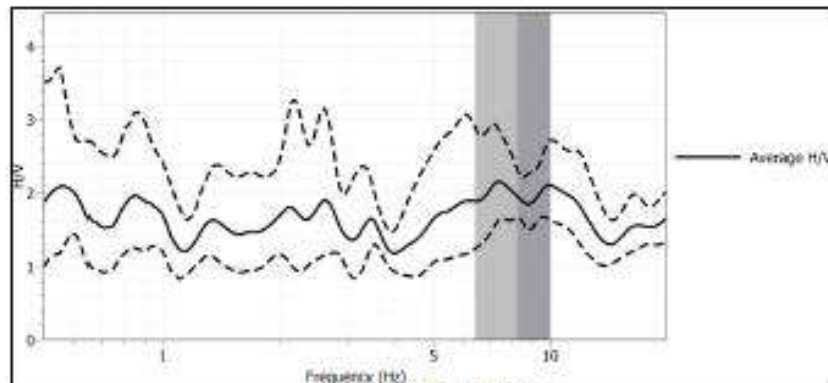
$f_0 = 1.02$ $A_0 = 2.92$

HVSR TURANO VALLE

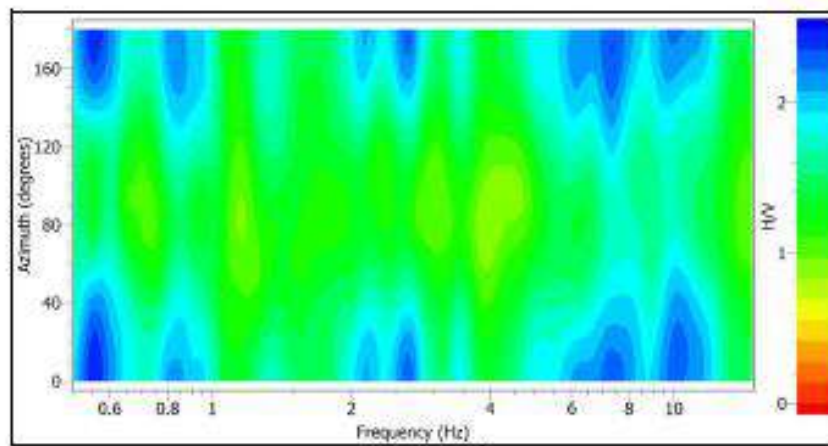
ELABORAZIONE HVSR Riferimento: Turano valle



Spettri medi delle tre componenti



Curva del risultato H/V



$f_0 = 7.38$ $A_0 = 1.95$

9.8 Prospezioni sismiche a rifrazione con tecnica tomografica

Sul sito di progetto è stata eseguita un'indagine sismica a rifrazione 2D acquisita con tecnica tomografica, al fine di determinare la velocità delle onde sismiche nel terreno.

Il metodo di indagine è basato sulla misura dei tempi di percorso che le onde elastiche longitudinali (onde P - più veloci) e trasversali (onde S - più lente), generate da un'esplosione o da un impatto, impiegano a raggiungere una serie di ricevitori (geofoni) opportunamente allineati sul terreno. Con i tempi di percorso si tracciano i diagrammi tempi - distanze (dromocrone) che consentono di calcolare le velocità di propagazione delle onde e lo spessore degli strati interessati dai percorsi delle stesse onde elastiche. Con cinque o più punti di scoppio opportunamente ubicati è possibile determinare l'andamento degli strati anche qualora le superfici di separazione degli stessi siano inclinate oppure ondulate, in questi ultimi casi un numero maggiore di energizzazioni consente una migliore definizione della geometria. Il metodo di elaborazione con tecnica tomografica permette la ricostruzione di situazioni stratigraficamente complesse non risolvibili con altre tecniche di indagine sismica, limitando i problemi derivanti dalla presenza di strati con spessore particolarmente ridotto ed evidenziando in alcuni casi la eventuale presenza di zone a velocità inferiore.

L'elaborazione delle prospezioni sismiche restituisce sismo-sezioni caratterizzate dalla presenza di terreni dotati di velocità regolarmente crescenti con la profondità. Ai fini degli interventi da realizzare assume particolare importanza la valutazione dell'escavabilità dei terreni in sito. Tale parametro è stato ricavato dal valore della velocità delle onde sismiche V_p , attraverso l'esecuzione di prospezioni sismiche a rifrazione elaborate con tecnica tomografica.

Nel dettaglio, sono stati indagati 16 siti differenti, la cui ubicazione è riportata negli elaborati A194PDG001, A194PDG002, A194PDG003, A194PDG004, A194PDG005, A194PDG006, A194PDG007, A194PDG008 - *Planimetria con indicazioni delle indagini eseguite* (scala 1:5.000):

- **Sito ACEA -centrale:** 4 profili sismici a rifrazione in onde P;
- **Sito Micciani:** 1 profilo sismico a rifrazione in onde P;
- **Sito R2:** 2 profili sismici a rifrazione in onde P;
- **Sito R2-2:** 1 profilo sismico a rifrazione in onde P;
- **Sito R4:** 2 profili sismici a rifrazione in onde P;
- **Sito R5:** 1 profilo sismico a rifrazione in onde P;
- **Sito San Giovanni Reatino:** 7 profili sismici a rifrazione in onde P;
- **Sito R6:** 2 profili sismici a rifrazione in onde P;
- **Sito R7:** 4 profili sismici a rifrazione in onde P;
- **Sito R8:** 2 profili sismici a rifrazione in onde P;
- **Sito R9:** 1 profilo sismico a rifrazione in onde P;
- **Sito Salisano:** 2 profili sismici a rifrazione in onde P;
- **Manufatto M3:** 1 profilo sismico a rifrazione in onde P ed S;
- **Manufatto M4:** 1 profilo sismico a rifrazione in onde P ed S;
- **Manufatto SALTO VALLE:** 1 profilo sismico a rifrazione in onde P ed S;
- **Manufatto TURANO MONTE:** 1 profilo sismico a rifrazione in onde P ed S;
- **Manufatto TURANO VALLE:** 1 profilo sismico a rifrazione in onde P ed S.

Tutti i profili sismici a rifrazione sono stati acquisiti utilizzando geofoni a 14 Hz ad una frequenza di campionamento di 0.0625 ms per le onde P e di 0.125 ms per le onde Sh. Di seguito sono riportate le caratteristiche principali dei profili acquisiti:

Sito	Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	Numero canali
ACEA – centrale	Profilo 1	240 m	5 m	5	48
	Profilo 2	72 m	3 m	5	24
	Profilo 3	72 m	3 m	5	24
	Profilo 4	72 m	3 m	5	24
Micciani	Profilo 1	102 m	3 m	7	34

R2	Profilo 1	120 m	5 m	5	24
	Profilo 2	120 m	5 m	5	24
R2-2	Profilo 1	120 m	5 m	5	24
R4	Profilo 1	120 m	5 m	5	24
	Profilo 2	120 m	5 m	5	24
R5	Profilo 1	120 m	5 m	5	24
San Giovanni Reatino	Profilo 1	120 m	5 m	5	24
	Profilo 2	120 m	5 m	5	24
	Profilo 3	120 m	5 m	5	24
	Profilo 4	120 m	5 m	5	24
	Profilo 5	120 m	5 m	5	24
	Profilo 6	120 m	5 m	5	24
	Profilo 7	120 m	5 m	5	24
R6	Profilo 1	120 m	5 m	5	24
	Profilo 2	120 m	5 m	5	24
R7	Profilo 1	120 m	5 m	5	24
	Profilo 2	120 m	5 m	5	24
	Profilo 3	120 m	5 m	5	24
	Profilo 4	120 m	5 m	5	24
R8	Profilo 1	120 m	5 m	5	24
	Profilo 2	120 m	5 m	5	24
R9	Profilo 1	120 m	5 m	5	24

RELAZIONE GEOLOGICA

Salisano	Profilo 1	144 m	3 m	7	48
	Profilo 2	96 m	3 m	7	48
M3	Profilo 1	70 m	3 m	5	24
M4	Profilo 1	70 m	3 m	5	24
SALTO VALLE	Profilo 1	70 m	3 m	5	24
TURANO MONTE	Profilo 1	60 m	3 m	5	24
TURANO VALLE	Profilo 1	50 m	3 m	5	24

In seguito vengono riportati in sintesi i risultati relativi ai 34 profili sismici ottenuti tramite prospezione sismica a rifrazione con tecnica tomografica e le relative interpretazioni. I report delle indagini contenenti le modalità di esecuzione ed interpretazione congiuntamente ai risultati sono consultabili negli allegati in calce alla presente Relazione Geologica.

Sito ACEA-centrale

Dal **Profilo 1** si ricostruisce un modello a quattro sismostrati (Figura 151): in affioramento, per uno spessore di circa 3 metri, si rinviene il primo sismostrato che, caratterizzato da una velocità media V_p di 530 m/s, è riconducibile a terreno vegetale sabbioso-ghiaioso e/o detrito di falda; segue il secondo sismostrato che presenta uno spessore di circa 5 metri ed una velocità di propagazione delle onde V_p media di 1040 m/s, associabile a depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi; il terzo sismostrato presenta uno spessore variabile di 24-32 metri ed una velocità media V_p di 1920 m/s, riconducibile a depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi addensati; al disotto di quest'ultimo si registrano velocità superiori a 2500 m/s (substrato rifrattore) riconducibili a ghiaie in matrice sabbioso-limosa molto addensate o al substrato calcareo.

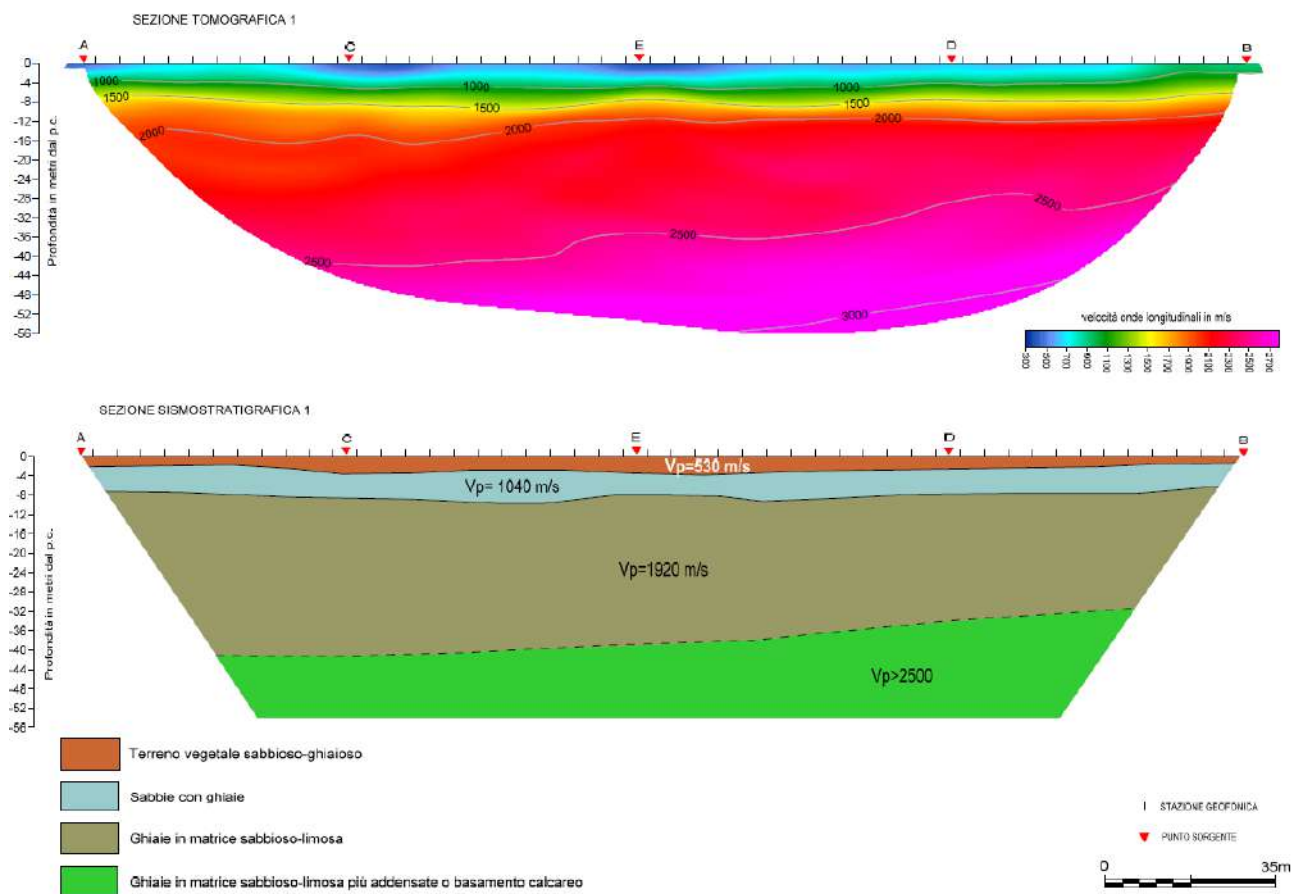


Figura 151 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito ACEA -centrale).

Dai **Profili 2, 3 e 4** si ricostruisce un modello a 3 sismostrati (Figura 152, Figura 153, Figura 154): in affioramento, per uno spessore di circa 2-3 metri, si rinviene il primo sismostrato che, caratterizzato da una velocità V_p compresa tra 410-480 m/s, è riconducibile a terreno vegetale sabbioso-ghiaioso e/o detrito di falda; segue il secondo sismostrato ad una profondità media di 7-13 metri caratterizzato da una velocità V_p compresa tra 930-1120 m/s, associabile a depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi; al disotto di quest'ultimo si registrano velocità V_p maggiori, comprese tra 1690-1780 m/s, riconducibili a ghiaie in matrice sabbioso-limosa addensate.

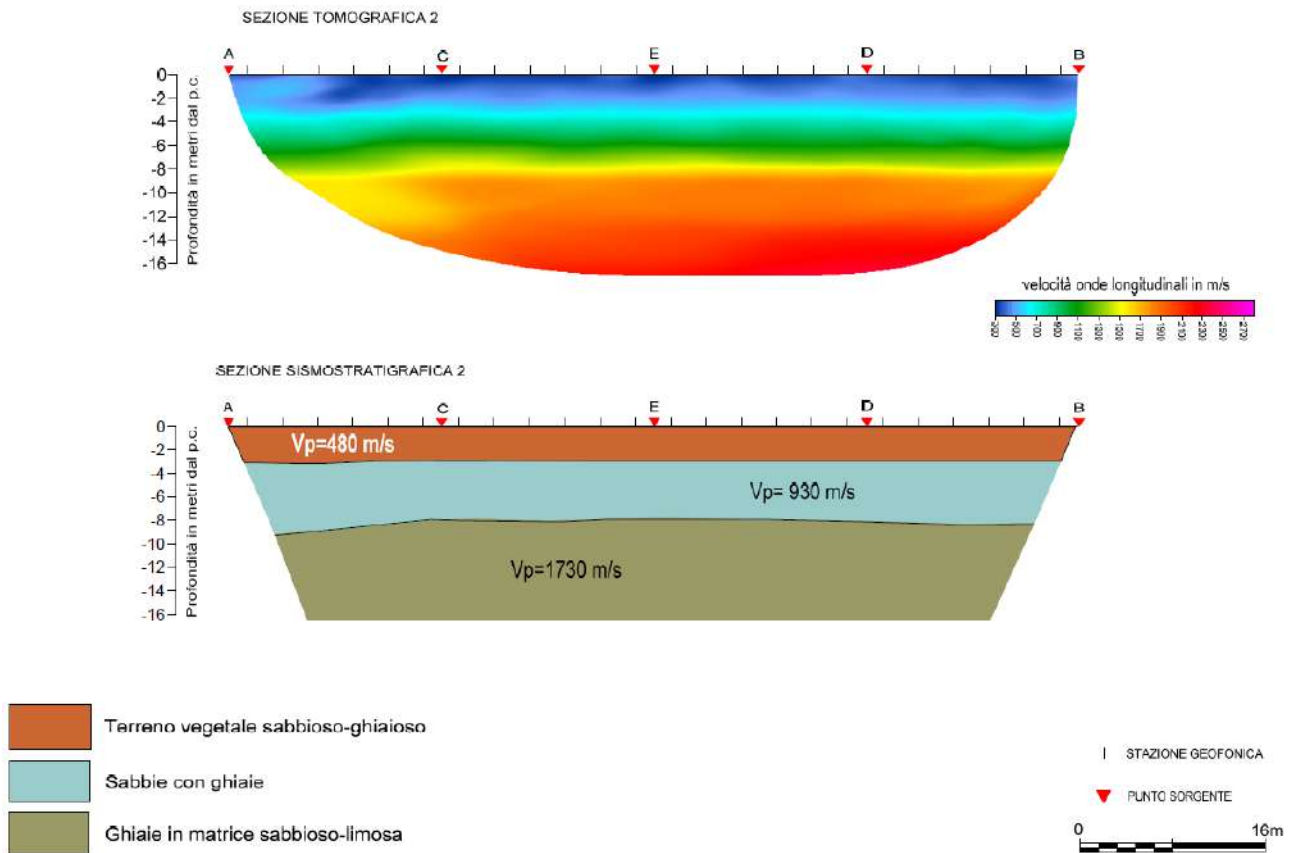


Figura 152 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 2 (Sito ACEA-centrale).

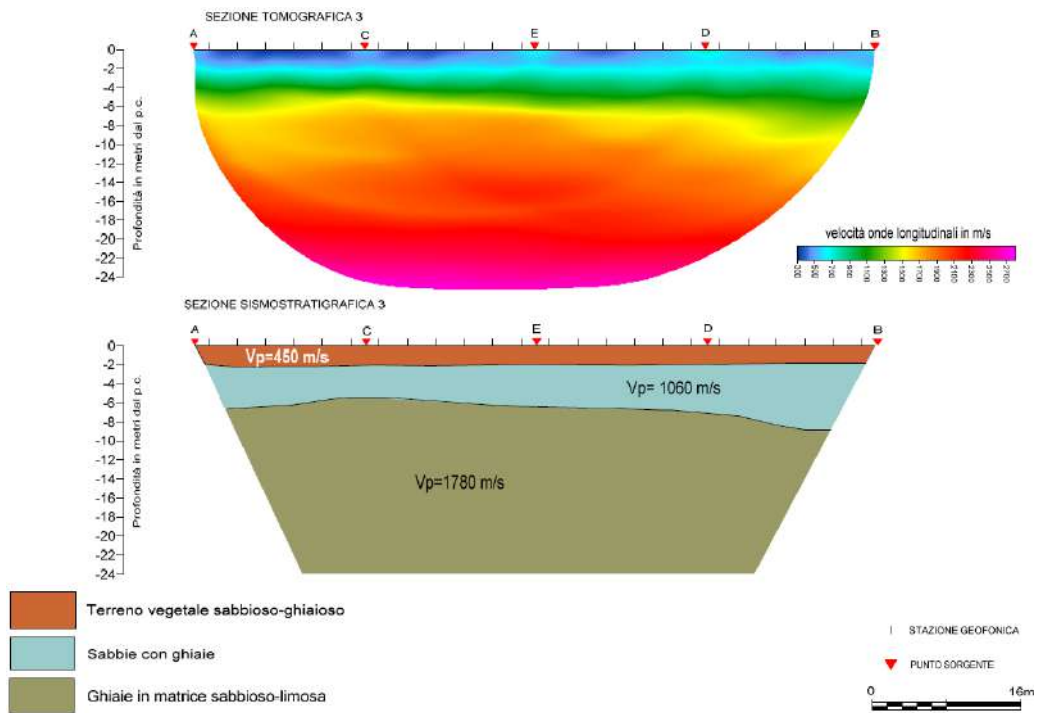


Figura 153 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 3 (Sito ACEA-centrale).

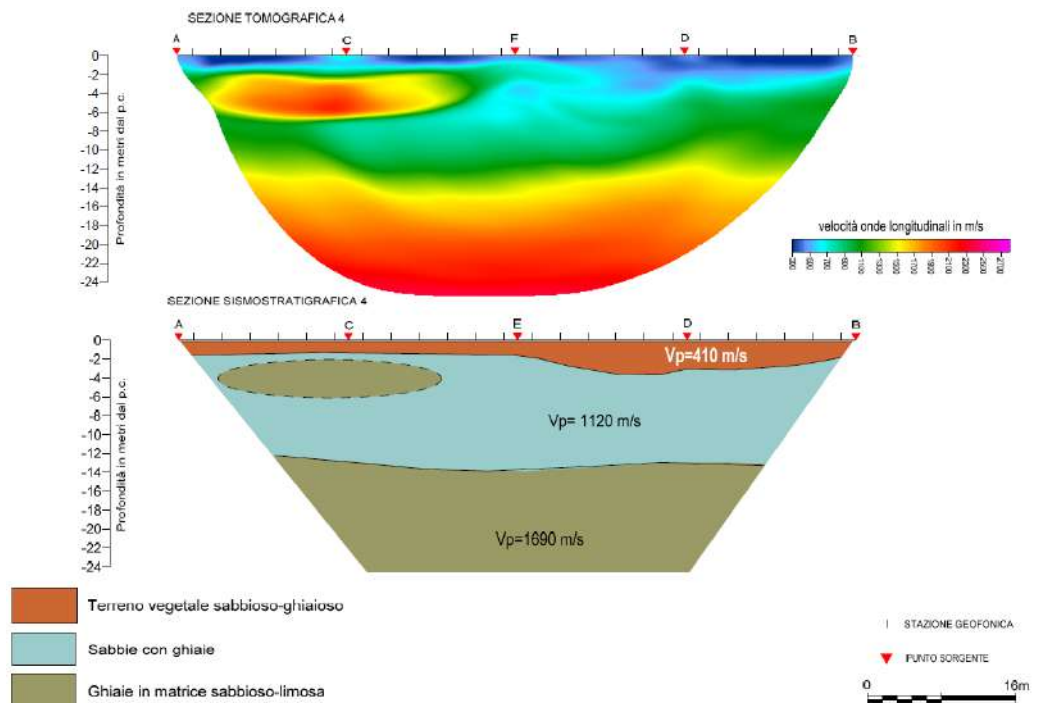


Figura 154 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 4 (Sito ACEA-centrale).

Sito Micciani

Dal **Profilo 1** si ricostruisce un modello a tre sismostrati (Figura 155): in affioramento, per uno spessore di circa 3 metri, si rinviene il primo sismostrato che, caratterizzato da una velocità media V_p di 400 m/s, è riconducibile a terreno vegetale sabbioso-ghiaioso e/o detrito di falda; segue il secondo sismostrato che presenta uno spessore variabile compreso tra 3-9 metri ed una velocità di propagazione delle onde V_p media di 1120 m/s, associabile a depositi alluvionali limoso-sabbiosi con ghiaie; al disotto di quest'ultimo si registrano velocità superiori a 1500 m/s (substrato rifrattore) riconducibili a sabbie e ghiaie con livelli limoso-argillosi.

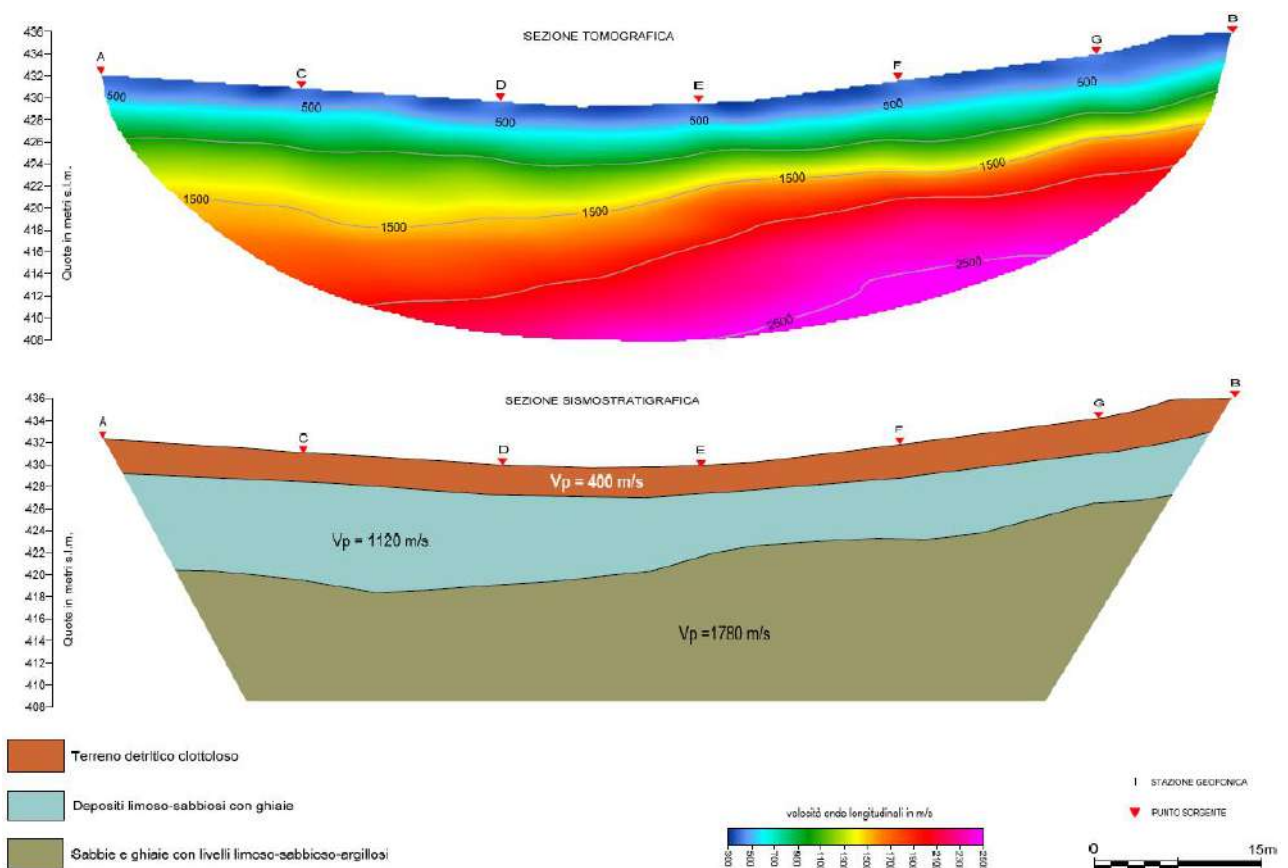


Figura 155 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito Micciani).

Sito R2

Dal **Profilo 1** e **2** si ricostruisce un modello a 3 sismostrati (Figura 156, Figura 157): in affioramento, per uno spessore di circa 5 metri, si rinviene il primo sismostrato che, caratterizzato da una velocità V_p compresa tra 420-460 m/s, è riconducibile a terreno di riporto costituito da ghiaie in matrice sabbiosa e sabbie limoso-argillose poco addensate; segue il secondo sismostrato ad una profondità media di 5 metri caratterizzato da una velocità V_p compresa tra 880-910 m/s, associabile a depositi alluvionali sabbioso-limosi con clasti calcarei, poco addensate; al disotto di quest'ultimo si registrano velocità V_p maggiori, comprese tra 1580-1640 m/s, riconducibili a sabbie e sabbie limoso-ghiaiose con clasti calcarei, da poco a mediamente addensate.

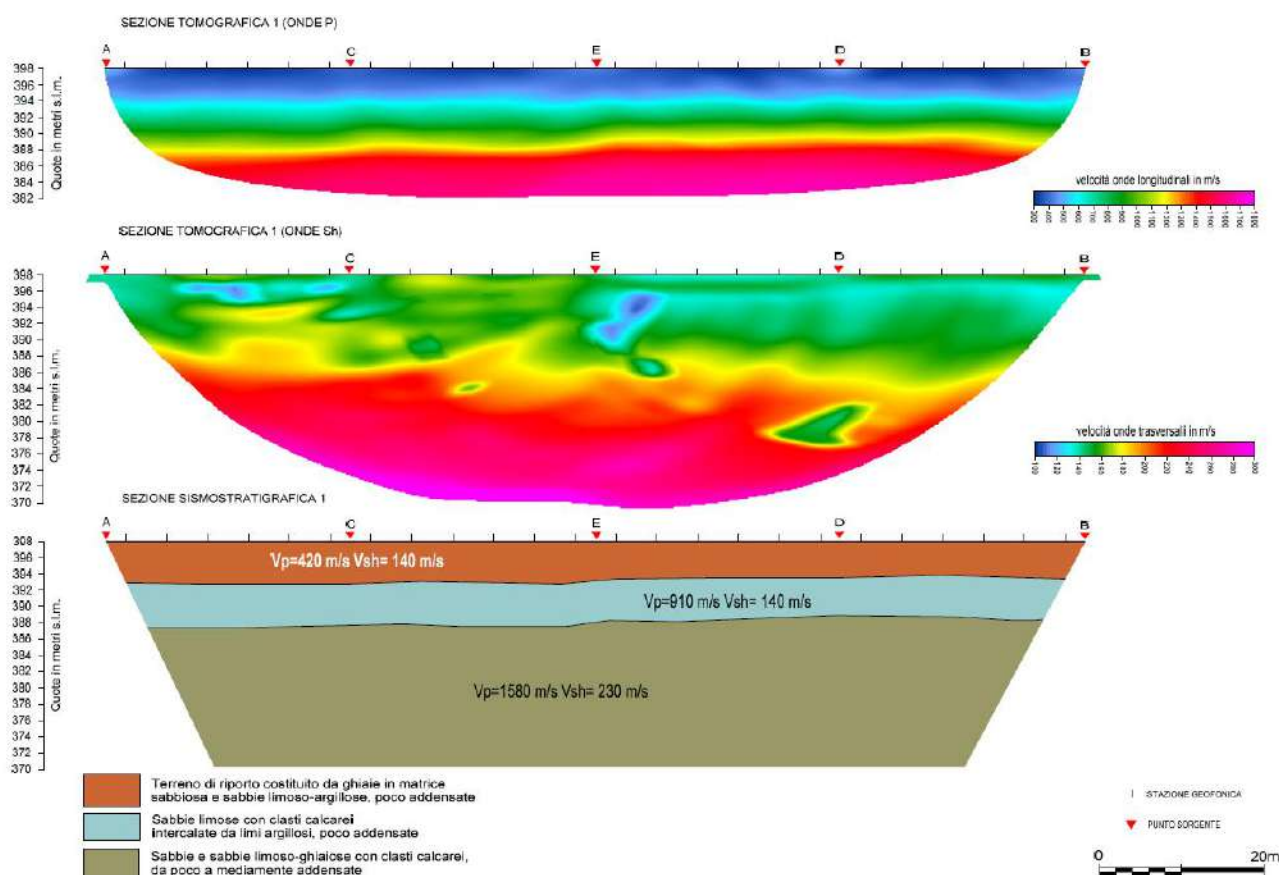


Figura 156 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito R2).

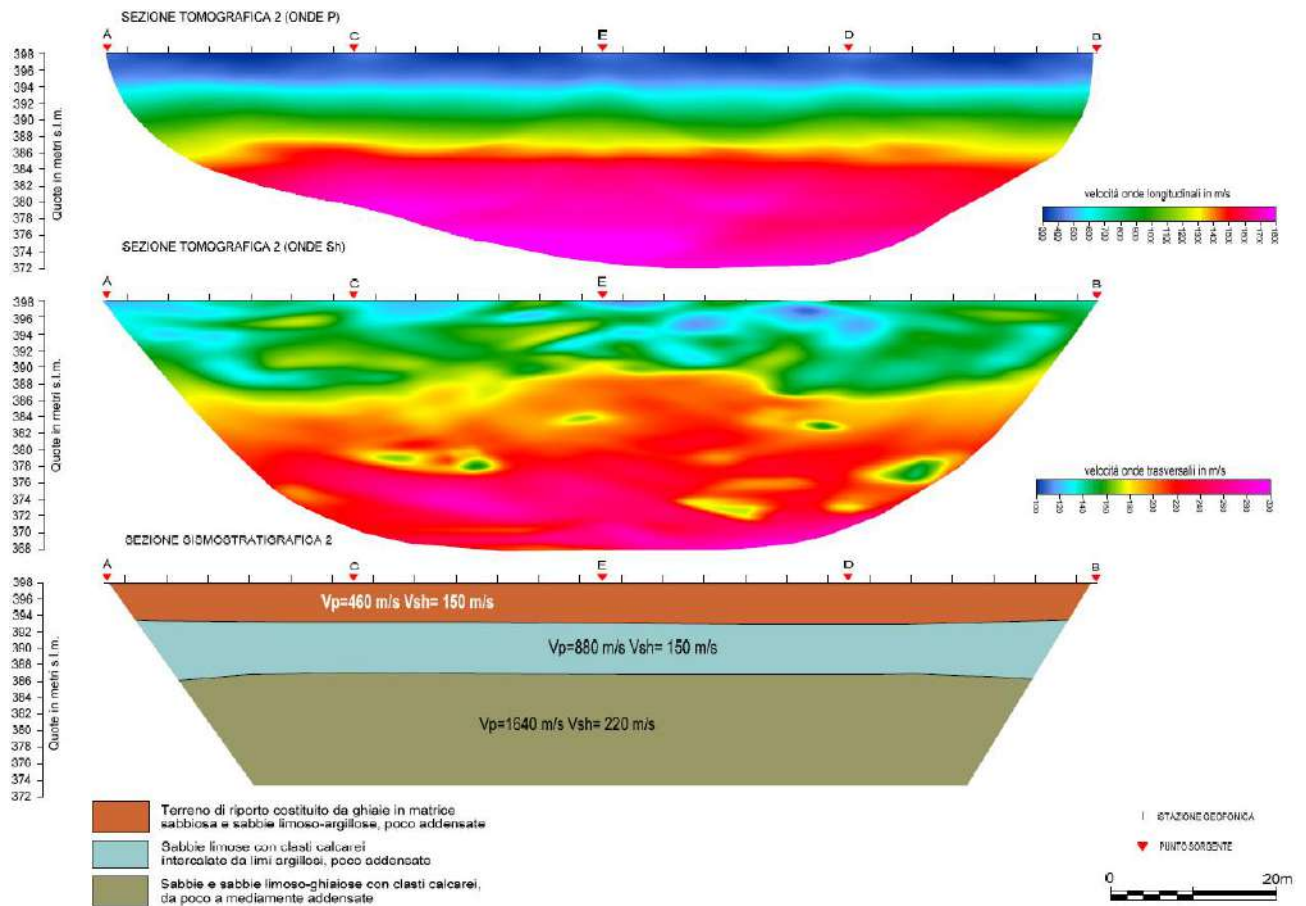
RELAZIONE GEOLOGICA


Figura 157 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 2 (Sito R2).

Sito R2-2

Dal **Profilo 1** si ricostruisce un modello a quattro sismostrati (Figura 158): in affioramento, per uno spessore di circa 4 metri, si rinviene il primo sismostrato caratterizzato da una velocità media V_p di 420 m/s. Segue il secondo sismostrato che presenta uno spessore di circa 6 metri ed una velocità di propagazione delle onde V_p media di 910 m/s. Il terzo sismostrato presenta uno spessore di circa 15-25 metri ed una velocità media V_p di 1520 m/s; al disotto di quest'ultimo si rileva la presenza del substrato rifrattore avente una velocità V_p compresa di 2670 m/s.

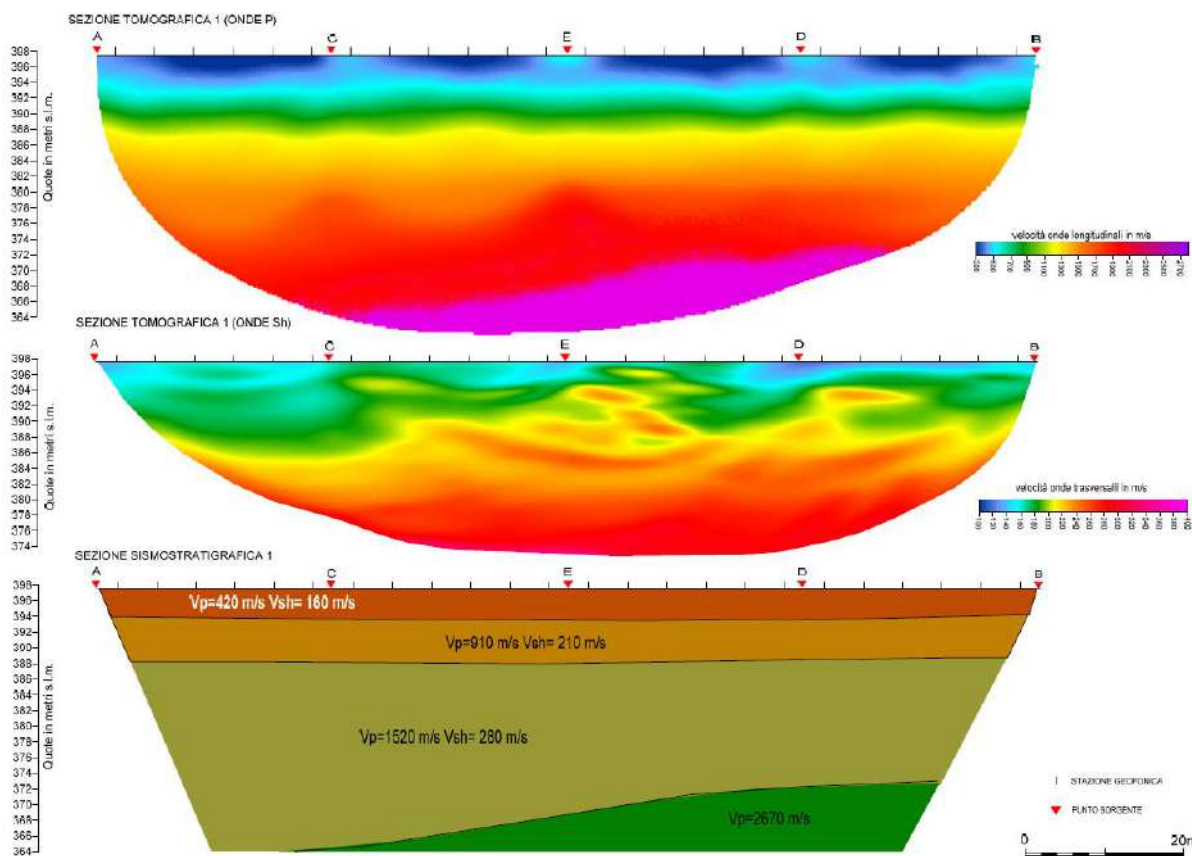


Figura 158 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito R2-2).

Sito R4

Dal **Profilo 1** si ricostruisce un modello a quattro sismostrati (Figura 159): in affioramento, per uno spessore di circa 4 metri, si rinviene il primo sismostrato che, caratterizzato da una velocità media V_p di 470 m/s, è riconducibile a terreno di riporto ghiaioso in matrice sabbioso-limoso; segue il secondo sismostrato che presenta uno spessore di circa 8-10 metri ed una velocità di propagazione delle onde V_p media di 1490 m/s, associabile a sabbia argilloso-sabbiosa e sabbie ghiaiose; il terzo sismostrato presenta uno spessore di circa 15 metri ed una velocità media V_p di 2130 m/s, riconducibile a breccia calcarea e sabbia limoso-argillosa; al disotto di quest'ultimo si registrano velocità V_{sh} superiori a 860 m/s (substrato rifrattore) riconducibili ad argilla marnosa.

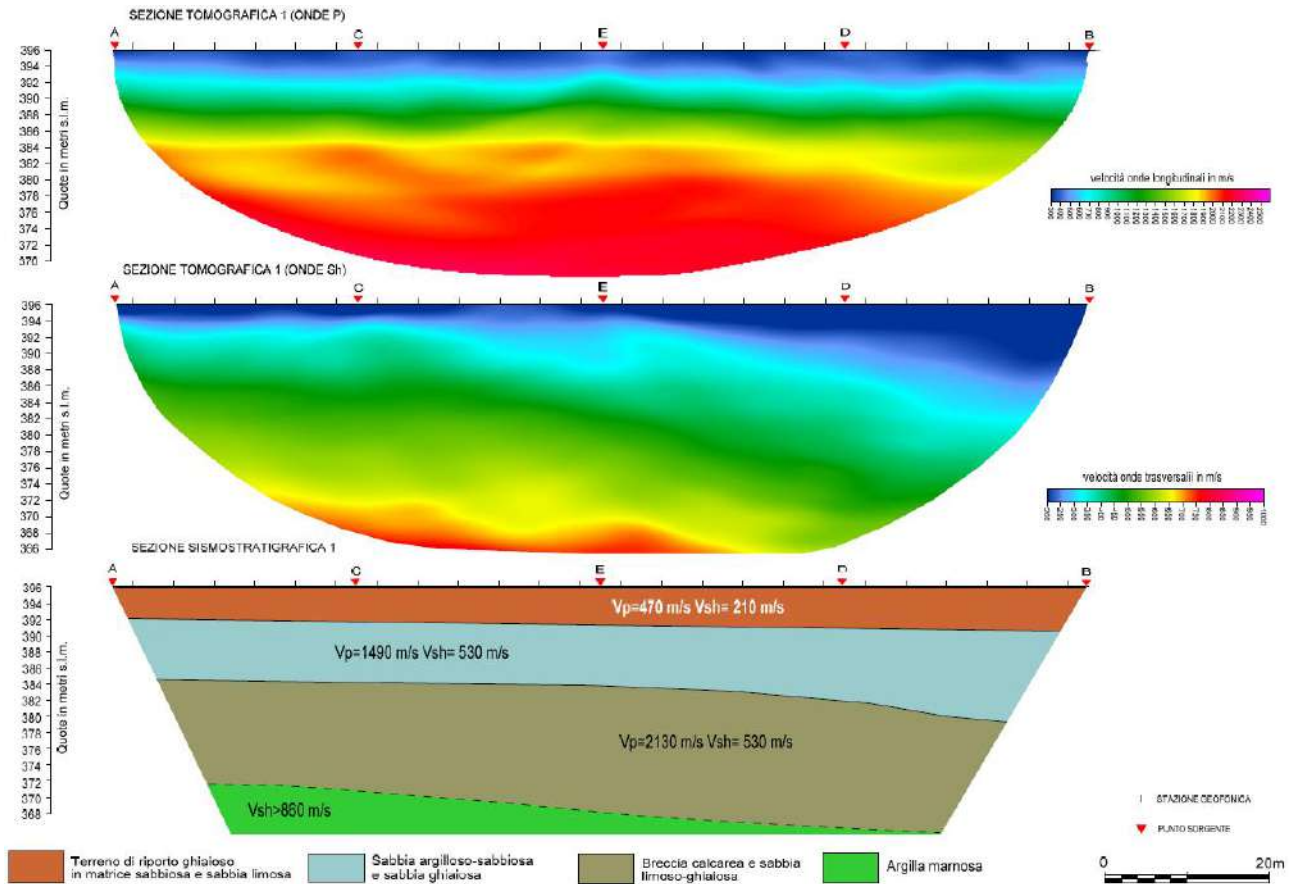


Figura 159 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito R4).

Dal **Profilo 2** si ricostruisce un modello a tre sismostrati (Figura 160): in affioramento, per uno spessore di circa 5 metri, si rinviene il primo sismostrato che, caratterizzato da una velocità media V_p di 480 m/s, è riconducibile a terreno di riporto ghiaioso in matrice sabbiosa e sabbioso-limoso; segue il secondo sismostrato che presenta uno spessore compreso tra 6-8 metri ed una velocità di propagazione delle onde V_p media di 1160 m/s, associabile a sabbia argilloso-sabbiosa e sabbie ghiaiose; al disotto di quest'ultimo si rinviene un terzo sismostrato avente una velocità di propagazione delle onde V_p media di 1530 m/s, associabile a breccia calcarea e sabbia limoso-ghiaiosa.

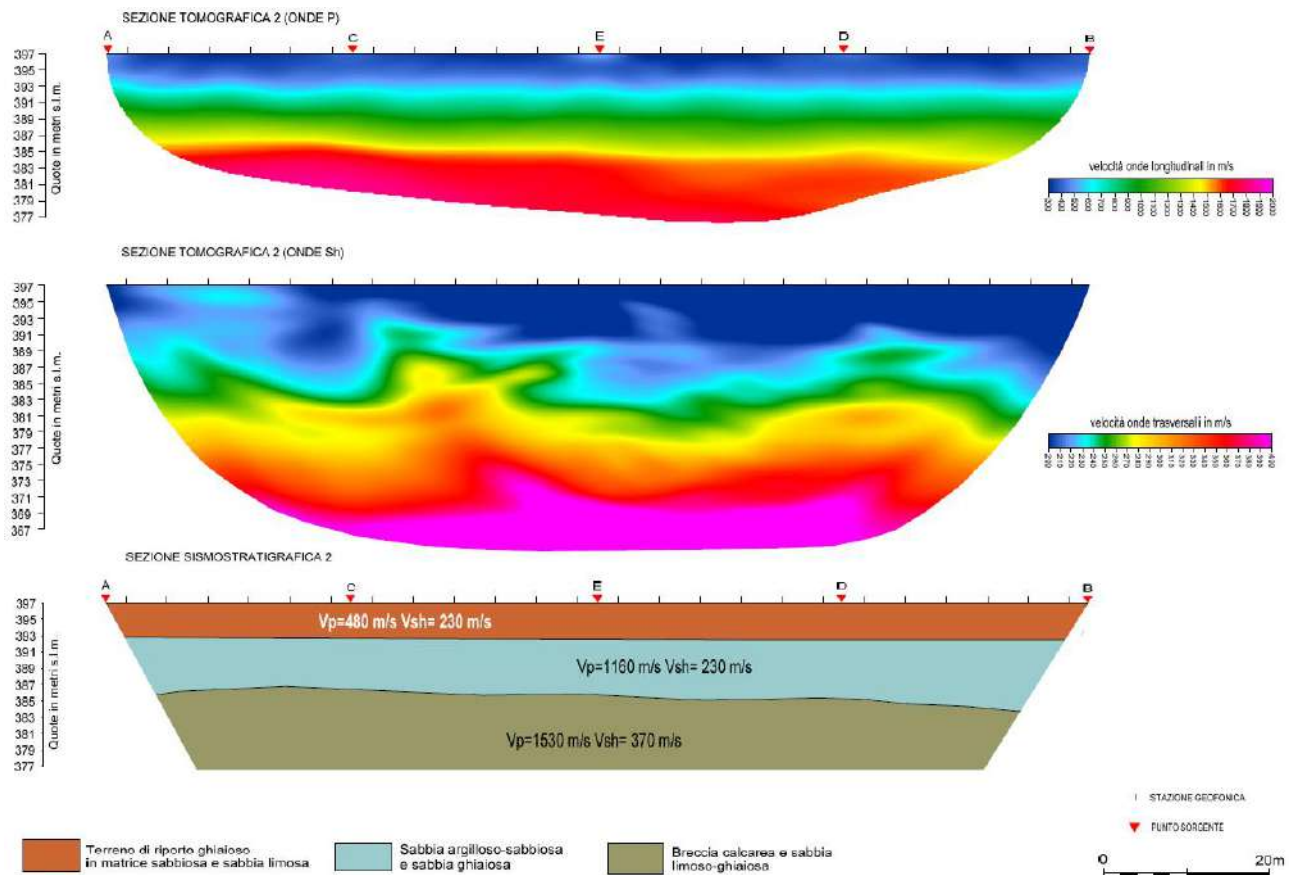
RELAZIONE GEOLOGICA


Figura 160 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 2 (Sito R4).

Sito R5

Dal **Profilo 1** si ricostruisce un modello a tre sismostrati (Figura 161): in affioramento, per uno spessore di circa 4 metri, si rinviene il primo sismostrato caratterizzato da una velocità media V_p di 520 m/s. Segue il secondo sismostrato che presenta uno spessore di circa 20 metri ed una velocità di propagazione delle onde V_p media di 1610 m/s; al disotto di quest'ultimo si rileva la presenza del substrato rifrattore avente una velocità V_p di 2860 m/s.

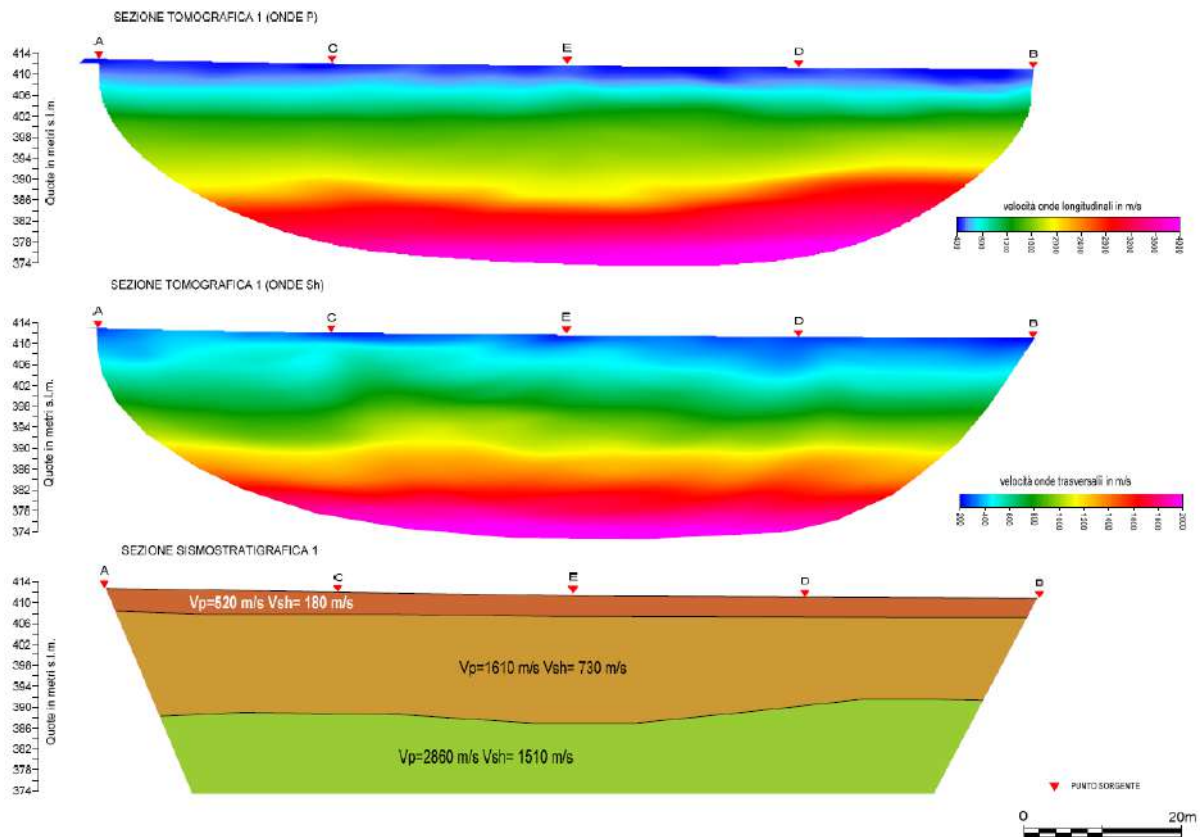


Figura 161 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito R5).

Sito San Giovanni Reatino

Dai **7 Profili** si ricostruisce un modello a 4 sismostrati (Figura 162, Figura 163, Figura 164, Figura 165, Figura 166, Figura 167) così caratterizzati: in affioramento fino ad una profondità media di circa 3 metri dal p.c. si rinviene il primo sismostrato caratterizzato da una velocità V_p compresa tra 400-430 m/s. Segue il secondo sismostrato ad una profondità di circa 9 metri dal p.c. caratterizzato da una velocità V_p compresa tra 890-930 m/s. Il terzo sismostrato, ad una profondità di circa 20 metri dal p.c., è caratterizzato da una velocità V_p compresa tra 1800-1910 m/s; al disotto di quest'ultimo si rileva la presenza del substrato rifrattore avente una velocità V_p compresa tra 3150-3260 m/s.

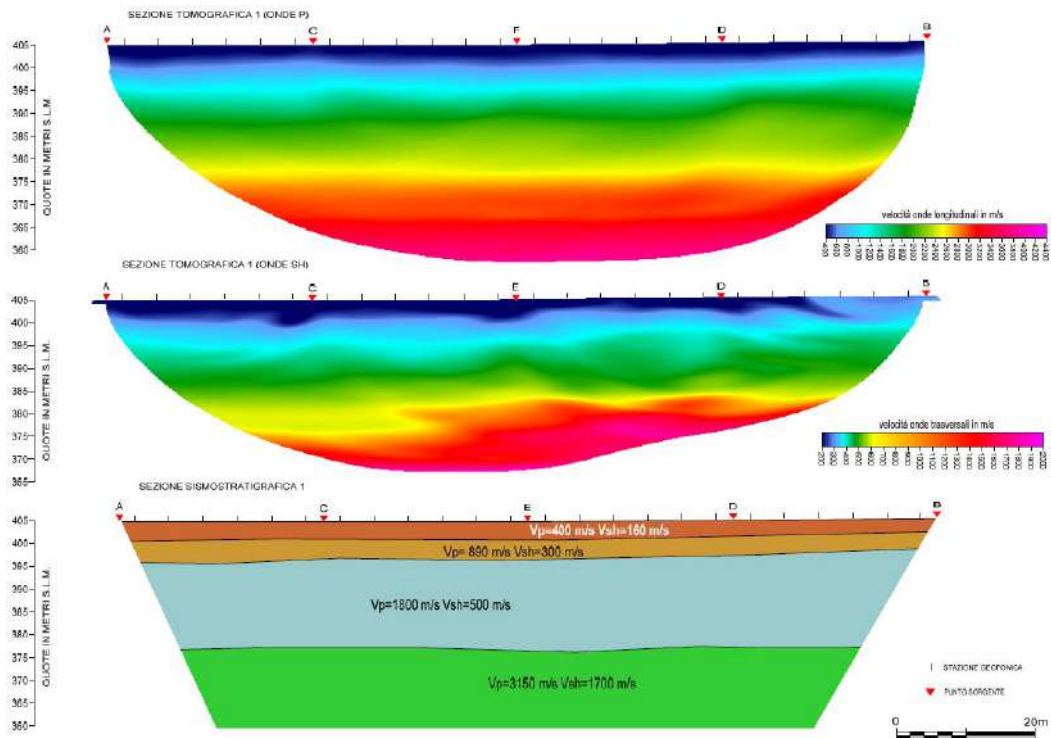


Figura 162 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito San Giovanni R.).

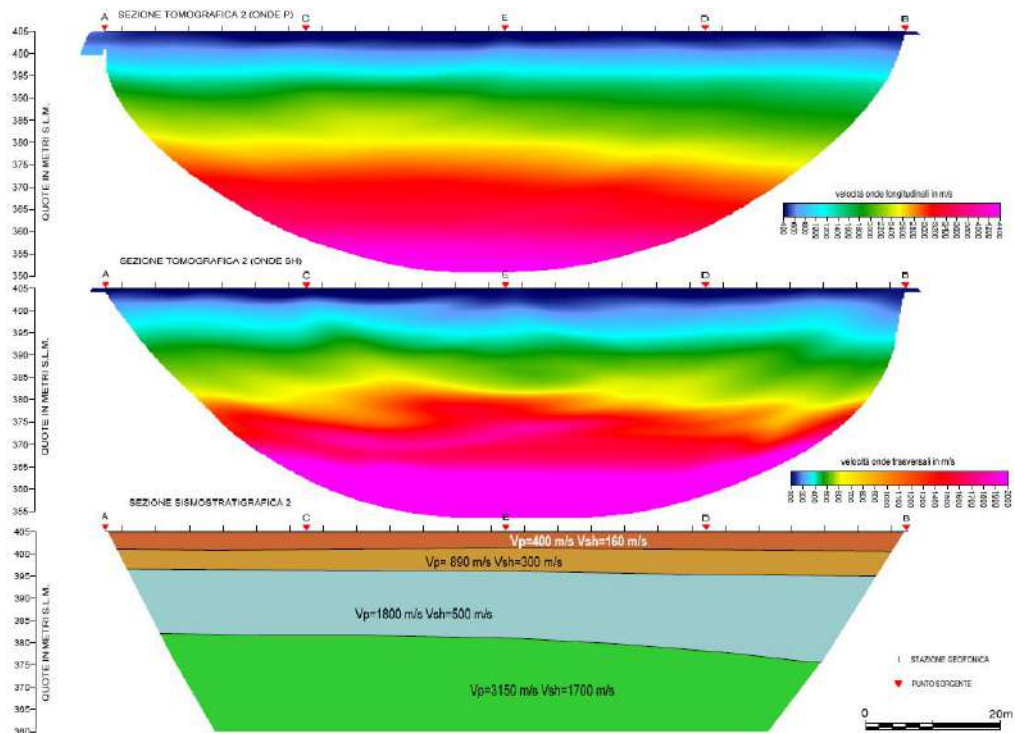


Figura 163 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 2 (Sito San Giovanni R.).

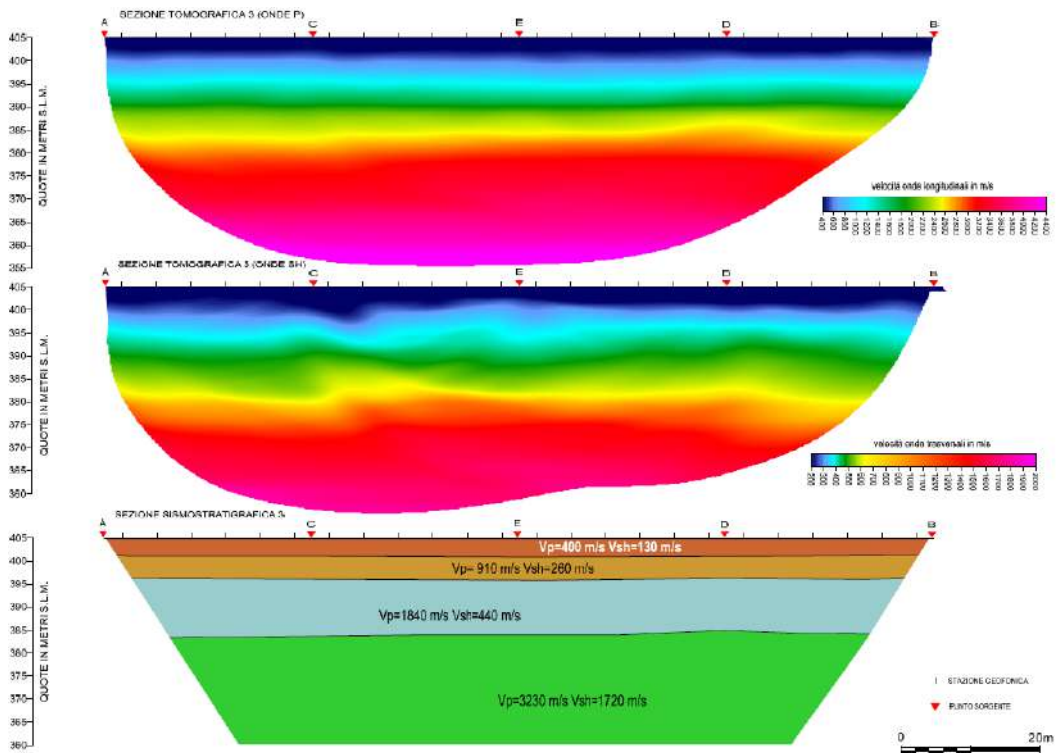


Figura 164 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 3 (Sito San Giovanni R.).

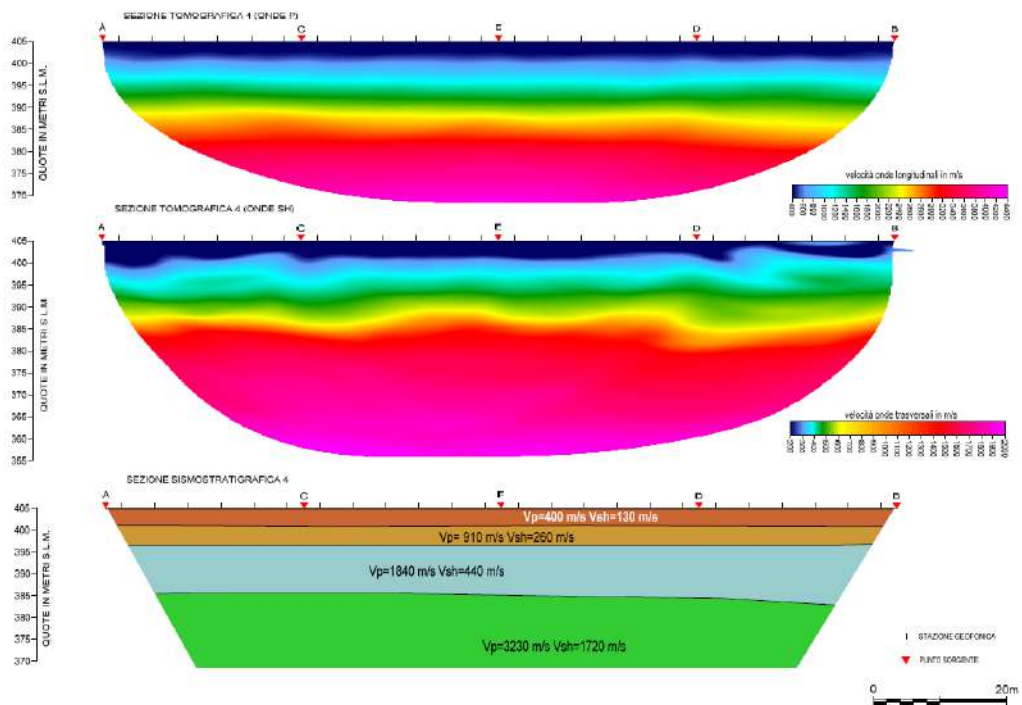


Figura 165 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 4 (Sito San Giovanni R.).

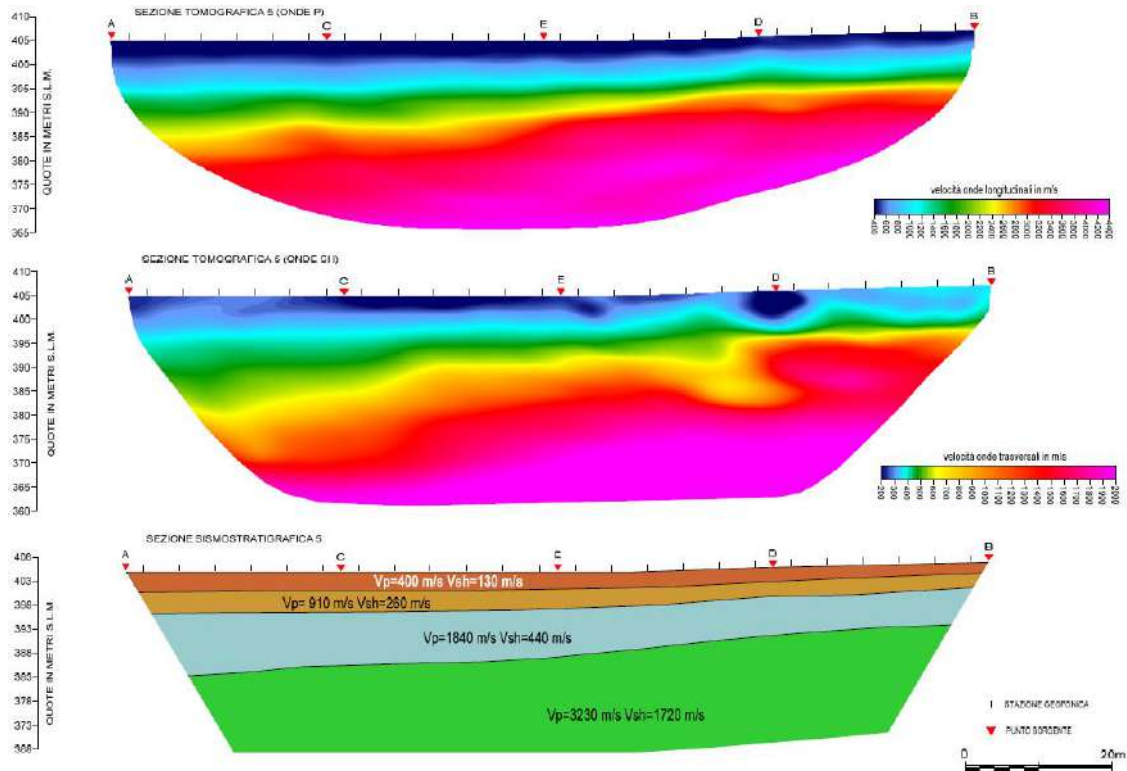


Figura 166 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 5 (Sito San Giovanni R.).

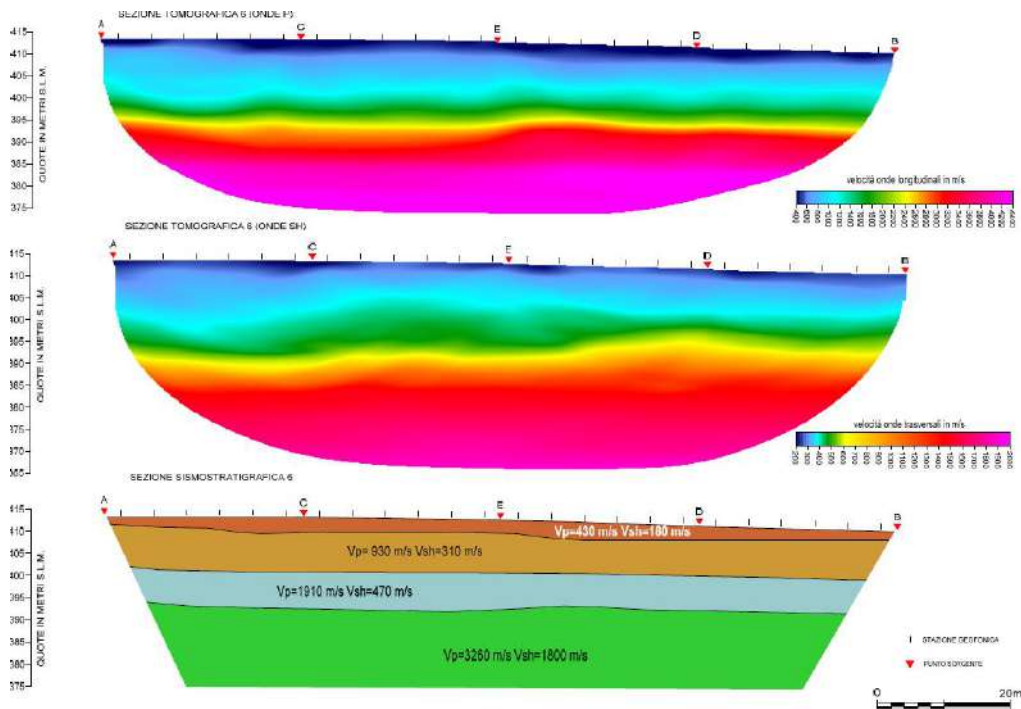


Figura 167– Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 6 (Sito San Giovanni R.).

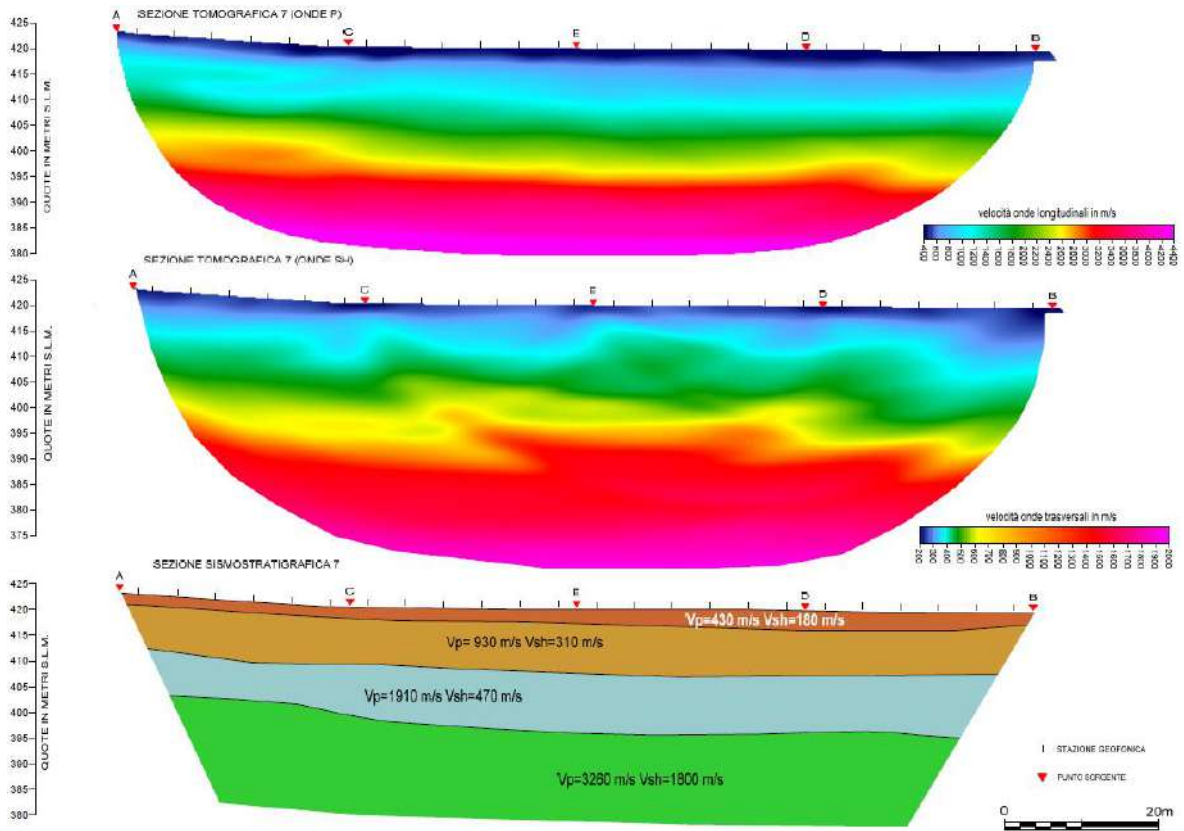


Figura 168 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 7 (Sito San Giovanni R.).

Sito R6

Dai **Profili 1** e **2** si ricostruisce un modello a 3 sismostrati (Figura 169, Figura 170) così caratterizzati: in affioramento fino ad una profondità di circa 3 metri dal p.c. si rinviene il primo sismostrato caratterizzato da una velocità V_p di 540 m/s. Segue il secondo sismostrato ad una profondità di circa 32 metri dal p.c. caratterizzato da una velocità V_p di 1470 m/s; al disotto di quest'ultimo si rileva la presenza del substrato rifrattore avente una velocità V_p di 2860 m/s.

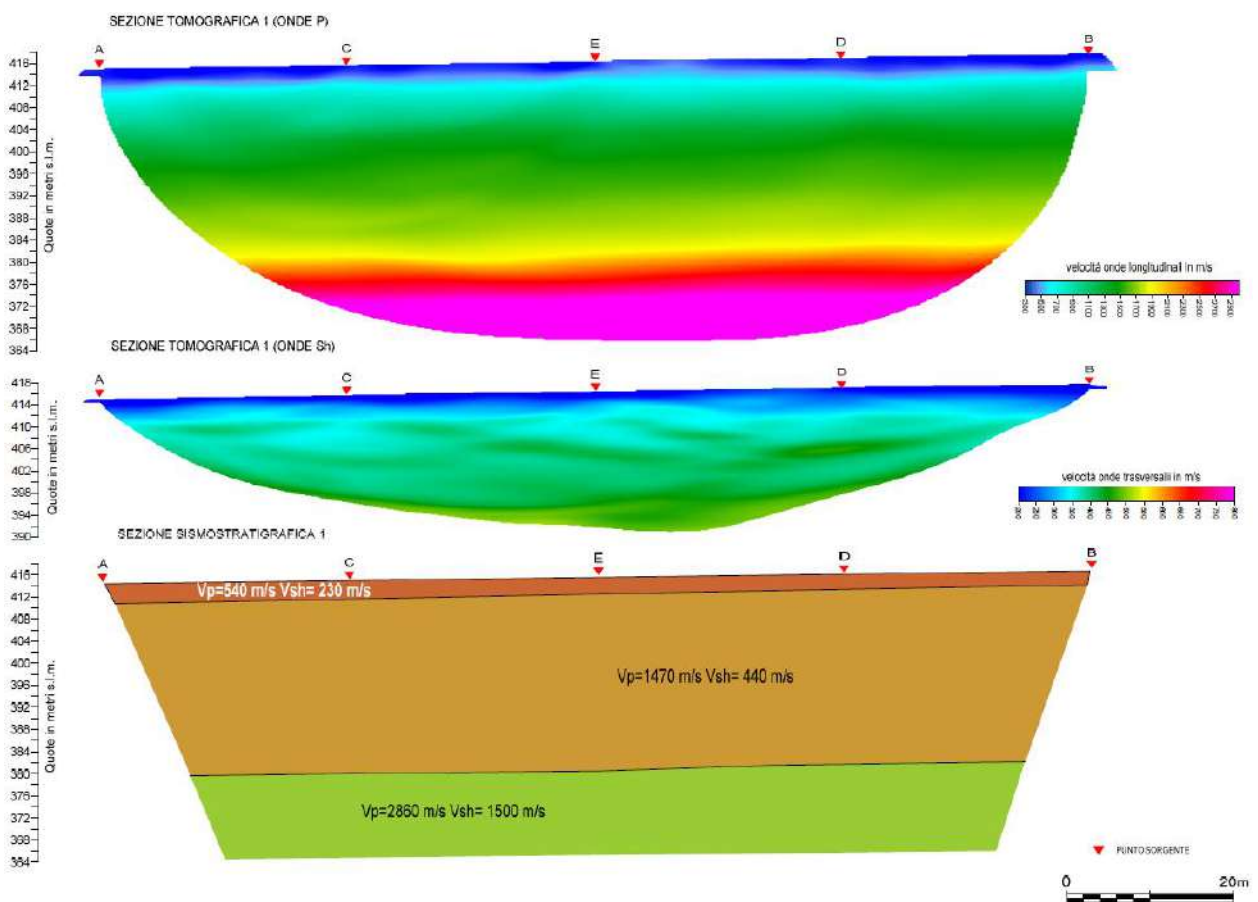


Figura 169 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito R6).

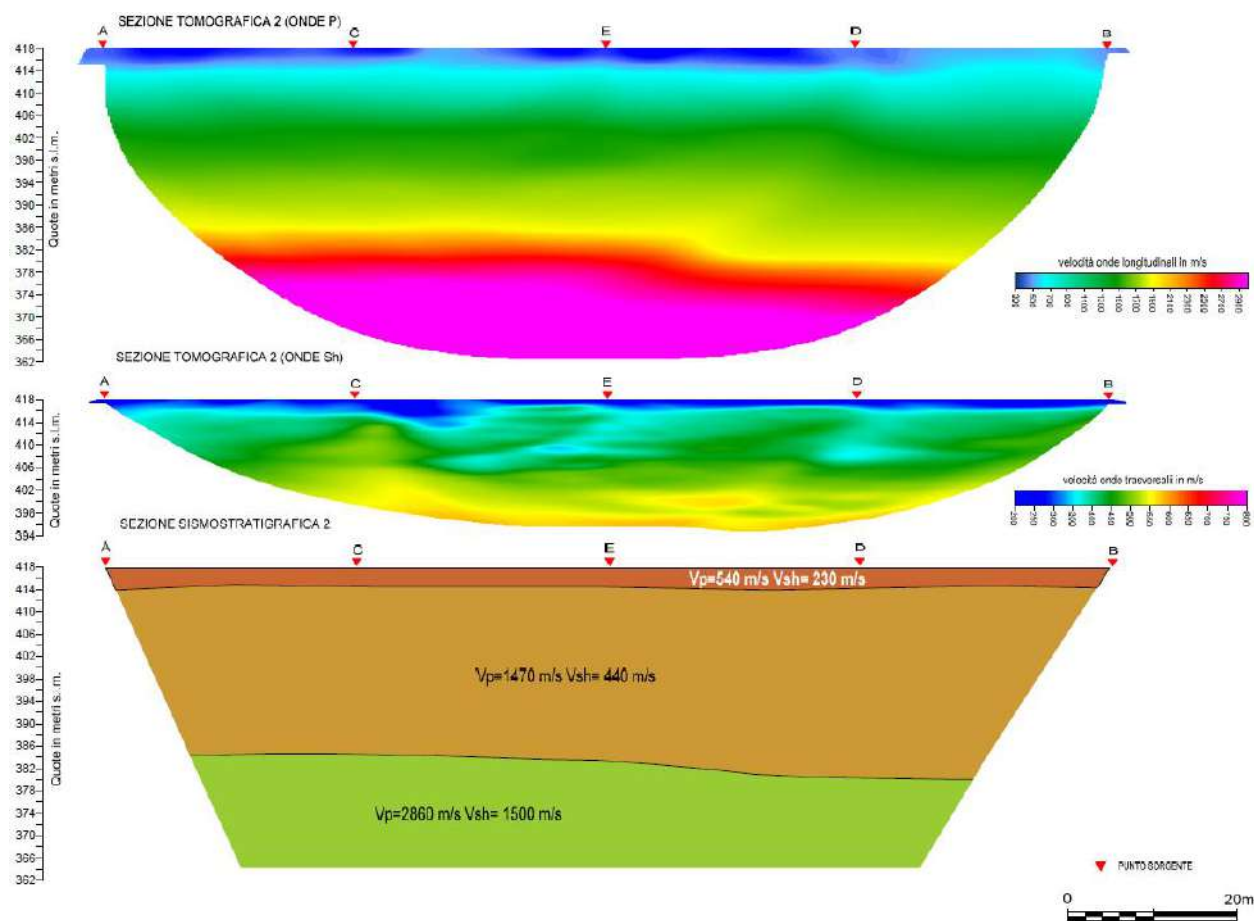


Figura 170 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 2 (Sito R6).

Sito R7

Dai **Profili 1, 2, 3 e 4** si ricostruisce un modello a 3 sismostrati (Figura 171, Figura 172, Figura 173, Figura 174) così caratterizzati: in affioramento fino ad una profondità compresa tra 1.5 e 5 metri dal p.c. si rinviene il primo sismostrato che, caratterizzato da una velocità V_p compresa tra 440-870 m/s, è riconducibile a terreno vegetale e/o detrito di falda; segue il secondo sismostrato ad una profondità tra 5-35 metri dal p.c. caratterizzato da una velocità V_p compresa tra 1690-1770 m/s, associabile ad alternanze ghiaiose in matrice limoso-sabbiosa e limi con sabbia mediamente addensati; al disotto di quest'ultimo segue un terzo sismostrato caratterizzato da velocità V_p maggiori, comprese tra 3180-3280 m/s, associabili a calcare marnoso fratturato ed alternanze di sabbie calcaree.

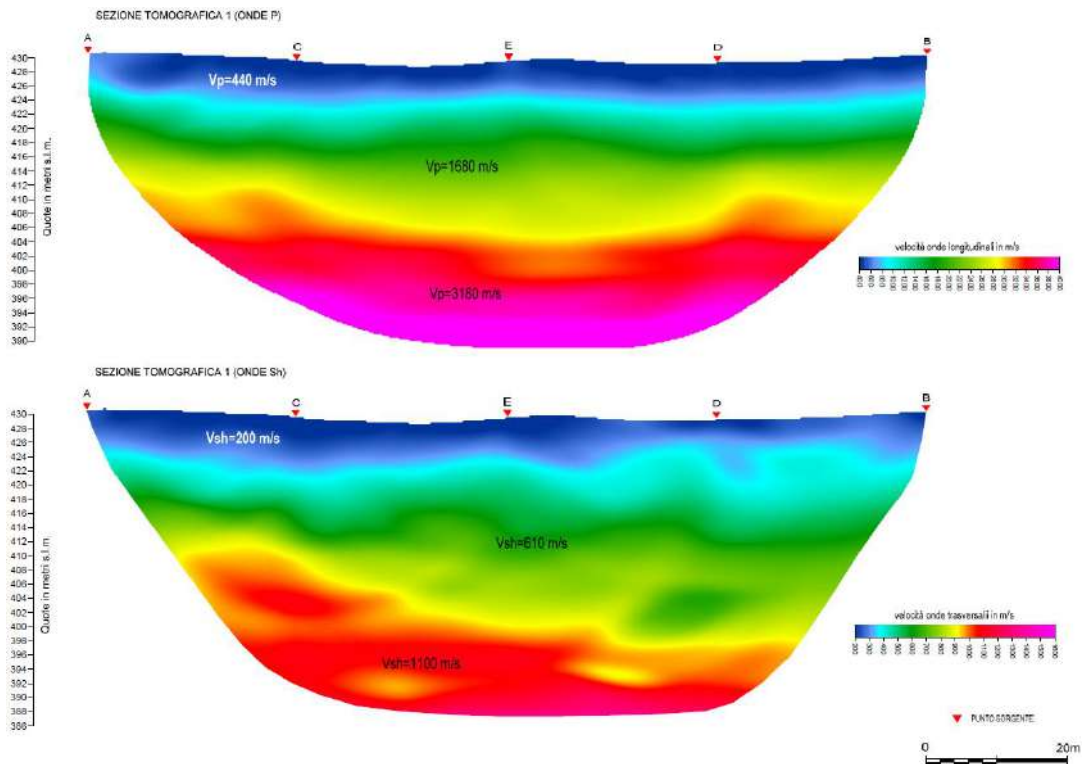


Figura 171 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito R7).

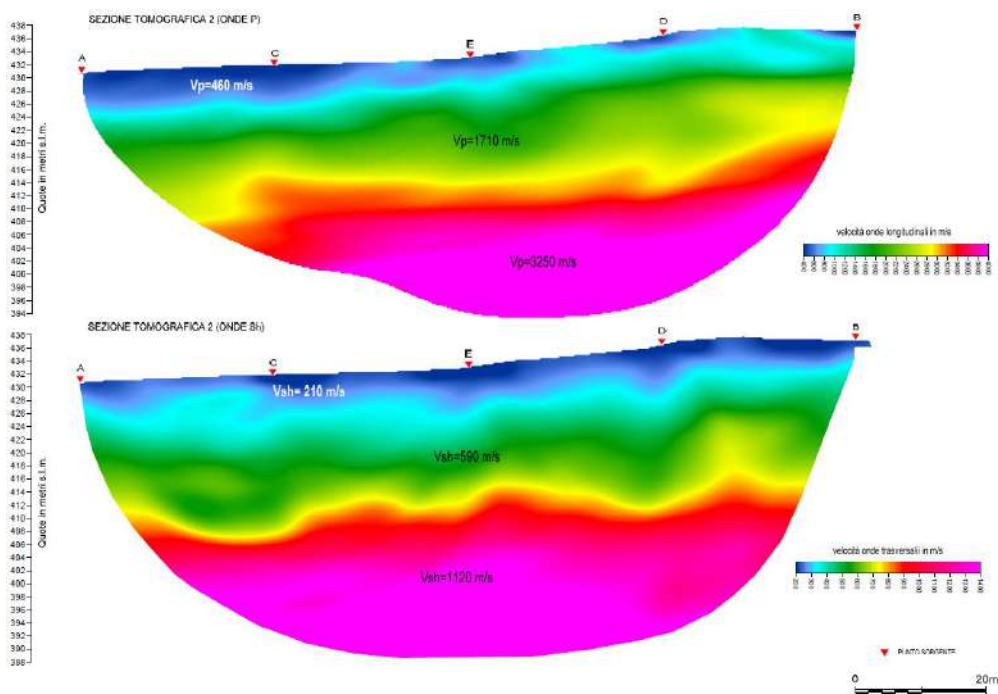


Figura 172 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 2 (Sito R7).

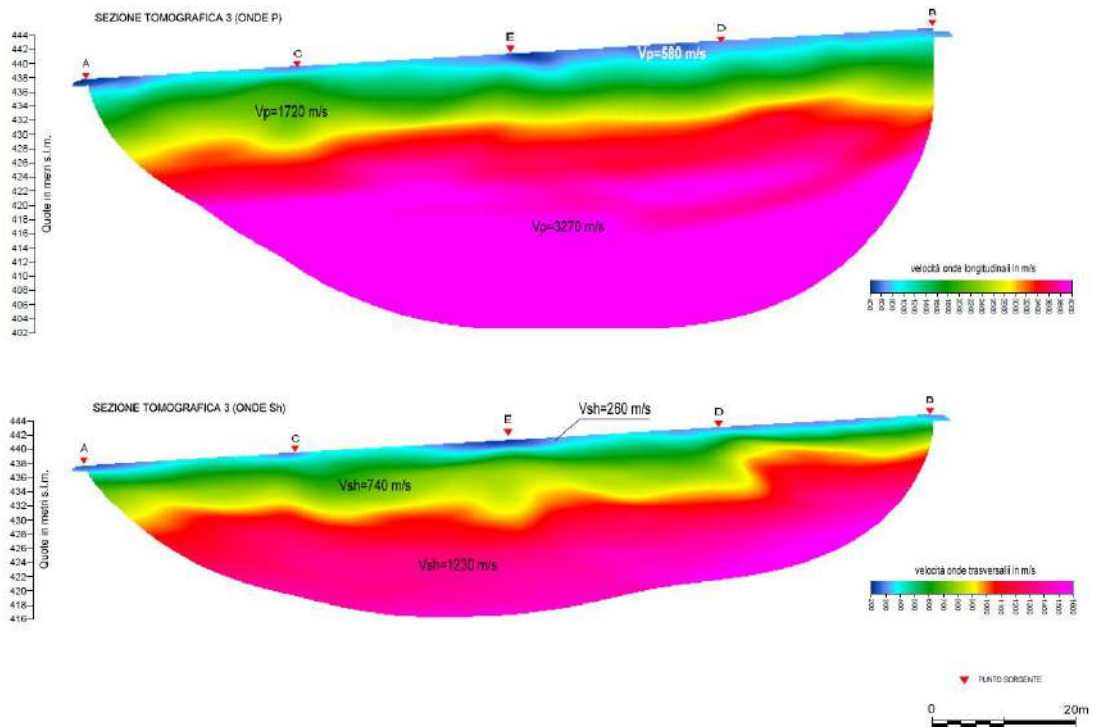


Figura 173 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 3 (Sito R7).

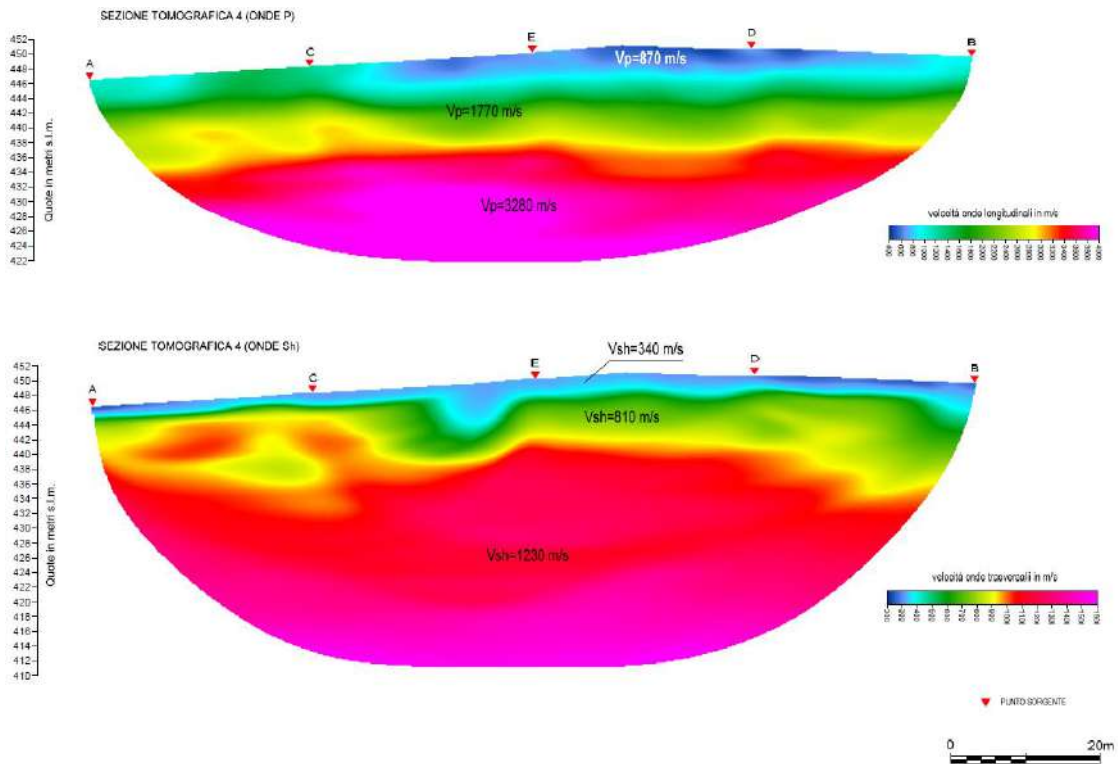


Figura 174 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 4 (Sito R7).

Sito R8

Dai **Profili 1** e **2** si ricostruisce un modello a 2 sismostrati (Figura 175) così caratterizzati: in affioramento fino ad una profondità di circa 6 metri dal p.c. si rinviene il primo sismostrato caratterizzato da una velocità V_p di 820 m/s. Segue il substrato riflettore caratterizzato da una velocità V_p di 1680 m/s.

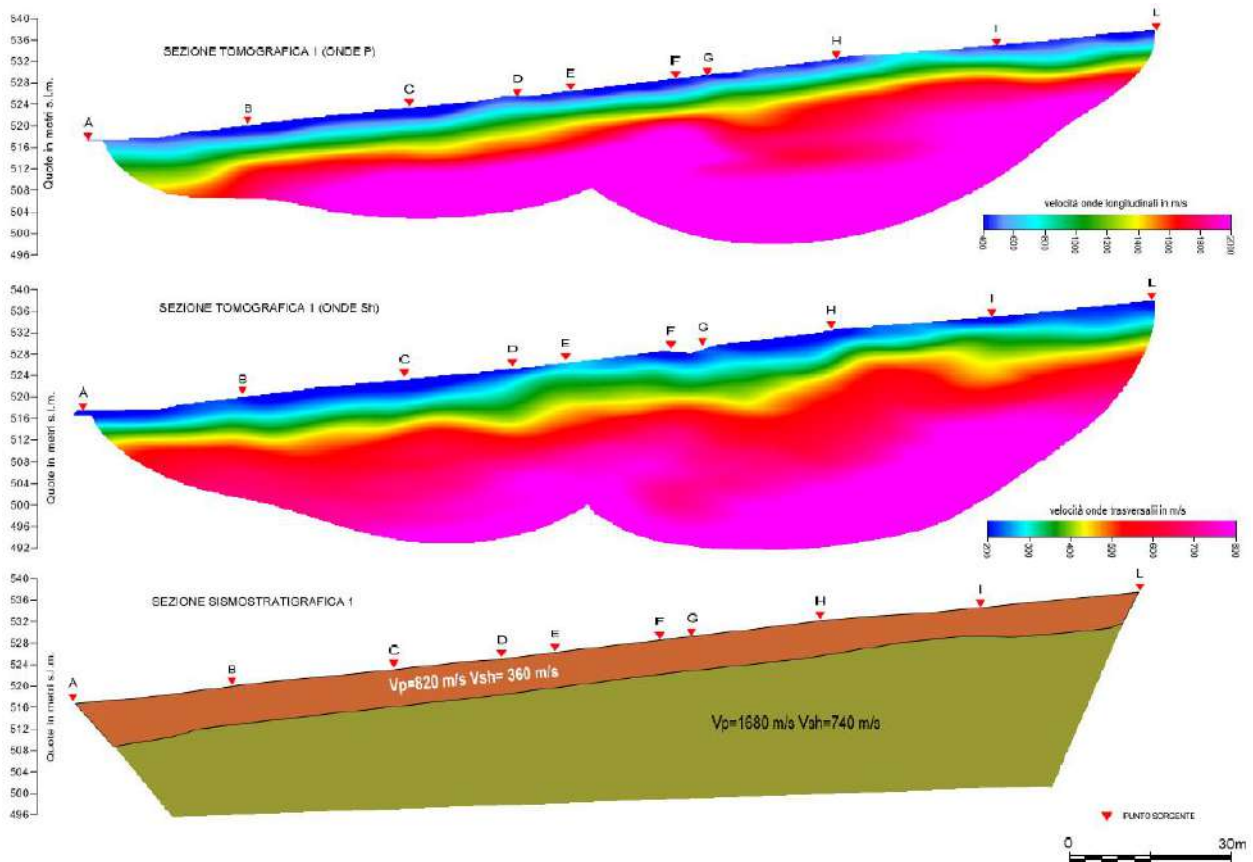


Figura 175 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito R8).

Sito R9

Dal **Profilo 1** si ricostruisce un modello a tre sismostrati (Figura 176) così caratterizzati: in affioramento, per uno spessore di circa 4 metri, si rinviene il primo sismostrato caratterizzato da una velocità media V_p di 660 m/s. Segue il secondo sismostrato che presenta uno spessore di circa 16 metri ed una velocità di propagazione delle onde V_p media di 1830 m/s; al disotto di quest'ultimo si rileva la presenza del substrato rifrattore avente una velocità V_p di 3170 m/s.

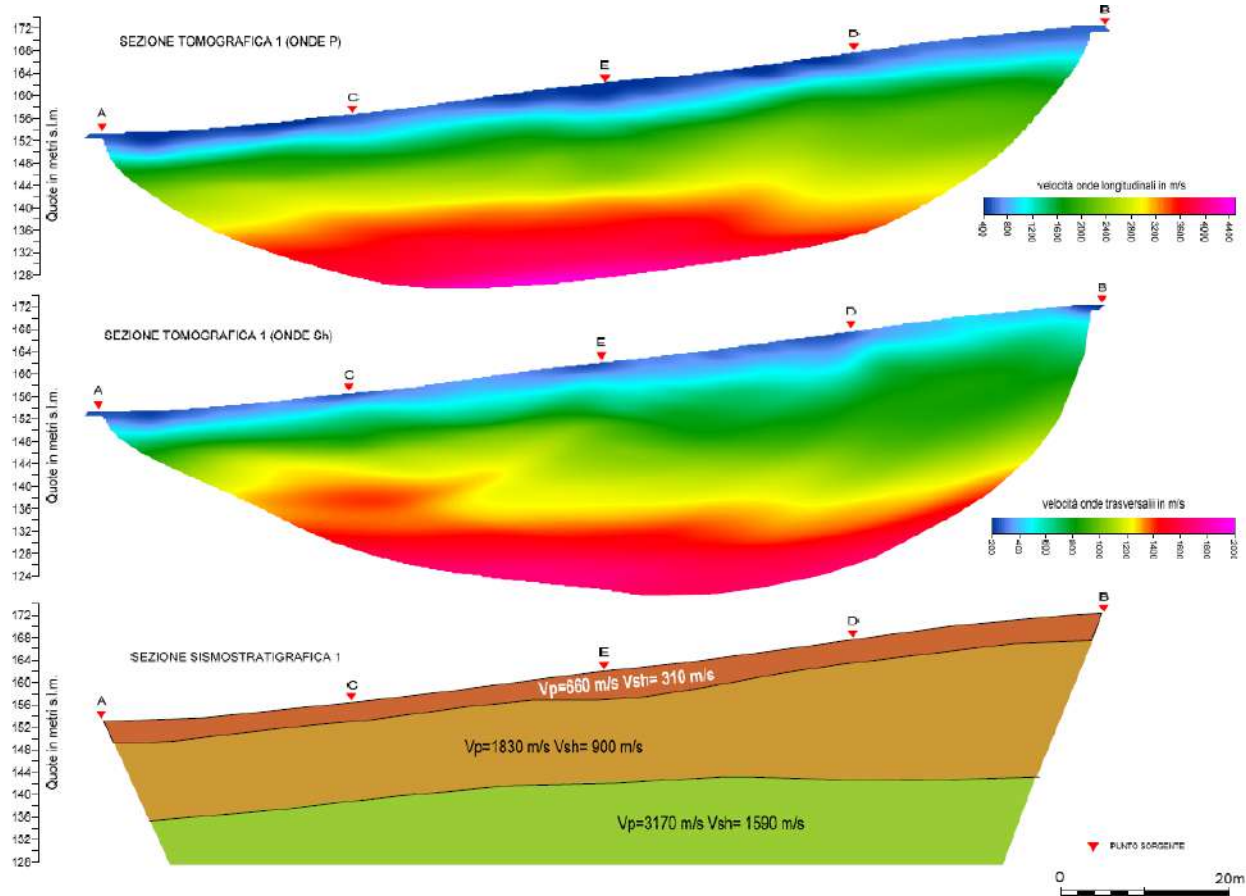


Figura 176 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito R9).

Sito Salisano

L’elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 3 “sismostrati”, così caratterizzati (Figura 177, Figura 178):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 5-6 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 670 m/s e V_{sh} di 360 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con ha una profondità variabile tra 10 e 60 m circa, nel profilo sismico 1, ed una profondità media di 24 m nel profilo sismico 2) ha velocità V_p di 1620 m/s e V_{sh} di 560 m/s;
3. Il substrato rifrattore ha velocità V_p di 3260 m/s e V_{sh} 1710 m/s.

Nel profilo sismico 1 è stata tratteggiata una faglia sub-verticale, in corrispondenza del punto sorgente F, che disloca il contatto tra il secondo sismostrato e il substrato rifrattore. La sua presenza è stata dedotta dall'informazione congiunta della perforazione eseguita, a fine profilo, e dell'indagine di sismica a riflessione. Infatti, dall'indagine di sismica a rifrazione, non è stato possibile rilevare la faglia in questione, in quanto la zona in cui si inserisce (ai margini della sezione) non è coperta dai dati sismici.

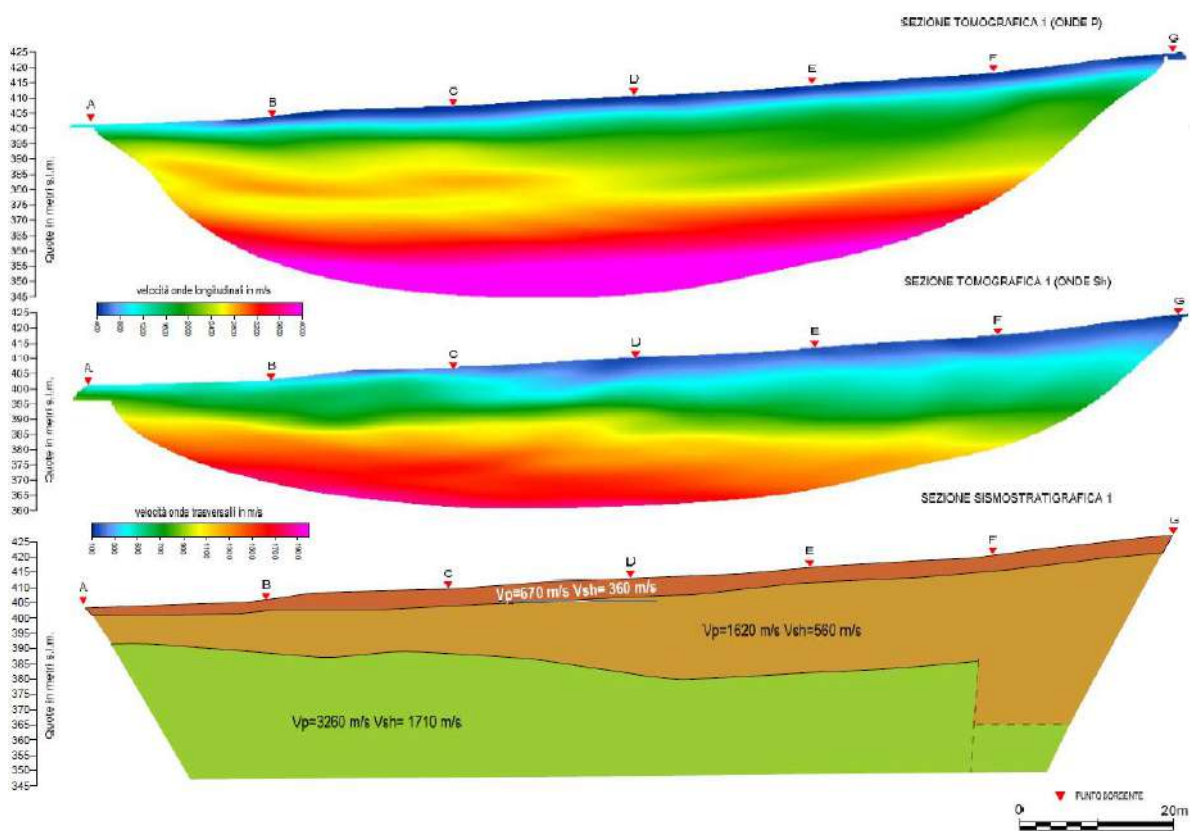


Figura 177 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 1 (Sito Salisano).

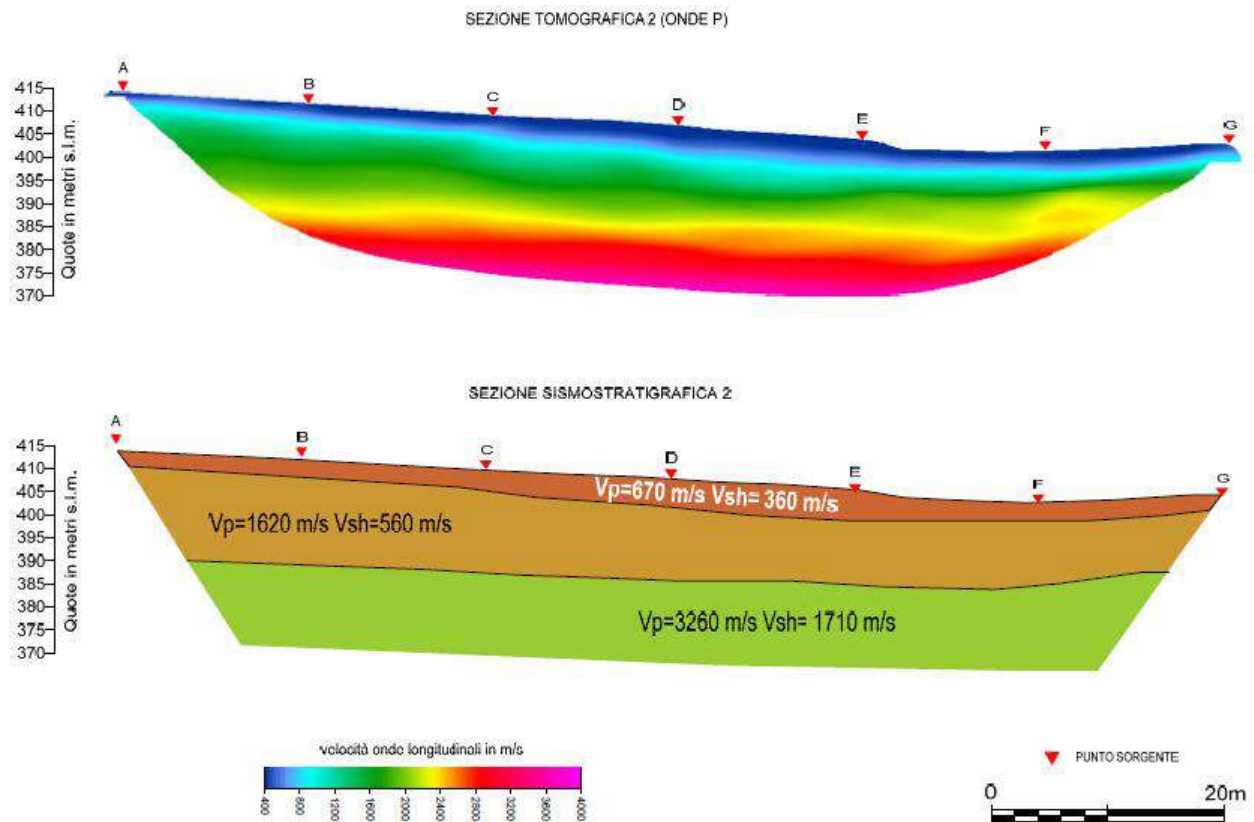


Figura 178 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica n. 2 (Sito Salisano).

Manufatto M3

Per quanto concerne l’elaborazione dei dati delle onde V_p si è ricostruito il sottosuolo secondo 4 “sismostrati”, così caratterizzati (Figura 179):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 1-2 mt dal p.c.) ha velocità V_p minori di 950 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con ha una profondità massima di 6 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 950 m/s e 1200 m/s;
3. Il terzo sismostrato (con una profondità massima di 8 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 1200 m/s e 1450 m/s;
4. Il quarto sismostrato (con una profondità massima di 10 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 1450 m/s e 1700 m/s.

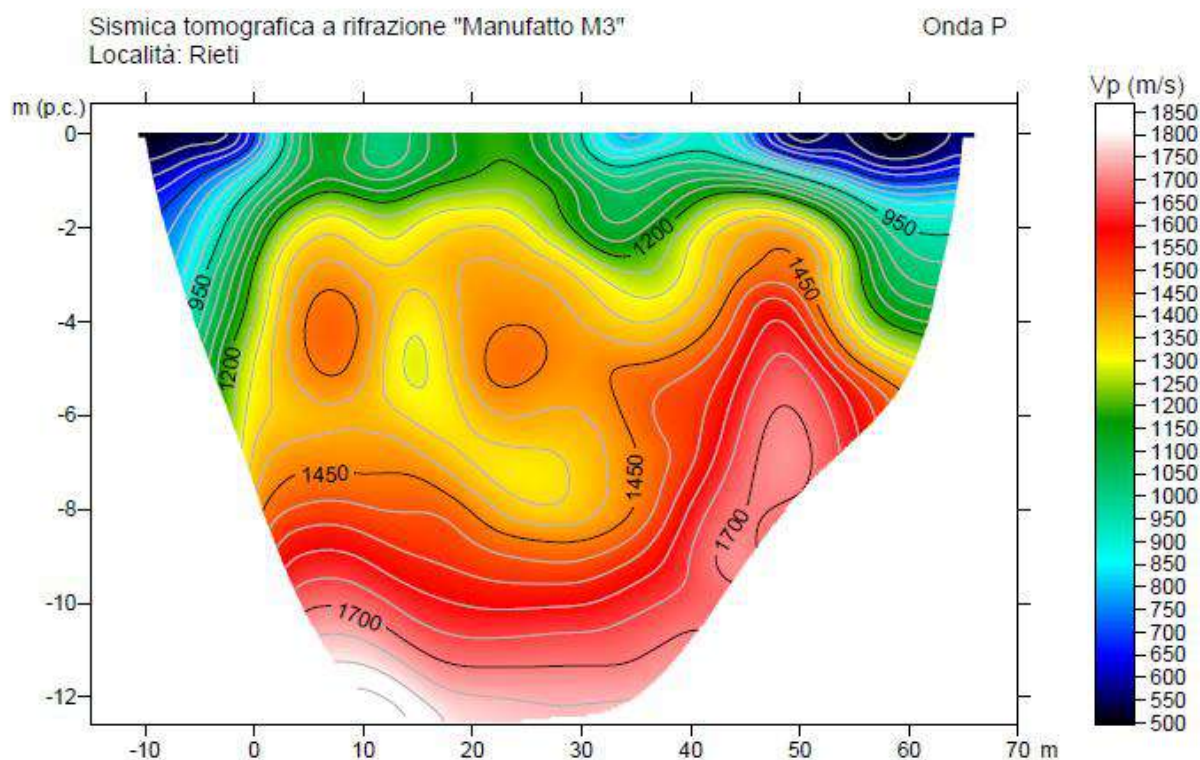


Figura 179 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica Vp (Sito Manufatto M3).

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati delle onde Vs si è ricostruito il sottosuolo secondo 4 "sismostrati", così caratterizzati (Figura 180):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 1-2 mt dal p.c.) ha velocità V_s minori di 380 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con ha una profondità massima di 5 m dal p.c.) ha velocità V_s comprese tra 380 m/s e 480 m/s;
3. Il terzo sismostrato (con una profondità massima di 6 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 480 m/s e 580 m/s;
4. Il quarto sismostrato (con una profondità massima di 9 m dal p.c.) ha velocità V_s comprese tra 580 m/s e 680 m/s.

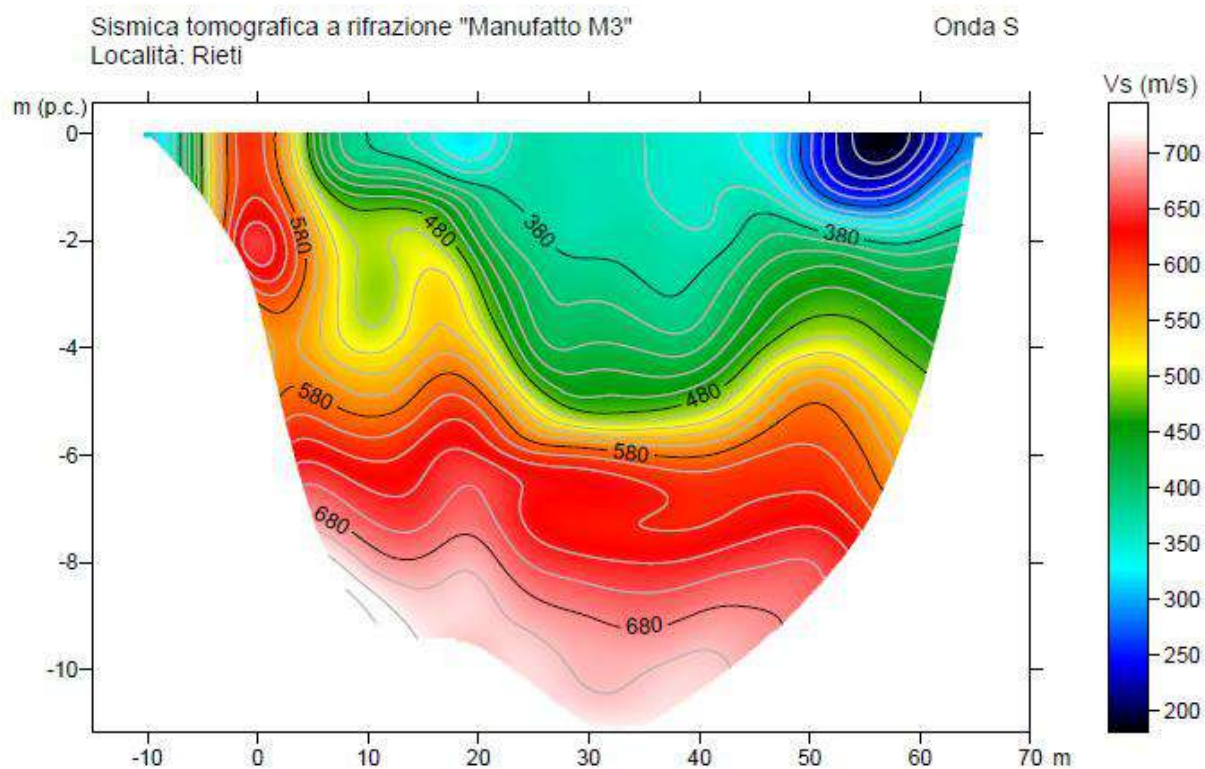


Figura 180 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica Vs (Sito Manufatto M3).

Manufatto M4

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati delle onde V_p si è ricostruito il sottosuolo secondo 4 "sismostrati", così caratterizzati (Figura 181):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 2 mt dal p.c.) ha velocità V_p minori di 900 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con ha una profondità di circa 4-6 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 900 m/s e 1400 m/s;
3. Il terzo sismostrato (con una profondità di circa 6-8 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 1400 m/s e 1900 m/s;
4. Il quarto sismostrato (con una profondità massima di 12 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 1900 m/s e 2400 m/s.

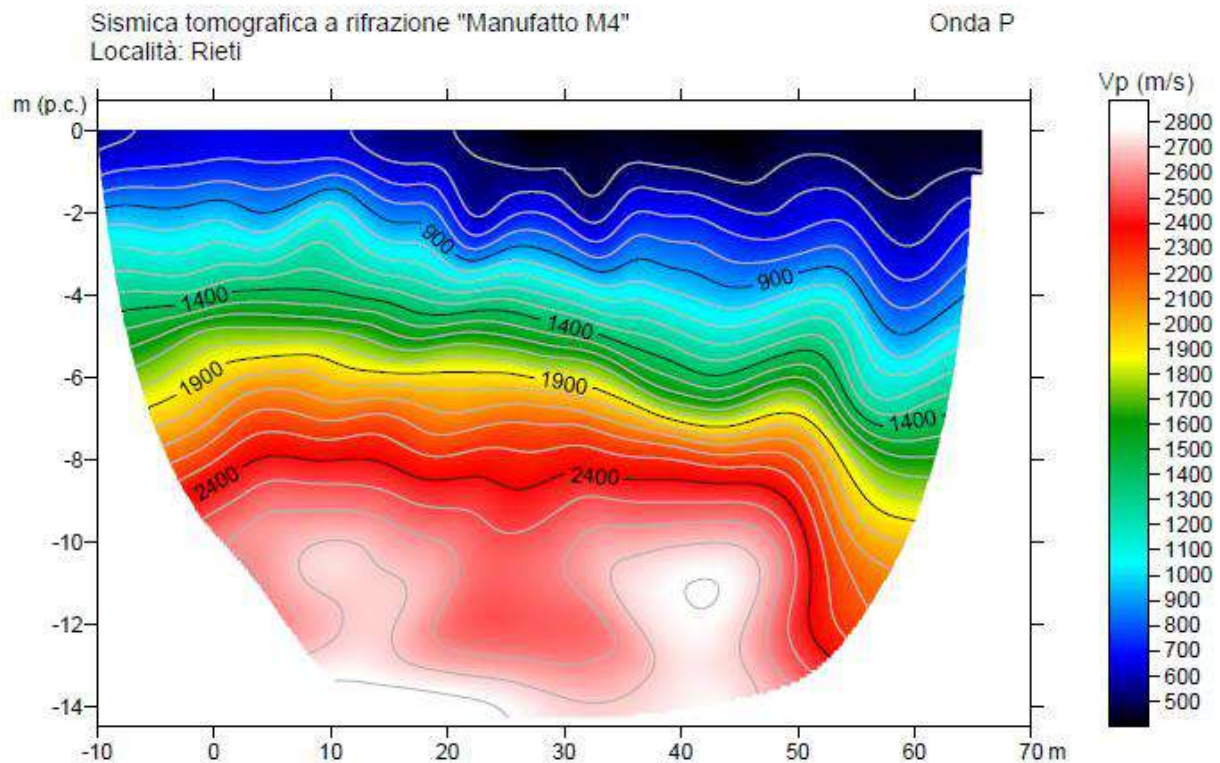


Figura 181 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica V_p (Sito Manufatto M4).

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati delle onde V_s si è ricostruito il sottosuolo secondo 4 "sismostrati", così caratterizzati (Figura 182):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 2-4 mt dal p.c.) ha velocità V_s minori di 450 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con una profondità di circa 6 m dal p.c.) ha velocità V_s comprese tra 450 m/s e 700 m/s;
3. Il terzo sismostrato (con una profondità di circa 10 m dal p.c.) ha velocità V_s comprese tra 700 m/s e 950 m/s;
4. Il quarto sismostrato (con una profondità massima di 12 m dal p.c.) ha velocità V_s comprese tra 950 m/s e 1200 m/s.

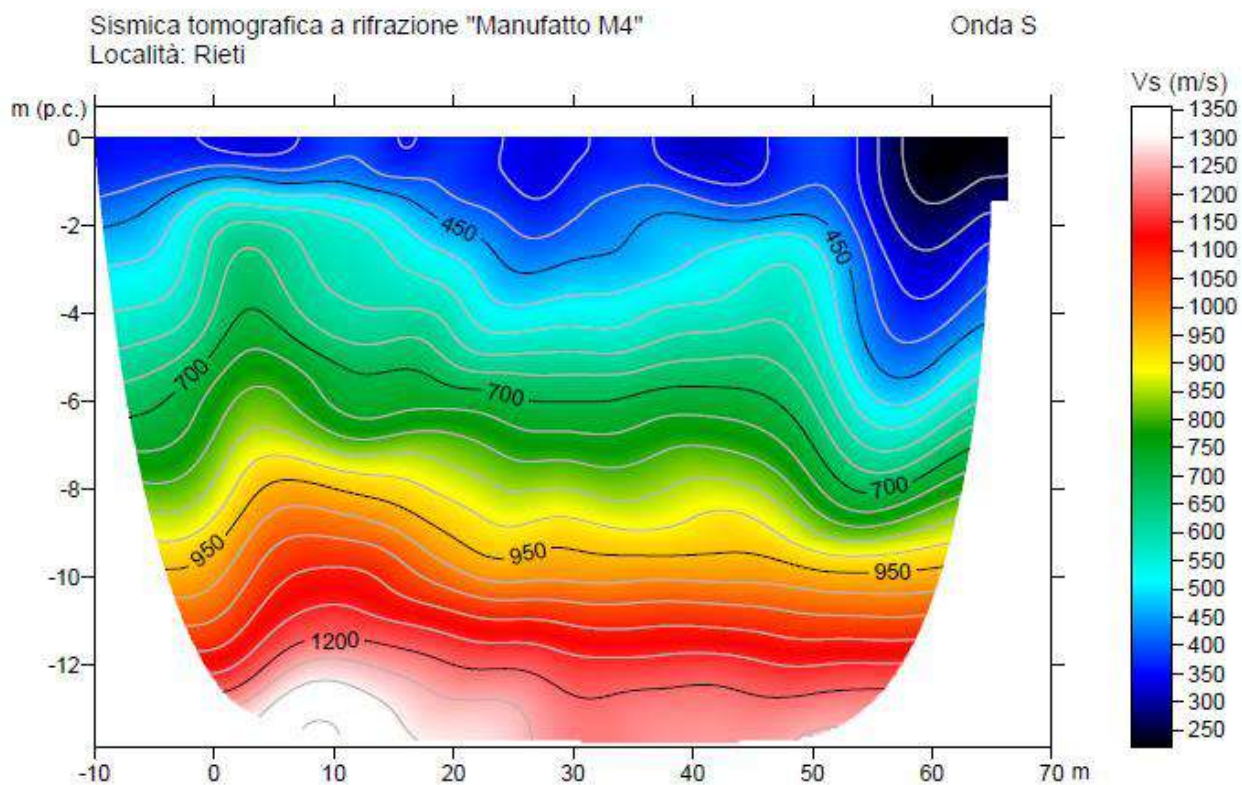


Figura 182 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica V_s (Sito Manufatto M4).

SALTO VALLE

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati delle onde V_p si è ricostruito il sottosuolo secondo 3 "sismostrati", così caratterizzati (Figura 183):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 5 mt dal p.c.) ha velocità V_p minori di 1200 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con ha una profondità di circa 10 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 1200 m/s e 2200 m/s;
3. Il terzo sismostrato (con ha una profondità maggiori di 10 m dal p.c.) ha velocità V_p superiori ai 2200 m/s;

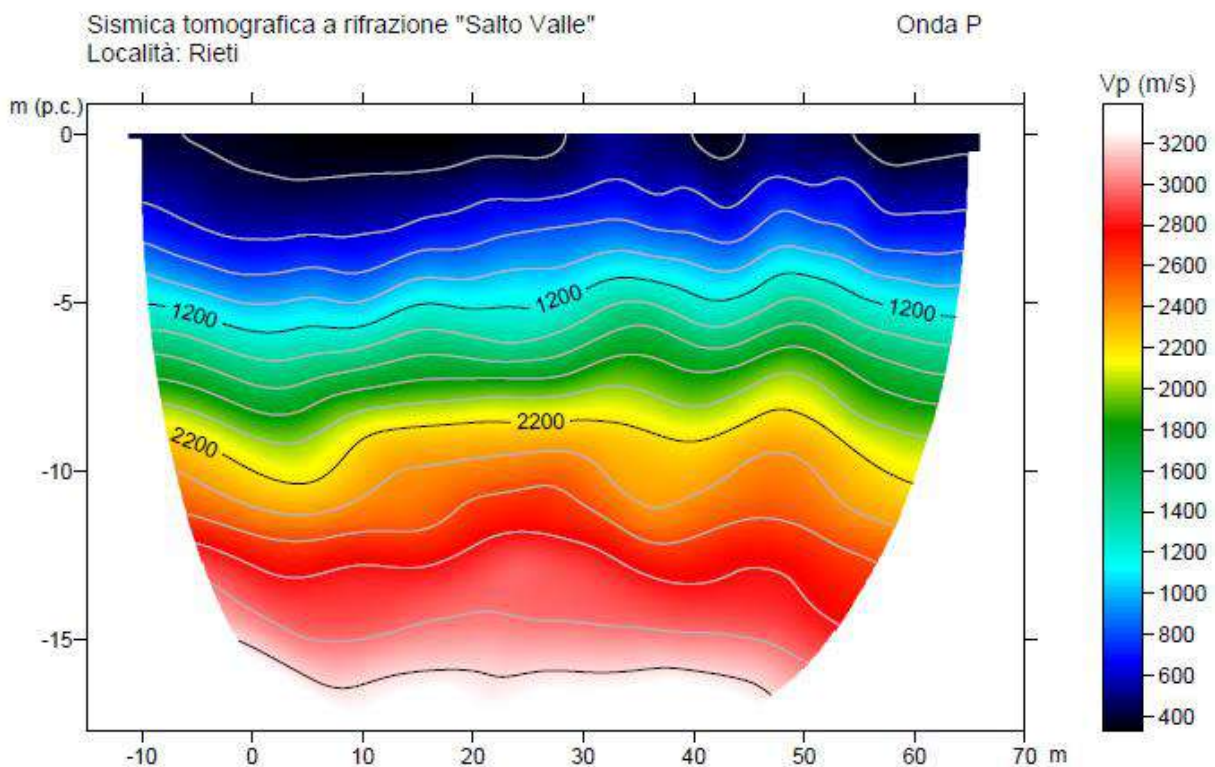


Figura 183 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica V_p (Sito Salto Valle).

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati delle onde V_s si è ricostruito il sottosuolo secondo 5 "sismostrati", così caratterizzati (Figura 184):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 2-3 mt dal p.c.) ha velocità V_s minori di 350 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con una profondità di circa 5 m dal p.c.) ha velocità V_s comprese tra 350 m/s e 600 m/s;
3. Il terzo sismostrato (con una profondità di circa 10 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 600 m/s e 850 m/s;
4. Il quarto sismostrato (con profondità di circa 12 m dal p.c.) ha velocità V_s comprese tra 850 m/s e 1100 m/s;
5. Il quinto sismostrato (con profondità maggiori di 12 m circa dal p.c.) ha velocità V_s superiori ai 1100 m/s.

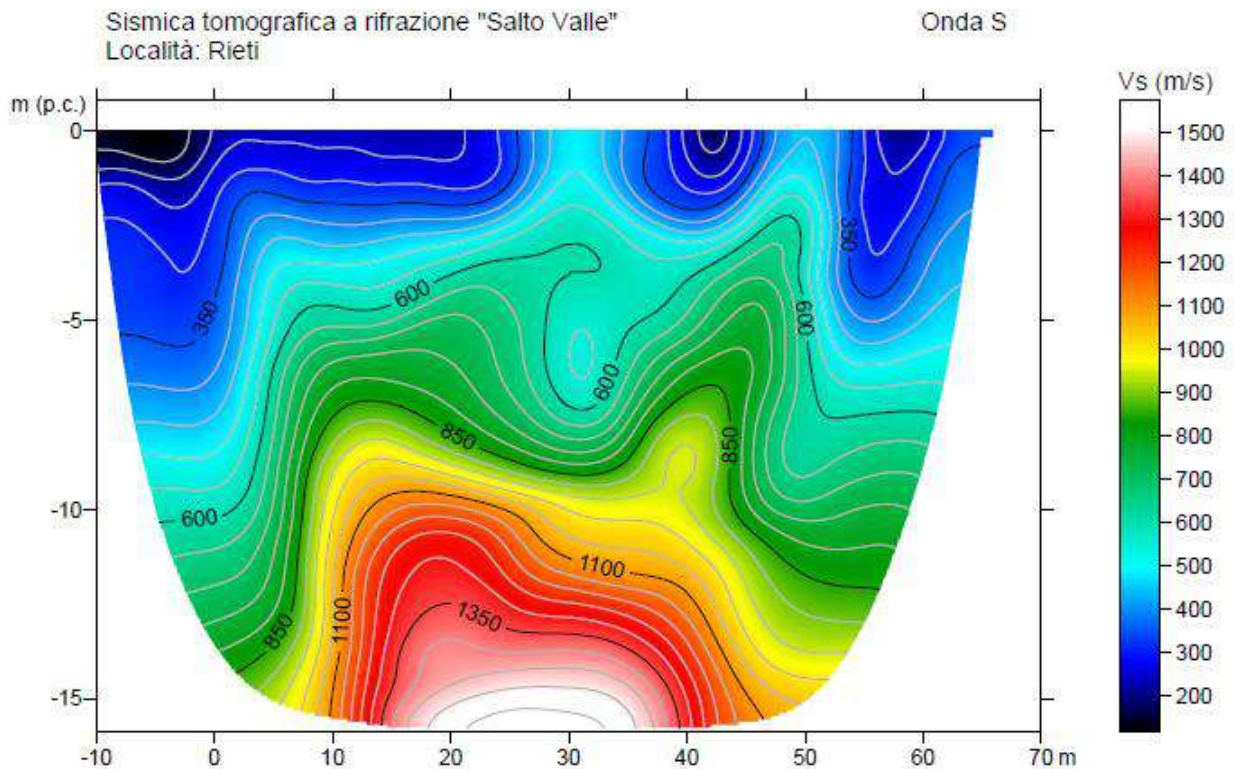


Figura 184 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica Vs (Sito Salto Valle).

TURANO MONTE

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati delle onde Vp si è ricostruito il sottosuolo secondo 3 "sismostrati", così caratterizzati (Figura 185):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 8 mt dal p.c.) ha velocità V_p minori di 1000 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con ha una profondità di circa 13-15 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 1000 m/s e 1500 m/s;
3. Il terzo sismostrato (con ha una profondità di circa 18-20 m dal p.c.) ha velocità V_p superiori tra 1500 m/s e 2000 m/s.

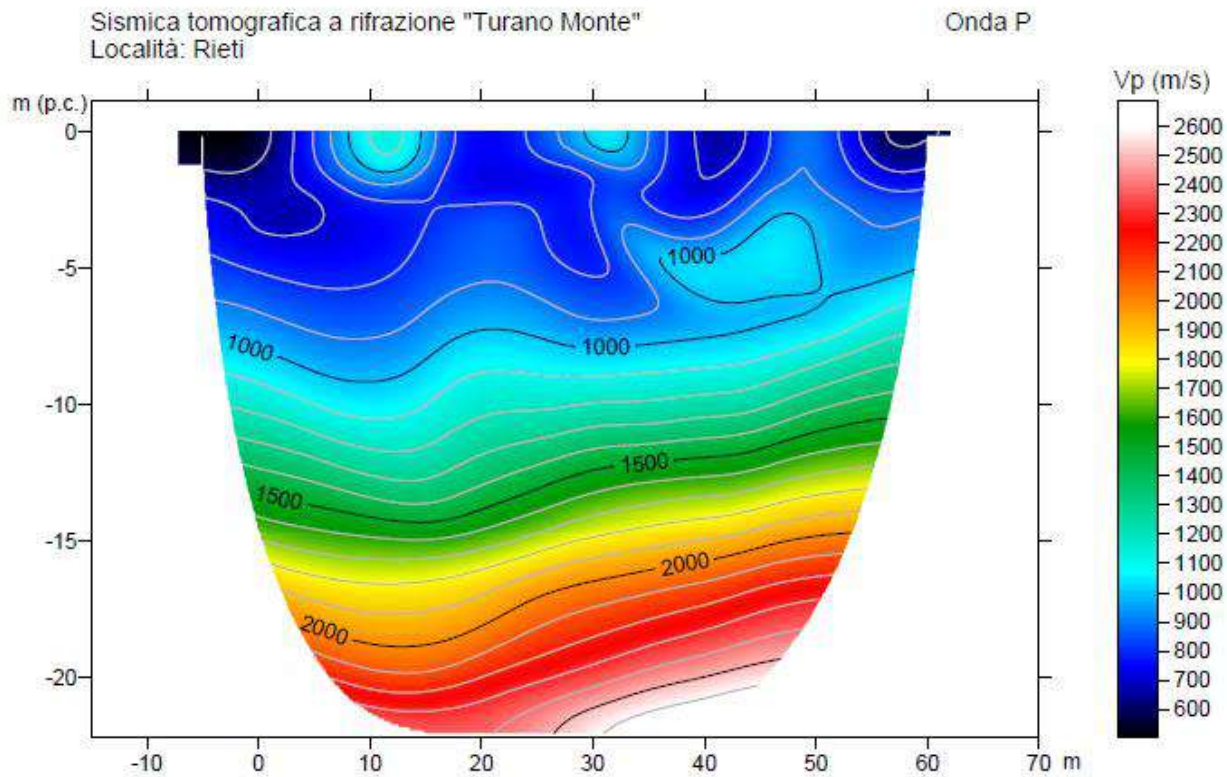


Figura 185 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica V_p (Sito Turano Monte).

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati delle onde V_s si è ricostruito il sottosuolo secondo 3 "sismostrati", così caratterizzati (Figura 186):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 3 mt dal p.c.) ha velocità V_s minori di 400 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con una profondità di circa 5 m dal p.c.) ha velocità V_s comprese tra 350 m/s e 650 m/s;
3. Il terzo sismostrato (con una profondità maggiori di 10 m dal p.c.) ha velocità V_s superiori di 650 m/s.

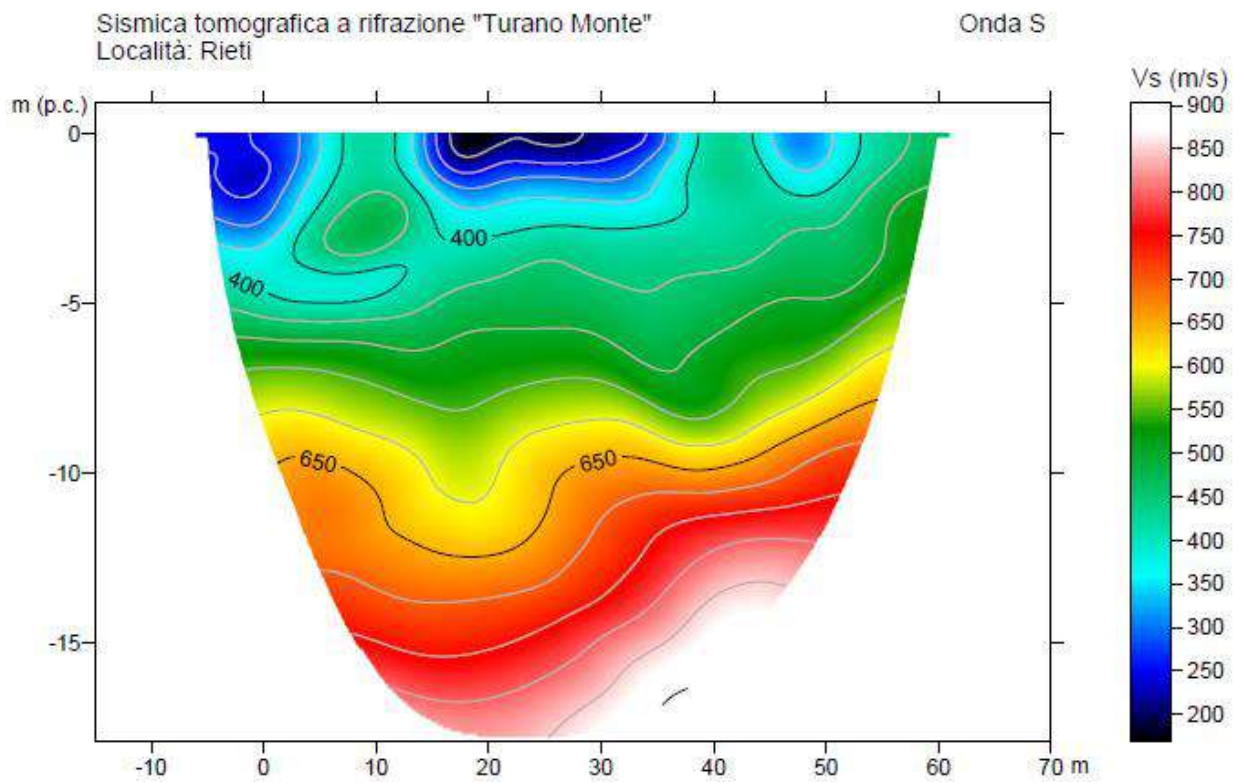


Figura 186 – Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica V_s (Sito Turano Monte).

TURANO VALLE

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati delle onde V_p si è ricostruito il sottosuolo secondo 3 "sismostrati", così caratterizzati (Figura 187):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 4 mt dal p.c.) ha velocità V_p minori di 800 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con ha una profondità di circa 6 m dal p.c.) ha velocità V_p comprese tra 800 m/s e 1300 m/s;
3. Il terzo sismostrato (con ha una profondità di circa 8 m dal p.c.) ha velocità V_p superiori tra 1300 m/s e 1800 m/s.

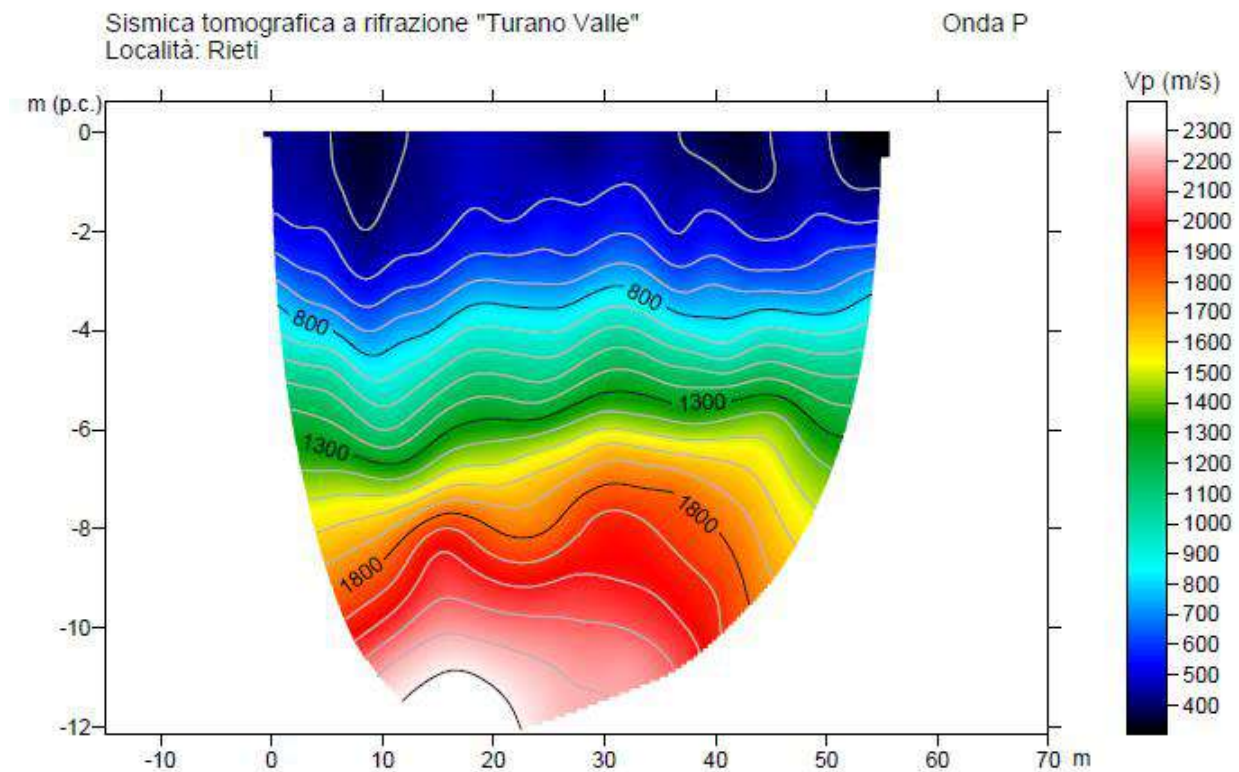


Figura 187 - Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica Vp (Sito Turano Valle).

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati delle onde Vs si è ricostruito il sottosuolo secondo 3 "sismostrati", così caratterizzati (Figura 188):

1. Il primo sismostrato (con una profondità di circa 2-3 mt dal p.c.) ha velocità V_s minori di 400 m/s;
2. Il secondo sismostrato (con una profondità di circa 8 m dal p.c.) ha velocità V_s comprese tra 400 m/s e 650 m/s;
3. Il terzo sismostrato (con una profondità maggiori di 10 m dal p.c.) ha velocità V_s comprese tra 650 m/s e 900 m/s.

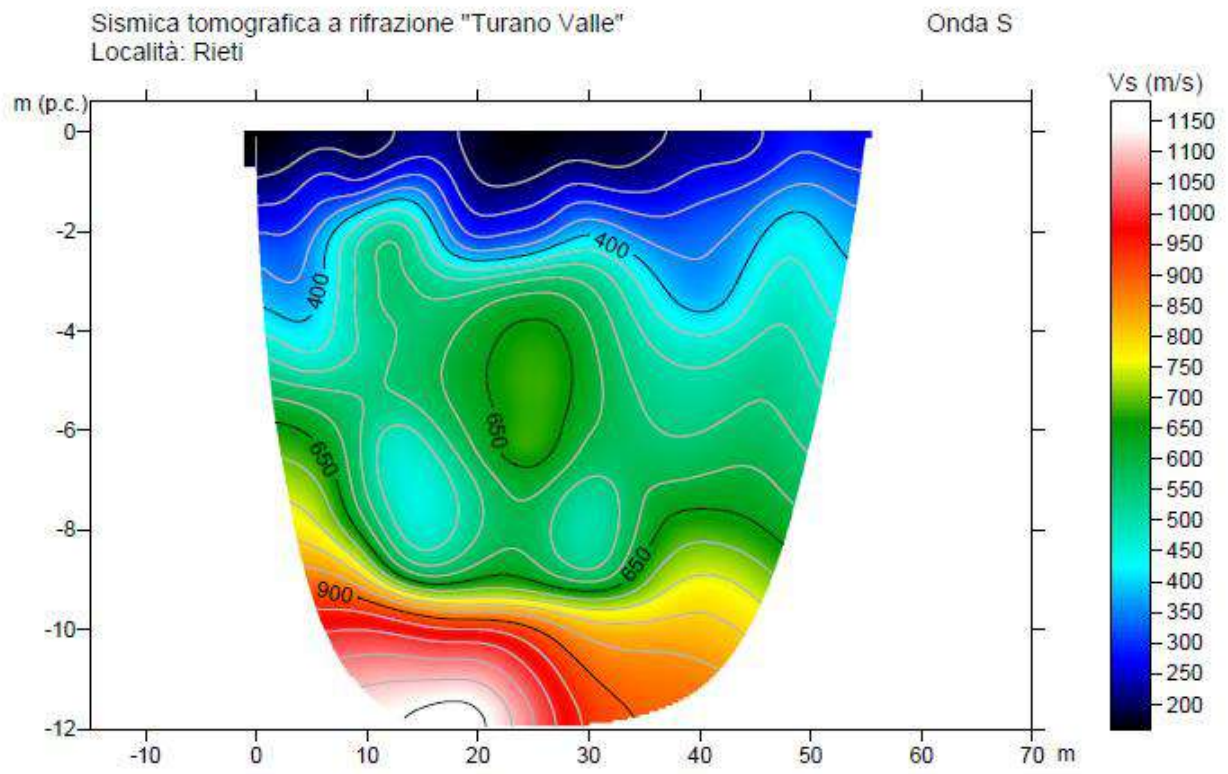


Figura 188 - Sezione tomografica e sezione sismo-stratigrafica Vs (Sito Turano Valle).

9.9 Prospezioni sismiche a riflessione

Sull'area di progetto è stata eseguita un'indagine sismica a riflessione con lo scopo di riconoscere l'assetto stratigrafico e strutturale dei corpi geologici presenti nel sottosuolo. La sismica a riflessione è un metodo di prospezione di tipo attivo che sfrutta le proprietà elastiche del terreno; ogni superficie che marca un passaggio litologico sia essa di carattere stratigrafico o tettonico, rappresenta una discontinuità elastica in grado di riflettere parte dell'energia sismica, generata da una sorgente, che si propaga nel sottosuolo. I segnali riflessi, registrati in superficie da appositi sensori (geofoni) ed opportunamente elaborati, permettono di produrre sezioni sismiche in grado di fornire utili informazioni sull'assetto strutturale dell'area indagata. Nel dettaglio, sono stati indagati 10 siti differenti, la cui ubicazione è riportata negli elaborati A194PDG001, A194PDG002, A194PDG003, A194PDG004, A194PDG005, A194PDG006, A194PDG007, A194PDG008 - *Planimetria con indicazioni delle indagini eseguite* (scala 1:5.000).

- **Sito Micciani:** 1 profilo sismico a riflessione;
- **Sito R2:** 1 profilo sismico a riflessione;
- **Sito R2-2:** 1 profilo sismico a riflessione;
- **Sito R4:** 1 profilo sismico a riflessione;
- **Sito R5:** 1 profilo sismico a riflessione;
- **Sito San Giovanni Reatino:** 2 profili sismici a riflessione;
- **Sito R6:** 1 profilo sismico a riflessione;
- **Sito R7:** 1 profilo sismico a riflessione;
- **Sito R8:** 1 profilo sismico a riflessione;
- **Sito R9:** 1 profilo sismico a riflessione;
- **Sito Salisano:** 2 profili sismici a riflessione.

Tutti i profili sismici a riflessione sono stati acquisiti utilizzando geofoni a 14 Hz shuntati con filtro passivo ad una frequenza di campionamento di 0.0625 ms. Di seguito sono riportate le caratteristiche principali dei profili acquisiti:

RELAZIONE GEOLOGICA

Sito	Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	Numero stazioni
Micciani	Profilo 1	106 m	2 m	14	54
R2	Profilo 1	315 m	3 m	37	106
R2-2	Profilo 1	153 m	3 m	11	52
R4	Profilo 1	243 m	3 m	25	82
R5	Profilo 1	153 m	3 m	11	52
San Giovanni Reatino	Profilo 1	240 m	3 m	27	80
	Profilo 2	240 m	3 m	27	80
R6	Profilo 1	237 m	3 m	24	80
R7	Profilo 1	525 m	3 m	73	176
R8	Profilo 1	237 m	3 m	24	80
R9	Profilo 1	153 m	3 m	11	52
Salisano	Profilo 1	153 m	3 m	11	52
	Profilo 2	106 m	2 m	24	54

In seguito vengono riepilogati i risultati relativi ai 13 profili sismici ottenuti tramite prospezione sismica a riflessione. I report delle indagini contenenti le modalità di esecuzione, interpretazione ed i risultati sono consultabili negli allegati in calce alla presente Relazione Geologica.

Sito Micciani

Dall'analisi della "sezione tempo" (Figura 189) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 80 e 90 millisecondi, ed un secondo riflettore posto a circa 170 millisecondi. Inoltre, è stato possibile individuare alcune discontinuità subverticali che interrompono la continuità orizzontale dei segnali riflessi considerati.

Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall'elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi,

effettuando un'analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione. Tale tomografia ha permesso di riscontrare un aumento di velocità con la profondità, attribuibile ad un miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni. In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 190), la prima riflessione individuata risulta posizionabile tra circa 45 e 55 metri di profondità mentre, la seconda riflessione, si posiziona tra circa 95 e 105 metri di profondità. Entrambe le riflessioni hanno un assetto inclinato e tendono ad emergere verso Nord-Est.

Per quanto riguarda la correlazione tra i riflettori individuati e la litologia del sito si può asserire che:

- la prima riflessione potrebbe associarsi ad un cambio litologico nell'ambito dei sedimenti alluvionali (maggior grado di cementazione);
- La seconda riflessione, invece, è da correlarsi, con buona probabilità, al substrato carbonatico in quanto nella sezione tempo analizzata è l'ultima riflessione sub-orizzontale visibile, dopodiché i segnali riflessi risultano disallineati e con minore energia. Ciò avviene, tipicamente, al raggiungimento del substrato roccioso;
- Le discontinuità sub-verticali individuate, invece, potrebbero rappresentare delle discontinuità litologiche che interrompono la continuità stratigrafica dei sedimenti presenti.

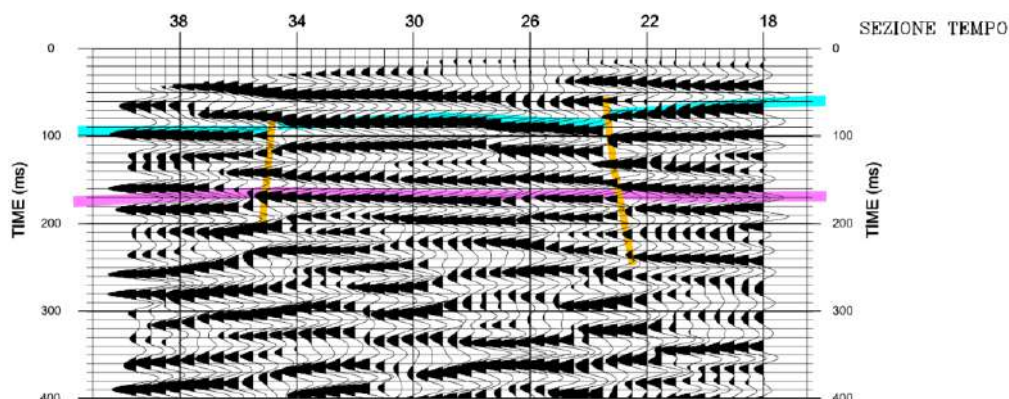


Figura 189 – Sezione tempo. Le curve colorate marcano gli orizzonti fisici di riflessione.

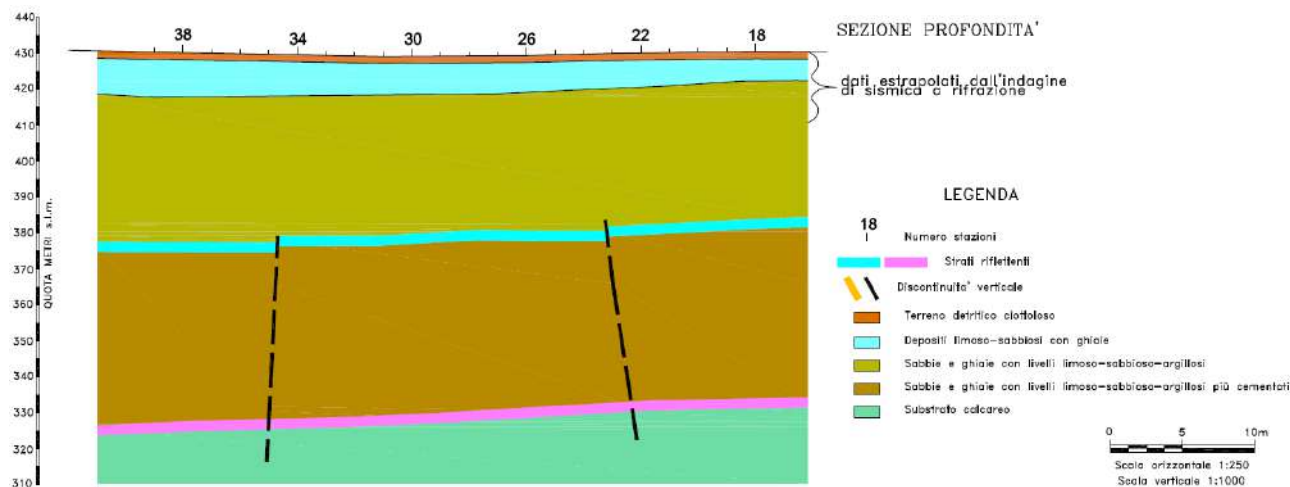
RELAZIONE GEOLOGICA


Figura 190 – Sezione profondità ottenuta dall’analisi della prospezione sismica a riflessione.

Sito R2

Dall’analisi della “sezione tempo” (Figura 191) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 90 e 110 millisecondi, ed un secondo riflettore posto tra 170 e 220 millisecondi.

Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione. In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 192), la prima riflessione individuata risulta posizionabile tra circa 55 e 65 metri di profondità mentre, la seconda riflessione, si posiziona tra circa 100 e 125 metri di profondità.

Per quanto riguarda la correlazione tra i riflettori individuati e la litologia del posto si può asserire che:

- la prima riflessione potrebbe associarsi ad un maggior addensamento dei sedimenti alluvionali, costituiti da sabbie e sabbie limoso ghiaiose, oppure alla presenza di calcari alternati a sabbioni calcarei;
- La seconda riflessione, invece, è da correlarsi, con buona probabilità, alla presenza del substrato calcareo più compatto in quanto nella sezione tempo

analizzata è l'ultima riflessione sub-orizzontale visibile, dopodiché i segnali riflessi risultano disallineati e con minore energia. Ciò avviene, tipicamente, al raggiungimento del substrato roccioso.

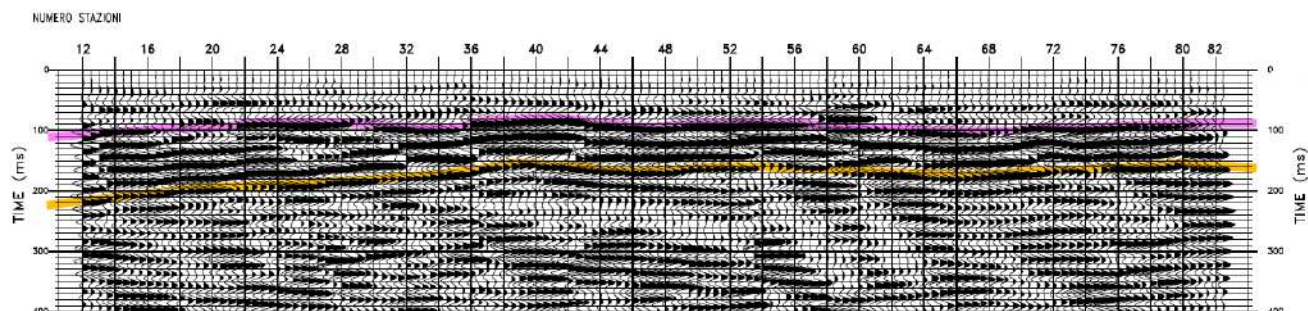


Figura 191 – Sezione tempo. Le curve colorate marcano gli orizzonti fisici di riflessione.

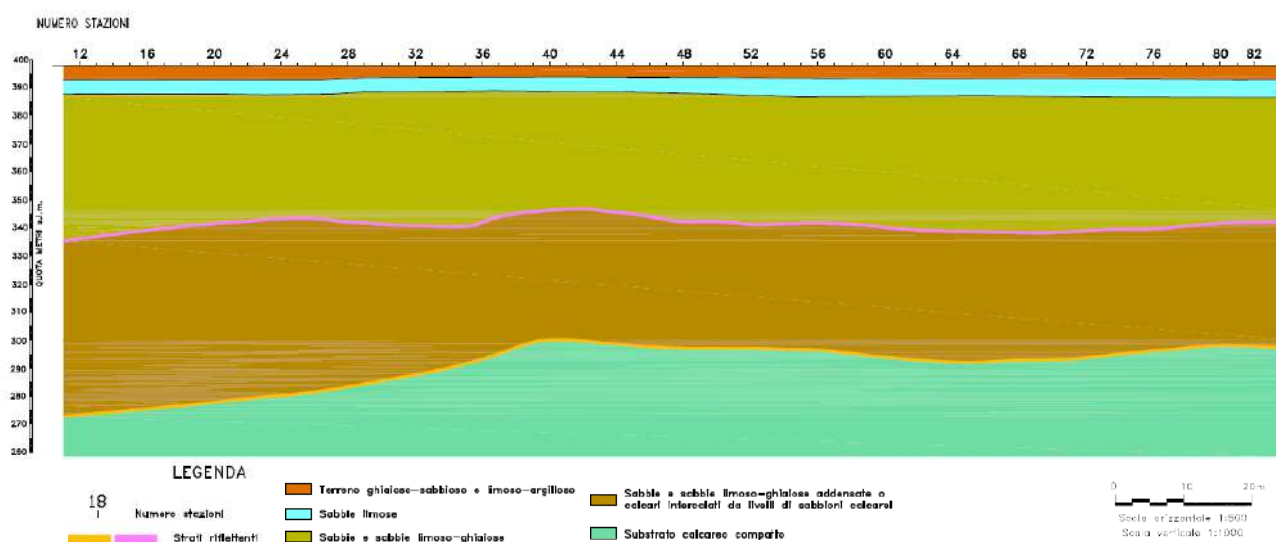


Figura 192 – Sezione profondità ottenuta dall'analisi della prospezione sismica a riflessione.

Sito R2-2

Dall'analisi della "sezione tempo" (Figura 193) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 130 e 150 millisecondi, seguono altri riflettori meno energetici posti tra 160 e 260 millisecondi.

Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall'elaborazione tomografica del

sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un'analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione.

In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 193), la prima riflessione individuata risulta posizionabile tra circa 75 e 80 metri di profondità mentre, le riflessioni che seguono, si posizionano tra circa 90 e 130 metri di profondità con immersione verso Est.

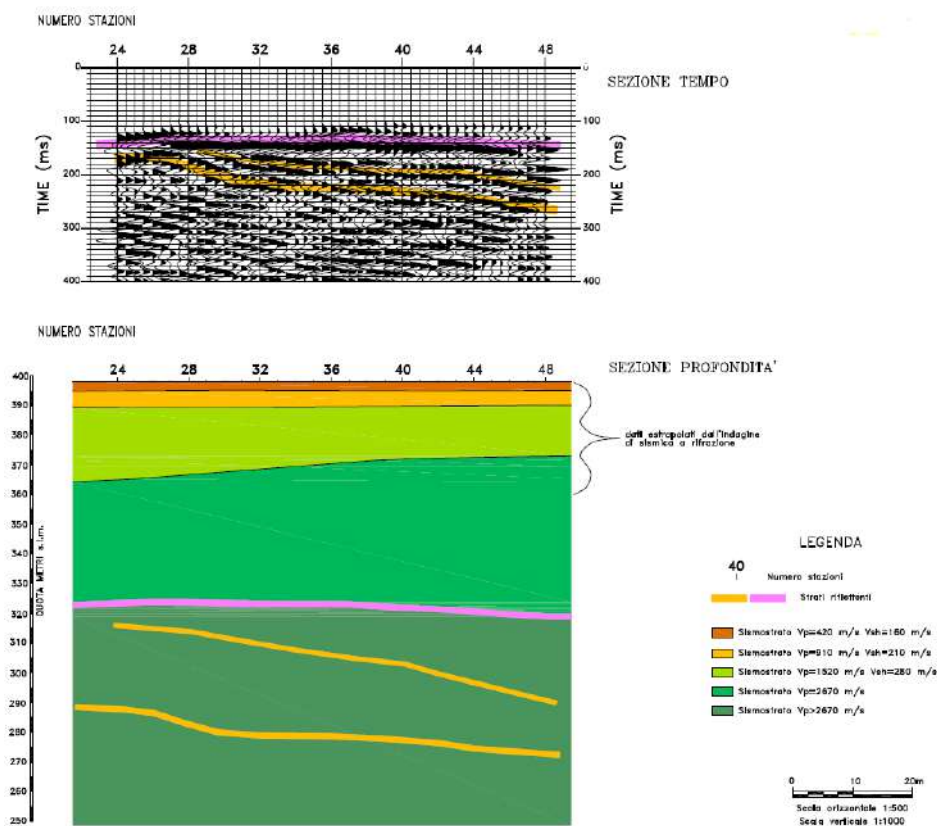


Figura 193 – Sezione tempo e sezione profondità ottenuta dall'analisi della prospezione sismica a riflessione

Sito R4

Dall'analisi della "sezione tempo" (Figura 194) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 30 e 80 millisecondi, ed un secondo riflettore posto tra 120 e 170 millisecondi.

Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall'elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un'analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione. In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 195), la prima riflessione individuata risulta posizionabile tra circa 28 e 45 metri di profondità mentre, la seconda riflessione, si posiziona tra circa 70 e 90 metri di profondità.

Per quanto riguarda la correlazione tra i riflettori individuati e la litologia del sito si può asserire che:

- la prima riflessione potrebbe associarsi ad argilla marnosa;
- la seconda riflessione, invece, è da correlarsi, con buona probabilità, o alla presenza del substrato calcareo in quanto nella sezione tempo analizzata è l'ultima riflessione sub-orizzontale visibile, dopodiché i segnali riflessi risultano disallineati e con minore energia. Ciò avviene, tipicamente, al raggiungimento del substrato roccioso. Tuttavia, non si esclude che la roccia carbonatica sia associabile al primo segnale riflesso.

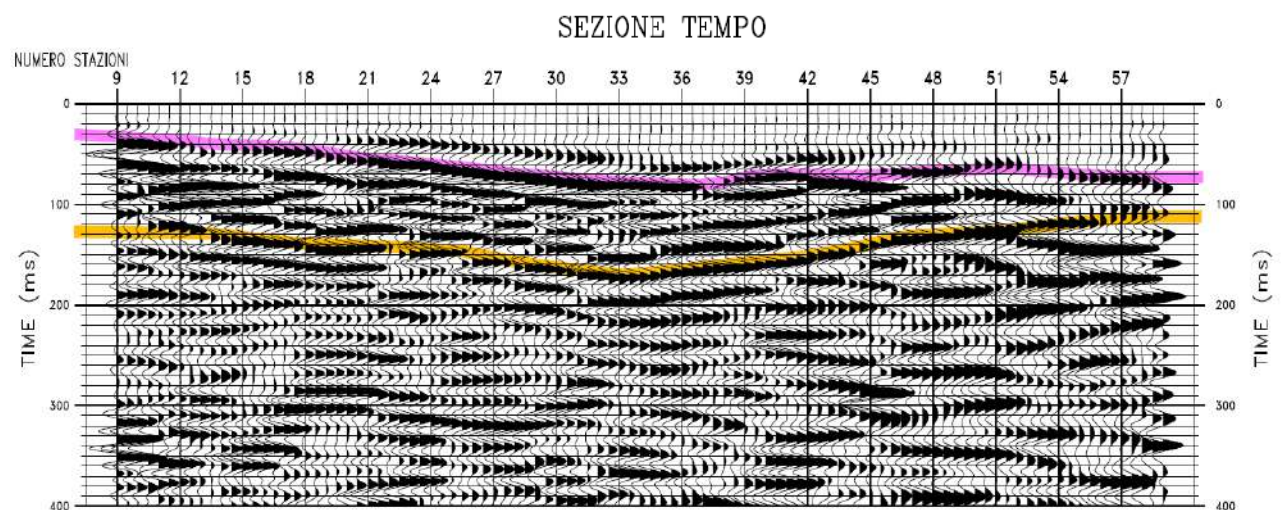


Figura 194 – Sezione tempo. Le curve colorate marcano gli orizzonti fisici di riflessione.

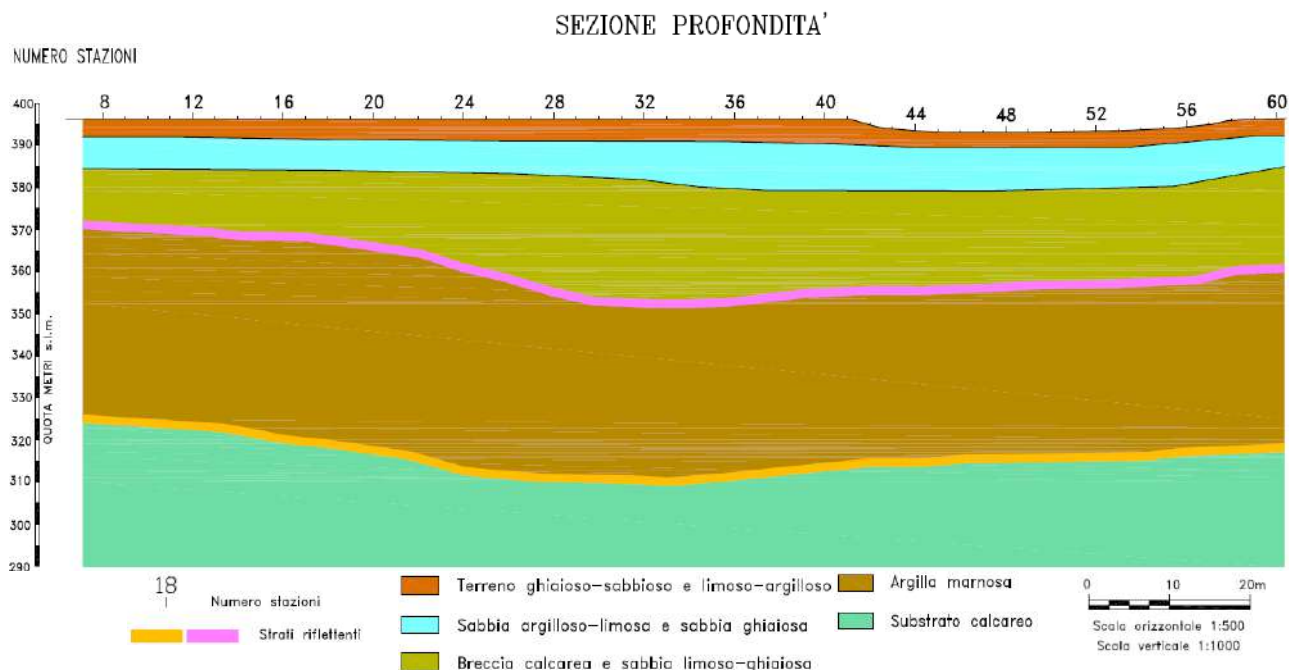


Figura 195 – Sezione profondità ottenuta dall’analisi della prospezione sismica a riflessione.

Sito 5

Dall’analisi della “sezione tempo” (Figura 196) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 60 e 70 millisecondi, ed un secondo riflettore anch’esso molto energetico posto tra 80 e 120 millisecondi. Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione.

In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 196), la prima riflessione individuata risulta posizionabile tra circa 25 metri di profondità mentre, la seconda riflessione, si posiziona tra circa 30 e 58 metri di profondità con immersione verso Sud. Inoltre dalla stazione 12 alla stazione 14 è presente una didascalia subverticale.

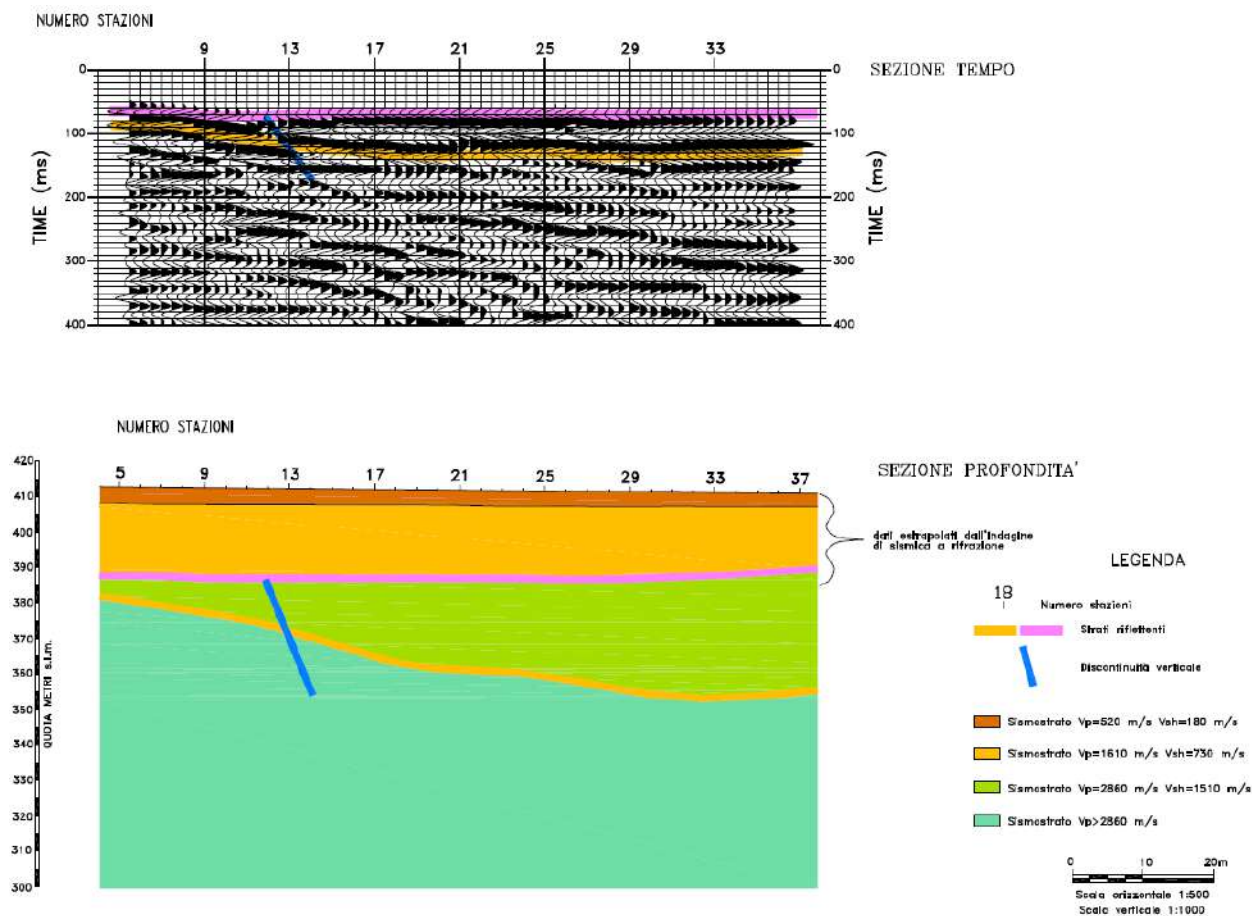


Figura 196 – Sezione tempo e sezione profondità ottenuta dall’analisi della prospezione sismica a riflessione.

Sito San Giovanni Reatino

Dall’analisi della “sezione tempo” (Figura 197-198) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 40 e 50 millisecondi, un secondo riflettore anch’esso molto energetico posto tra 100 e 120 millisecondi e un terzo riflettore posto a 190 e 210 millisecondi. Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione.

In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 197-198), la prima riflessione individuata risulta posizionabile tra circa 25-30 metri di profondità, la seconda riflessione si posiziona tra circa 100-120 metri di profondità e la terza riflessione risulta posizionabile a 160-170 metri di profondità. Inoltre, sono state individuate per il profilo 1 quattro discontinuità subverticali posizionate tra le stazioni 41-38, 24-21, 18, e 15-13, mentre per il profilo 2 sono state rilevate due discontinuità subverticali posizionate tra le stazioni 17-18 e 23-24.

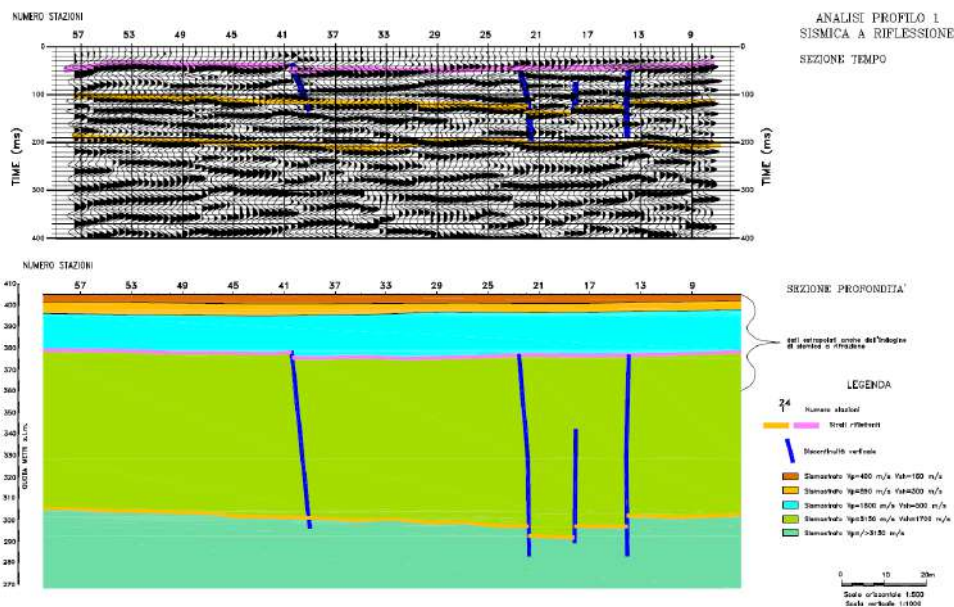


Figura 197 – Sezione tempo e sezione profondità ottenuta dall’analisi della prospezione sismica a riflessione.

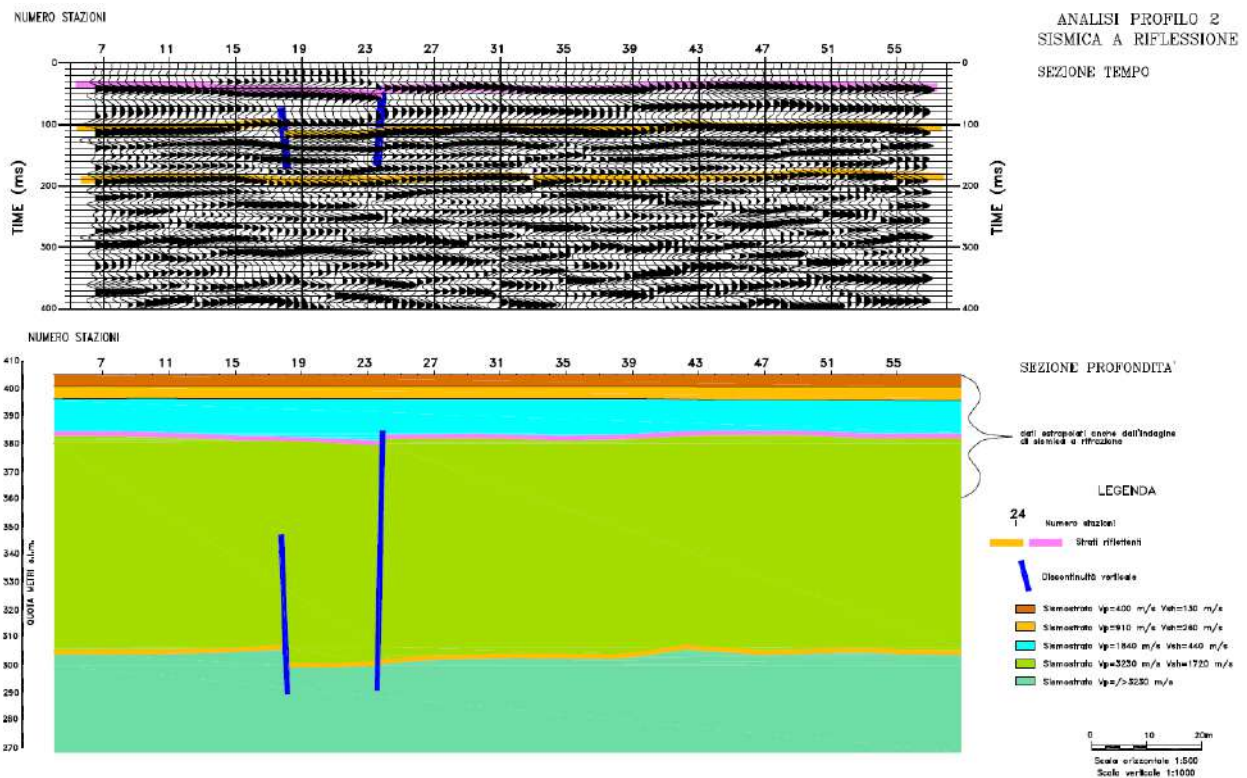


Figura 198 – Sezione tempo e sezione profondità ottenuta dall’analisi della prospezione sismica a riflessione.

Sito 6

Dall’analisi della “sezione tempo” (Figura 199) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 90 e 100 millisecondi.

Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione. In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 199), la riflessione individuata risulta posizionabile a circa 45-50 metri di profondità. Inoltre, sono state individuate cinque discontinuità subverticali posizionate: tra le stazioni 26-28, 37, 40, 45 e 54-57.

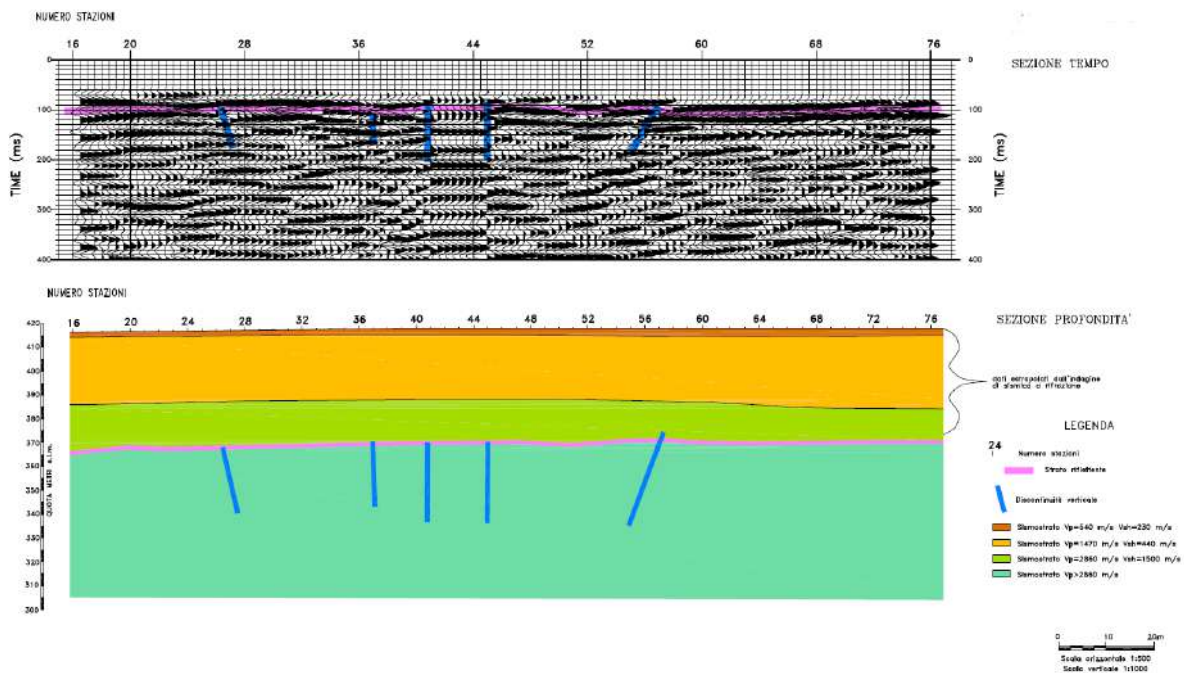


Figura 199 – Sezione tempo e sezione profondità ottenuta dall’analisi della prospezione sismica a riflessione.

Sito R7

Dall’analisi della “sezione tempo” (Figura 200) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 20 e 60 millisecondi, esso, non più visibile dalla stazione n. 82. Per ultimo è ben visibile un riflettore posto tra 70 e 130 millisecondi. Tra questi due riflettori sono presenti riflessioni che hanno andamenti disarticolati. Inoltre, sono state individuate una serie di discontinuità verticali.

Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione. In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità, la prima riflessione individuata risulta posizionabile tra circa 15 e 30 metri di profondità mentre, la seconda riflessione, si posiziona tra circa 95 e 130 metri di profondità.

Per quanto riguarda la correlazione tra i riflettori individuati e la litologia del sito si può asserire che:

- la prima riflessione potrebbe associarsi ad un netto cambio litologico tra sedimenti alluvionali cementati, costituiti da sabbie e ghiaie con livelli limoso-sabbioso argillosi (Conglomerati), e basamento carbonatico costituito da calcare marnoso e/o alternanza di livelli conglomeratici e strati rocciosi tenaci;
- la riflessione più profonda potrebbe correlarsi alla presenza del basamento calcareo in posto o ad una roccia calcarea più tenace in quanto nella sezione tempo analizzata è l'ultima riflessione sub-orizzontale visibile, dopodiché i segnali riflessi risultano disallineati e con minore energia;
- Le riflessioni intermedie indicherebbero i piani di strato intermedi con tenui coefficienti di riflessione;
- Per quanto riguarda le discontinuità verticali, queste potrebbero associarsi a fratture verticali con possibile dislocazione degli strati citati.

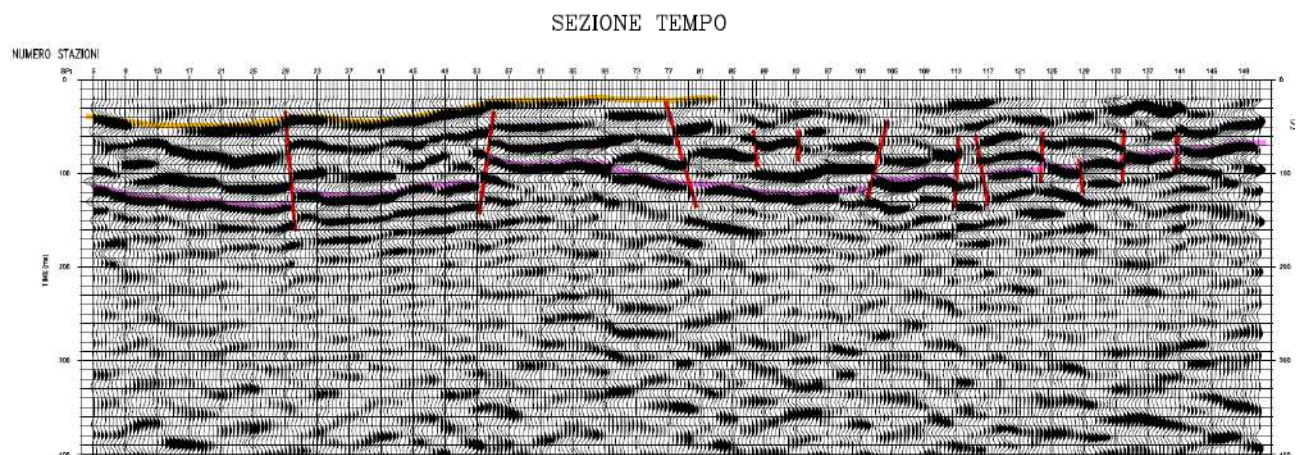


Figura 200 – Sezione tempo. Le curve colorate marcano gli orizzonti fisici di riflessione. Le linee rosse marcano le discontinuità verticali

Sito 8

Dall'analisi della "sezione tempo" (Figura 201) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 80 e 90 millisecondi, segue un secondo riflettore meno energetico e a tratti discontinuo, posizionato tra 180 e 200 millisecondi.

RELAZIONE GEOLOGICA

Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall'elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un'analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione. In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 201), la prima riflessione individuata risulta posizionabile a circa 60 metri di profondità, mentre la seconda riflessione si posiziona a circa 150 metri di profondità. Le due riflessioni seguono l'andamento delle quote topografiche.

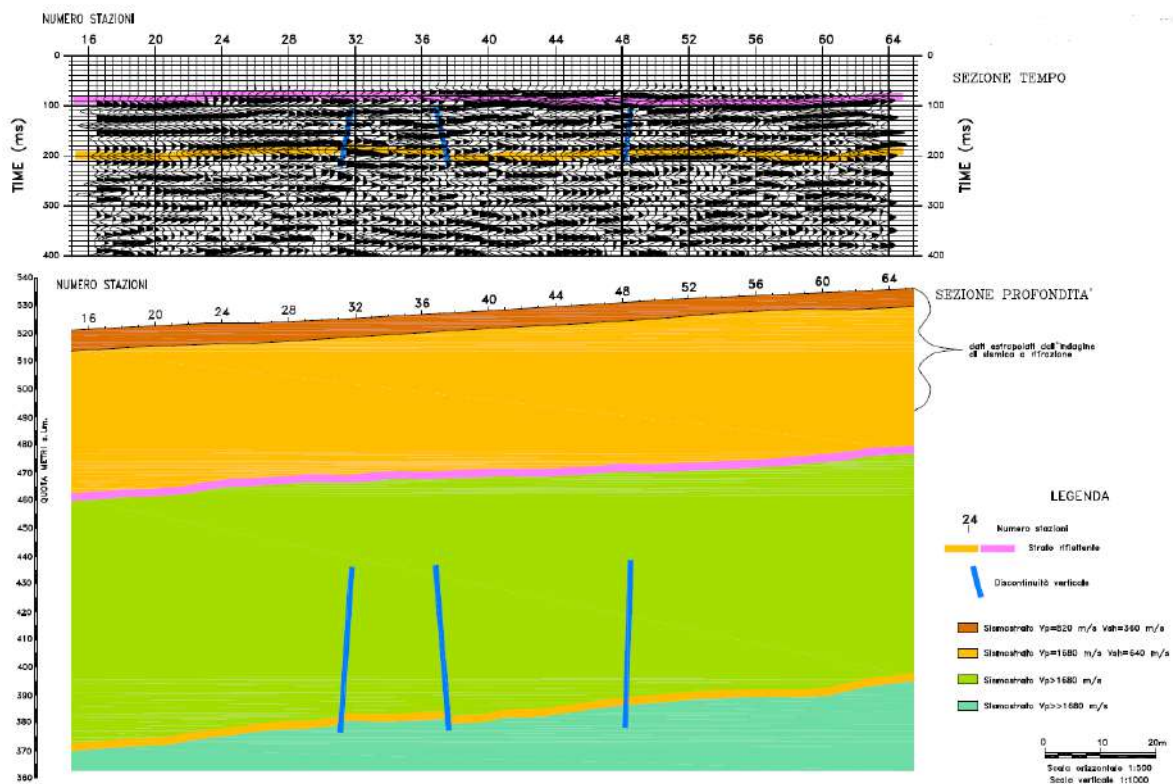


Figura 201 – Sezione tempo e sezione profondità ottenuta dall'analisi della prospezione sismica a riflessione.

Sito 9

Dall'analisi della "sezione tempo" (Figura 202) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 70 e 100 millisecondi, segue un

secondo riflettore anch'esso molto energetico e a tratti discontinuo, posizionato a 210 millisecondi.

Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall'elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un'analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione. In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 202), la prima riflessione individuata risulta posizionata tra circa 40 e 60 metri di profondità, la seconda riflessione risulta posizionata tra circa 60 e 80 metri di profondità. La terza riflessione risulta posizionata a circa 130 metri di profondità. Inoltre, sono state individuate due discontinuità subverticale posizionate tra le stazioni 9-13 e 17-20.

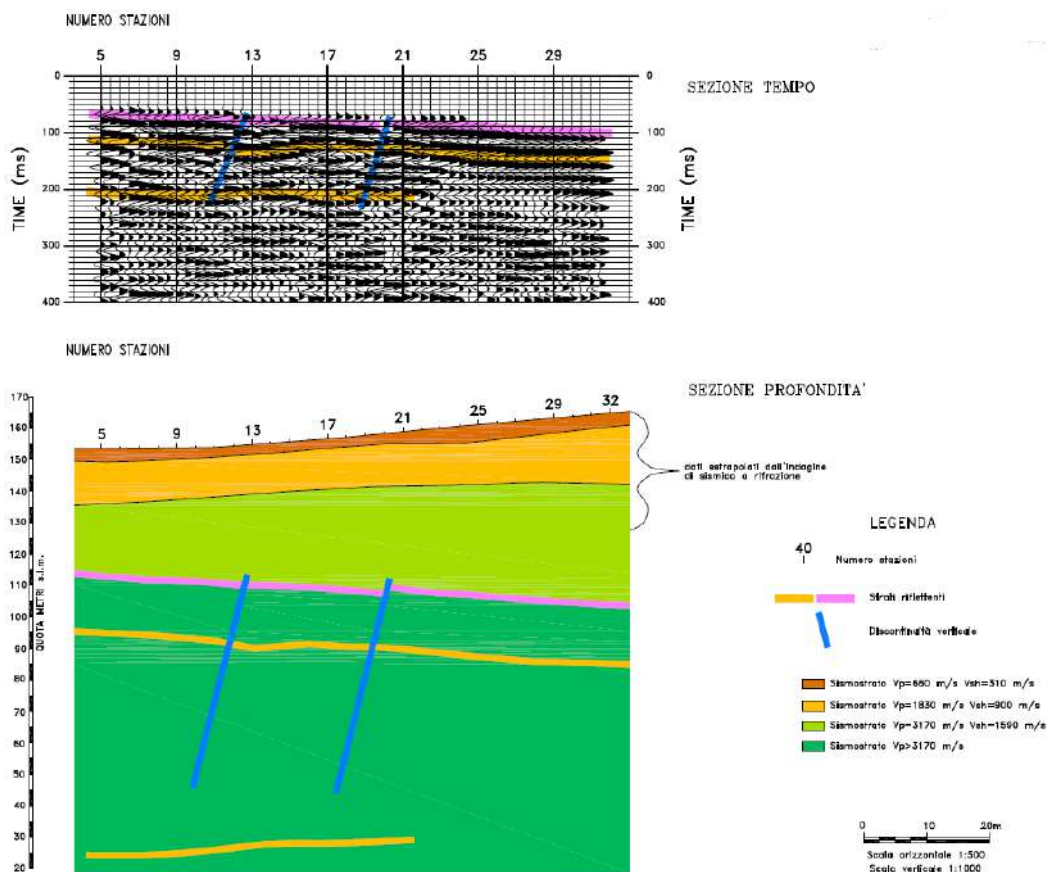


Figura 202 – Sezione tempo e sezione profondità ottenuta dall'analisi della prospezione sismica a riflessione.

Sito Salisano

Profilo 1

Dall’analisi della “sezione tempo” (Figura 203) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 60 e 90 millisecondi, segue un secondo riflettore poco energetico e discontinuo, posizionato tra 170 e 210 millisecondi.

Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione. In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 203), la prima riflessione individuata risulta posizionata tra circa 20 e 60 metri di profondità, mentre la seconda riflessione risulta posizionata tra circa 90 e 145 metri di profondità. Inoltre, in corrispondenza delle stazioni 40-44 è presente una discontinuità subverticale che sembra dislocare i due riflettori.

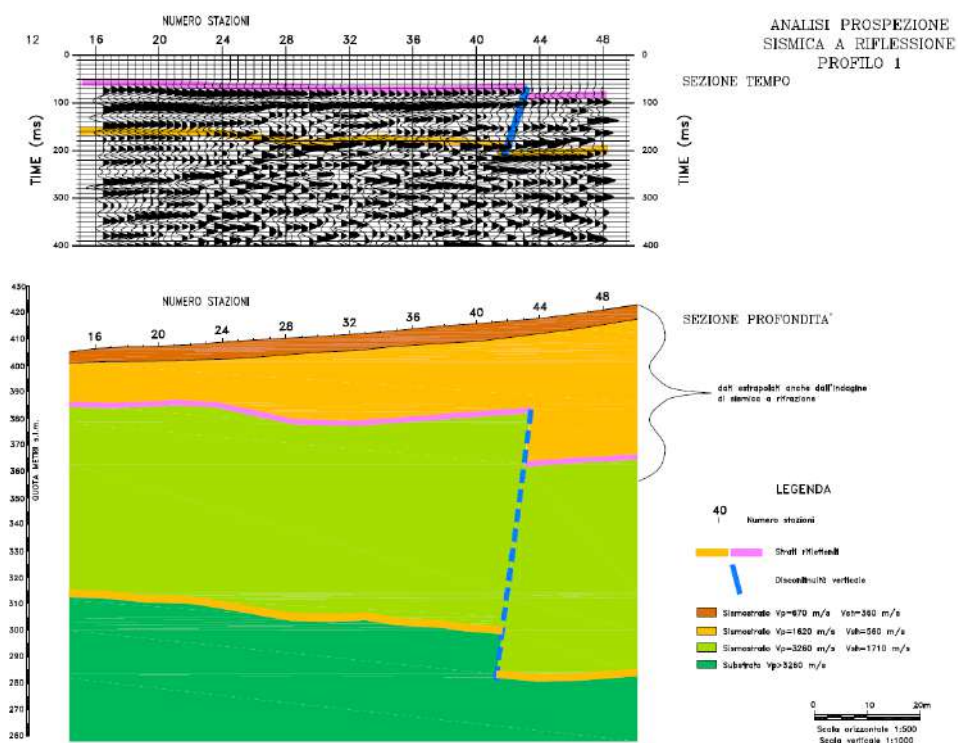


Figura 203 – Sezione tempo e sezione profondità ottenuta dall’analisi della prospezione sismica a riflessione.

Profilo 2

Dall'analisi della "sezione tempo" (Figura 204) si evince la presenza di un primo riflettore, piuttosto energetico, posto tra circa 40 e 70 millisecondi, segue un secondo riflettore poco energetico e discontinuo, posizionato tra 120 e 180 millisecondi.

Le profondità associabili alle sezioni tempo sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall'elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un'analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione. In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità (Figura 204), la prima riflessione individuata risulta posizionata tra circa 18 e 25 metri di profondità, mentre la seconda riflessione risulta posizionata tra circa 80 e 100 metri di profondità. Inoltre, in corrispondenza delle stazioni 12, 18 e 30 sono presenti delle discontinuità subverticale che, comunque, non sembrano dislocare i due riflettori.

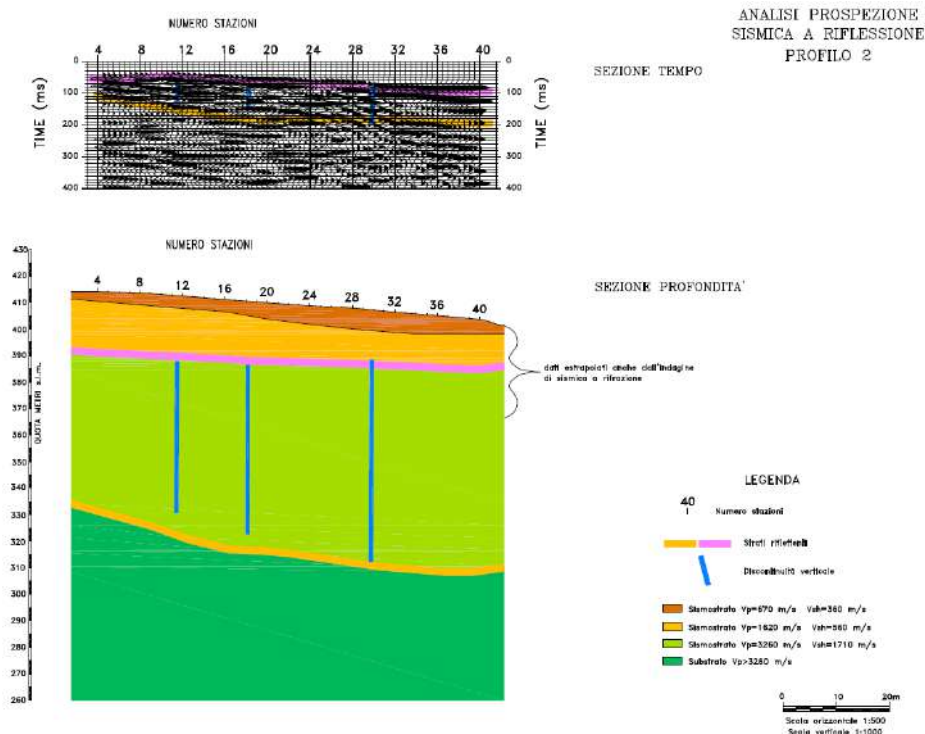


Figura 204 – Sezione tempo e sezione profondità ottenuta dall'analisi della prospezione sismica a riflessione.

9.10 Prospezione sismica in foro tramite tecnica down-hole

In corrispondenza del sondaggio S0, S0(3), S1(2), S4(2), S9(2), S15(2) e S16(2) è stata eseguita una prospezione sismica in foro tramite tecnica *down-hole* (DH).

Tale metodo rappresenta una delle più accurate misure sismiche per la definizione delle proprietà fisico-meccaniche e dinamiche dei terreni. Nel metodo sismico *down-hole* viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio opportunamente attrezzato. Di seguito un riepilogo dei risultati ottenuti:

Sondaggio S0 – valori medi

Profondità	V _p medio	V _s medio	g medio	ni medio	G medio	Ed medio	E medio	Ev medio
(m)	(m/s)	(m/s)	(kN/mc)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1.99	90.83	54.40	14.44	0.22	4.36	12.14	10.63	6.34
5.58	372.41	182.14	18.37	0.34	62.13	259.73	166.85	176.89
11.86	875.87	420.91	20.98	0.35	378.95	1640.91	1023.06	1135.64
22.88	1236.81	599.56	21.72	0.35	796.14	3387.86	2143.86	2326.34
33.25	1053.86	470.08	20.98	0.38	472.78	2376.18	1300.91	1745.81
36.71	1295.88	546.6	22.23	0.39	677.22	3806.40	1885.09	2903.44
41.25	1576.39	678.62	22.62	0.39	1062.10	5731.04	2944.69	4314.9
46.04	902.07	415.8	21.15	0.37	372.84	1754.87	1017.95	1257.74

V_{s,eq} [m/sec] (H=30.00 m): 286.4

Categoria del suolo C

Sondaggio S0(3) – valori medi

Profondità	V _p medio	V _s medio	g medio	ni medio	G medio	Ed medio	E medio	Ev medio
(m)	(m/s)	(m/s)	(kN/mc)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
5.04	478.18	204.88	18.49	0.39	79.15	431.19	219.67	325.65

10.14	848.59	409.64	21.05	0.35	360.17	1545.61	971.09	1065.38
27.00	976.83	486.58	20.77	0.33	501.56	2021.39	1339.16	1352.64

Vs,eq [m/sec] (H=27.00 m): 376.5

Categoria del suolo B

Sondaggio S1(2)

Profondità	V _p medio	V _s medio	g medio	ni medio	G medio	Ed medio	E medio	Ev medio
(m)	(m/s)	(m/s)	(kN/mc)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
3	398.94	211.27	19.14	0.31	87.11	310.6	227.38	194.46
11	867.68	452.49	21.04	0.31	439.22	1615.05	1153.86	1029.42
15	698.44	361.43	20.82	0.32	277.39	1035.84	730.73	665.98
24	863.33	447.16	20.91	0.32	426.44	1589.61	1122.98	1021.02
35	791.96	426.67	20.59	0.30	388.29	1317.08	990.53	807.36

Sondaggio S4(2)

Profondità	V _p medio	V _s medio	g medio	ni medio	G medio	Ed medio	E medio	Ev medio
(m)	(m/s)	(m/s)	(kN/mc)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
3.91	276.33	92.09	15.61	0.44	13.50	121.55	38.81	103.55
11.79	445.20	186.73	17.71	0.39	62.99	358.03	175.51	274.05
18.50	911.68	325.10	20.01	0.43	215.67	1696.08	615.58	1408.52
26.00	1320.42	542.69	21.66	0.40	650.60	3851.53	1819.56	2984.06
40.00	2095.81	1052.63	23.71	0.33	2679.03	10620.07	7133.27	7048.03

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m): 218.27

Categoria del suolo C

Sondaggio S9(2)

Profondità	V _p medio	V _s medio	g medio	ni medio	G medio	Ed medio	E medio	Ev medio
(m)	(m/s)	(m/s)	(kN/mc)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
2.06	415.32	119.08	17.30	0.46	25.01	304.32	72.8	270.96
9.50	930.00	285.39	19.44	0.45	161.41	1714.09	467.45	1498.88
14.63	1633.76	414.71	21.09	0.47	369.79	5738.93	1083.89	5245.88
18.60	1521.07	476.59	21.73	0.45	503.26	5126.22	1454.98	4455.21
25.15	1951.20	483.39	21.40	0.47	509.85	8003.27	1497.86	7323.47
28.67	1537.12	507.94	22.01	0.44	579.01	5302.53	1666.06	4530.51
36.58	1831.02	596.53	21.91	0.44	795.10	7494.00	2290.88	6430.87
42.85	2439.69	1203.45	24.17	0.34	3569.12	14667.97	9559.61	9909.15
50.00	2687.97	1502.10	24.92	0.27	5734.09	18361.78	14598.48	10716.34

V_{s,eq} [m/sec] (H=30.00 m): 345.7

Categoria del suolo C

Sondaggio S15(2)

Profondità	V _p medio	V _s medio	g medio	ni medio	G medio	Ed medio	E medio	Ev medio
(m)	(m/s)	(m/s)	(kN/mc)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
2.86	328.36	150.45	17.85	0.35	41.20	196.25	112.65	141.32
8.01	1015.78	323.29	20.22	0.40	245.46	2127.07	622.09	1839.79
17.64	1776.75	602.25	21.82	0.40	806.87	7022.70	2315.88	5946.87
25.07	2224.55	713.05	22.45	0.40	1163.78	11327.00	3358.09	9775.29
40.00	2480.07	930.22	23.29	0.40	2054.99	14607.17	5828.53	11867.19

V_{s,eq} [m/sec] (H=30.00 m): 407.5

Categoria del suolo B

Sondaggio S16(2)

Profondità	V _p medio	V _s medio	g medio	ni medio	G medio	Ed medio	E medio	Ev medio
(m)	(m/s)	(m/s)	(kN/mc)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
3.65	313.3	101.93	16.06	0.44	17.01	160.74	49.02	138.06
9.51	565.09	208.24	18.42	0.42	81.44	599.66	231.51	491.08
13.54	639.68	234.17	19.23	0.42	107.55	802.56	306	659.17
20.65	763.7	327.8	19.99	0.39	219.08	1189.1	607.76	897
35	1120.22	489.59	20.9	0.38	510.86	2674.47	1411.97	1993.32

V_{s,eq} [m/sec] (H=30.00 m): 246.0

Categoria del suolo C

I report delle indagini contenenti le modalità di esecuzione, interpretazione ed i risultati ottenuti sono consultabili negli allegati in calce alla presente Relazione Geologica.

9.11 Prospezioni geoelettriche con tecnica tomografica 2D e 3D

Per la valutazione delle caratteristiche di resistività dei terreni alle diverse profondità indagate si è proceduto nel corso della campagna d'indagini all'esecuzione di:

- n. 1 prospezione geoelettrica con tecnica tomografica bidimensionale (2D) in località Campo Pozzi a San Giovanni Reatino (RI);
- n. 1 prospezione geoelettrica con tecnica tomografica bidimensionale (2D) nei pressi del sondaggio S16(2), nel Comune di Salisano (RI);
- n. 3 prospezioni geoelettriche con tecnica tomografica tridimensionale (3D) nei pressi dell'opera di presa delle sorgenti del Peschiera (Comune di Cittaducale, RI).

L'ubicazione delle indagini geoelettriche è consultabile negli elaborati A194PDG001, A194PDG002, A194PDG003, A194PDG004, A194PDG005, A194PDG006, A194PDG007, A194PDG008 - *Planimetria con indicazioni delle indagini eseguite* (scala 1:5.000).

La tomografia elettrica consiste nella determinazione di profili di resistività dei terreni indagati attraverso la disposizione sul suolo di un numero elevato di elettrodi, che progressivamente vengono spostati lungo una data direzione variandone la distanza inter-elettrodica al fine di aumentare la profondità di investigazione. I dati così ottenuti consentono la costruzione di una matrice di valori di resistività la cui inversione, mediante algoritmi matematici, restituisce la definizione del mezzo investigato in immagini di elettro-resistive.

Nello specifico, si parla di tomografia elettrica bidimensionale (2D) se il sottosuolo è indagato lungo una sezione piana verticale e gli elettrodi, disposti sulla superficie del terreno, sono allineati ed equidistanti; invece, nella tomografia elettrica tridimensionale (3D) si analizza un intero volume di sottosuolo e gli elettrodi sono posti nei nodi di una griglia sulla superficie del terreno stesso.

Le tecniche tomografiche elettriche consentono di definire volumetricamente con ottime risoluzioni latero-verticali ammassi sepolti. In particolare sono indicate per individuare cavità, ricostruzioni morfologiche di substrati o superfici di falda.

Di seguito vengono riepilogati i risultati relativi alle 2 prospezioni geoelettriche. I report delle indagini contenenti le modalità di esecuzione, interpretazione ed i risultati ottenuti sono consultabili negli allegati in calce alla presente Relazione Geologica.

Località Campo Pozzi – San Giovanni Reatino (RI)

Dall'elaborazione dei dati acquisiti è stato possibile ottenere un modello bidimensionale dell'area indagata (Figura 205). La profondità d'indagine è pari a 196 metri dal piano campagna. Dal modello di distribuzione della resistività risulta la presenza di un sottosuolo eterogeneo con valori di resistività compresi tra 54 e 2670 ohm m.

Per una più facile lettura sulla sezione bidimensionale tomografica sono presenti n. 4 verticali rappresentative, posizionate lungo la sezione come segue:

- Verticale 1 (V1) – inizio della sezione;
- Verticale 2 (V2) – posizionata a circa 80m dall'inizio della sezione;
- Verticale 3 (V3) – posizionata a circa 190m dall'inizio della sezione;
- Verticale 4 (V4) – poco prima della fine della sezione.

Dalla sezione bidimensionale elettro-tomografica si distinguono 4 differenti strati a differente resistività:

- un primo strato avente valori di resistività media di 60/80 ohm m, associabili a depositi alluvionali costituiti da ghiaie, limi sabbiosi e sabbie limose (profondità massime: V1 – 11/14m; V2 – 16/18m; V3 – 25/28m; V4 – 4/6m);
- un secondo strato avente valori di resistività media di 650 ohm m ed associabili alla presenza di un calcare selcifero, fratturato ed intercalato a sabbioni calcarei ghiaiosi (profondità massime: V1 – 22/26m; V2 – 25/28m; V3 – 35/40m; V4 – 10/14m);

RELAZIONE GEOLOGICA

- un terzo strato caratterizzato da valori di resistività media di 1000 ohm m associabili a substrato calcareo fratturato, localmente selcifero (profondità massime: V1 – 35/40m; V2 – 38/42m; V3 – 47/50m; V4 – 16/20m);
- un quarto strato caratterizzato da valori di resistività >1200 ohm m associabili a substrato calcareo tenace.

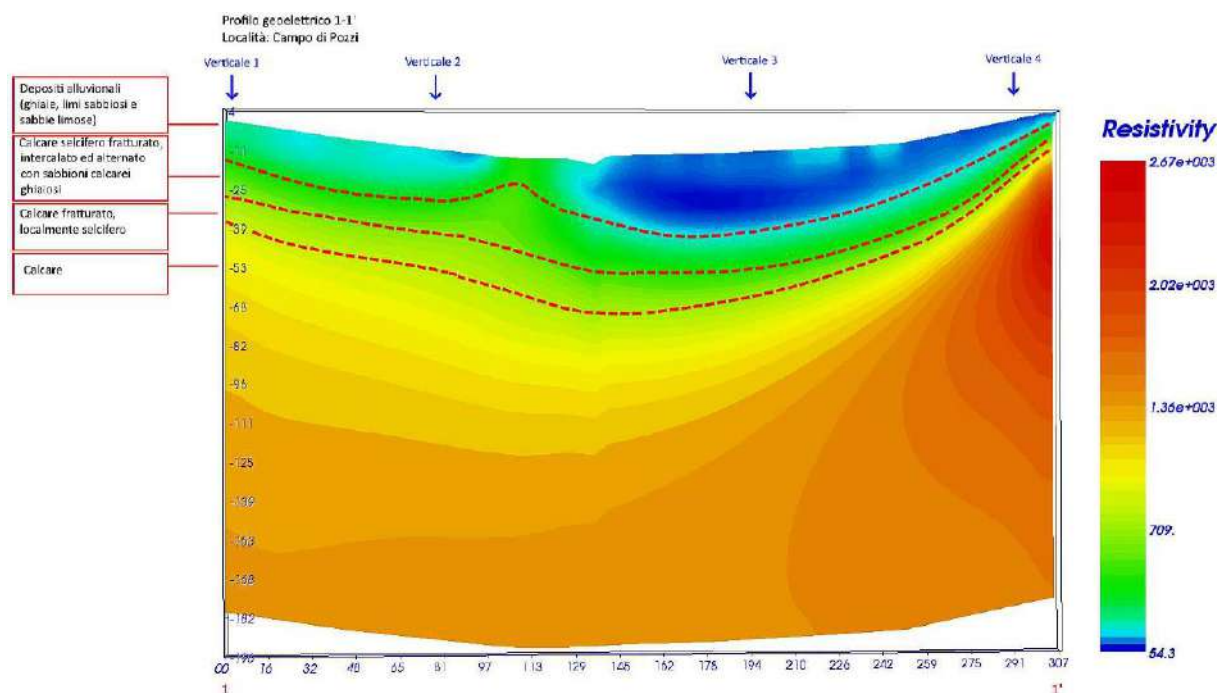


Figura 205 – Sezione di resistività ottenuta dall'analisi relativa alla prospezione geoelettrica con tecnica tomografica 2D.

Salisano – Sondaggio S16(2)

Nei pressi del sondaggio S16(2) sono stati eseguiti n. 3 profili geoelettrici con ricostruzione tomografica bidimensionale, le cui caratteristiche sono sintetizzate nella seguente tabella.

Nome profilo	Configurazione	Lunghezza	N. elettrodi	Distanze elettrodica
1-1'	dipolo-dipolo	115 m	24	5 m
2-2'	dipolo-dipolo	46 m	24	2 m

3-3'	dipolo-dipolo	24 m	24	1 m
------	---------------	------	----	-----

Dall'elaborazione dei dati acquisiti è stato possibile ottenere un modello bidimensionale dell'area indagata (Figura 206). Dai modelli di distribuzione della resistività risulta la presenza di un sottosuolo omogeneo con valori di resistività dell'ordine di $10 - 10^2$ ohm m attribuibili a depositi argilloso limosi.

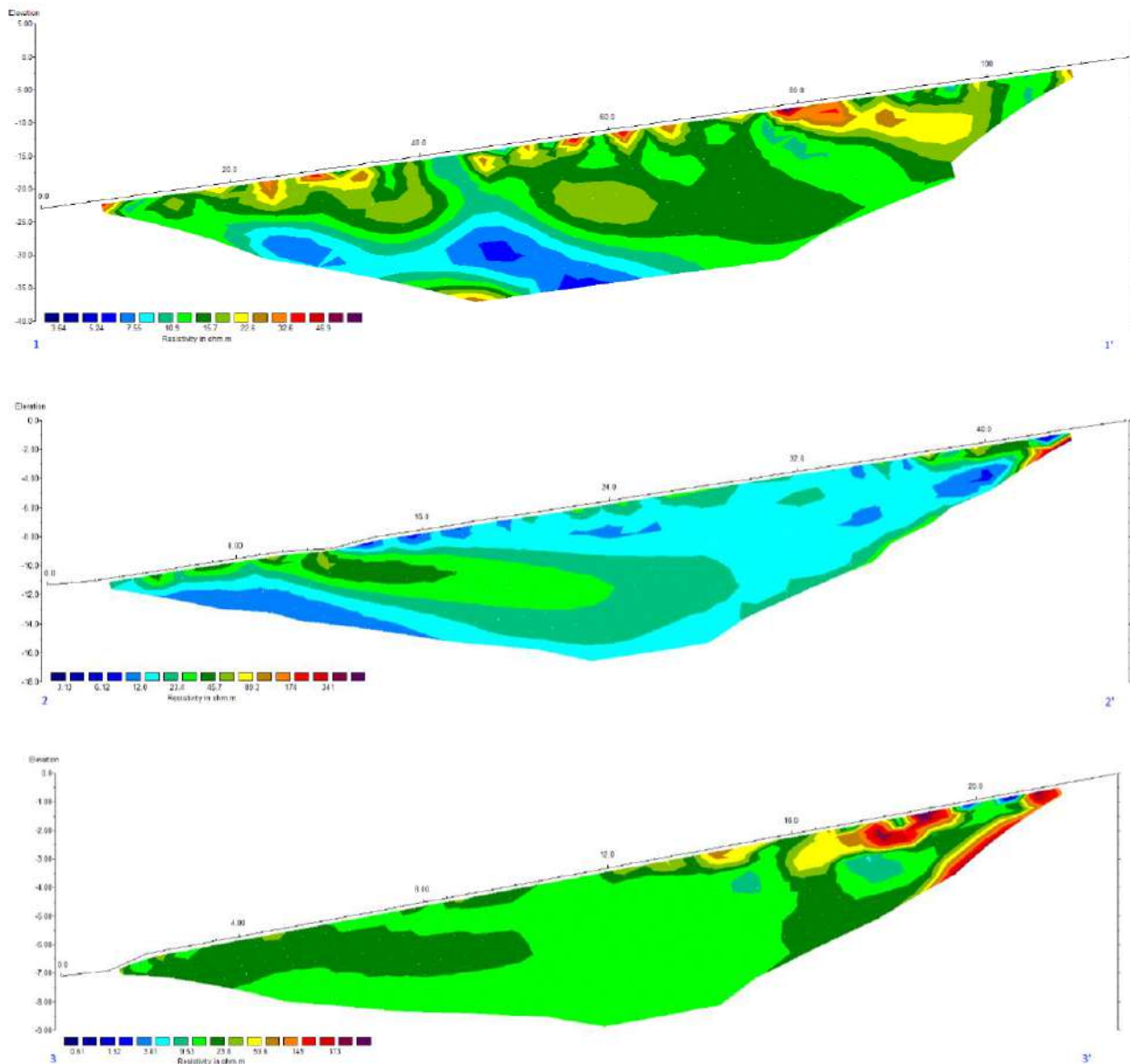


Figura 206 – Sezioni di resistività ottenute dall'analisi relativa alla prospezione geoelettrica con tecnica tomografica 2D.

Sorgenti del Peschiera (Comune di Cittaducale, RI)

L'area di indagine è stata suddivisa in 3 sub-aree (Figura 207) le cui caratteristiche sono sintetizzate nella tabella seguente:

Area	Metodologia utilizzata	Lunghezza totale stendimenti	Elettrodi utilizzati	Interdistanza elettrodica	Profondità massima investigata
1	Multielettrodo polo-polo (dispositivo di Wenner)	1555 m	600	5 m	120 m
2	Multielettrodo dipolo-dipolo	1515 m	312	5 m	60 m
3	Multielettrodo polo-polo (dispositivo di Wenner)	1265 m	246	5 m	60 m

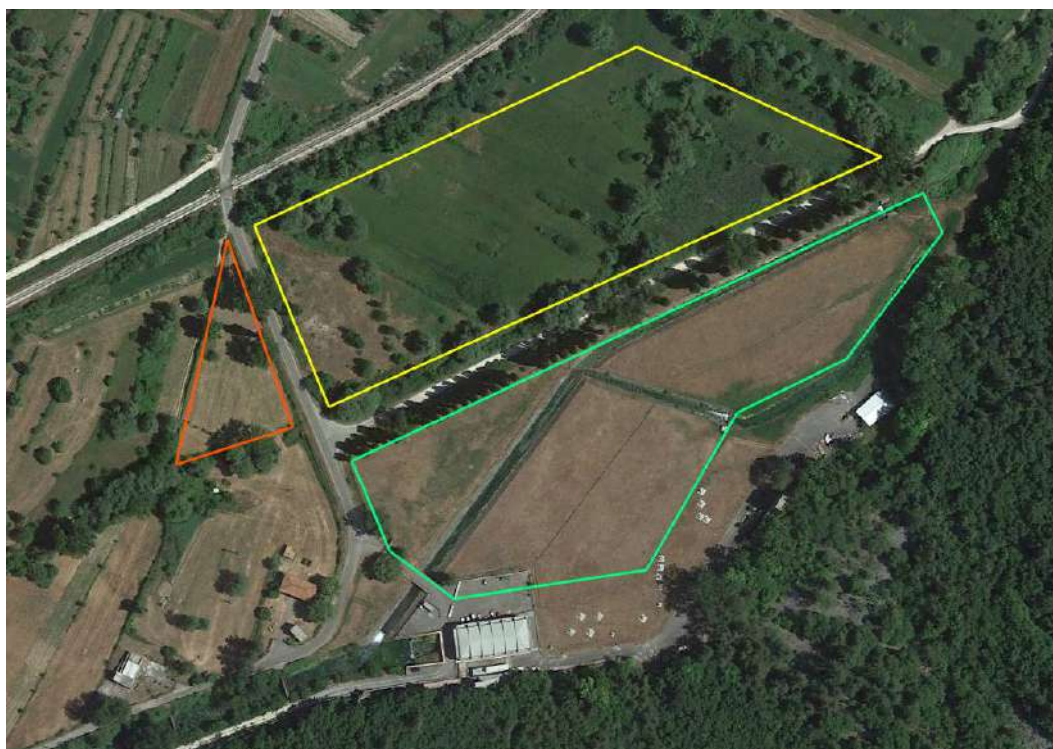


Figura 207 – Ubicazione delle aree di indagine relative alla prospezione elettrica con tecnica tomografica 3D (in verde Area 1, in giallo Area 2 e in arancione Area 3).

Area 1

Dall'elaborazione dei dati acquisiti è stato possibile ottenere un modello tridimensionale dell'area e da qui ricavare varie sezioni 2D (Figura 208) che mettono in relazione la resistività con la profondità.

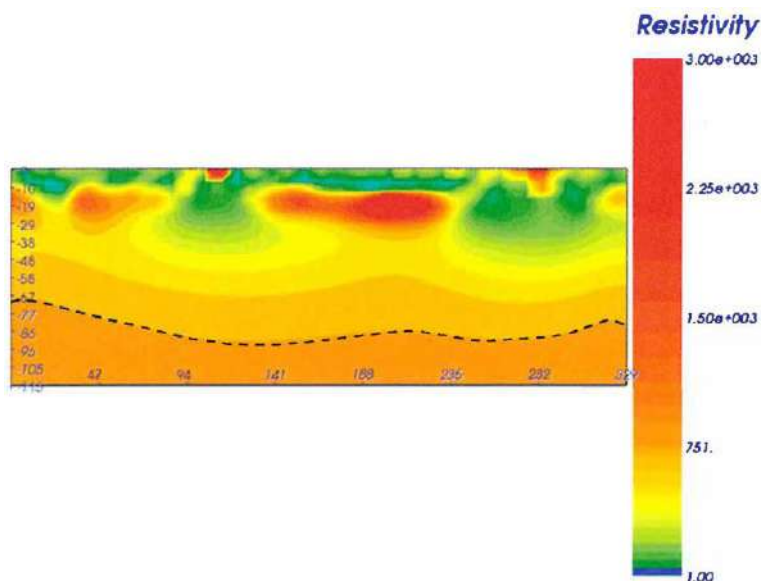


Figura 208 – Modello sintetico 2D di distribuzione della resistività.

Dal modello sintetico 2D di distribuzione della resistività risulta evidente la presenza di un sottosuolo eterogeneo con valori di resistività compresi tra 1 e 3000 ohm m. In particolare si nota:

- la presenza di aree in rosso, più superficiali (fino a circa 10-15m di profondità), con valori di resistività comprese tra 2800 e 3000 ohm m; i valori relativamente alti di resistività indicano che probabilmente tali anomalie sono da imputare alla presenza di materiali incoerenti all'interno dei quali sono presenti piccoli vuoti;
- una stratificazione sub-orizzontale che pone la probabile presenza del basamento ad una profondità compresa tra 68 e 90m circa (linea nera tratteggiata). Qui i valori di resistività sono compresi tra 1000 e 1200 ohm m.

La visualizzazione 3D dell'area indagata mostra l'andamento del probabile substrato roccioso nel sottosuolo (Figura 209).

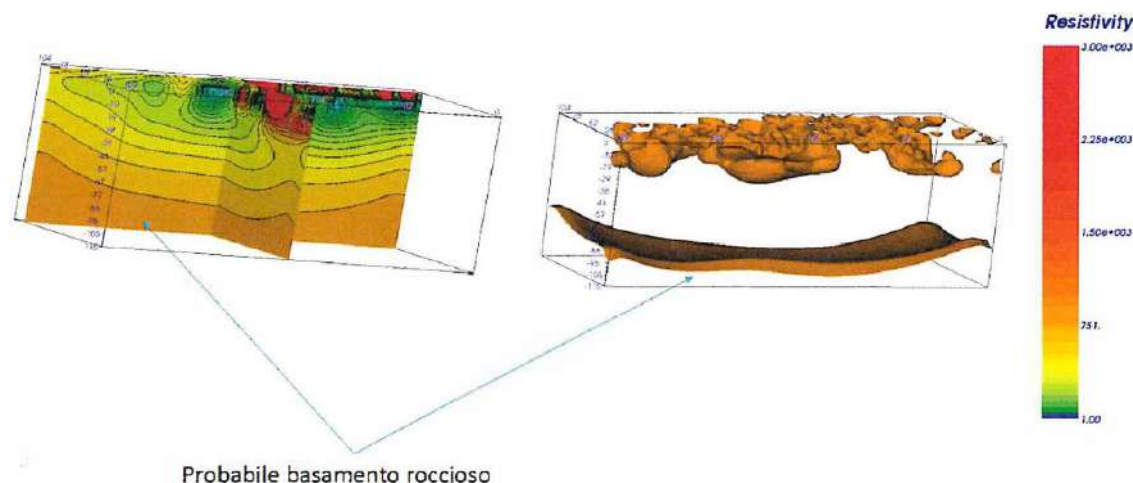


Figura 209 – Modello 3D di distribuzione di resistività. Come indicato dalle frecce, il basamento calcareo viene intercettato ad una profondità compresa tra 70 e 90m circa.

Tutti i risultati e le restituzioni grafiche relative alle indagini eseguite nell'Area 1 sono riportati negli allegati.

Area 2

Dall'elaborazione dei dati acquisiti è stato possibile ottenere un modello tridimensionale dell'area e da qui ricavare varie sezioni 2D (Figura 210) che mettono in relazione la resistività con la profondità.

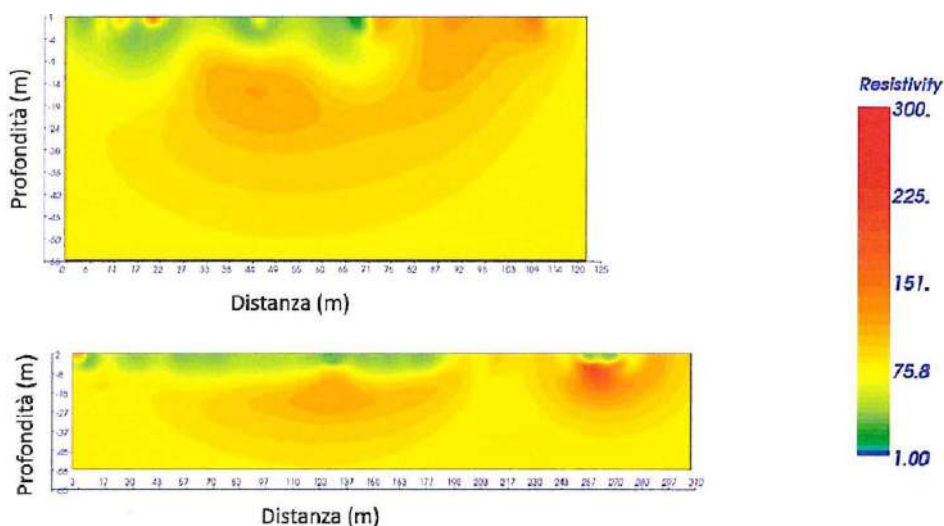


Figura 210 – Modello sintetico 2D di distribuzione della resistività.

Dal modello sintetico 2D di distribuzione della resistività risulta evidente la presenza di un sottosuolo eterogeneo con valori di resistività compresi tra 1 e 300 ohm m. In particolare si nota:

- la presenza di aree in verde, più superficiali (tra 6 e 12m circa di profondità) con valori di resistività comprese tra 1 e 60 ohm m; i valori relativamente bassi di resistività indicano che probabilmente tali anomalie sono da imputare alla presenza di materiali incoerenti all'interno dei quali è presente acqua;
- una stratificazione sub-orizzontale legate alla caratteristica alluvionale del sottosuolo dell'area indagata.

La visualizzazione 3D dell'area indagata mostra l'andamento della probabile stratigrafia nel sottosuolo (Figura 211).

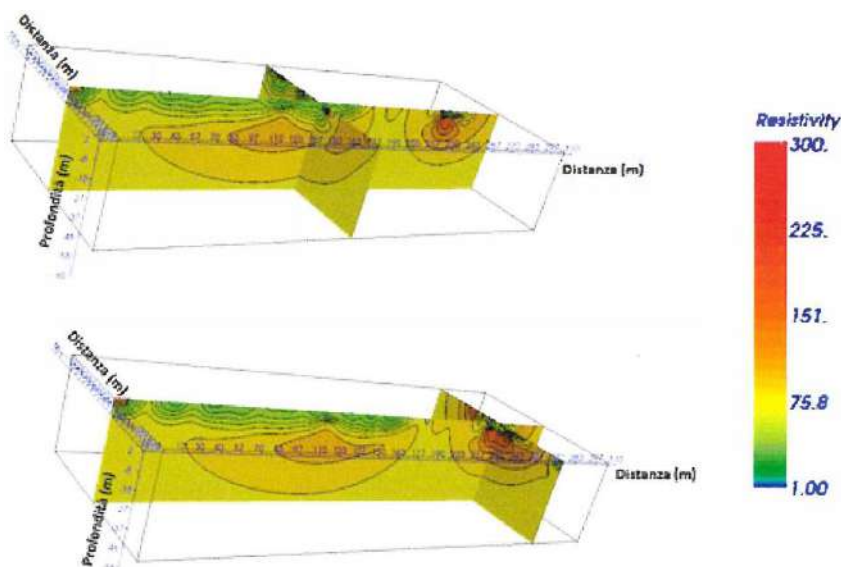


Figura 211 – Modello 3D di distribuzione di resistività.

Tutti i risultati e le restituzioni grafiche relative alle indagini eseguite nell'Area 2 sono riportati negli allegati.

Area 3

Dall'elaborazione dei dati acquisiti è stato possibile ottenere un modello tridimensionale dell'area e da qui ricavare varie sezioni 2D (Figura 212) che mettono in relazione la resistività con la profondità.

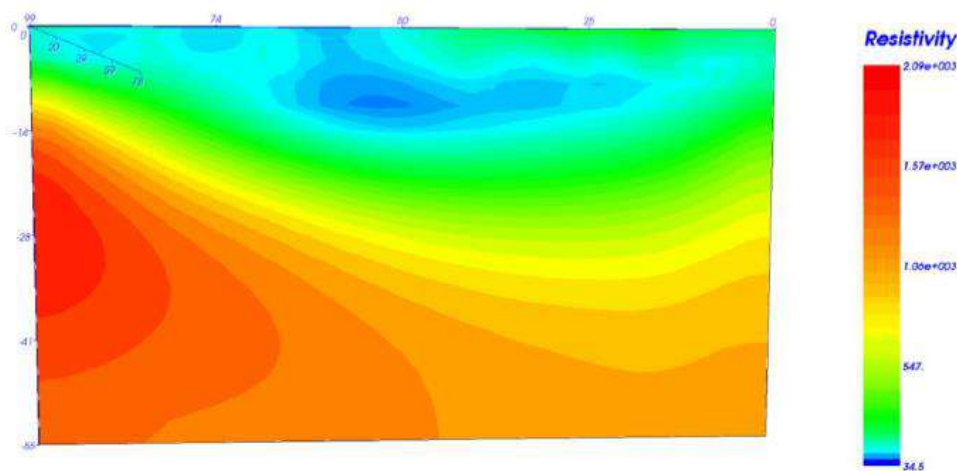


Figura 212 – Modello sintetico 2D di distribuzione della resistività.

Dai modelli di distribuzione della resistività sono stati individuati n. 3 elettrostrati a bassa, media e alta resistività. In particolare, si nota la presenza di valori a bassa resistività (tra 34 e 130 ohm m) nella parte superficiale del modello con profondità, a profondità comprese tra 6/8m e 15/18m. Tali valori possono essere ricondotti alla presenza di depositi alluvionali costituiti da sabbie fini, limi e argille. L'andamento di questo elettrostrato è degradante verso Nord con spessori minori lungo il limite sud del modello (e di conseguenza dell'area indagata) e approfondimenti massimi e valori minimi di resistività al centro dell'area.

Successivi a tali depositi si rinvengono valori di resistività compresi tra 130 e 700 ohm m con profondità variabili tra 8/10m e 26/32m dal p.c. L'andamento di tale elettrostrato ricalca l'andamento di quello sovrastante ed i valori di resistività registrati possono essere associati alla presenza di depositi sedimentari a prevalenza sabbioso-ghiaiosi.

In profondità è presente, infine, un elettrostrato con valori di resistività compresi tra 700 e 2000 ohm il cui andamento segue quello dei sovrastanti e che indica la possibile presenza di un deposito maggiormente addensato costituito da blocchi/trovanti/livelli calcarei in sabbie, sabbie grossolane e sabbioni calcarei.

Tutti i risultati e le restituzioni grafiche relative alle indagini eseguite nell'Area 3 sono riportati negli allegati.

9.12 Prospezione microgravimetrica

Con il fine di analizzare con maggior dettaglio quanto sopra, è stata eseguita una campagna di prospezioni micro-gravimetriche a ridosso del margine meridionale della piana di San Vittorino, con lo scopo di individuare aree caratterizzate da un elevato rischio sinkhole.

Vengono di seguito illustrati in breve i risultati, per maggiori dettagli si rimanda al report completo allegato in calce alla presente Relazione Geologica.

I valori di anomalia riscontrati mediante la prospezione presentano un range diverso per entità, valori sia positivi che negativi, da -0.600 mGal a +2.400 mGal. Appare evidente la presenza di una vasta zona di anomalia gravimetrica negativa ubicata nella piana nel settore a cavallo del Fiume Peschiera, con una geometria subcircolare, probabilmente correlabile ad un antico sprofondamento attualmente riempito da sedimenti poco addensati. Le zone con anomalie positive, caratterizzate da un notevole gradiente, sono ubicate ai margini della piana, dove il bedrock, meso-cenozoico si avvicina alla superficie ed in qualche caso risulta affiorante.

Nel margine Ovest, nel settore compreso tra il Fiume Peschiera e la ferrovia Terni-Sulmona, il rapido aumento dell'anomalia di gravità potrebbe essere correlato ad un sollevamento locale del bedrock meso-cenozoico. La tavola di seguito riportata illustra la variazione di spessore dei terreni fluvio-lacustri al di sopra del bedrock, tuttavia, non evidenzia le variazioni di densità più superficiali, utili all'individuazione delle aree a rischio sinkhole.

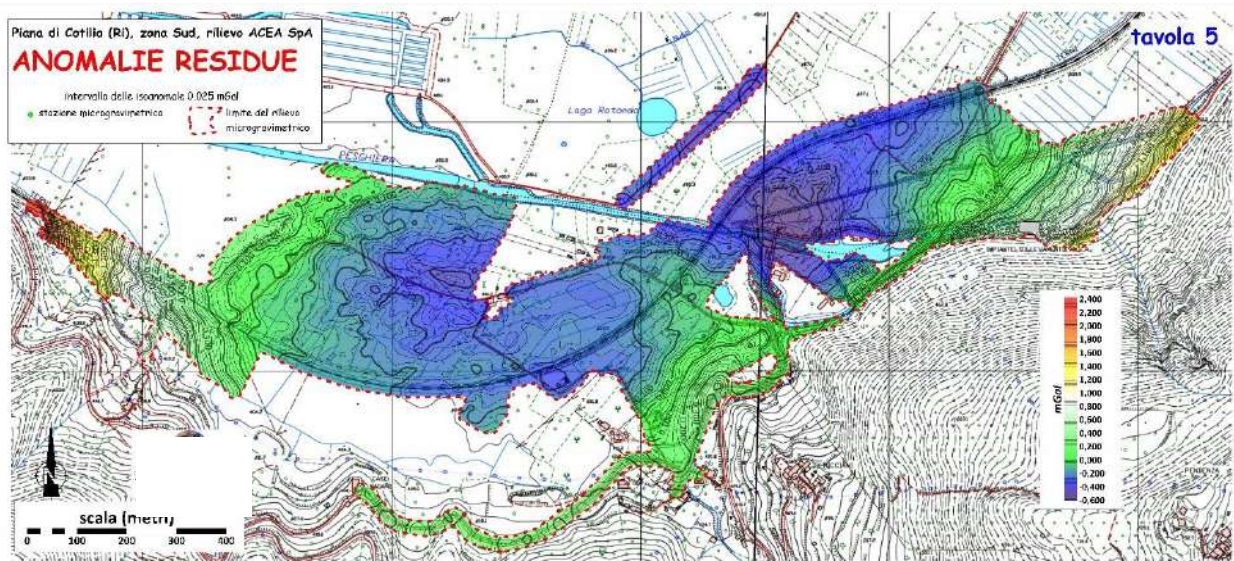


Figura 213 – Mappa delle Anomalie Residue della prospezione microgravimetrica.

Utilizzando il metodo di Griffin, è stato possibile evidenziare le aree di anomalia gravimetrica più superficiali, ovvero determinate dalla presenza di volumi di terreno a bassissimo stato di addensamento entro i primi 20-25 m a partire dal piano campagna. La geometria delle anomalie residue così individuate risulta molto articolata, sia per cause legate all'evoluzione geologica-ambientale che antropica. Infatti, le zone con anomalie negative allungate sono l'evidenza di paleoalvei recenti colmati mentre in alcuni casi le anomalie negative rimarkano le piccole valli in cui negli anni trenta sono stati depositi i riporti degli scavi delle varie opere idrauliche.



Figura 214 – Mappa delle Anomalie Residue della prospezione microgravimetrica mediante applicazione del metodo di Griffin.

L’analisi complessiva dei risultati ottenuti, unitamente ad osservazioni geologiche effettuate durante le operazioni di campagna, ha permesso di costruire una *Mappa di sintesi* illustrante l’ubicazione delle aree a rischio sinkhole oltre all’individuazione di corpi geologici superficiali di varia natura.

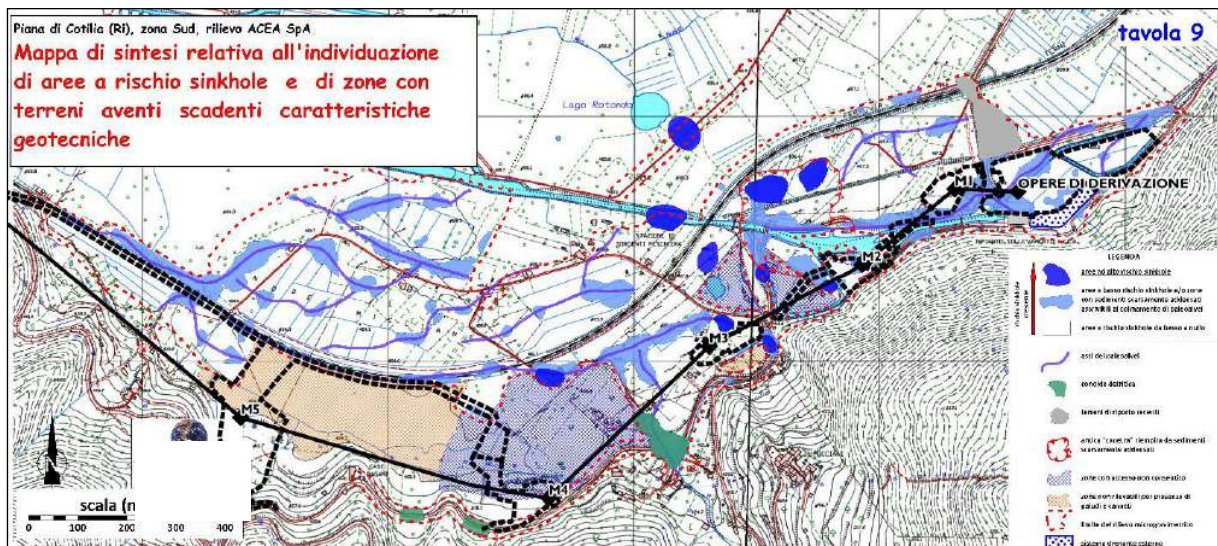


Figura 215 – Mappa di Sintesi della prospezione microgravimetrica, in nero le opere di progetto.

Da tale studio si evince come in tale area siano presenti numerosi settori contraddistinti da anomalie negative di massa e indici di difetto di massa associati ad una maggiore predisposizione alla formazione di sinkhole.

Come è possibile osservare dalla *Mappa di Sintesi*, riportata in Figura 215, sono state identificate aree ad alto rischio sinkhole, aree a basso rischio sinkhole ed aree a rischio sinkhole da basso a nullo.

I risultati della prospezione microgravimetrica hanno restituito la presenza di 10 aree ad alto rischio sinkhole, 9 delle quali concentrate a Nord dei manufatti di progetto M2 ed M3, mentre 1 area a Nord del manufatto M4 risulta isolata.

Per quanto riguarda le aree a basso rischio sinkhole, come già sopra menzionato, esse risultano ubicate in corrispondenza degli assi dei paleoalvei.

Le indagini eseguite hanno permesso di identificare la profondità del bedrock ed è quindi stata redatta la *Carta della batimetria del tetto delle formazioni meso-cenozoiche*, di seguito riportata.

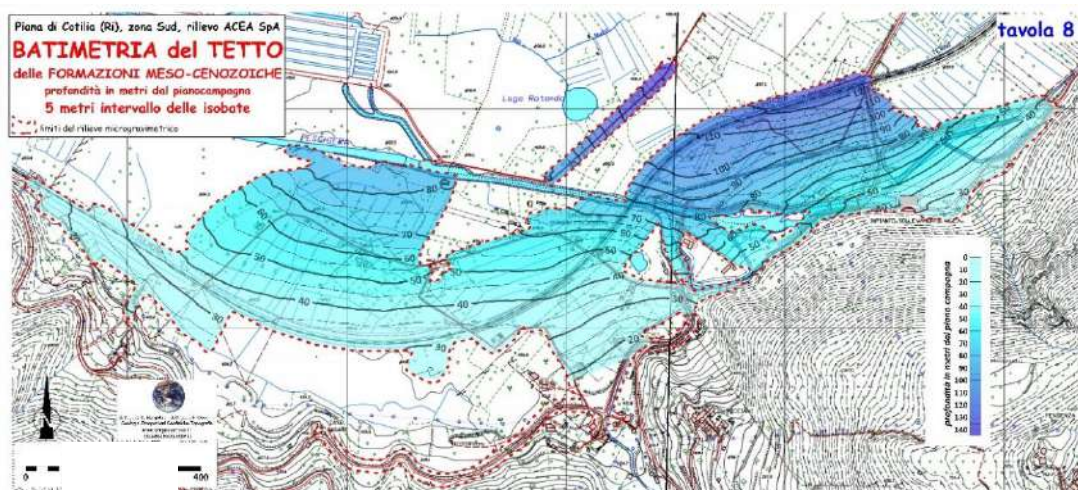


Figura 216 – Carta della batimetria del tetto delle formazioni meso-cenozoiche.

Infine, in considerazione a quanto emerso dalla prospezione, il tracciato di progetto, i manufatti e le aree cantiere sono stati ubicati in corrispondenza delle aree caratterizzate da basso rischio sinkhole e laddove le formazioni litoidi sono più prossime al piano campagna e quindi i depositi alluvionali hanno spessori minori.

10 Aspetti geotecnici – geomeccanici e strutturali

10.1 Caratterizzazione geomeccanica e geostrutturale dei litotipi rocciosi

Per quanto concerne la caratterizzazione geomeccanica delle litologie affioranti lungo il tracciato di progetto per il Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera, a partire dal mese di marzo 2019 sono state effettuate 24 stazioni geomeccaniche di tipo oggettivo (Figura 217), finalizzate alla caratterizzazione dell'ammasso roccioso in termini di caratteristiche fisiche, meccaniche e dei parametri di deformabilità e resistenza. Obiettivo di tali indagini, in particolare, è stato:

- caratterizzare, in ciascuna stazione di misura, le discontinuità presenti nell'ammasso in termini di parametri geometrici, morfologici e di alterazione, fino a definire i principali set di discontinuità;
- ricavare per ogni stazione geomeccanica i parametri fisici e meccanici d'ammasso;
- attribuire all'ammasso roccioso una classificazione in termini di Rock Mass Rating (RMR) e Geological Strength Index (GSI);
- individuare i criteri per una possibile definizione di unità litotecniche tramite accorpamento e/o suddivisione delle Formazioni affioranti, sulla scorta dei parametri geomeccanici rilevati da affioramento e, in particolare, delle caratteristiche litologiche e di stato di fratturazione.

La tabella seguente riporta, per ogni stazione geomeccanica rilevata, la sigla identificativa (data dalla lettera K e da un numero progressivo da 1 a 24), le coordinate geografiche espresse in gradi decimali di latitudine e longitudine, l'altitudine, la distanza dal nuovo tronco superiore dell'Acquedotto del Peschiera misurata perpendicolarmente ad esso e la distanza dal vecchio tracciato esistente misurata con lo stesso criterio, l'ipotetica entità della copertura data dalla distanza verticale tra la quota a cui la stazione geomeccanica è stata rilevata e la quota della livelletta di scavo (assunta fissa a 400 m s.l.m.), la formazione alla quale è ascrivibile

l'affioramento rilevato ed il rispettivo acronimo CARG così come riportato sul foglio n° 357 Cittaducale.

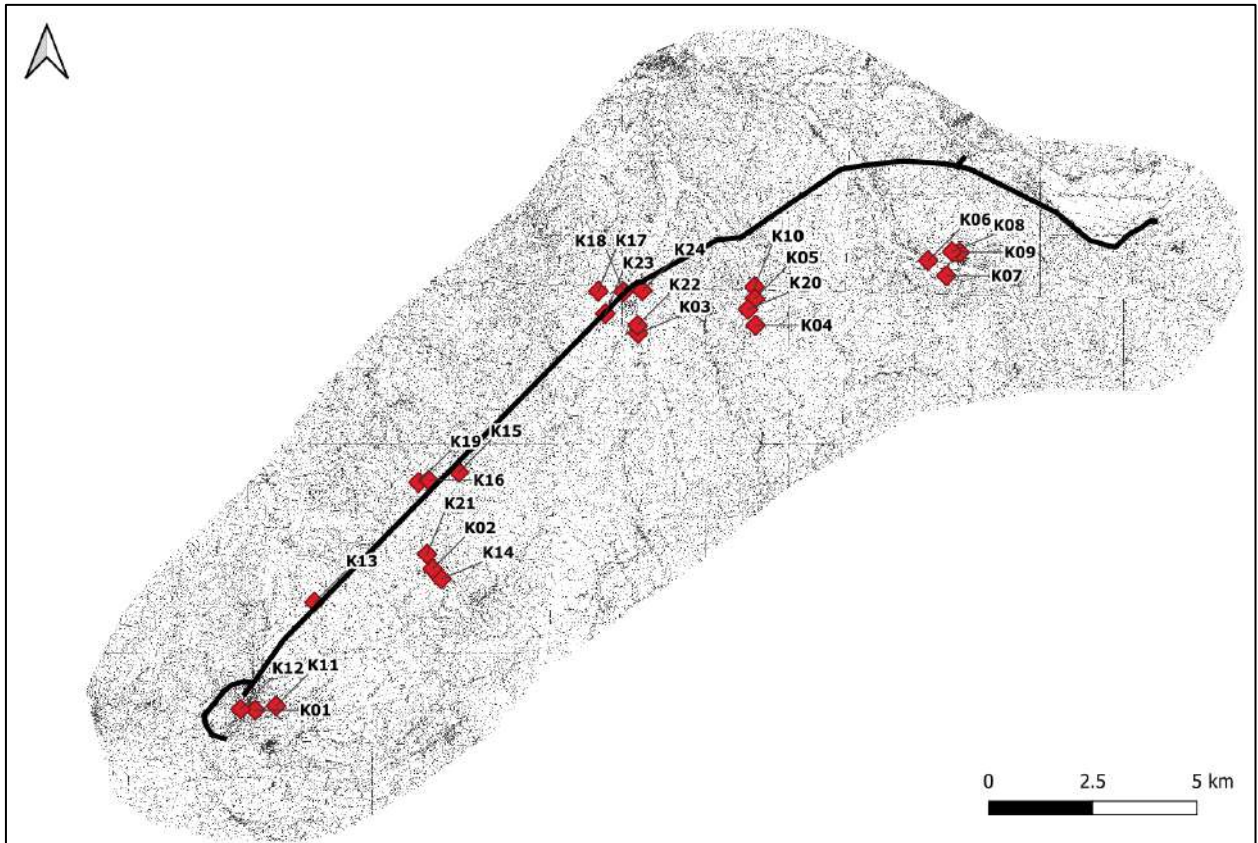


Figura 217 - Vista planimetrica riportante l'ubicazione delle stazioni geomeccaniche effettuate, unitamente al tracciato di progetto.

RELAZIONE GEOLOGICA

Stazione	Latitudine	Longitudine	Altitudine (m s.l.m.)	Distanza dalla traccia (m) superiore-inferiore	Copertura Ipotetica (m)	Formazione	Codice CARG
K01	42.255365°	12.747209°	348	144-255	-52	Maiolica	MAI
K02	42.286941°	12.798118°	420	1260-270	20	Scaglia Rossa	SAA
K03	42.338990°	12.856121°	421	995-1966	21	Scaglia Bianca	SBI
K04	42.341393°	12.890024°	419	2135-60	19	Scaglia Detritica	SCZ
K05	42.346403°	12.890096°	410	1590-610	10	Scaglia Detritica	SCZ
K06	42.356119°	12.940040°	410	2420-186	10	Scaglia Detritica	SCZ
K07	42.353383°	12.944693°	414	2685-357	14	Scaglia Detritica	SCZ
K08	42.358636°	12.947291°	544	2000-193	144	Conglomerato	UGR
K09	42.358550°	12.948828°	528	2028-90	128	Conglomerato	UGR
K10	42.351099°	12.888482°	406	1065-1139	6	Scaglia Detritica	SCZ
K11	42.256446°	12.753321°	380	390-818	-20	Maiolica	MAI
K12	42.255872°	12.742936°	320	172-139	-80	Calcarei Detritici con Posidonia	PDO
K13	42.278998°	12.763721°	608	90-664	208	Marne a Fuciodi	FUC
K14	42.284752°	12.800675°	424	1604-579	24	Scaglia Rossa	SAA
K15	42.307855°	12.804467°	508	345-849	108	Scaglia Bianca	SBI
K16	42.305608°	12.796027°	494	118-963	94	Scaglia Rossa	SAA
K17	42.348081°	12.843962°	494	445-3327	94	Maiolica	MAI
K18	42.347926°	12.852000°	430	30-3052	30	Scaglia Bianca	SBI
K19	42.305752°	12.792960°	598	340-1192	198	Scaglia Variegata	VAS
K20	42.344584°	12.887829°	410	1800-456	10	Scaglia Detritica	SCZ
K21	42.290027°	12.796388°	450	910-27	50	Scaglia Variegata	VAS
K22	42.340898°	12.855685°	428	785-2177	28	Scaglia Bianca	SBI
K23	42.343421°	12.846204°	590	80-2768	190	Maiolica	MAI
K24	42.348527°	12.856743°	418	116-2808	18	Scaglia Bianca	SBI

Tabella 27 - Quadro riassuntivo delle coordinate geografiche e delle Formazioni rilevate nelle singole stazioni geomeccaniche.

Il rilievo geomeccanico di tipo oggettivo (cioè tramite il censimento e la caratterizzazione di ogni discontinuità incontrata lungo una o più *scan-line* di riferimento) è stato condotto in accordo con le raccomandazioni IRSM (1978) nonché a quelle AGI (1993). Il numero delle stazioni rilevabili è dipeso dall'ammissibilità delle condizioni di misura nonché dalla presenza di affioramenti di roccia adeguatamente accessibili in sicurezza, con scarsa o assente copertura vegetale e di estensione tale da garantire la significatività statistica dei dati misurati. I dati di seguito presentati si riferiscono alle condizioni d'ammasso a piano campagna, laddove questo è stato rilevato.

Operativamente, per ogni stazione geomeccanica, sono state rilevate tutte le discontinuità presenti lungo almeno due *scan-line* ortogonali tra loro in termini di distanza progressiva, giacitura (*dip direction/dip*), grado di alterazione, condizioni idrauliche, estensione, tipologia di terminazione, apertura e riempimento di ogni singola discontinuità. Queste osservazioni permettono di caratterizzare l'ammasso

roccioso in termini di tipologia, di indici geomeccanici di affioramento e di attribuirgli una classificazione secondo specifici sistemi classificativi.

Inoltre sono stati prelevati campioni di roccia rappresentativi delle condizioni della matrice e dell'ammasso roccioso per condurre prove di laboratorio per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche.

In Figura 218 è riportato un esempio di stesa geomeccanica rilevata.



Figura 218 - Esempio di scan line per il rilievo geomeccanico oggettivo, sia orizzontale al piano campagna (a) sia verticale allo stesso (b). In particolare, nell'immagine è mostrato il rilievo della stazione k04 in Scaglia Detritica (SCZ) presso la Valle del Turano.

Le stazioni geomeccaniche hanno interessato la Scaglia Bianca (SBI) e la Maiolica (MAI, compresi i Calcari Detritici con Posidonia – DPO), la Scaglia Detritica (SCZ), la Scaglia Rossa (SAA), la Scaglia Variegata (VAS), i Conglomerati dell'Unità di Grotti (UGR) e le Marne a Fucoidi (FUC). Tutte le stazioni rilevate presentano da 3 a 5 famiglie di discontinuità (compresa la stratificazione), ad esclusione delle due stazioni effettuate nei Conglomerati dell'Unità di Grotti che ne presentano da una a due.

		<i>(dip direction/dip)</i>				
Stazione	Formazione (codice CARG)	J₀ (strat.)	J₁	J₂	J₃	J₄
K01	MAI	240/50	110/50	40/60		
K02	SAA	310/30	50/70	210/80	100/70	
K03	SBI	70/30	350/80	170/80	265/70	
K04	SCZ	95/40	20/70	180/88	350/60	240/70
K05	SCZ	80/35	175/88	260/50		
K06	SCZ	200/20	350/70	210/30	80/70	260/70
K07	SCZ	290/20	60/75	160/75	120/70	
K08	UGR	330/5	330/45			
K09	UGR	170/18				
K10	SCZ	80/20	330/80	20/85	250/70	
K11	MAI	210/30	80/80	150/80	280/80	
K12	POD	280/40	150/70	360/88	210/80	
K13	FUC	215/25	330/80	70/80		
K14	SAA	240/15	10/88	300/88	215/80	
K15	SBI	250/25	240/80	330/80	100/80	

K16	SAA	250/48	340/80	80/40	10/88	
K17	MAI	80/25	fratturazione pervasiva			
K18	SBI	15/20	210/88	90/88		
K19	VAS	235/10	340/80	270/70	220/80	
K20	SCZ	60/45	185/65	250/25		
K21	VAS	40/50	170/40	280/78	70/80	
K22	SBI	355/30	280/88	190/66	55/78	
K23	MAI	65/28	non rilevate			
K24	SBI	70/66	340/36	210/67		

Tabella 28 - Famiglie di discontinuità rilevate per ogni stazione geomeccanica (dip direction/dip).

L'ammasso roccioso è stato classificato, durante il rilevamento, indicandone la tipologia (a – massiccio od a blocchi regolari; b – a blocchi irregolari; c – lastriforme o con stratificazione alternata di materiale a comportamento differente; d – colonnare) e il grado di alterazione (I – fresca; II – leggermente alterata; III – moderatamente alterata; IV – fortemente alterata; V – completamente alterata; VI – suolo residuale) E' stato inoltre definito il numero di discontinuità presenti per metro cubo di roccia (J_v – Joint/m³), come:

$$J_v = \frac{nJ_1}{L} + \frac{nJ_2}{L} + \dots + \frac{nJ_n}{L}$$

ossia la somma del numero di discontinuità presenti nella lunghezza della *scan-line* per ogni sistema presente; la spaziatura totale media (cm):

$$S = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{n}$$

ossia la somma delle spazature medie di ogni famiglia di discontinuità sul numero di famiglie stesse; l'RQD (*Rock Quality Designation*, %) che rappresenta la percentuale di ammasso che non presenta discontinuità per almeno 10 cm. In assenza di carote di sondaggio, l'RQD può essere calcolato seguendo la relazione di Palmstron (1982):

$$RQD = 115 - 3.3J_v$$

Infine, l'ammasso roccioso è stato classificato attribuendo il corrispondente valore di RMR (*Rock Mass Rating*; Bieniawsky 1989), e GSI per ammassi rocciosi fratturati (*Geological Strength Index*; Hoek e Marinos 2000) e modificato per materiali eterogenei nel caso delle stazioni K13, K19, K21 (Marinos e Hoek 2000).

Stazione	Struttura	Alterazione	J_v (J/m ³)	S (cm)	RQD	RMR	GSI
K01	b	II	13.8	7.7	69.5	III (51)	35-45
K02	b	II	10.2	10.9	81.3	III (56)	45-55
K03	b	II	15.8	6.4	62.8	III (51)	45-55
K04	b	II-III	20.0	5.5	49.0	III (41)	40-50
K05	b	II	12.7	8.3	73.1	III (56)	50-60
K06	b	II	19.8	4.8	49.7	III (46)	30-40
K07	b	II	21.6	4.7	43.7	III (48)	30-40
K08	a	I	1.5	34.2	100	II (72)	75-85
K09	a	I	3.5	14.6	100	II (67)	75-85
K10	b	II	10.3	10.0	81.0	III (56)	30-40
K11	b	II	12.0	8.3	75.4	III (56)	50-60

K12	c	II	6.7	15.1	92.89	III (60)	60-70
K13	c	II	9.0	5.5	85.3	III (48)	25-35
K14	b	II	13.1	6.9	71.7	III (53)	40-50
K15	b	II	14.9	6.9	65.8	III (51)	(40-50/20-30)
K16	c	II	15.0	6.2	65.5	III (51)	(45-55/20-30)
K17	b	II	18.4	5.5	54.2	III (43)	30-40
K18	c	II	12.6	8.0	73.4	III (56)	50-60
K19	b-c	II-III	7.2	14.2	91.2	III (53)	35-45
K20	c	II	6.5	12.7	93.5	III (60)	60-70
K21	b	IV	15.8	7.1	60.9	III (49)	30-40
K22	b	II	7.6	12.3	89.9	II (61)	45-55
K23							35-45
K24	b	III	22.9	5.2	39.4	III (41)	50-60

Tabella 29 - Classificazione dell'ammasso roccioso per ogni singola stazione geomeccanica. La classe più bassa di GSI attribuita alle stazioni K15 e K16 si riferisce a porzioni fortemente fratturate.

Per quanto riguarda le proprietà fisiche e meccaniche della matrice rocciosa, sui campioni prelevati in sito è stato calcolato in laboratorio il peso unità di volume (γ_n), tramite pesata idrostatica, ed è stata determinata la resistenza a compressione semplice indiretta (σ_c) ed a trazione indiretta (f_t), tramite il Point Load Test (ASTM

D5731). L'insieme dei dati acquisiti e la stima su base bibliografica di altri parametri e coefficienti hanno permesso di calcolare per ogni stazione di misura, con l'ausilio del software RocLab 1.0, i parametri di resistenza e deformabilità di ammasso secondo il criterio di rottura di Hoek-Brown (Hoek et al., 2002), considerando un grado di disturbo (D) pari a zero. In accordo con Hoek et al. 2002, sono stati inoltre stimati i valori di resistenza e deformabilità dell'ammasso roccioso in termini di coesione (c), angolo di attrito (ϕ) nel range di confinamento (σ_3) 0 - 20 MPa. In tabella seguente vengono elencati tali valori per ogni stazione geomeccanica.

Stazione	γ_n (g/cm ³)	σ_c (MPa)	f_t (MPa)	c (MPa)	ϕ (°)	E_m (MPa)
K01	2.64	84.33	4.68	3.29	25.75	3985.57
K02	2.67	77.78	4.32	3.63	28.64	9340.70
K03	2.68	86.24	4.79	4.00	28.64	9340.70
K04	2.66	73.95	4.11	3.12	27.20	6138.31
K05	2.68	81.33	4.52	4.11	30.08	13965.20
K06	2.62	71.66	3.98	2.58	24.30	2567.16
K07	2.67	74.42	4.13	2.65	24.30	2567.16
K08	2.55	50.24	2.79	4.98	45.69	61171.90
K09	2.55	50.24	2.79	4.98	45.69	61171.90
K10	2.58	97.20	5.40	3.48	24.30	2567.16
K11	2.67	70.21	3.90	3.55	30.08	13965.20
K12	2.67	80.66	4.48	4.96	32.93	28718.60

K13	2.62	101.40	5.63	2.78	20.35	1050.38
K14	2.63	69.96	3.89	2.99	27.19	6138.31
K15	2.60	88.98	4.94	3.19	24.30	2567.16
K16	2.63	77.88	4.33	2.79	24.30	2567.16
K17	2.63	71.29	3.96	2.54	24.30	2567.16
K18	2.58	79.27	4.40	4.00	30.08	13965.20
K19	2.68	113.11	6.28	3.11	20.35	1050.38
K20	2.68	98.84	5.49	6.06	32.93	28718.60
K21	2.67	97.81	5.43	3.03	21.82	1644.89
K22	2.63	80.07	4.45	3.72	28.64	9340.70
K23	2.65	68.10	3.78	2.44	24.30	2567.16
K24	2.68	90.98	5.05	4.62	30.08	13965.20

Tabella 30 - Parametri fisici e meccanici calcolati e/o derivati per ogni stazione geomeccanica rilevata.

La Tabella seguente fornisce un quadro riassuntivo del rilevamento geomeccanico effettuato, mostrando i valori medi dei parametri fisici e meccanici per le sette Formazioni indagate. Bisogna tenere però in considerazione che il numero di stazioni geomeccaniche effettuate non è uniforme per le diverse formazioni affioranti lungo il tracciato della galleria in progettazione, pertanto i valori medi restituiti presentano una affidabilità che diminuisce al diminuire del numero di stazioni effettuate per ogni formazione. La variabilità del dato è limitata, in quanto le formazioni carbonatiche fratturate (Scaglie e Maiolica) presentano forti similitudini sia nella classificazione di ammasso sia nei parametri di resistenza e deformabilità derivati, così come le formazioni che presentano alternanze di strati arenacei e strati marnosi (come la

Scaglia Variegata e le Marne a Fucoidi). Un'ulteriore differenza, rispetto a tutte le formazioni carbonatiche, la si riscontra nei Conglomerati dell'Unità di Grotti, massivi e cementati, che restituiscono valori di deformabilità e resistenza derivati che si discostano dagli altri.

Formazione	N° Stazioni	γ_n (g/cm ³)	σ_c (MPa)	f_t (MPa)	RMR	GSI	c (MPa)	φ°	E_m (MPa)
SCZ	6	2.65	82.9	4.61	III (51.16)	45	3.67	27.19	9420.60
MAI (+POD)	7	2.65	74.92	4.16	III (51.83)	48.75	3.59	28.27	10360.74
SBI	7	2.63	85.11	4.73	III (51.42)	51	3.91	28.35	9835.79
SAA	3	2.64	75.21	4.18	III (53.33)	48.33	3.14	26.71	6015.39
VAS	2	2.68	105.46	5.86	III (51)	27.5	3.07	21.09	1347.64
UGR	2	2.55	50.24	2.79	II (69.5)	80	4.98	45.69	61171.90
FUC	1	2.62	101.4	5.63	III (48)	25	2.78	20.35	1050.38

Tabella 31 - Quadro di sintesi del rilevamento geomeccanico effettuato. I valori presenti sono la media dei singoli valori ottenuti nelle stazioni geomeccaniche effettuate. In rosso i parametri di resistenza ottenuti dalle prove di Point Load condotte sulle Formazioni che presentano alternanze, in quanto riferiti alla sola componente arenacea.

Per quanto concerne la distribuzione dell'indice J_v all'interno delle singole formazioni, questo appare essere maggiormente disperso, ossia presentare maggiore deviazione standard, nella Scaglia Detritica e nella Scaglia Variegata. Invece, riguardo la distribuzione dell'indice I_b all'interno delle singole formazioni, questo appare essere maggiormente disperso, presentando maggiore deviazione standard, nelle formazioni

complesse, ossia quelle che presentano alternanza di strati arenacei più competenti e strati marnosi meno competenti, e nei conglomerati (Tabella 32).

Tabella 32 - Valori medi dell'indice d'ammasso J_v ed I_b per ogni formazione indagata e loro deviazione standard.

	N° stazioni	J_v medio	Dev St J_v	I_b medio	Dev St I_b
SCZ	6	15.13	6.21	7.67	3.25
MAI	5	14.73	3.30	9.15	4.15
SBI	5	14.73	5.53	7.76	2.73
SAA	3	12.75	2.41	8.00	2.54
VAS	2	11.5	6.08	10.65	5.02
UGR	2	2.45	1.41	24.40	13.86
FUC	1	9	n.d.	5.50	n.d.

Dall'analisi della distribuzione e della variabilità dell'indice d'ammasso J_v , espressione diretta del grado di fratturazione dell'ammasso roccioso, dell'indice di ammasso I_b , espressione del blocco tipico d'ammasso, e dei parametri di deformabilità e resistenza derivati, è possibile proporre l'istituzione di 4 Unità Litotecniche principali più 2 secondarie, dettagliatamente rappresentate negli elaborati A194PDG021, A194PDG022, A194PDG023, A194PDG024, A194PDG025, A194PDG026, A194PDG027, A194PDG028. Esse vanno a sintetizzare le formazioni sulla base dei caratteri di similitudine ed assimilabilità litologica, con particolare riferimento alla proporzione marnosa-calcareo, congiuntamente ai parametri geomeccanici rilevati in affioramento. Di seguito sono elencate le unità proposte:

- **A:** *Unità Litotecnica delle Scaglie Detritiche (SCZ):* presentano un'alta variabilità al loro interno dell'indice J_v , a tratti fortemente fratturate e, come evidenziato dal rilevamento geologico, comprendono zone con numerose strutture plicative di tipo parassita a piccola e meso-scala;
- **B:** *Unità Litotecnica delle Formazioni carbonatiche fratturate (DPO, MAI, SBI, SAA):* presentano una minore dispersione all'interno delle singole formazioni del valore dell'indice J_v ed una maggiore omogeneità nel rispettivo valor medio;

- **C:** *Unità Litotecnica delle Formazioni con stratificazione alternata prevalentemente arenacee e marnose (VAS, FUC):* le deformazioni associate possono seguire sia le discontinuità presenti nell'ammasso roccioso sia essere guidate dalla presenza di piani di debolezza marnosi. Inoltre si evidenzia come, all'interno di questa Unità Litotecnica, la componente marnosa abbia funzione di *aquiclude* nei confronti della circolazione idrica sotterranea;

Con l'esecuzione di un rilevamento geomeccanico-geotecnico di dettaglio, è stato possibile identificare *fasce di cataclasite*, caratterizzate da roccia altamente fratturata, la quale può affiorare a cavallo degli elementi tettonici principali per una fascia dell'ordine massimo di circa 20 m, la cui parametrizzazione è di seguito riportata.

	γ_n (g/cm ³)	σ_c (MPa)	J_v (J/m ³)	RMR	GSI	Mi	c' (MPa)	ϕ' (degrees)	E_m (MPa)
FASCE CATACLASTICHE	2.51	61.15	≈50	41 (III)	25	7 (Chalk)	1.67	20.34	1050.38

10.2 Caratterizzazione geotecnica dei depositi quaternari

La caratterizzazione geotecnica dei depositi quaternari è stata effettuata facendo riferimento alle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante la realizzazione dei sondaggi geognostici.

Per la definizione delle unità litotecniche relative ai depositi quaternari si è proceduto per prima cosa analizzando e confrontando nel complesso tutti i risultati ottenuti tramite le prove di laboratorio geotecnico ed in situ, escludendo i valori chiaramente fuori standard palesemente affetti da errore. Successivamente sono state definite le unità litotecniche all'interno delle quali sono stati compresi tutti i campioni caratterizzati da parametri fisico-meccanici simili. Per ciascuna unità litotecnica è stata fatta la media dei valori risultanti dalle prove di laboratorio geotecnico, con il fine di ottenerne una parametrizzazione fisico-meccanica media.

Di seguito sono elencate le unità litotecniche proposte:

RELAZIONE GEOLOGICA

- **D:** *Unità Litotecnica dei conglomerati massivi e cementati (UGR, UMS, UFC), quali quelli dell'Unità di Grotti;*
- **E:** *Unità dei depositi alluvionali recenti (ALL), con terreni scarsamente addensati prevalentemente sciolti (piana di San Vittorino, valli del Salto, del Turano e piana delle Molette).*

Dalle risultanze stratigrafiche derivate dal sondaggio geognostico S16(2), il quale ha evidenziato la presenza di terreni coesivi con intercalazioni limoso-sabbiose fini per uno spessore di circa 60 metri, è stato condotto un rilievo geologico e geofisico di dettaglio, atto a definirne l'assetto litostratigrafico e deposizionale. Infatti, tale deposito è stato classificato ad una facies di ambiente lacustre in discordanza eteropica con la formazione dei conglomerati UMS. Tale formazione, in quanto presenta caratteristiche geotecniche differenti dalle altre unità investigate, definisce una nuova unità litotecnica, denominata:

- **F:** *Unità delle argille limose con intercalazioni sabbiose fini (FLG).*

10.3 Determinazione dei parametri di deformazione dalle indagini sismiche

Di seguito si indicano le correlazioni bibliografiche utilizzate per il calcolo dei parametri di deformazione dinamici calcolati tramite correlazione bibliografica dei parametri di input V_p , V_s e densità per le unità litotecniche relative ai depositi conglomeratici (UGR, UMS e UFC), data l'impossibilità di prelevare in tali formazioni campioni indisturbati significativi:

$$\text{Coefficiente di Poisson } \nu = \frac{V_p^2 - 2 V_s^2}{2 (V_p^2 - V_s^2)}$$

$$\text{Modulo di Young dinamico } E_d = \gamma V_s^2 [(3V_p^2 - 4 V_s^2)/(V_p^2 - V_s^2)]$$

$$\text{Modulo di taglio (rigidità) } G_0 = \gamma V_s^2$$

$$\text{Modulo di comprimibilità o di Bulk } K = \gamma (V_p^2 - 4/3 V_s^2)$$

Determinazione del Modulo di Young statico Es:

Per la determinazione del modulo di Young statico Es dal modulo dinamico Ed si applica la nota relazione proposta da Rzhevsky e Novik (1971) valida per i moduli misurati in MPa o Kg/cmq:

$$E_{\text{stat}} = \frac{E_{\text{din}}^{-0.97}}{8.3}$$

Per gli ammassi rocciosi la bibliografia specialistica suggerisce di applicare un coefficiente pari a 0,8- 1,0 per la roccia integra e un coefficiente via via più basso per quelle fratturate in relazione al grado di fratturazione.

$$E_{\text{stat}} = E_{\text{din}} \times (0.3/1.0)$$

Si sottolinea tuttavia come i valori ottenuti con la suddetta formulazione sia un modulo di elasticità e quindi non può essere utilizzato per determinare ad esempio cedimenti di fondazione quando il carico delle fondazioni dà luogo ad elevate deformazioni (superiori al limite di elasticità), poiché in quei casi la componente plastica è predominante su quella elastica.

Parametri di deformazione dinamici e statici dei terreni determinati tramite misure sismiche

Nella Tabella 33 che segue si illustrano i parametri di deformazione medi calcolati tramite correlazione bibliografica dei parametri di input Vp, Vs e densità (derivati da prove MASW e Down-Hole) per le unità litotecniche relative ai depositi conglomeratici (UGR, UMS e UFC).

Tabella 33 - Parametri di deformazione medi calcolati tramite correlazione bibliografica dei parametri di input Vp, Vs e densità.

Unità litotecnica	γ (kN/m ³)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson ν	Modulo di Young dinamico Ed (MPa)	Modulo di Young statico Es (MPa)
UGR	21.0	1320	542	0.33	1725	207
UMS	19.0	1000	400	0.33	854	102
UFC	19.0	1000	450	0.33	1056	127

10.4 Definizione del modello geologico-tecnico

I risultati delle indagini geognostiche e geofisiche, unitamente ai rilievi geomeccanici e geostrutturali di campo, alle prove di laboratorio ed ai dati geologici progressi e disponibili circa l'assetto litostratigrafico delle aree di indagine, hanno consentito la definizione dei parametri geotecnici delle unità litotecniche incontrate, ciascuna delle quali è costituita da terreni con un simile comportamento geotecnico e geomeccanico.

Infine, per tutta la lunghezza del tracciato di progetto è stato definito il modello geologico-tecnico di riferimento, attribuendo ad ogni unità litotecnica i parametri medi. Nel caso in cui alle profondità di interesse fossero disponibili risultati ottenuti da prove di laboratorio geotecnico o in situ e dalle prospezioni sismiche (MASW, HVSR e Down-Hole), si sono utilizzati tali valori puntuali per la parametrizzazione geotecnica dell'unità litotecnica. Per quanto concerne le considerazioni dell'aspetto idrogeologico, si rimanda al paragrafo 7.4 della presente Relazione Geologica. Di seguito la parametrizzazione fisico-meccanica caratteristica delle unità litotecniche riconosciute:

RELAZIONE GEOLOGICA

UNITÀ MESOZOICHE		Quadro di sintesi del rilevamento geomeccanico effettuato. I valori sono la media dei singoli valori ottenuti dalle stazioni geomeccaniche								
Unità litotecnica	Descrizione	n° stazioni	γ_n (kN/m ³)	σ'_c (MPa)	f_t (MPa)	RMR	GSI	c' (MPa)	ϕ' (°)	Em (MPa)
SCZ	Calcari marnosi e marne calcaree di colore grigio e marrone	6	26.0	82.90	4.61	III (51.16)	45	3.67	27	9421
MAI (+POD)	Calcari micritici ben stratificati	7	26.0	74.92	4.16	III (51.83)	49	3.59	28	10361
SBI	Calcari e calcari marnosi di colore bianco	7	25.8	85.10	4.73	III (51.42)	51	3.91	28	9836
SAA	Calcari micritici, calcari marnosi e marne di colore rosa, arancione e nocciola	3	25.9	75.21	4.18	III (53.33)	48	3.14	27	6015
VAS	Calcari marnosi, marne e marne argillose dal rosa, al rosso al grigio	2	26.3	105.46 *	5.86 *	III (51.00)	28	3.07	21	1348
FUC	Calcari, calcari marnosi, marne e marne argillose policrome	1	25.7	101.40 *	5.63 *	III (48.00)	25	2.78	20	1050

* Parametri di resistenza ottenuti dalle prove di Point Load condotte sulle formazioni che presentano alternanze, in quanto riferiti alla sola componente arenacea

K₁₁

Litologia: MAI
GSI: 55
RMR: 56 (III)
Jv: 12

K₁₆

Litologia: SAA
GSI: 50
RMR: 51 (III)
Jv: 15

K₁₉

Litologia: VAS
GSI: 40
RMR: 53 (III)
Jv: 7.2

K₂₇

Litologia: MAI
GSI: 60
RMR: 60 (III)
Jv: 8.8

K₁₃

Litologia: FUC
GSI: 30
RMR: 48 (III)
Jv: 18

K₁₇

Litologia: MAI
GSI: 35
RMR: 43 (III)
Jv: 18.4

K₂₄

Litologia: SBI
GSI: 55
RMR: 41 (III)
Jv: 22.9

K₂₈

Litologia: MAI
GSI: 25
RMR: 41 (III)
Jv: 24

K₁₅

Litologia: SBI
GSI: 45
RMR: 51 (III)
Jv: 14.9

K₁₈

Litologia: SBI
GSI: 55
RMR: 56 (III)
Jv: 12.6

K₂₅

Litologia: SBI
GSI: 60
RMR: 56 (III)
Jv: 10.8

DEPOSITI E COPERTURE QUATERNARIE		Valori medi da prove SPT				Valori medi da prove pressiometriche			Modulo E_y statico da geosismica	Range valori da prove di laboratorio							
Unità litotecnica	Descrizione	n° prove	C_u (kPa)	ϕ' (°)	E_d (MPa)	n° prove	E_p (MPa)	ϕ'_{lim} (°)	E_y (MPa)	n° prove	γ_n (kN/m ³)	prova di taglio diretto		prova edometrica			ELL
												c' (kPa)	ϕ' (°)	$E_{0.25-0.5}$ (MPa)	$E_{0.50-1.0}$ (MPa)	$E_{1.00-1.50}$ (MPa)	C_u (kPa)
ALL (Piana San Vittorino)	Limo sabbioso debolmente argiloso (facies coesiva)	9	51	-	4	-	-	-	-	9	18 - 20	9 - 40	22 - 28	3.6	4.8	7.5	-
	Sabbie a grana medio-fine con ghiaie eterodimensionali (facies granulare)	32		31	11	-	-	-	-	7	18 - 21	7 - 11	27 - 38	4.3	6.1	10.4	-
ALL (Valle del Salto)	Ghiaie in matrice sabbioso-argilosa	12	-	31	13	-	-	-	-	12	17 - 21	7 - 9	26 - 36	4.4	4.7	6.5	-
ALL (Valle del Turano)	Sabbie fini limose con clasti arenacei	6	-	33	10	-	-	-	-	8	18 - 21	10 - 12	26 - 28	5.5	4.3	7.0	-
ALL (Fosso di Ariana)	Alternanze ghialose in matrice limoso-sabbiosa con livelli sabbioso-limosi	17	-	31	12	-	-	-	-	5	17-19	9 - 39	24 - 30	5.2	4.7	4.6	-
FLG	Argille limosa con intercalazioni sabbiose fini	13	-	33	25	-	-	-	-	4	17 - 19	35 - 65	18 - 19	6.0	6.7	7.1	150 - 300
UGR	Conglomerati fortemente eterometrici, da cementati a molto cementati	/	/	/	/	8	108	42	207	7	18 - 19						
UMS	Conglomerati clastosostenuti, con clasti arenacei, silicei e calcarei	/	/	/	/	1	113	41	102	1	20						
UFC	Conglomerati da moderatamente a scarsamente cementati	12	-	33	25	7	102	41	127	8	17.5 - 20						

OPERE DI DERIVAZIONE (NMD)

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m³)	c' (kPa)	φ' (°)	E_{ed}^* (MPa)
0.0 - 5.5	Terreno vegetale e di riporto e sabbie fini, limose, debolmente argillose poco addensate	16.0	0	25	2.0
5.5 - 11.5	Sabbie a grana media grossolana con ghiaie eterodimensionali	18.5	0	30 - 33	4.0
11.5 - 22.5	Ghiaie eterodimensionali in matrice sabbiosa, localmente limosa	19.0	0	33 - 36	6.0 - 10.0
22.5 - 32.5		19.0	0		
32.5 - 36.0		18.5	0		
36.0 - 40.5	Sabbie grossolane e ghiaie eterodimensionali in matrice sabbiosa	19.5	0	35 - 38	10.0 - 12.0
40.5 - 45.0		19.5	0		
45.0 - 52.5	Ghiaie eterodimensionali in matrice sabbiosa	19.5	0	35 - 38	12.0 - 14.0
52.5 - 60.0	Trovanti calcarei eterodimensionali con intercalazioni di sabbioni calcarei	20.0	0	38	14.0 - 16.0
>60.0	Calcari micritici a ridotta componente marnosa	26.0	-	-	-

Profondità falda (dal p.c.) = falda a piano campagna (0 metri)

* *valore riferito alla frazione fine*

MANUFATTO M1

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E_{ed}^* (MPa)
0.0 - 1.0	Terreno vegetale sabbioso con clasti spigolosi di origine calcareea	16.0	25	0	2.5
1.0 - 9.0	Limo argilloso- sabbioso (facies coesiva)	18.0 - 20.0	22 - 25	9 - 15	9.0 - 13.0
9.0 - 30.0	Sabbie a grana medio-grossolana con intercalazioni di ghiaie calcaree	19.0 - 22.0	28 - 35	8-10	5.0 - 7.0

Profondità falda (dal p.c.) = 0 metri

* valore riferito alla frazione fine

MANUFATTO M2

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E_{ed}^* (MPa)
0.0 - 1.5	Terreno vegetale sabbioso con clasti spigolosi di origine calcareea	16.0	25	0	2.5
1.5 - 17.5	Sabbie a grana medio-grossolana con ghiaie etero- dimensionali	18.0 - 21.0	27 - 32	8 - 10	4.0 - 6.0
17.5 - 30.0	Sabbie a grana medio-grossolana con intercalazioni di ghiaie calcaree	19.0 - 22.0	28 - 35	8-10	5.0 - 7.0

Profondità falda (dal p.c.) = - 1.2 metri

* valore riferito alla frazione fine

MANUFATTO M3

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E_{ed}^* (MPa)
0.0 - 1.5	Terreno vegetale sabbioso con clasti spigolosi di origine calcarea	16.0	25	0	2.5
1.5 - 11.0	Sabbie a grana medio-fine con ghiaie eterodimensionali (facies granulare)	18.0 - 21.0	27 - 32	8 - 10	4.0 - 6.0
11.0 - 30.0	Limo sabbioso debolmente argilloso (facies coesiva)	18.0 - 20.0	22 - 25	9 - 15	9.0 - 13.0

Profondità falda (dal p.c.) = - 4.5 metri

* valore riferito alla frazione fine

MANUFATTO M4

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E_{ed}^* (MPa)
0.0 - 1.5	Terreno vegetale sabbioso con clasti spigolosi di origine calcarea	16.0	25	0	2.5
1.5 - 11.0	Sabbie a grana medio-fine con ghiaie eterodimensionali (facies granulare)	18.0 - 21.0	27 - 32	8 - 10	4.0 - 6.0
11.0 - 30.0	Limo sabbioso debolmente argilloso (facies coesiva)	18.0 - 20.0	22 - 25	9 - 15	9.0 - 13.0

Profondità falda (dal p.c.) = - 4.0 metri

* valore riferito alla frazione fine

MANUFATTO M5

Profondità (m da p.c.)	Descrizione	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E_{ed}^* (MPa)
0.0 - 2.5	Terreno vegetale sabbioso con clasti spigolosi di origine calcarea	18.0 - 21.0	27 - 32	8 - 10	6 - 8
2.5 - 8.0	Detrito di versante	18.0 - 20.0	30 - 35	0 - 5	32
8.0 - 30.0	UFC	17.5 - 20.0	41	15 - 20	120

Profondità falda (dal p.c.) = - 2.7 metri

* valore riferito alla frazione fine

MANUFATTO M6

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E_{ed}^* (MPa)
0.0 - 1.5	Terreno vegetale sabbioso con clasti spigolosi di origine calcarea	16.0	25	0	2.5
1.5 - 6.0	Sabbie con ghiaie spigolose calcaree alternate a livelli limoso-sabbiosi	18.0	32	0	4.0
6.0 - 11.0	Ghiaie grossolane e blocchi calcarei	19.3	35	0	6.0
11.0 - 15.0	Alternanza di sabbie limose e ghiaie arrotondate	19.3	25	15	7.0
15.0 - 24.0		19.0	30	9	8.0
24.0 - 35.0	Ghiaie arrotondate debolmente spigolose	20.2	27	10	9.6
35.0 - 40.0		18.1	30	8	7.8
40.0 - 49.0	Ghiaie in matrice sabbiosa addensata	19.3	30	17	10.0
49.0 - 70.0		18.3	30	17	15.0
> 70.0	Calcari marnosi, marne calcaree	26.0	-	-	-

Quota falda idrica (dal p.c.) = 9 m

* valore riferito alla frazione fine

MANUFATTO FINESTRA DI COTILIA

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E _{ed} * (MPa)
0.0 - 3.5	Coltre detritica	20.0	30 - 33	0 - 10	2 - 5
> 3.5	Calcari micritici (Scaglia detritica - SAD)	26.0	-	-	-

Profondità falda (dal p.c.) = 5 metri

* valore riferito alla frazione fine

MANUFATTO SALTO 1 MONTE

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E _{ed} * (MPa)
0.0 - 2.5	Depositi alluvionali	17.0 - 21.0	26 - 36	7 - 9	4.0 - 6.0
2.5 - 30.0	Conglomerati fortemente cementati (UGR)	19.0 - 25.0	45 - 49	75 - 100	125
> 30	Calcari micritici (Scaglia detritica - SAD)	26.0	-	-	-

Profondità falda (dal p.c.) = - 20 m

* valore riferito alla frazione fine

MANUFATTO SALTO 2 VALLE

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E_{ed}^* (MPa)
0.0 - 3.0	Depositi alluvionali	17.0 - 21.0	26 - 32	7 - 9	2.0 - 4.0
3.0 - 20.0	Conglomerati fortemente cementati (UGR)	19.0 - 25.0	45 - 49	75 - 100	125

Profondità falda (dal p.c.) = - 10 m

* valore riferito alla frazione fine

MANUFATTO TURANO 1 MONTE

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E_{ed}^* (MPa)
0.0 - 3	Coltre detritica eterometrica	18.0 - 20.0	30 - 35	0 - 5	32
> 3	Conglomerati fortemente cementati (UGR)	19.0 - 25.0	45 - 49	75 - 100	125

Profondità falda (dal p.c.) = - 20 m

* valore riferito alla frazione fine

MANUFATTO TURANO 3 VALLE

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E_{ed}^* (MPa)
0.0 - 6.5	Coltre detritica eterometrica	18.0 - 20.0	33	0 - 5	25
>6.5	Conglomerati fortemente cementati (UGR)	19.0 - 25.0	45 - 49	75 - 100	125

Profondità falda (dal p.c.) = - 23 m

* valore riferito alla frazione fine

SAN GIOVANNI REATINO

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	E _{ed} * (MPa)
0 - 15/30	Depositi alluvionali	17.0 - 19.0	18 - 19	35 - 65	3.0 - 4.0
> 15/30	SBI - Calcari selciferi molto fratturati	26.0	-	-	-

Profondità falda = 2.5 - 5.0 m dal p.c.

* Valore riferito alla frazione fine

NODO S - PZ1

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	$\sigma'c$	GSI	RMR
0 - 15.0/30.0	Argilla	18	18	40	-	-	-
> 15.0 - 30.0	MAI - Calcari micritici	26.0	-	-	74.9	49	III (51.83)

Profondità falda = assente.

PZ2

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Φ' (°)	C' (kPa)	$\sigma'c$	GSI	RMR
0 - 5	Sabbia limoso argillosa	17.5	28*	10	-	-	-
> 5	MAI - Calcari micritici	26.0	-	-	74.9	49	III (51.83)

Profondità falda = assente.

* Parametri desunti da prova SPT

COLLEGAMENTO PESCHIERA DESTRO

Descrizione	Prof.	γ_{nat}	c'	ϕ'	$\sigma'c$	GSI	RMR
	m	kN/m ³	kPa	°	MPa		
UMS – Conglomerati clasto-sostenuti, con clasti arenacei, silicei e calcarei	0.0 – 25.0	20.0	-	41	-	-	-
MAI – calcari micritici	> 25.0	26.0	-	-	74.9	49	III (51.83)

Profondità falda = assente.

NUOVO BIPARTITORE (BIP)

Descrizione	Prof.	γ_{nat}	c'	ϕ'	$\sigma'c$	GSI	RMR
	m	kN/m ³	kPa	°	MPa		
Terreno di riporto antropico	0.0 – 3.0	17.5	0-5	25-30	-	-	-
Brecce calcaree eterodimensionali con scarsa matrice limosa	3.0 – 8.0	20.0	0	30-35	-	-	-
MAI – calcari micritici	> 8.0	26.0	-	-	74.9	49	III (51.83)

Profondità falda = assente.

ALLACCIO PESCHIERA SX

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	RMR	GSI	C' (MPa)	Φ' (°)
da p.c.	MAI – calcari micritici	26.0	III (51.83)	49	-	-

Profondità falda (dal p.c.) = assente

10.4.1 Integrazioni in risposta alle osservazioni del C.S.LL.PP.

Nel precedente paragrafo viene specificato che i modelli geologico-tecnici sono stati definiti sulla base di analisi congiunte di prove in situ, di laboratorio e geofisiche. Le unità geologiche presenti nell'area in esame (identificate dal CARG sulla base della loro origine deposizionale) sono state riclassificate in unità litotecniche, quest'ultime caratterizzate da un simile comportamento geotecnico. A titolo di esempio, l'unità geologica dei depositi alluvionali è stata suddivisa in 4 unità litotecniche, corrispondenti alle 3 valli principali e alla piana delle sorgenti, sulla base di un comportamento geotecnico omogeneo. Altre volte ad un'unità geologica corrisponde un'unità litotecnica, perché unica sia dal punto di vista di origine deposizionale che dal punto di vista del comportamento geotecnico.

Nella Relazione Geologica, le unità litotecniche sono state parametrizzate restituendo un range di valori. La Relazione Geotecnica è stata inoltre integrata esplicitando i parametri geotecnici utilizzati nelle verifiche delle opere in progetto. Per la definizione dei valori caratteristici delle singole opere di progetto, ove necessario, è stato condotto un approfondimento per determinare le caratteristiche fisico-meccanico-idrauliche dei terreni più idonee alla problematica in esame.

11 Risposta Sismica Locale

Per Risposta Sismica Locale (RSL) si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie libera (S). Tale fenomeno dipende innanzitutto dalle caratteristiche del moto sismico al tetto della formazione di base, nonché dalle caratteristiche geometriche profonde e superficiali dei terreni, dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni, dalle caratteristiche di permeabilità e dalle condizioni idrauliche al contorno.

Dalla stessa definizione del fenomeno, discende che la risposta sismica locale può modificare sostanzialmente le frequenze dominanti dell'evento. In particolare, può accadere che in corrispondenza di alcune frequenze si abbia un fenomeno di amplificazione, mentre in corrispondenza di altre il segnale sismico si riduca.

Dal modello geologico – geotecnico e sismo stratigrafico ricostruito, si è in grado, avendo una serie di accelerogrammi da utilizzare come input sismico al bedrock, di valutare con programmi dedicati lo spettro di risposta medio in accelerazione per il sito in studio.

11.1 Caratteristiche sismostratigrafiche del volume di terreno d'indagine

Per la determinazione dei modelli sismo-stratigrafici di sito si è fatto riferimento alle indagini geognostiche e geofisiche eseguite lungo il tracciato dell'opera di progetto, descritte nei paragrafi precedenti.

In particolare, sono stati utilizzati i dati stratigrafici relativi ai sondaggi geognostici ed i risultati delle prospezioni sismiche eseguite in corrispondenza dei principali manufatti di progetto. Relativamente agli aspetti sismici dei tratti in galleria, essi sono trattati nella Relazione Geotecnica.

Di seguito una sintesi dei modelli geologico-tecnici e sismici utilizzati.

Opere di derivazione (NMD)

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	V_s (m/s)
0.0 - 5.5	Terreno vegetale e di riporto, sabbie fini, limose, debolmente argillose poco addensate	18.0 - 20.0	190
5.5 - 11.5	Sabbie a grana media grossolana con ghiaie eterodimensionali	18.5	421
11.5 - 22.5	Ghiaie eterodimensionali in matrice sabbiosa, localmente limosa	19.0	600
22.5 - 32.5		19.0	470
32.5 - 36.0		18.5	546
36.0 - 40.5	Sabbie grossolane e ghiaie eterodimensionali calcaree	19.5	678
40.5 - 45.0		19.5	415
45.0 - 52.5	Ghiaie eterodimensionali in matrice sabbiosa	19.5	600
52.5 - 60.0	Trovanti calcarei eterodimensionali con intercalazioni di sabbioni calcarei	20.0	700
> 60.0	Calcari micritici a ridotta componente marnosa	26.0	800

Profondità falda (dal p.c.) = falda a piano campagna (0 metri)

Profondità bedrock (dal p.c.) = -60 metri

Manufatto M3

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Vs (m/s)
0.0 - 1.5	Terreno vegetale	16.0	320
1.5 - 2.5	Sabbie a grana medio-fine con ghiaie eterodimensionali	18.0	380
2.5 - 5.0		18.5	450
5.0 - 6.0		19.0	580
6.0 - 11.0		19.5	650
11.0 - 20.0	Limo sabbioso debolmente argilloso	19.5	700
20.0 - 30.0		20.0	750
30.0	Conglomerati cementati (UFC)	22.0	800

Profondità falda (dal p.c.) = 4.5 metri

Profondità bedrock (dal p.c.) = -30 metri

Manufatto M4

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Vs (m/s)
0.0 - 1.0	Depositi alluvionali	18.0 - 21.0	300
1.5 - 2.5		18.0 - 21.0	400
2.5 - 5.0	Coltre detritica cementata	19.0	550
5.0 - 8.0	Conglomerati moderatamente cementati	20.0	700
8.0 - 10.0		20.0	750
10.0	Conglomerati cementati (UFC)	22.0	800

Profondità falda (dal p.c.) = 4 metri

Profondità bedrock (dal p.c.) = -10 metri

Manufatto M6

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Vs (m/s)
0.0 - 1.5	Terreno vegetale sabbioso con clasti spigolosi di origine calcarea	16.0	232
1.5 - 6.0	Sabbie con ghiaie spigolose calcaree alternate a livelli limoso-sabbiosi	18.0	315
6.0 - 11.0	Ghiaie grossolane e blocchi calcarei	19.3	452
11.0 - 15.0	Alternanza di sabbie limose e ghiaie arrotondate	19.3	361
15.0 - 24.0		19.0	447
24.0 - 35.0	Ghiaie arrotondate debolmente spigolose	20.2	419
35.0 - 40.0		18.1	644
40.0 - 49.0	Ghiaie in matrice sabbiosa addensata	19.3	664
49.0 - 70.0		18.3	720
> 70.0	Calcarei marnosi, marne calcaree	26.0	800

Profondità falda (dal p.c.) = -9 metri

Profondità bedrock (dal p.c.) = -70 metri

Manufatto Salto 1 Monte

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Vs (m/s)
0 - 10	Conglomerati cementati	22	542
10 - 20			620
20-30			694
30-50			700

Profondità falda (dal p.c.) = - 20 metri

Profondità bedrock (dal p.c.) = - 50 metri

Manufatto Salto 2 Valle

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	V_s (m/s)
0.0 – 2.0	Terreno vegetale	16.0	320
2.0 – 5.0	Conglomerati fortemente cementati (UGR)	19.0	550
5.0 – 6.5		20.0	680
6.0 – 9.0		21.0	750
9.0	Calcari micritici (scaglia detritica – SAD)	22.0	800

Profondità falda (dal p.c.) = - 10 metri

Profondità bedrock (dal p.c.) = - 9 metri

Manufatti Turano 1 Monte

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	V_s (m/s)
0.0 – 2.0	Coltre detritica eterometrica	17.0	300
2.0 – 5.0		17.5	420
5.0 – 8.0	Conglomerati fortemente cementati (UGR)	19.0	550
8.0 – 10.0		19.5	620
10.0 – 15.0		20.0	750
15.0		22.0	800

Profondità falda (dal p.c.) = -20 metri

Profondità bedrock (dal p.c.) = -15 metri

Manufatto Turano 3 Valle

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	V_s (m/s)
0.0 – 3.0	Coltre detritica eterometrica	17.5	350
3.0 – 6.0	Conglomerati fortemente cementati (UGR)	19.0	450
6.0 - 10.0		19.0	550
10.0 – 13.0		20.0	700
13.0		22.0	800

Profondità falda (dal p.c.) = - 23 metri

Profondità bedrock (dal p.c.) = -13 metri

San Giovanni Reatino

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Vs (m/s)
0.0 - 2.5	Terreno vegetale e di riporto costituito da ghiaie grossolane in debole matrice sabbioso limosa	17.5	200
2.5 - 9.5	Alternanze ghiaiose in matrice limoso sabbiosa con livelli sabbioso limosi	18.7	285
9.5 - 14.5	Ghiaie spigolose da debolmente sabbiose a sabbioso limose	18.6	414
14.5 - 18.5	Ghiaie spigolose in debole matrice sabbioso limosa	17.7	477
18.5 - 25.5	Ghiaie con sabbie addensate	18.8	483
25.5 - 28.5	Sabbione calcareo con ghiaie ben addensate	19.1	508
28.5 - 30.0	Sabbie limose granulari addensate con clasti calcarei	19.3	597
> 30.0	Calcere selcifero molto fratturato	24.9	800

Profondità falda (dal p.c.) = - 5 metri

Profondità bedrock (dal p.c.) = -30 metri

Nodo S – PZ1

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Vs (m/s)
0.0 - 9.0	Argilla con limo debolmente sabbiosa di color grigio poco consistente	18.6	260
9.0 - 16.5	Argilla limosa poco sabbiosa di colore grigio	19.2	420
16.5 - 25.0	Argilla limosa più o meno consistente con intercalazioni sabbiose calcaree biancastre	19.7	510

Profondità falda (dal p.c.) = assente.

Profondità bedrock (dal p.c.) = -25 metri

PZ2

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Vs (m/s)
0.0 - 1.5	Terreno vegetale sabbioso limoso	16.0	177
1.5 - 10.0	Alternanza di sabbia limosa e limo argilloso mediamente consistente/addensato	20.0	406
> 10.0	Calcere biancastro e avana da fratturato a molto fratturato	26.0	800

Profondità falda (dal p.c.) = assente

Profondità bedrock (dal p.c.) = -10 metri

Collegamento al Peschiera Destro

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	Vs (m/s)
0.0 - 2.0	Terreno vegetale	17.5	200
2.0 - 7.0	Ghiaie alluvionali e detriti	18	320
7.0 - 13.0		18	350
13.0 - 18.0		18	380
18.0 - 24.0		18	420
24.0 - 29.0		Calcari micritici	20
29.0 - 34.0	22		750

Profondità falda (dal p.c.) = assente

Profondità bedrock (dal p.c.) = -34 metri

Nuovo Bipartitore (BIP)

Profondità (m da p.c.)	Unità Litotecnica	γ_n (kN/m ³)	V_s (m/s)
0.0 - 3.0	Terreno di riporto antropico costituito da clasti calcarei eterodimensionali	17.5	150
3.0 - 8.0	Brecce calcaree eterodimensionali con spigoli vivi, con scarsa matrice limosa	20.0	323
8.0 - 17.5	Alternanza di calcari da compatti a fratturati con tracce di ossidazione e livelli travertinosi	24.0	602
17.5 - 25.0		26.0	713
> 25.0		26.0	800

Profondità falda (dal p.c.) = assente

Profondità bedrock (dal p.c.) = -25 metri

11.2 Scelta dell'input sismico (accelerazione di base a_g)

Per la definizione dell'input sismico è stata dapprima eseguita una stima dell'accelerazione di base (a_g) alla quale scalare successivamente gli accelerogrammi, utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per tale valutazione sono stati utilizzati i seguenti parametri progettuali:

11.2.1 Coordinate delle opere di progetto

Nome punto Analisi RSL	LATITUDINE	LONGITUDINE	LATITUDINE	LONGITUDINE
	WGS84		ED50	
Opere di derivazione NMD	42.365998°	13.005226°	42.366974°	13.006147°
Manufatto M3	42.362056°	12.997290°	42.363032°	12.998212°
Manufatto M4	42.359135°	12.993008°	42.360111°	12.99393°
Manufatto M6	42.366217°	12.978247°	42.367193°	12.979169°
Manufatto Salto 1 (Monte)	42.376388°	12.921352°	42.377364	12.922276
Manufatto Salto 2 (Valle)	42.374831°	12.912697°	42.375807°	12.913621°
Manufatto Turano 1 (Monte)	42.359240°	12.883868°	42.360217°	12.884792°
Manufatto Turano 3 (Valle)	42.358830°	12.877765°	42.359807°	12.878689°
San Giovanni Reatino	42.344550°	12.859346°	42.361863°	12.860271°
Nodo S - PZ1	42.261389°	12.746642°	42.262369°	12.747568°
PZ2	42.253190°	12.732411°	42.254170°	12.733337°
Nuovo Bipartitore (BIP)	42.249360°	12.735006°	42.250340	12.735932°
Collegamento Peschiera DX	42.250532°	12.733706°	42.251512	12.734632

11.2.2 Scelta della strategia di progettazione

Classe d'uso IV

Vita Nominale (Vn) = 100 anni

Coefficiente d'uso (Cu) = 2

Stati limite di riferimento = SLO, SLD, SLV e SLC

- Opere di derivazione (NMD)

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.124	2.353	0.299
SLD	201	0.155	2.332	0.314
SLV	1898	0.336	2.416	0.362
SLC	2475	0.365	2.428	0.367

Manufatto M3

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.123	2.356	0.299
SLD	201	0.153	2.335	0.314
SLV	1898	0.332	2.419	0.362
SLC	2475	0.360	2.431	0.367

Manufatto M4

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.123	2.358	0.300
SLD	201	0.152	2.338	0.314
SLV	1898	0.329	2.421	0.362
SLC	2475	0.357	2.432	0.367

- Manufatto M6

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,122	2,362	0,300
SLD	201	0,152	2,337	0,314
SLV	1898	0,326	2,424	0,362
SLC	2475	0,353	2,436	0,367

- Manufatto Salto 1 (Monte)

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,115	2,385	0,300
SLD	201	0,142	2,356	0,315
SLV	1898	0,299	2,449	0,361
SLC	2475	0,323	2,458	0,365

- Manufatto Salto 2 (Valle)

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,112	2,394	0,302
SLD	201	0,139	2,367	0,315
SLV	1898	0,290	2,458	0,360
SLC	2475	0,313	2,468	0,365

- Manufatto Turano 1 (Monte)

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,110	2,401	0,302
SLD	201	0,136	2,377	0,315
SLV	1898	0,282	2,467	0,360
SLC	2475	0,305	2,476	0,364

- Manufatto Turano 3 (Valle)

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,106	2,412	0,303
SLD	201	0,130	2,394	0,314
SLV	1898	0,267	2,483	0,356
SLC	2475	0,288	2,491	0,361

- San Giovanni Reatino

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,105	2,414	0,303
SLD	201	0,129	2,398	0,314
SLV	1898	0,263	2,489	0,355
SLC	2475	0,283	2,496	0,360

- Nodo S – PZ1

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,095	2,441	0,296
SLD	201	0,118	2,412	0,306
SLV	1898	0,239	2,502	0,339
SLC	2475	0,257	2,516	0,343

- PZ2

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,093	2,442	0,294
SLD	201	0,115	2,417	0,301
SLV	1898	0,235	2,495	0,333
SLC	2475	0,253	2,508	0,337

- Nuovo Bipartitore (BIP)

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,093	2,442	0,294
SLD	201	0,115	2,417	0,301
SLV	1898	0,235	2,495	0,333
SLC	2475	0,253	2,508	0,337

- Collegamento Peschiera Destro

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,093	2,442	0,294
SLD	201	0,115	2,417	0,301
SLV	1898	0,235	2,495	0,333
SLC	2475	0,253	2,508	0,337

11.3 Dati di disaggregazione

Per la valutazione della variabilità in termini di magnitudo e distanza del valore di a_g (disaggregazione) si è fatto riferimento alla pagina dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano <http://esse1-gis.mi.ingv.it>, dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale, di seguito le coppie per ogni punto di analisi.

- Opere di derivazione (NMD)

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 40 km	4.0 – 7.0
SLD	63%	0 – 40 km	4.0 – 7.0
SLV	10%	0 – 25 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 25 km	4.0 – 7.5

- Manufatto M3

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 40 km	4.0 – 7.5
SLD	63%	0 – 40 km	4.0 – 7.5
SLV	10%	0 – 20 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 20 km	4.0 – 7.5

- Manufatto M4

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 40 km	4.0 – 7.5
SLD	63%	0 – 40 km	4.0 – 7.5
SLV	10%	0 – 20 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 20 km	4.0 – 7.5

- Manufatto M6

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 50 km	4.0 – 7.0
SLD	63%	0 – 50 km	4.0 – 7.0
SLV	10%	0 – 40 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 30 km	4.0 – 7.5

- Manufatto Salto 1 (Monte)

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 50 km	4.0 – 7.0
SLD	63%	0 – 50 km	4.0 – 7.0
SLV	10%	0 – 40 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 30 km	4.0 – 7.5

- Manufatto Salto 2 (Valle)

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 50 km	4.0 – 7.5
SLD	63%	0 – 50 km	4.0 – 7.5
SLV	10%	0 – 30 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 30 km	4.0 – 7.5

- Manufatto Turano 1 (Monte)

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 50 km	4.0 – 7.5
SLD	63%	0 – 50 km	4.0 – 7.5
SLV	10%	0 – 40 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 40 km	4.0 – 7.5

- Manufatto Turano 3 (Valle)

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 50 km	4.0 – 7.5
SLD	63%	0 – 50 km	4.0 – 7.5
SLV	10%	0 – 40 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 40 km	4.0 – 7.5

- San Giovanni Reatino

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 50 km	4.0 – 7.0
SLD	63%	0 – 50 km	4.0 – 7.0
SLV	10%	0 – 40 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 30 km	4.0 – 7.5

- Nodo S – PZ1

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 50 km	4.0 – 6.5
SLD	63%	0 – 60 km	4.0 – 7.0
SLV	10%	0 – 60 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 30 km	4.0 – 7.5

- PZ2

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 50 km	4.0 – 6.5
SLD	63%	0 – 60 km	4.0 – 7.0
SLV	10%	0 – 60 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 30 km	4.0 – 7.5

- Nuovo Bipartitore (BIP)

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 50 km	4.0 – 6.5
SLD	63%	0 – 60 km	4.0 – 7.0
SLV	10%	0 – 60 km	4.0 – 7.5
SLC	5%	0 – 30 km	4.0 – 7.5

- Collegamento al Peschiera Destro

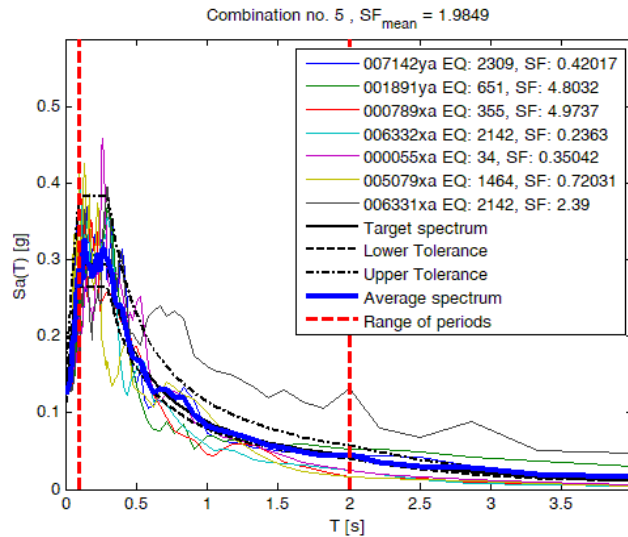
STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 70 km	4.0 – 6.5
SLD	63%	0 – 70 km	4.0 – 7.0
SLV	10%	0 – 20 km	4.0 – 5.5
SLC	5%	0 – 20 km	4.0 – 5.5

11.4 Estrazione degli accelerogrammi di input

L'estrazione dalla banca dati europea (ESD) degli accelerogrammi naturali sismo-compatibili con il sito oggetto di intervento, da utilizzare come input sismico, è stata realizzata con il software Rexel v 3.5 beta, messo a punto dalla ReLUIIS di Napoli.

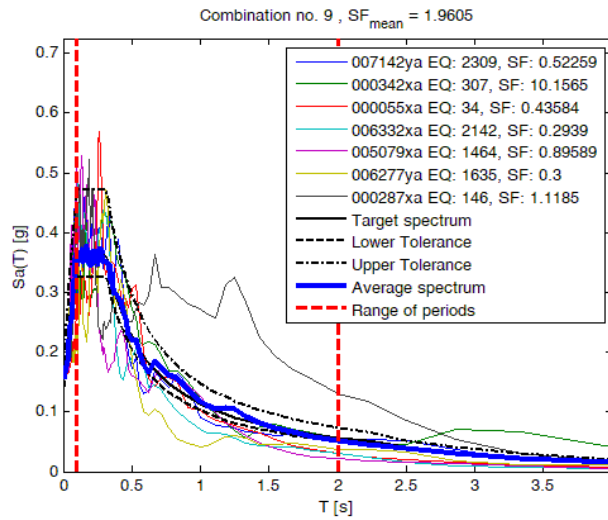
I tre set dei 7 accelerogrammi con il minore fattore di scala individuati per i quattro stati limite considerati e per ogni punto di analisi sono i seguenti:

- Opere di derivazione (NMD)
 - o **Set accelerogrammi SLO**



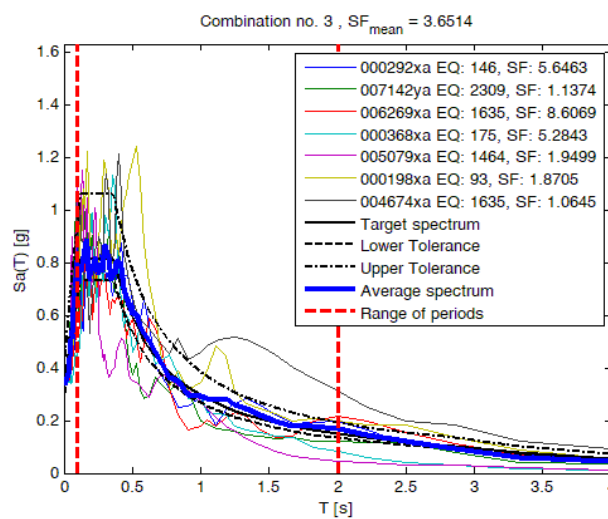
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
789	355	ST225	Umbria Marche (aftershock)	12/10/1997	5.2
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
5079	1464	ST2552	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4
6331	2142	ST2486	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4

○ **Set accelerogrammi SLD**



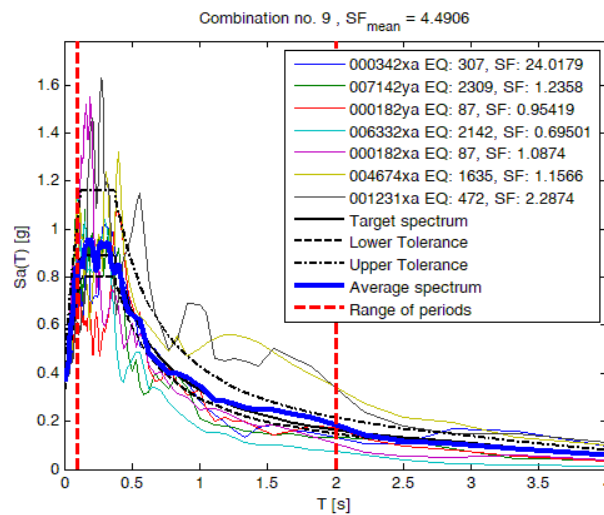
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
5079	1464	ST2552	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4
6277	1635	ST2558	South Iceland	17/06/2000	6.5
287	146	ST93	Campano Lucano	23/11/1980	6.9

○ **Set accelerogrammi SLV**



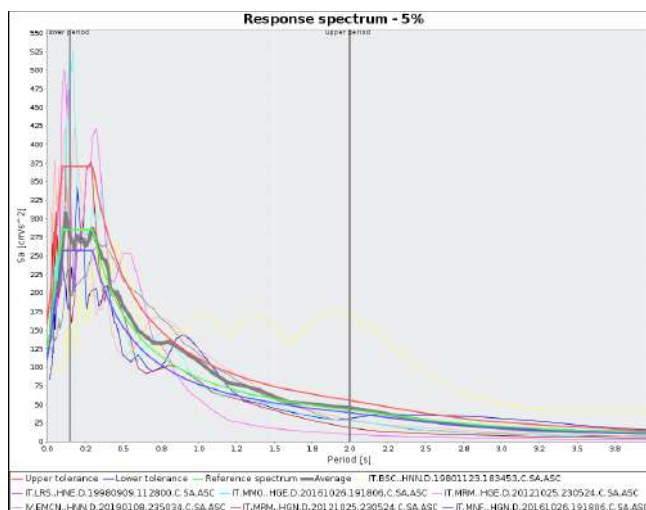
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
6269	1635	ST2497	South Iceland	17/06/2000	6.5
368	175	ST143	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9
5079	1464	ST2552	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4
198	93	ST64	Montenegro	15/04/1979	6.9
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

o **Set accelerogrammi SLC**



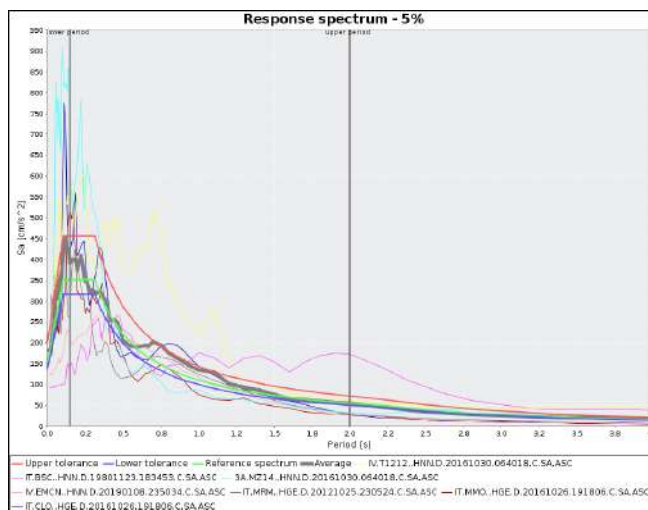
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7.3
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7.3
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5
1231	472	ST575	Izmit	17/08/1999	7.6

- Manufatto M3
 - o **Set accelerogrammi SLO**



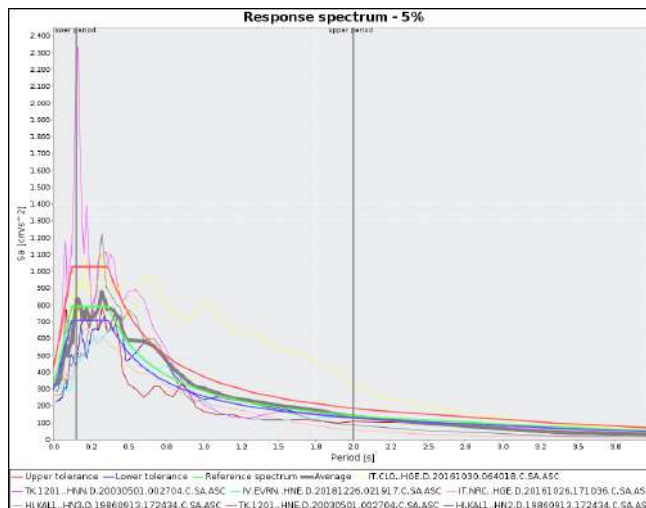
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	M w
IT.BSC..HNN.D.19801123.183453	IT-1980-0012	BSC	IRPINIA	23/11/1980	6.9
IT.LRS..HNE.D.19980909.112800	IT-1998-0103	LRS	SOUTHERN_ITALY	09/09/1998	5.6
IT.MMO..HGE.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	MMO	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IT.MNF..HGN.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	MNF	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IT.MRM..HGE.D.20121025.230524	IT-2012-0061	MRM	COSENZA	25/10/2012	5.0
IT.MRM..HGN.D.20121025.230524	IT-2012-0061	MRM	COSENZA	25/10/2012	5.0
IV.EMCN..HNN.D.20190108.235034	EMSC-20190108_0000122	EMCN	SICILY_ITALY	08/01/2019	4.1

○ **Set accelerogrammi SLD**



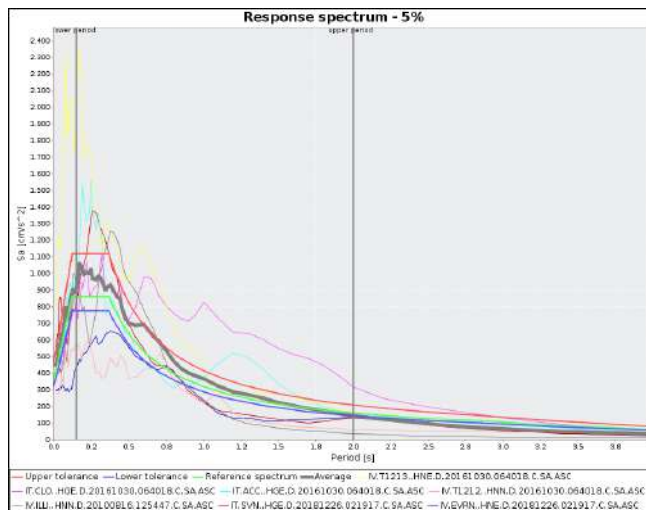
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	M w
3A.MZ14..HNN.D.20161030.06 4018	EMSC- 20161030_0000029	MZ14	CENTRAL_ITALY	30/10/20 16	6.5
IT.BSC..HNN.D.19801123.1834 53	IT-1980-0012	BSC	IRPINIA	23/11/19 80	6.9
IT.CLO..HGE.D.20161026.1918 06	EMSC- 20161026_0000095	CLO	CENTRAL_ITALY	26/10/20 16	5.9
IT.MMO..HGE.D.20161026.191 806	EMSC- 20161026_0000095	MMO	CENTRAL_ITALY	26/10/20 16	5.9
IT.MRM..HGE.D.20121025.230 524	IT-2012-0061	MRM	COSENZA	25/10/20 12	5.0
IV.EMCN..HNN.D.20190108.23 5034	EMSC- 20190108_0000122	EMCN	SICILY_ITALY	08/01/20 19	4.1
IV.T1212..HNN.D.20161030.06 4018	EMSC- 20161030_0000029	T1212	CENTRAL_ITALY	30/10/20 16	6.5

○ **Set accelerogrammi SLV**



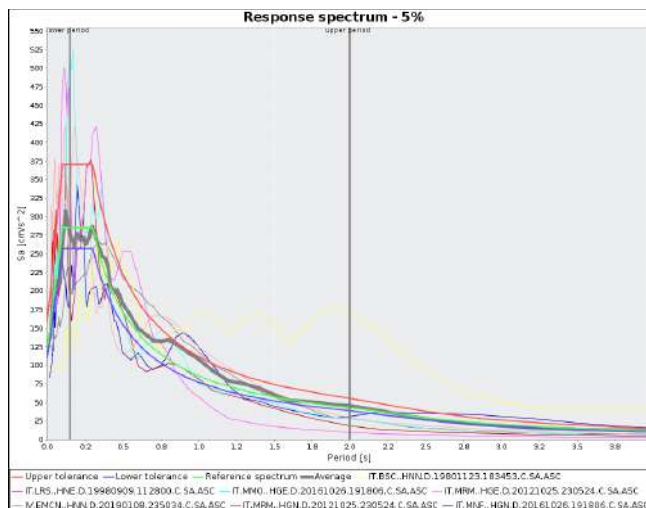
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	M w
HI.KAL1..HN2.D.19860913.17243 4	GR-1986-0006	KAL1	SOUTHERN_GREE CE	13/09/19 86	5.9
HI.KAL1..HN3.D.19860913.17243 4	GR-1986-0006	KAL1	SOUTHERN_GREE CE	13/09/19 86	5.9
IT.CLO..HGE.D.20161030.064018	EMSC- 20161030_0000029	CLO	CENTRAL_ITALY	30/10/20 16	6.5
IT.NRC..HGE.D.20161026.171036 .C.SA	EMSC- 20161026_0000077	NRC	CENTRAL_ITALY	26/10/20 16	5.4
IV.EVRN..HNE.D.20181226.02191 7.C.SA	EMSC- 20181226_0000014	EVRN	SICILY_ITALY	26/12/20 18	4.9
TK.1201..HNE.D.20030501.00270 4	TK-2003-0038	1201	TURKEY	01/05/20 03	6.3
TK.1201..HNN.D.20030501.00270 4.C.SA	TK-2003-0038	1201	TURKEY	01/05/20 03	6.3

○ **Set accelerogrammi SLC**



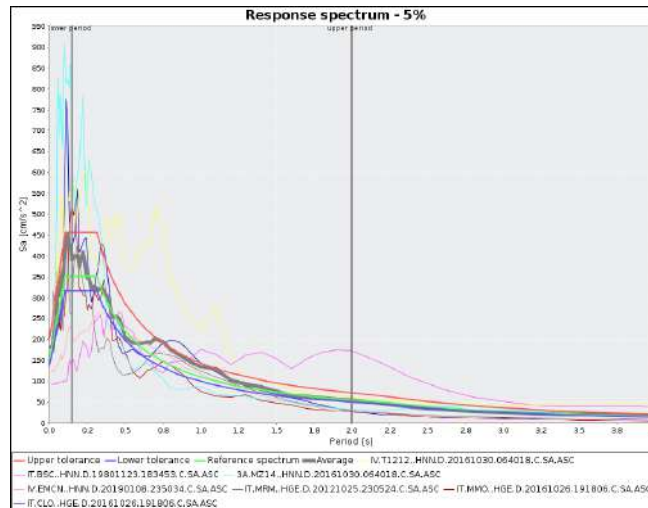
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	M w
IT.ACC..HGE.D.20161030.06 4018	EMSC- 20161030_0000029	ACC	CENTRAL_ITALY	30/10/20 16	6.5
IT.CLO..HGE.D.20161030.06 4018	EMSC- 20161030_0000029	CLO	CENTRAL_ITALY	30/10/20 16	6.5
IT.SVN..HGE.D.20181226.02 1917	EMSC- 20181226_0000014	SVN	SICILY_ITALY	26/12/20 18	4.9
IV.EVRN..HNE.D.20181226.0 21917	EMSC- 20181226_0000014	EVRN	SICILY_ITALY	26/12/20 18	4.9
IV.ILLI..HNN.D.20100816.12 5447	IT-2010-0032	ILLI	PORTO_DI_PONENTE_VU LCANO	16/08/20 10	4.7
IV.T1212..HNN.D.20161030. 064018	EMSC- 20161030_0000029	T1212	CENTRAL_ITALY	30/10/20 16	6.5
IV.T1213..HNE.D.20161030. 064018	EMSC- 20161030_0000029	T1213	CENTRAL_ITALY	30/10/20 16	6.5

- Manufatto M4
 - o **Set accelerogrammi SLO**



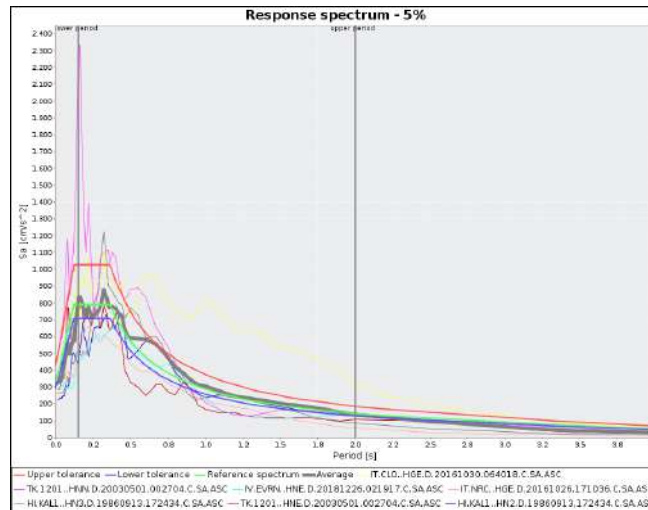
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	M w
IT.BSC..HNN.D.19801123.183453	IT-1980-0012	BSC	IRPINIA	23/11/1980	6.9
IT.LRS..HNE.D.19980909.112800	IT-1998-0103	LRS	LAURIA	09/09/1998	5.6
IT.MMO..HGE.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	MMO	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IT.MNF..HGN.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	MNF	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IT.MRM..HGE.D.20121025.230524	IT-2012-0061	MRM	COSENZA	25/10/2012	5.0
IT.MRM..HGN.D.20121025.230524	IT-2012-0061	MRM	COSENZA	25/10/2012	5.0
IV.EMCN..HNN.D.20190108.235034	EMSC-20190108_0000122	EMCN	SICILY_ITALY	08/01/2019	4.1

○ **Set accelerogrammi SLD**



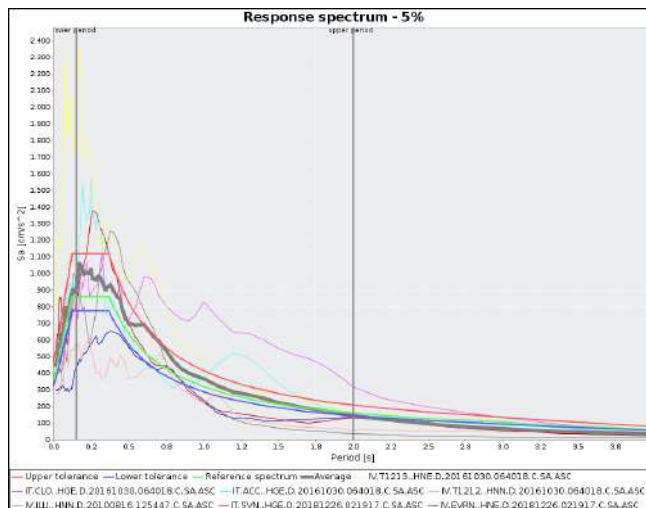
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	M w
3A.MZ14..HNN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MZ14	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.BSC..HNN.D.19801123.183453	IT-1980-0012	BSC	IRPINIA	23/11/1980	6.5
IT.CLO..HGE.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	CLO	CENTRAL_ITALY	26/11/2016	5.9
IT.MMO..HGE.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	MMO	CENTRAL_ITALY	26/11/2016	5.9
IT.MRM..HGE.D.20121025.230524	IT-2012-0061	MRM	COSENZA	25/10/2012	5.0
IV.EMCN..HNN.D.20190108.235034	EMSC-20190108_0000122	EMCN	SICILY_ITALY	08/01/2019	4.1
IV.T1212..HNN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1212	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5

○ **Set accelerogrammi SLV**



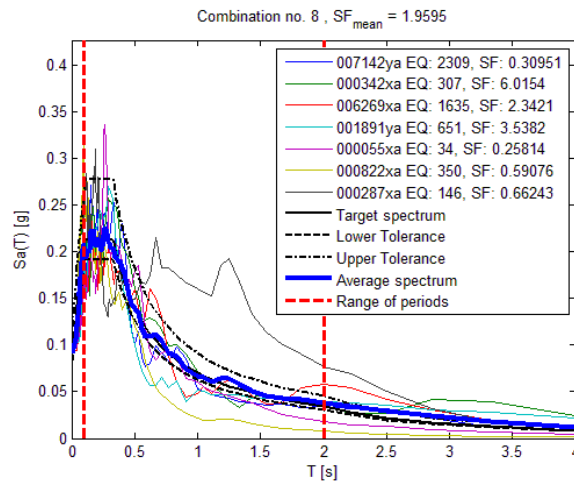
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
HI.KAL1..HN2.D.19860913.172434	GR-1986-0006	KAL1	SOUTHERN_GREECE	13/09/1986	5.9
HI.KAL1..HN3.D.19860913.172434	GR-1986-0006	KAL1	SOUTHERN_GREECE	13/09/1986	5.9
IT.CLO..HGE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	CLO	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.NRC..HGE.D.20161026.171036	EMSC-20161026_0000077	NRC	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.4
IV.EVRN..HNE.D.20181226.021917	EMSC-20181226_0000014	EVRN	SICILY_ITALY	26/12/2018	4.9
TK.1201..HNE.D.20030501.002704	TK-2003-0038	1201	TURKEY	01/05/2003	6.3
TK.1201..HNN.D.20030501.002704	TK-2003-0038	1201	TURKEY	01/05/2003	6.3

○ **Set accelerogrammi SLC**



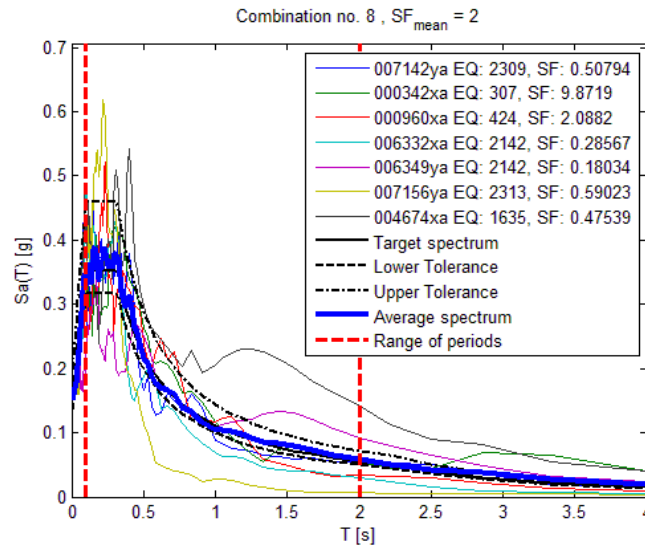
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	M w
IT.ACC..HGE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	ACC	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.CLO..HGE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	CLO	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.SVN..HGE.D.20181226.021917	EMSC-20181226_0000014	SVN	SICILY_ITALY	26/12/2018	4.9
IV.EVRN..HNE.D.20181226.021917	EMSC-20181226_0000014	EVRN	SICILY_ITALY	26/12/2018	4.9
IV.ILLI..HNN.D.20100816.125447	IT-2010-0032	ILLI	PORTO_DI_PONENTE_VU LCANO	16/08/2010	4.7
IV.T1212..HNN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1212	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.T1213..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1213	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5

- Manufatto M6
 - o **Set accelerogrammi SLO**



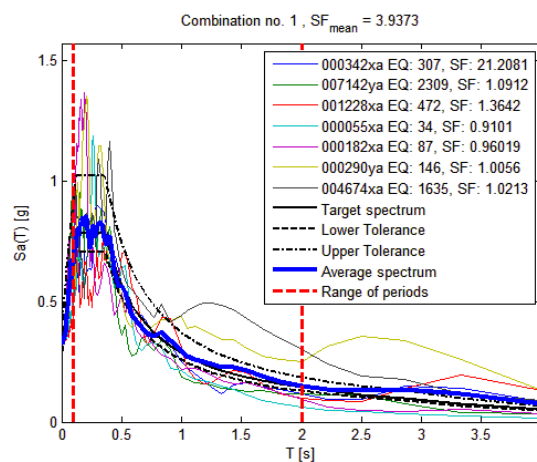
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
6269	1635	ST2497	South Iceland	17/06/2000	6.5
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
822	350	ST236	Umbria Marche (aftershock)	03/10/1997	5.3
287	146	ST93	Campano Lucano	23/11/1980	6.9

○ **Set accelerogrammi SLD**



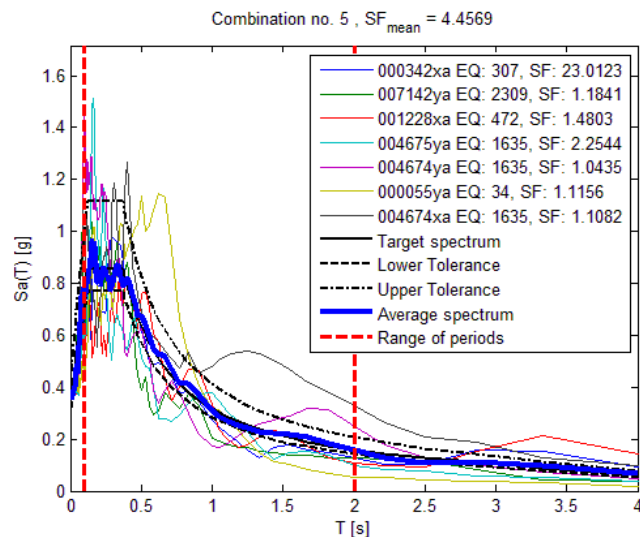
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
6349	2142	ST2558	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
7156	2313	ST3291	Firuzabad	20/06/1994	5.9
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

○ **Set accelerogrammi SLV**



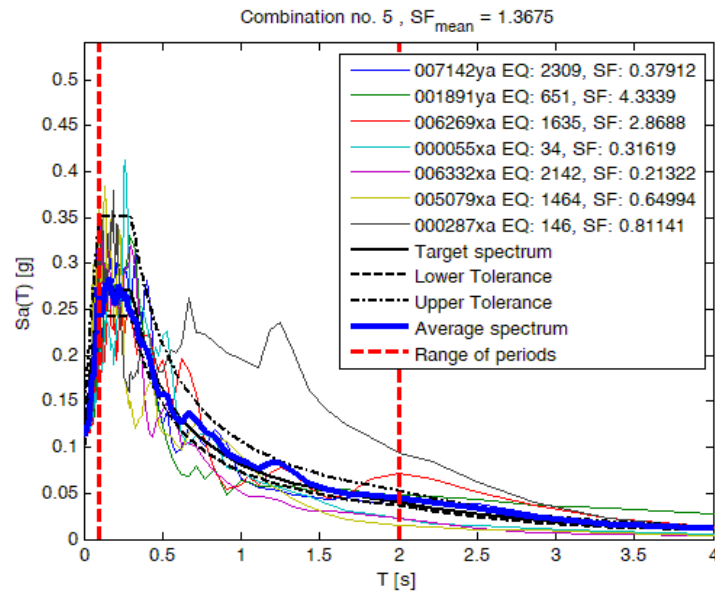
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
1228	472	ST561	Izmit	17/08/1999	7.6
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7.3
290	146	ST96	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

o **Set accelerogrammi SLC**



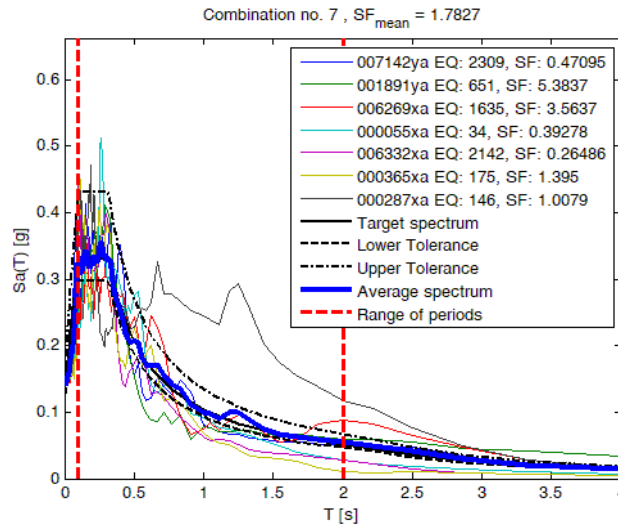
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
1228	472	ST561	Izmit	17/08/1999	7.6
4675	1635	ST2487	South Iceland	17/06/2000	6.5
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

- Manufatto Salto 1 Monte
 - o **Set accelerogrammi SLO**



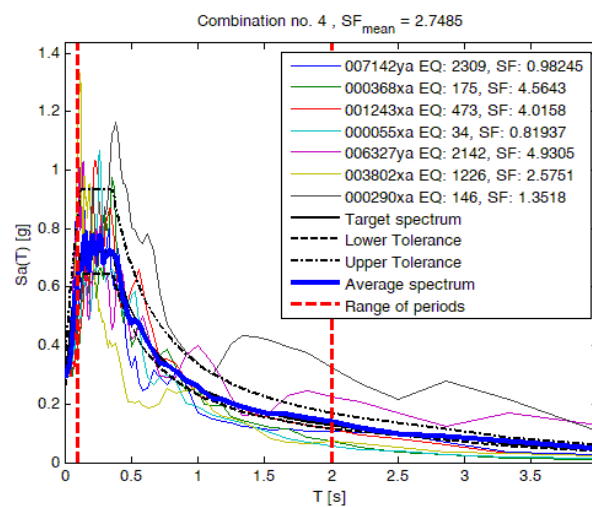
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
6269	1635	ST2497	South Iceland	17/06/2000	6.5
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
5079	1464	ST2552	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4
287	146	ST93	Campano Lucano	23/11/1980	6.9

○ **Set accelerogrammi SLD**



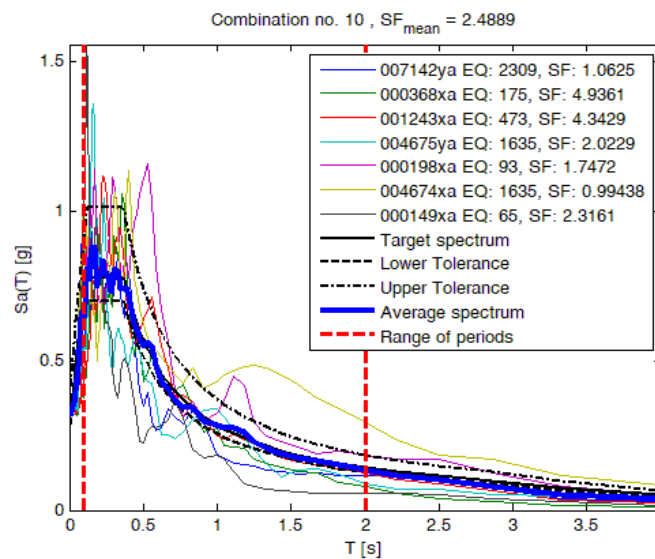
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
6269	1635	ST2497	South Iceland	17/06/2000	6.5
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
5079	1464	ST2552	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4
287	146	ST93	Campano Lucano	23/11/1980	6.9

○ **Set accelerogrammi SLV**



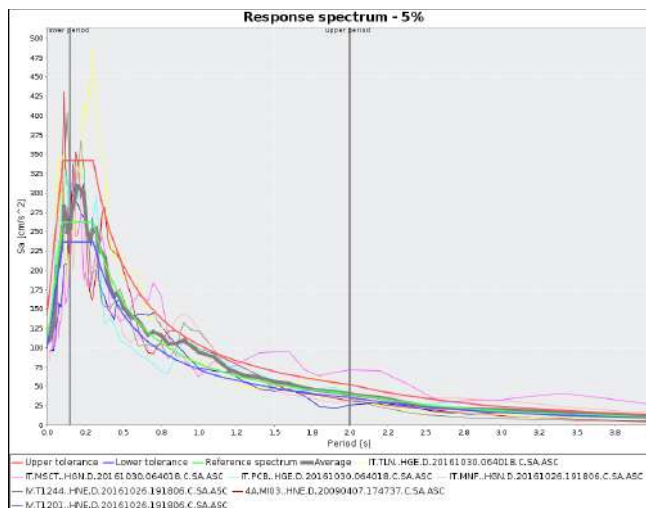
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
368	175	ST143	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9
1243	473	ST575	Izmit (aftershock)	13/09/1999	5.8
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
6327	2142	ST2552	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
3802	1226	ST2368	SE of Tirana	09/01/1988	5.9
290	146	ST96	Campano Lucano	23/11/1980	6.9

o **Set accelerogrammi SLC**



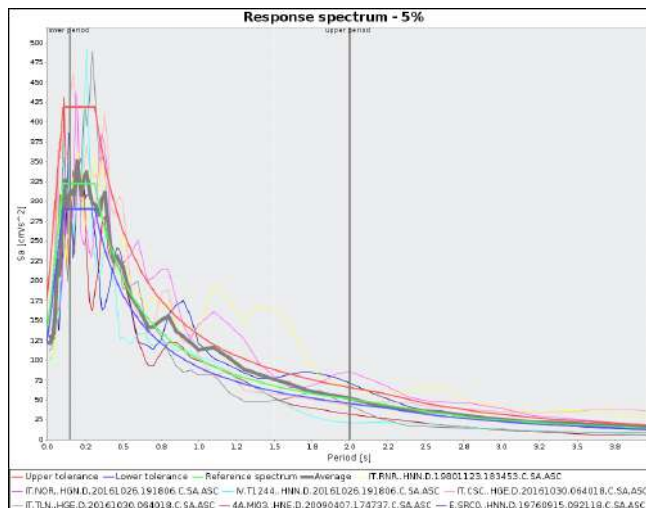
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
368	175	ST143	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9
1243	473	ST575	Izmit (aftershock)	13/09/1999	5.8
4675	1635	ST2487	South Iceland	17/06/2000	6.5
198	93	ST64	Montenegro	15/04/1979	6.9
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5
149	65	ST26	Friuli (aftershock)	15/09/1976	6

- Manufatto Salto 2 Valle
 - o **Set accelerogrammi SLO**



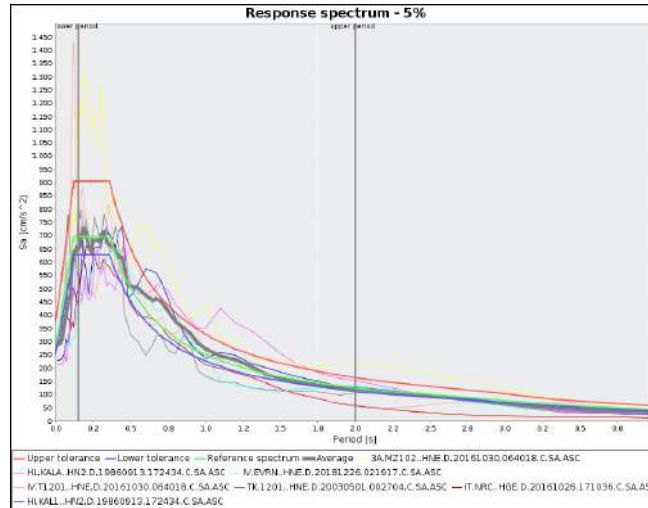
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
4A.MI03..HNE.D.20090407.174737	IT-2009-0102	MI03	CENTRAL_ITALY	07/04/2009	5.5
IT.MNF..HGN.D.20161026.191806	EMSC- 20161026_0000095	MNF	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IT.MSCT..HGN.D.20161030.064018	EMSC- 20161030_0000029	MSCT	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.PCB..HGE.D.20161030.064018	EMSC- 20161030_0000029	PCB	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.TLN..HGE.D.20161030.064018	EMSC- 20161030_0000029	TLN	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.T1201..HNE.D.20161026.191806	EMSC- 20161026_0000095	T1201	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IV.T1244..HNE.D.20161026.191806	EMSC- 20161026_0000095	T1244	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9

○ **Set accelerogrammi SLD**



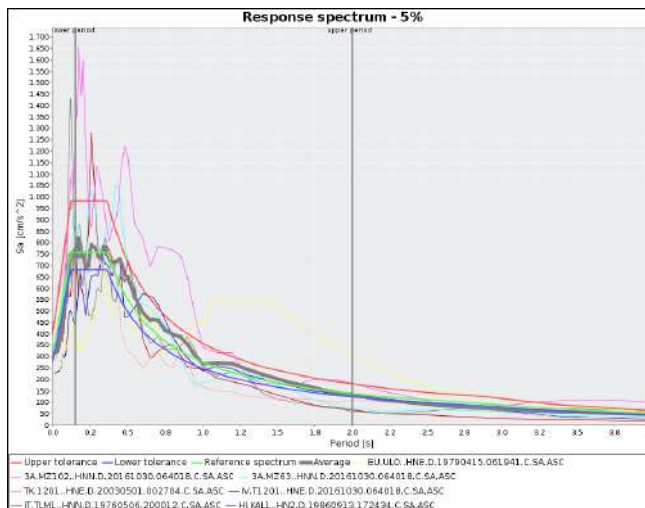
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
4A.MI03..HNE.D.20090407.174737	IT-2009-0102	MI03	CENTRAL_ITALY	07/04/2009	5.5
E.SRC0..HNN.D.19760915.092118	IT-1976-0030	SRC0	FRIULI_3RD_SHOCK	15/09/1975	6.0
IT.CSC..HGE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	CSC	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.NOR..HGN.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	NOR	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IT.RNR..HNN.D.19801123.183453	IT-1980-0012	RNR	IRPINIA	23/11/1980	6.9
IT.TLN..HGE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	TLN	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.T1244..HNN.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	T1244	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9

○ **Set accelerogrammi SLV**



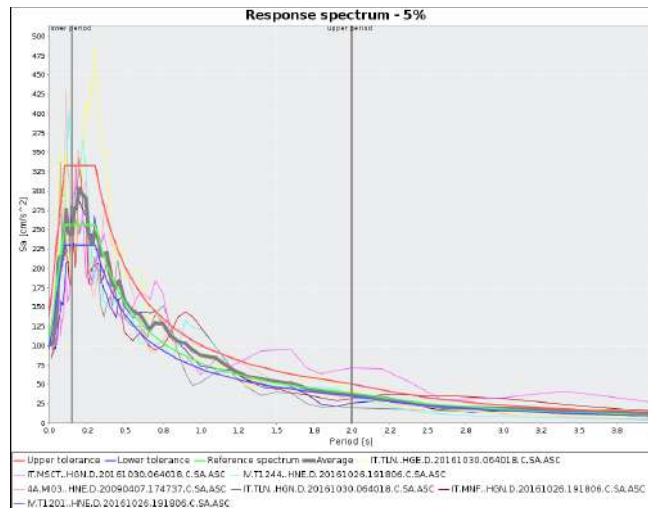
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
3A.MZ102..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MZ102	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
HI.KAL1..HN2.D.19860913.172434	GR-1986-0006	KAL1	SOUTHERN_GREECE	13/09/1986	5.9
HL.KALA..HN2.D.19860913.172434	GR-1986-0006	KALA	SOUTHERN_GREECE	13/09/1986	5.9
IT.NRC..HGE.D.20161026.171036	EMSC-20161026_0000077	NRC	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.4
IV.EVRN..HNE.D.20181226.021917	EMSC-20181226_0000014	EVRN	SICILY_ITALY	26/12/2018	4.9
IV.T1201..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1201	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
TK.1201..HNE.D.20030501.002704	TK-2003-0038	1201	TURKEY	01/05/2003	6.3

○ **Set accelerogrammi SLC**



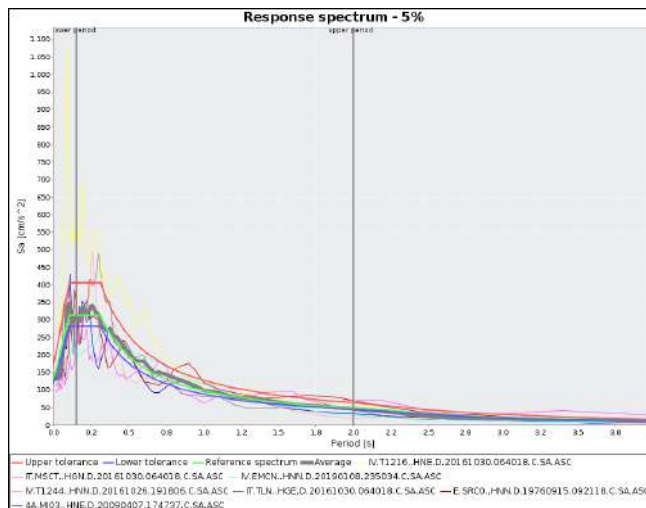
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
3A.MZ63..HNN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MZ63	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
3A.MZ102..HNN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MZ102	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
EU.ULO..HNE.D.19790415.061941	ME-1979-0003	ULO	NORTHWESTERN_BALKAN_PENINSULA	15/04/1979	6.9
HI.KAL1..HN2.D.19860913.172434	GR-1986-0006	KAL1	SOUTHERN_GREECE	13/09/1986	5.9
IT.TLM1..HNN.D.19760506.200012	IT-1976-0002	TLM1	FRIULI_1ST_SHOCK	06/05/1976	6.4
IV.T1201..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1201	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
TK.1201..HNE.D.20030501.002704	TK-2003-0038	1201	TURKEY	01/05/2003	6.3

- Manufatto Turano 1
 - o **Set accelerogrammi SLO**



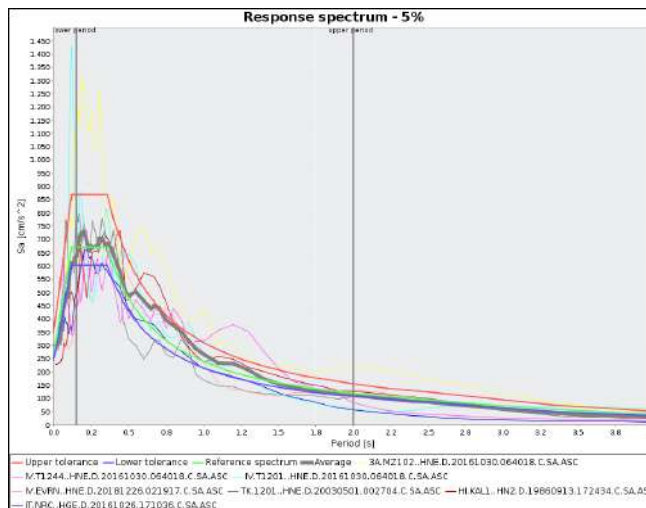
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
4A.MI03..HNE.D.20090407.174737	IT-2009-0102	MI03	CENTRAL_ITALY	07/04/2009	5.5
IT.MNF..HGN.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	MNF	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IT.MSCT..HGN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MSCT	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.TLN..HGE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	TLN	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.TLN..HGN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	TLN	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.T1201..HNE.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	T1201	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IV.T1244..HNE.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	T1244	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9

○ **Set accelerogrammi SLD**



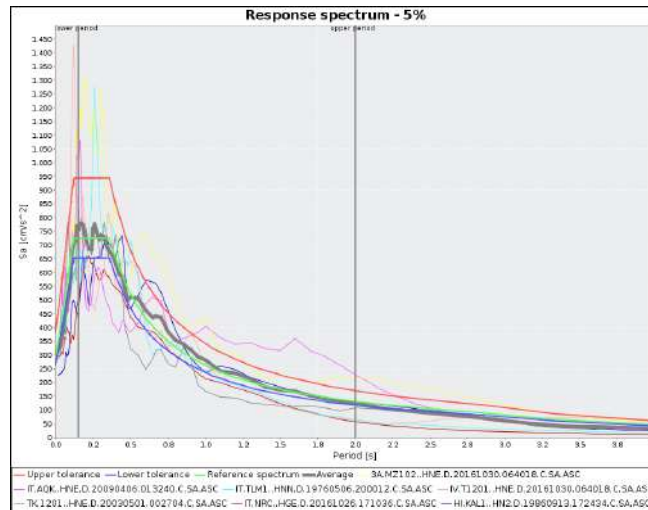
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
4A.MI03..HNE.D.20090407.174737	IT-2009-0102	MI03	CENTRAL_ITALY	07/04/2009	5.5
E.SRC0..HNN.D.19760915.092118	IT-1976-0030	SRC0	FRIULI_3RD_SHOCK	15/09/1976	6.0
IT.MSCT..HGN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MSCT	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.TLN..HGE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	TLN	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.EMCN..HNN.D.20190108.235034	EMSC-20190108_0000122	EMCN	SICILY_ITALY	08/01/2019	4.1
IV.T1216..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1216	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.T1244..HNN.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	T1244	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9

○ **Set accelerogrammi SLV**



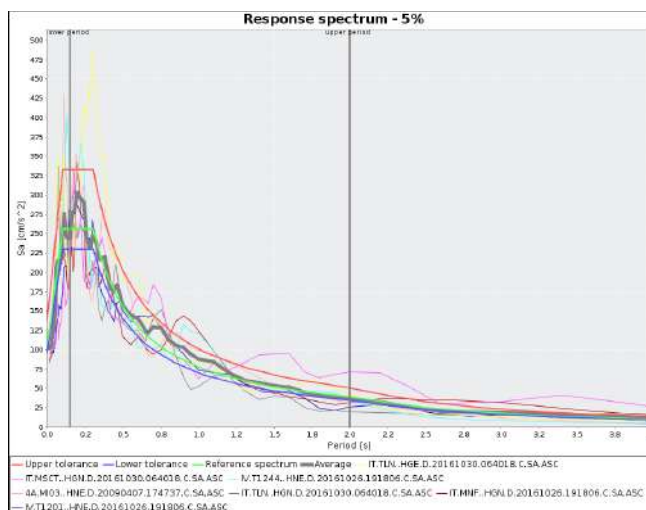
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
3A.MZ102..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MZ102	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
HI.KAL1..HN2.D.19860913.172434	GR-1986-0006	KAL1	SOUTHERN_GREECE	13/09/1986	5.9
IT.NRC..HGE.D.20161026.171036	EMSC-20161026_0000077	NRC	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.4
IV.EVRN..HNE.D.20181226.021917	EMSC-20181226_0000014	EVRN	SICILY_ITALY	26/12/2018	4.9
IV.T1201..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1201	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.T1244..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1244	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
TK.1201..HNE.D.20030501.002704	TK-2003-0038	1201	TURKEY	01/05/2003	6.3

○ **Set accelerogrammi SLC**



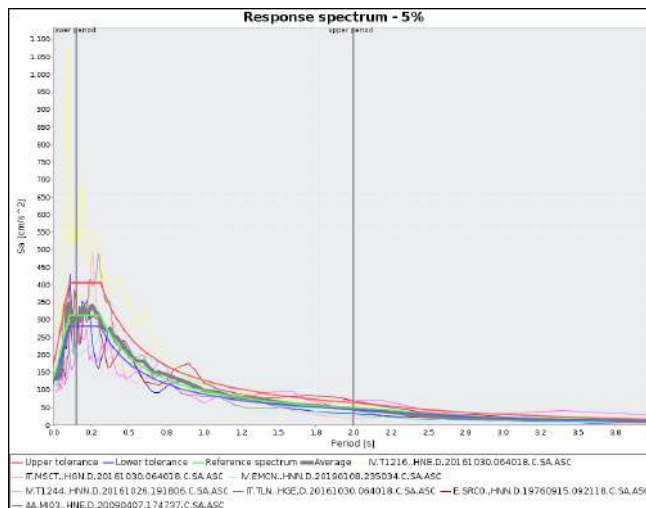
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
3A.MZ102..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MZ102	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
HI.KAL1..HN2.D.19860913.172434	GR-1986-0006	KAL1	SOUTHERN_GREECE	13/09/1986	5.9
IT.AQK..HNE.D.20090406.013240	IT-2009-0009	AQK	L_AQUILA	06/04/2009	6.1
IT.NRC..HGE.D.20161026.171036	EMSC-20161026_0000077	NRC	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.4
IT.TLM1..HNN.D.19760506.200012	IT-1976-0002	TLM1	FRIULI_1ST_SHOCK	06/05/1976	6.4
IV.T1201..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1201	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
TK.1201..HNE.D.20030501.002704	TK-2003-0038	1201	TURKEY	01/05/2003	6.3

- Manufatto Turano 3
 - o **Set accelerogrammi SLO**



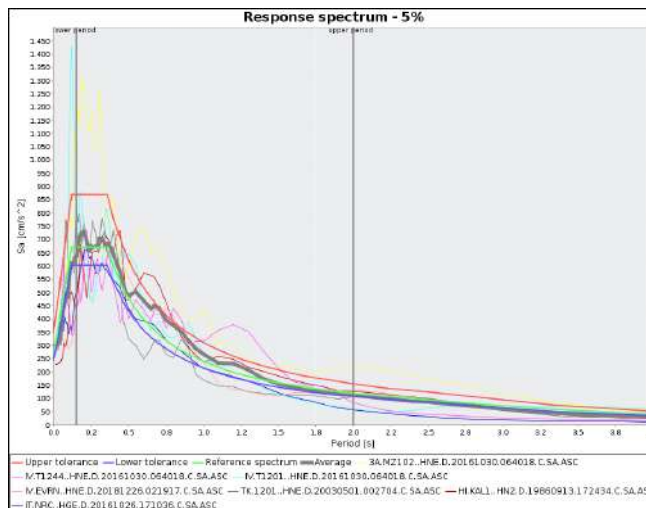
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
4A.MI03..HNE.D.20090407.174737	IT-2009-0102	MI03	CENTRAL_ITALY	07/04/2009	5.5
IT.MNF..HGN.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	MNF	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IT.MSCT..HGN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MSCT	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.TLN..HGE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	TLN	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.TLN..HGN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	TLN	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.T1201..HNE.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	T1201	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9
IV.T1244..HNE.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	T1244	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9

○ **Set accelerogrammi SLD**



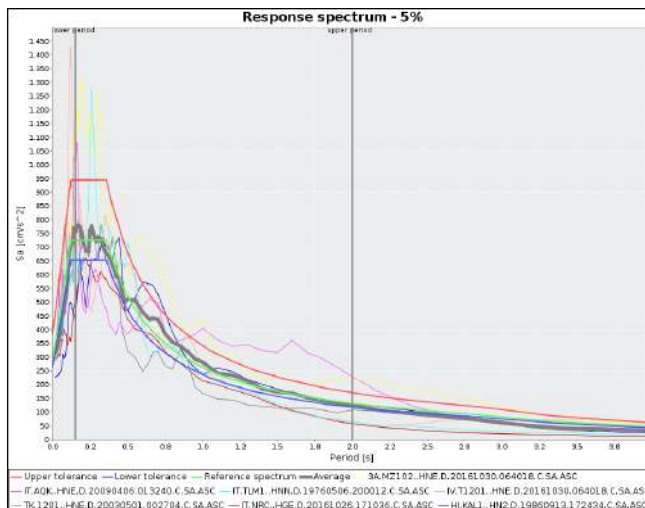
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	M w
4A.MI03..HNE.D.20090407.174727	IT-2009-0102	MI03	CENTRAL_ITALY	07/04/2009	5.5
E.SRC0..HNN.D.19760915.092118	IT-1976-0030	SRC0	FRIULI_3RD_SHOCK	15/09/1976	6.0
IT.MSCT..HGN.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MSCT	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IT.TLN..HGE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	TLN	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.EMCN..HNN.D.20190108.235034	EMSC-20190108_0000122	EMCN	SICILY_ITALY	08/01/2019	4.1
IV.T1216..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1216	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.T1244..HNN.D.20161026.191806	EMSC-20161026_0000095	T1244	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.9

○ **Set accelerogrammi SLV**



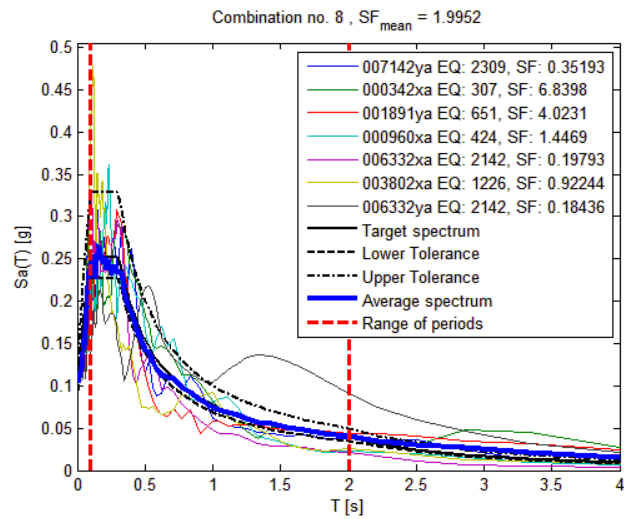
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
3A.MZ102..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MZ102	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
HI.KAL1..HN2.D.19860913.172434	GR-1986-0006	KAL1	SOUTHERN_GREECE	13/09/1986	5.9
IT.NRC..HGE.D.20161026.171036	EMSC-20161026_0000077	NRC	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.4
IV.EVRN..HNE.D.20181226.021917	EMSC-20181226_0000014	EVRN	SICILY_ITALY	26/12/2018	4.9
IV.T1201..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1201	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
IV.T1244..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1244	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
TK.1201..HNE.D.20030501.002704	TK-2003-0038	1201	TURKEY	01/05/2003	6.3

○ **Set accelerogrammi SLC**



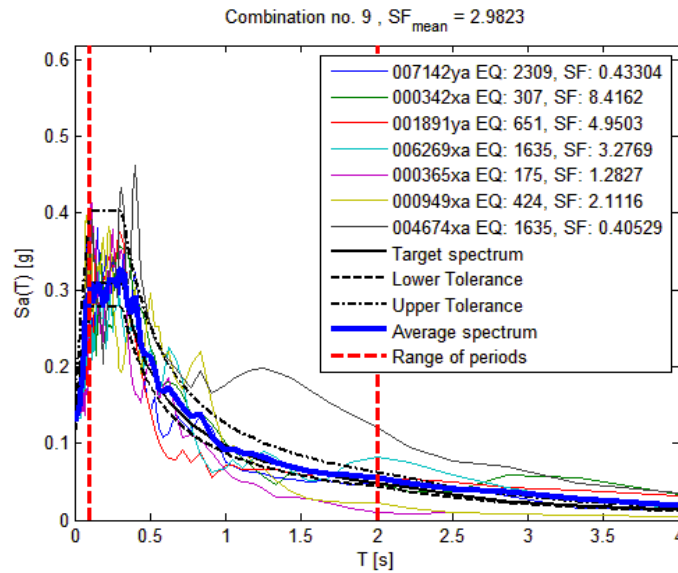
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
3A.MZ102..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	MZ102	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
HI.KAL1..HN2.D.19860913.172434	GR-1986-0006	KAL1	SOUTHERN_GREECE	13/09/1986	5.9
IT.AQK..HNE.D.20090406.013240	IT-2009-0009	AQK	L_AQUILA	06/04/2009	6.1
IT.NRC..HGE.D.20161026.171036	EMSC-20161026_0000077	NRC	CENTRAL_ITALY	26/10/2016	5.4
IT.TLM1..HNN.D.19760506.200012	IT-1976-0002	TLM1	FRIULI_1ST_SHOCK	06/05/1976	6.4
IV.T1201..HNE.D.20161030.064018	EMSC-20161030_0000029	T1201	CENTRAL_ITALY	30/10/2016	6.5
TK.1201..HNE.D.20030501.002704	TK-2003-0038	1201	TURKEY	01/05/2003	6.3

- San Giovanni Reatino
 - o **Set accelerogrammi SLO**



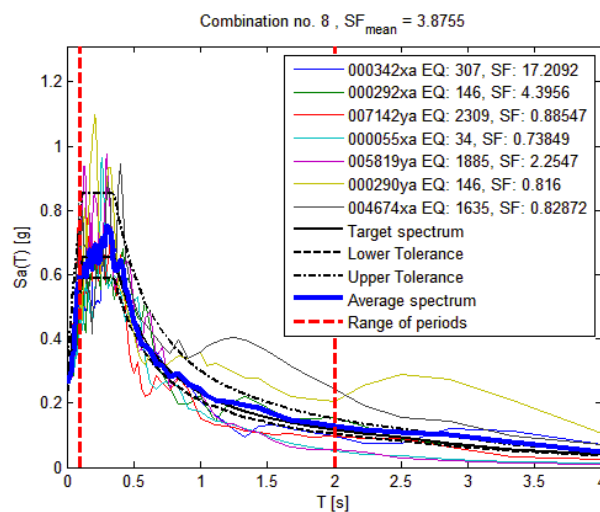
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
3802	1226	ST2368	SE of Tirana	09/01/1988	5.9
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4

○ **Set accelerogrammi SLD**



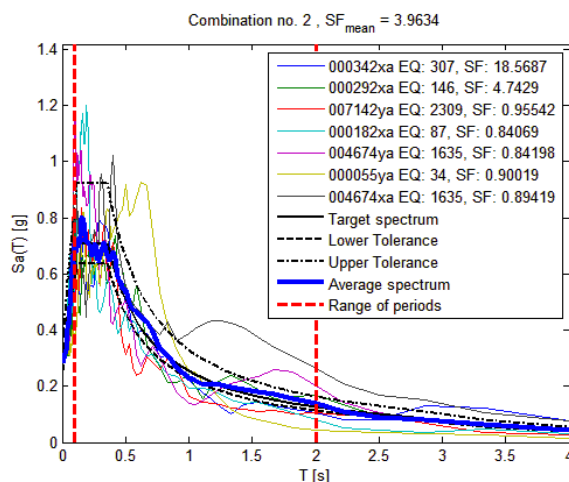
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
6269	1635	ST2497	South Iceland	17/06/2000	6.5
365	175	ST140	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9
949	424	ST291	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

○ **Set accelerogrammi SLV**



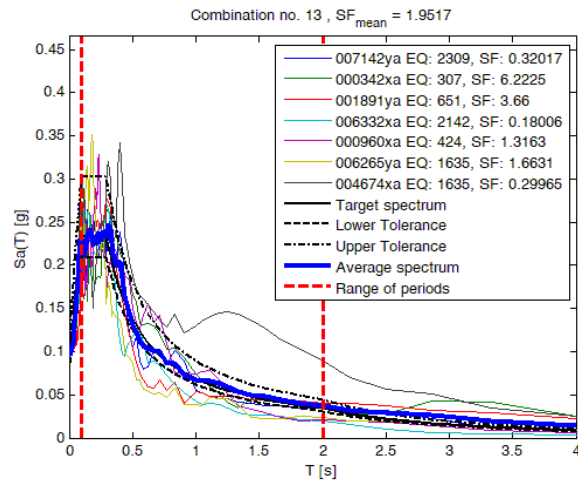
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
5819	1885	ST1321	Kalamata	13/10/1997	6.4
290	146	ST96	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

o Set accelerogrammi SLC



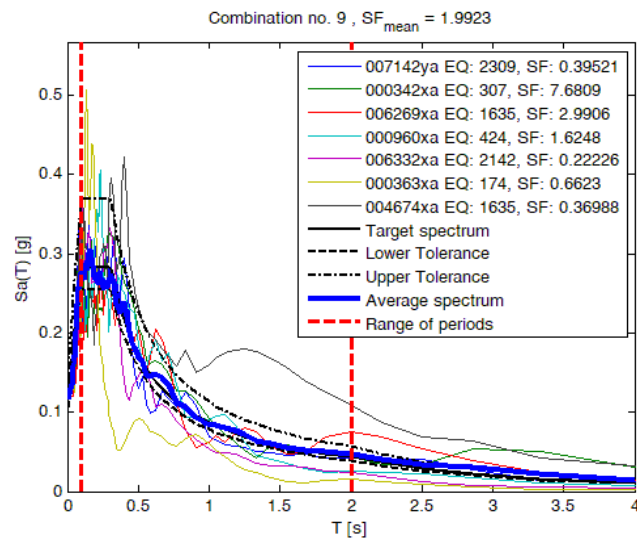
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7.3
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

- Nodo S – PZ1
 - o **Set accelerogrammi SLO**



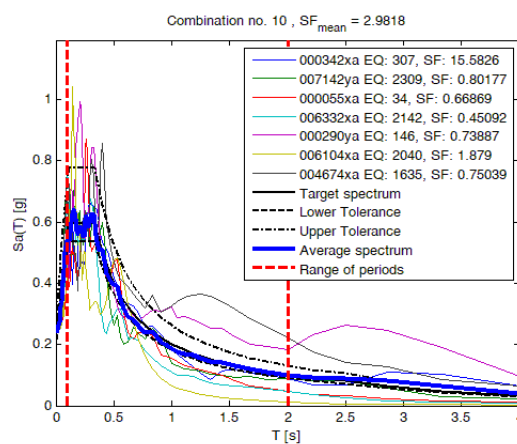
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
6265	1635	ST2494	South Iceland	17/06/2000	6.5
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

- o **Set accelerogrammi SLD**



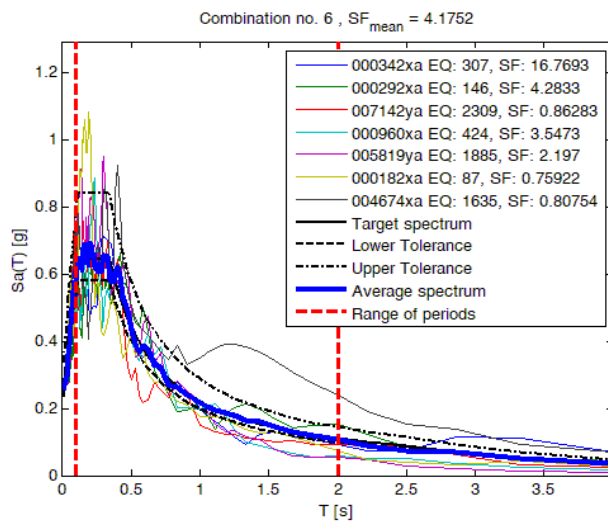
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
6269	1635	ST2497	South Iceland	17/06/2000	6.5
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
363	174	ST138	Umbria	29/04/1984	5.6
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

○ **Set accelerogrammi SLV**



Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
290	146	ST96	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
6104	2040	ST1370	Kozani (aftershock)	11/06/1995	4.8
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

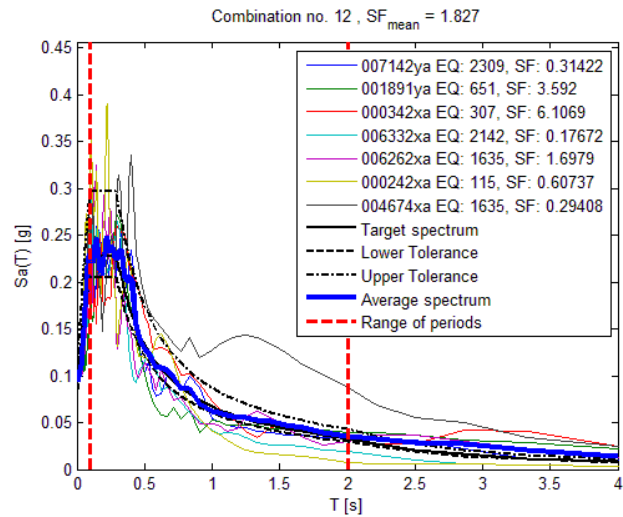
o **Set accelerogrammi SLC**



Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
5819	1885	ST1321	Kalamata	13/10/1997	6.4
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7.3
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

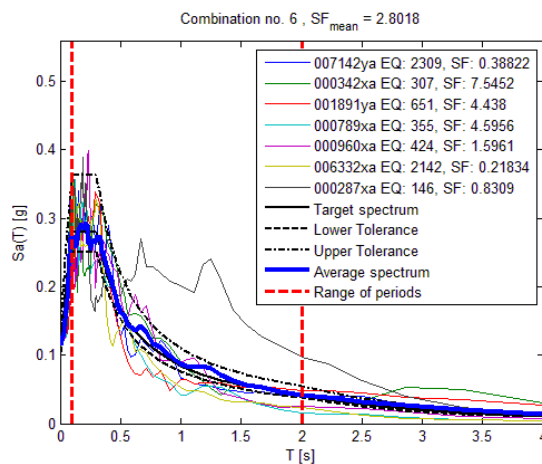
- PZ2

o **Set accelerogrammi SLO**



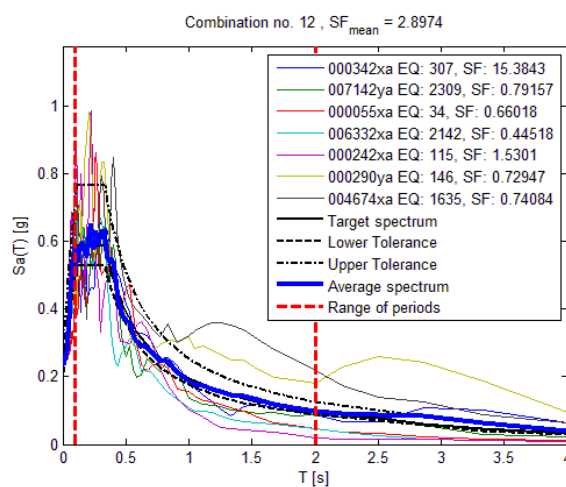
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
6262	1635	ST2496	South Iceland	17/06/2000	6.5
242	115	ST225	Valnerina	19/09/1979	5.8
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

○ **Set accelerogrammi SLD**



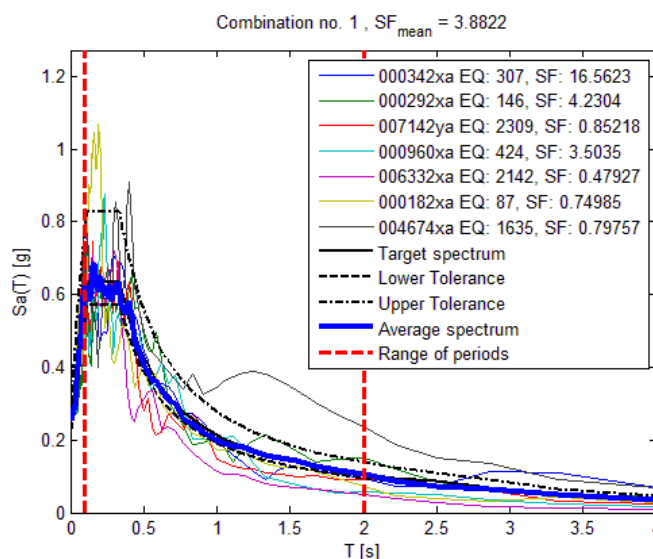
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
789	355	ST225	Umbria Marche (aftershock)	12/10/1997	5.2
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
287	146	ST93	Campano Lucano	23/11/1980	6.9

○ **Set accelerogrammi SLV**



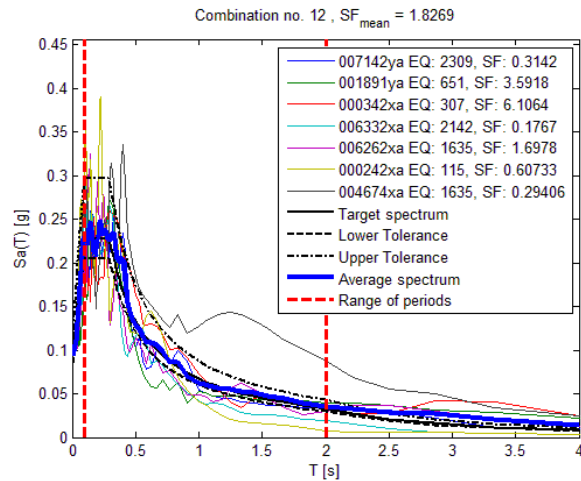
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
242	115	ST225	Valnerina	19/09/1979	5.8
290	146	ST96	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

o **Set accelerogrammi SLC**



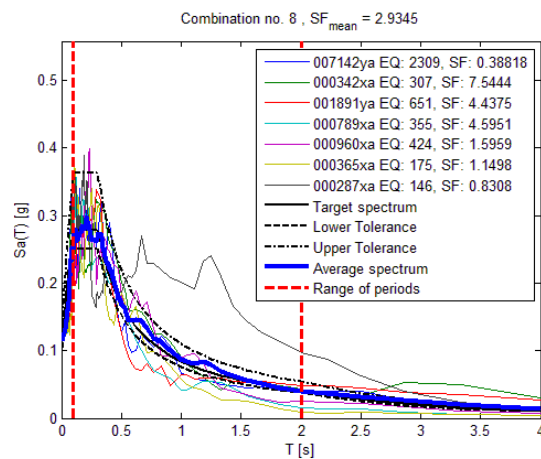
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7.3
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

- Nuovo Bipartitore (BIP)
 - o **Set accelerogrammi SLO**



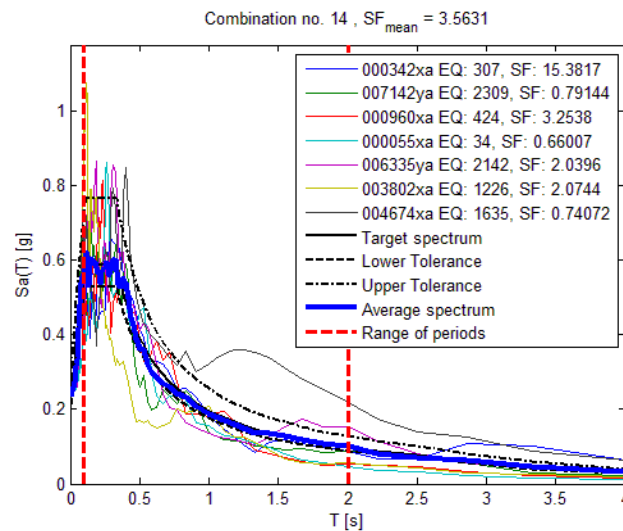
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
6262	1635	ST2496	South Iceland	17/06/2000	6.5
242	115	ST225	Valnerina	19/09/1979	5.8
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

- o **Set accelerogrammi SLD**



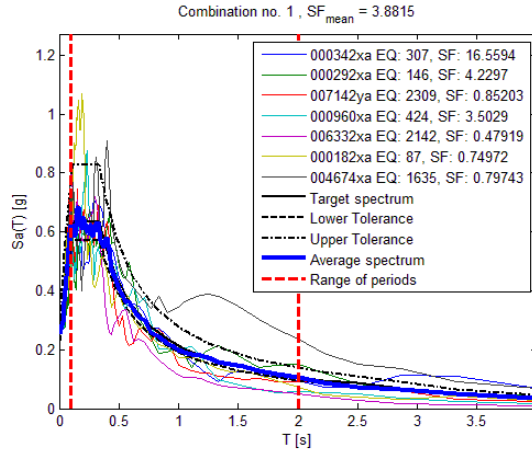
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
789	355	ST225	Umbria Marche (aftershock)	12/10/1997	5.2
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
365	175	ST140	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9
287	146	ST93	Campano Lucano	23/11/1980	6.9

o **Set accelerogrammi SLV**



Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
6335	2142	ST2557	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
3802	1226	ST2368	SE of Tirana	09/01/1988	5.9
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

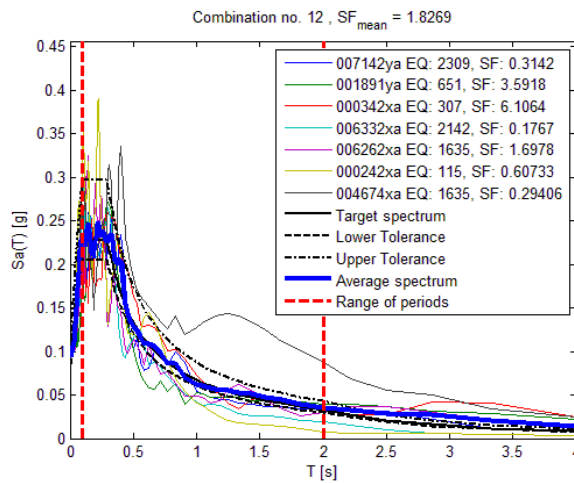
○ **Set accelerogrammi SLC**



Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7.3
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

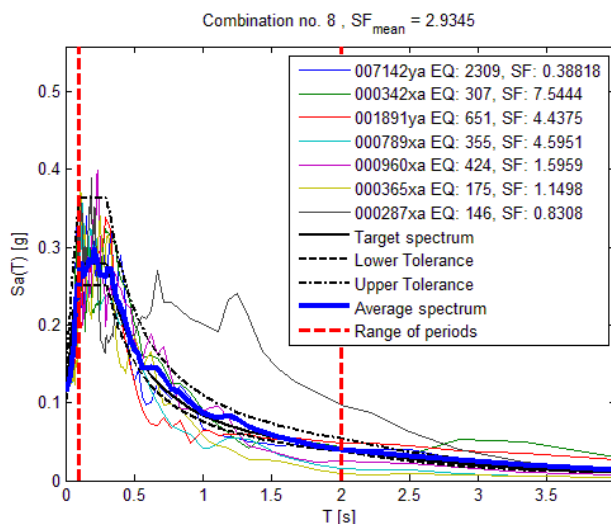
- Collegamento al Peschiera Destro

○ **Set accelerogrammi SLO**



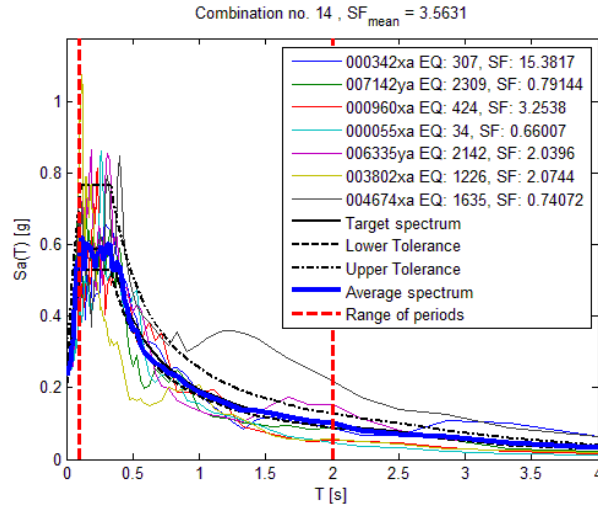
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
6262	1635	ST2496	South Iceland	17/06/2000	6.5
242	115	ST225	Valnerina	19/09/1979	5.8
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

o **Set accelerogrammi SLD**



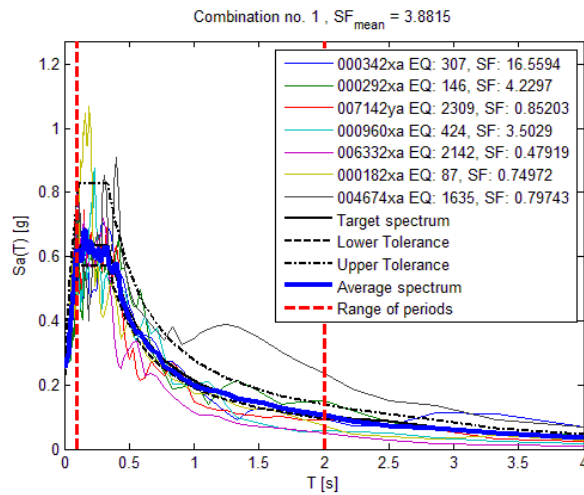
Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5
789	355	ST225	Umbria Marche (aftershock)	12/10/1997	5.2
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
365	175	ST140	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9
287	146	ST93	Campano Lucano	23/11/1980	6.9

○ **Set accelerogrammi SLV**



Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5
6335	2142	ST2557	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
3802	1226	ST2368	SE of Tirana	09/01/1988	5.9
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

○ **Set accelerogrammi SLC**



Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
960	424	ST296	Sicilia-Orientale	13/12/1990	5.6
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
182	87	ST54	Tabas	16/09/1978	7.3
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5

11.5 Analisi di risposta sismica locale

Per l'analisi di risposta sismica locale 1D è stato utilizzato il software Strata (Kottke & Rathje, 2008).

Prima di procedere al calcolo gli input, di ciascun punto, sono stati scalati al rispettivo valore di a_g per gli stati limite considerati SLO, SLD, SLV e SLC.

Relativamente alle curve di decadimento del rapporto di smorzamento (D-S) e del modulo di taglio (G/G0-S) si è fatto riferimento alle curve fornite dalla Regione Lazio per litotipi analoghi a quelli presenti e a curve presenti nella letteratura specialistica. Di seguito le curve utilizzate, sotto forma di dati analitici, che descrivono le variazioni del modulo di rigidezza al taglio e del fattore di smorzamento per i diversi litotipi incontrati:

Ghiaie alluvionali e detriti (Regione Lazio)		
g [%]	(G/Go)	D [%]
0.0001	1	0.7
0.001	0.99	0.7
0.01	0.85	2
0.1	0.42	7.8
1	0.15	13

Argille, PI= 30 (Vucetic & Dobry)		
g [%]	(G/Go)	D [%]
0.0001	1	1
0.0003	1	1
0.001	1	1
0.003	0.98	2.1
0.01	0.90	3.8
0.03	0.75	5.9
0.1	0.53	8.8
0.3	0.35	12.5
1	0.17	16.9

Sabbie alluvionali (Regione Lazio)		
g [%]	(G/Go)	D [%]
0.0001	1.000	0.500
0.0002	0.998	0.800
0.0005	0.980	1.300
0.001	0.949	1.900
0.002	0.917	2.500
0.005	0.832	3.700
0.01	0.729	5.300
0.02	0.600	7.700
0.05	0.421	12.000
0.1	0.291	15.300
0.2	0.188	18.700

Conglomerati (EPRI '93 ft 120-250)		
g [%]	(G/Go)	D [%]
0.0001	1	0.857
0.0002	1	0.839
0.0003	1	0.821
0.0005	0.999	0.880
0.001	0.999	1.006
0.002	0.994	1.125
0.003	0.979	1.341
0.005	0.954	1.629
0.01	0.909	2.198
0.02	0.840	3.131
0.03	0.747	4.460
0.05	0.631	6.281
0.1	0.507	8.686
0.2	0.384	11.573
0.3	0.274	14.770
0.5	0.182	17.879
1	0.118	20.906

Darendeli & Stokoe (2001)		
g [%]	(G/Go)	D [%]
1.00e-4	0.996	0.685
1.78e-4	0.994	0.708
3.16e-4	0.990	0.750
5.62e-4	0.982	0.822
1.00e-3	0.971	0.950
1.78e-3	0.951	1.173
3.16e-3	0.920	1.556
5.62e-3	0.871	2.197
1.00e-2	0.799	3.228
1.78e-2	0.700	4.787
3.16e-2	0.579	6.941
5.62e-2	0.448	9.594
1.00e-1	0.324	12.466
1.78e-1	0.220	15.197
3.16e-1	0.142	17.496
5.62e-1	0.089	19.207
1.00e+0	0.054	20.291
1.78e+0	0.033	20.801
3.16e+0	0.020	20.839

Calcari		
g [%]	(G/Go)	D [%]
0.0001	1	0.400
0.0003	1	0.400
0.001	0.988	0.800
0.003	0.953	0.800
0.01	0.900	1.500
0.03	0.810	1.500
0.1	0.725	3.000
1	0.550	4.600

I casi nei quali non è stata raggiunta la profondità del bedrock sismico con le indagini dirette eseguite, tale profondità è stata stimata confrontando i dati di letteratura disponibili con i risultati delle analisi HVSR eseguite.

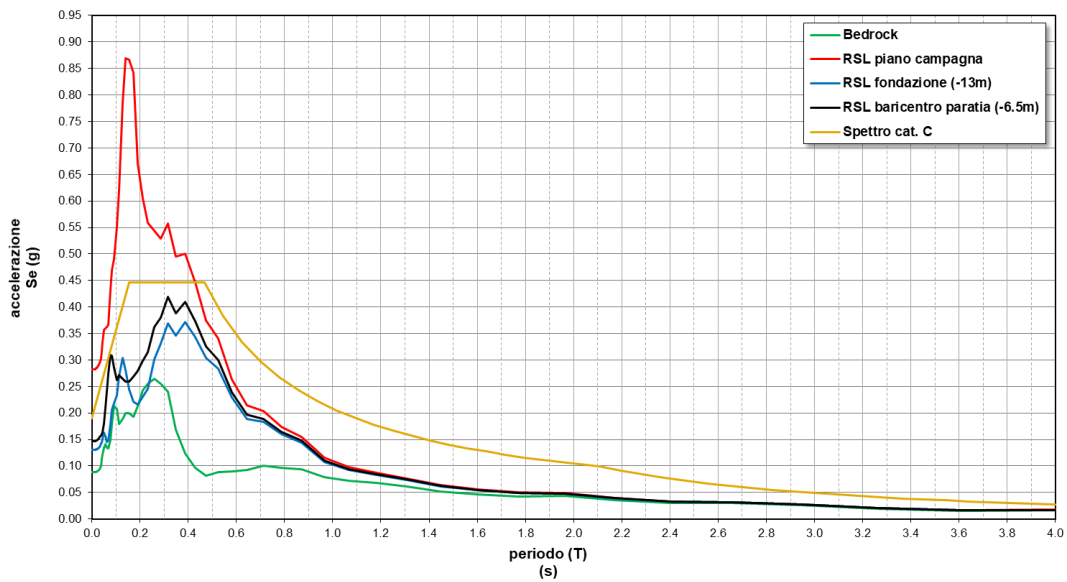
Di seguito si riportano, per ogni punto di analisi e per ogni stato limite, i grafici relativi a:

- Input sismico al bedrock ("bedrock");
- Spettro di risposta elastico medio in pseudo-accelerazione della componente orizzontale di output riferita al piano campagna ("RSL piano campagna");
- Spettro di risposta elastico medio in pseudo-accelerazione della componente orizzontale di output riferita al piano di fondazione ("RSL fondazione");
- Spettro di risposta elastico medio in pseudo-accelerazione della componente orizzontale di output riferita al baricentro della paratia ("RSL baricentro paratia");
- Spettro di risposta elastico della componente orizzontale relativo alla categoria di sottosuolo individuata con approccio semplificato.

Opere di derivazione (NMD)

Spettri di risposta elastici STATO SLO

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo manufatto di partenza delle opere di derivazione

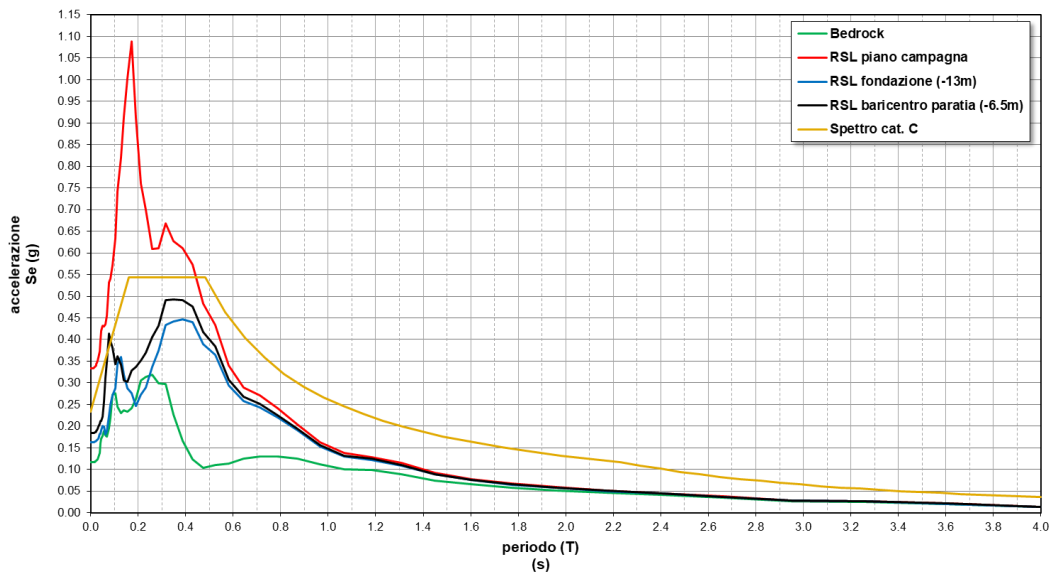


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.124 * g$; $F_0 = 2.353$; $T_c^* = 0.299$ s

Spettri di risposta elastici STATO SLD

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo manufatto di partenza delle opere di derivazione

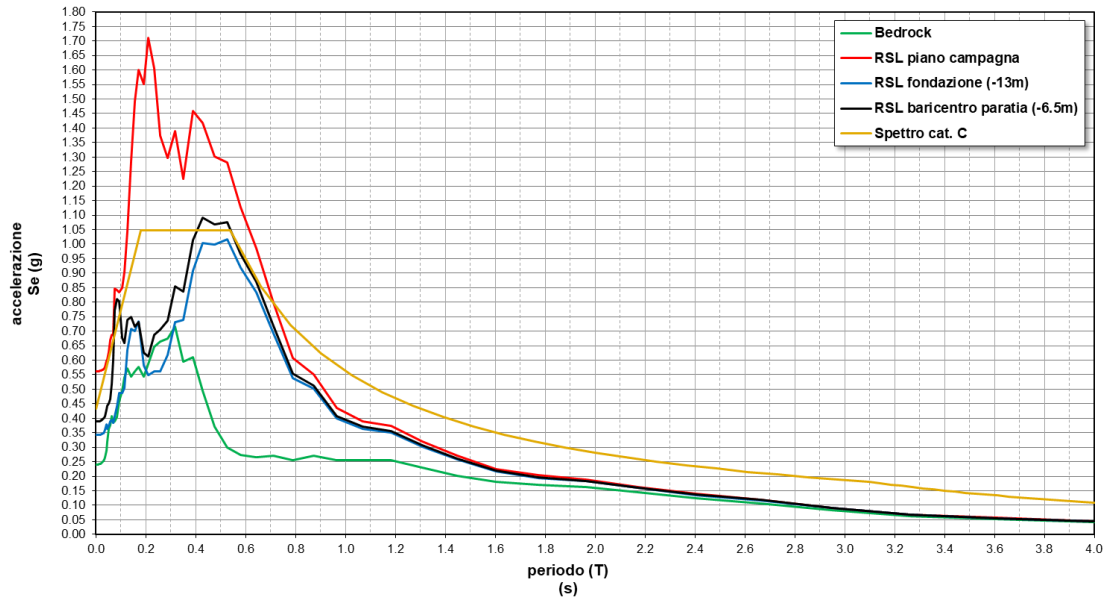


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.155 * g$; $F_0 = 2.332$; $T_c^* = 0.314$ s

Spettri di risposta elastici STATO SLV

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo manufatto di partenza delle opere di derivazione

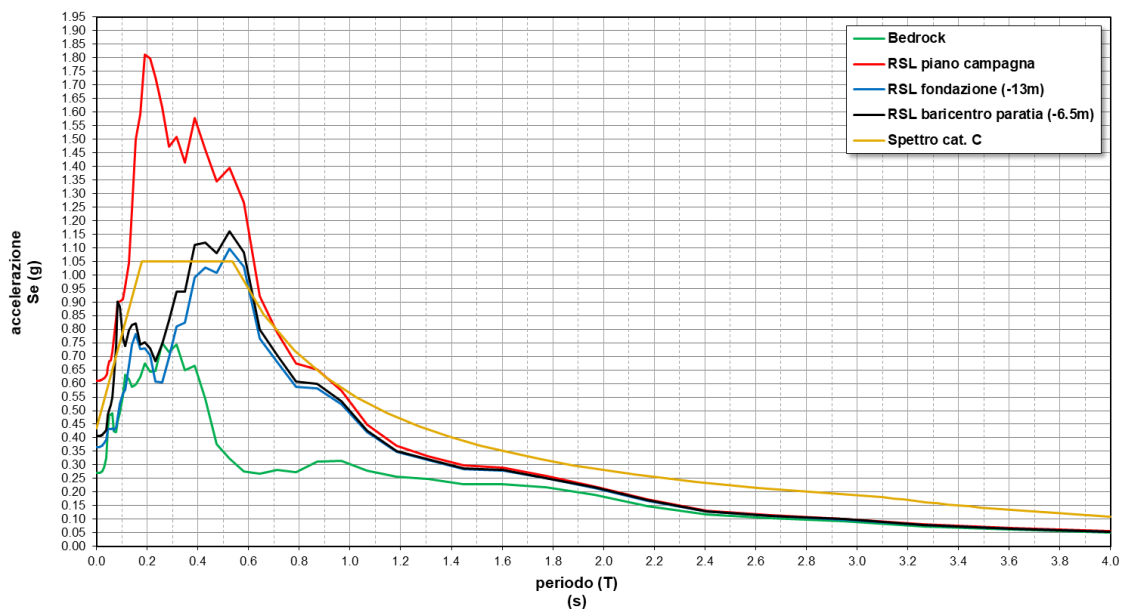


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.336 * g$; $F_0 = 2.416$; $T_{c^*} = 0.362 \text{ s}$

Spettri di risposta elastici STATO SLC

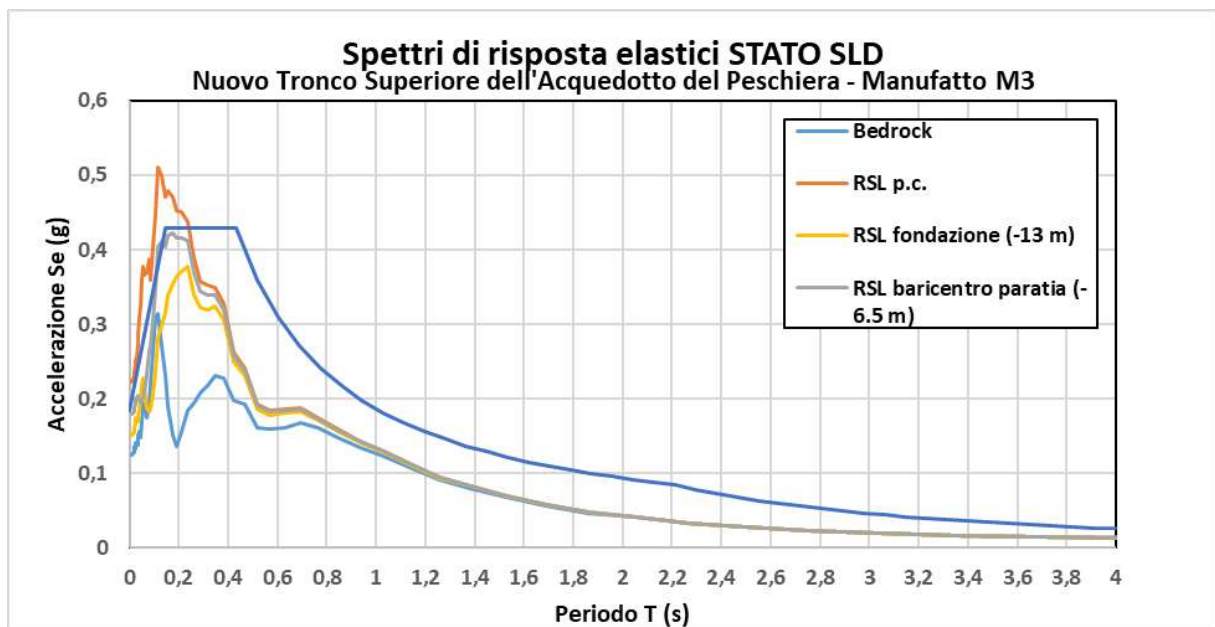
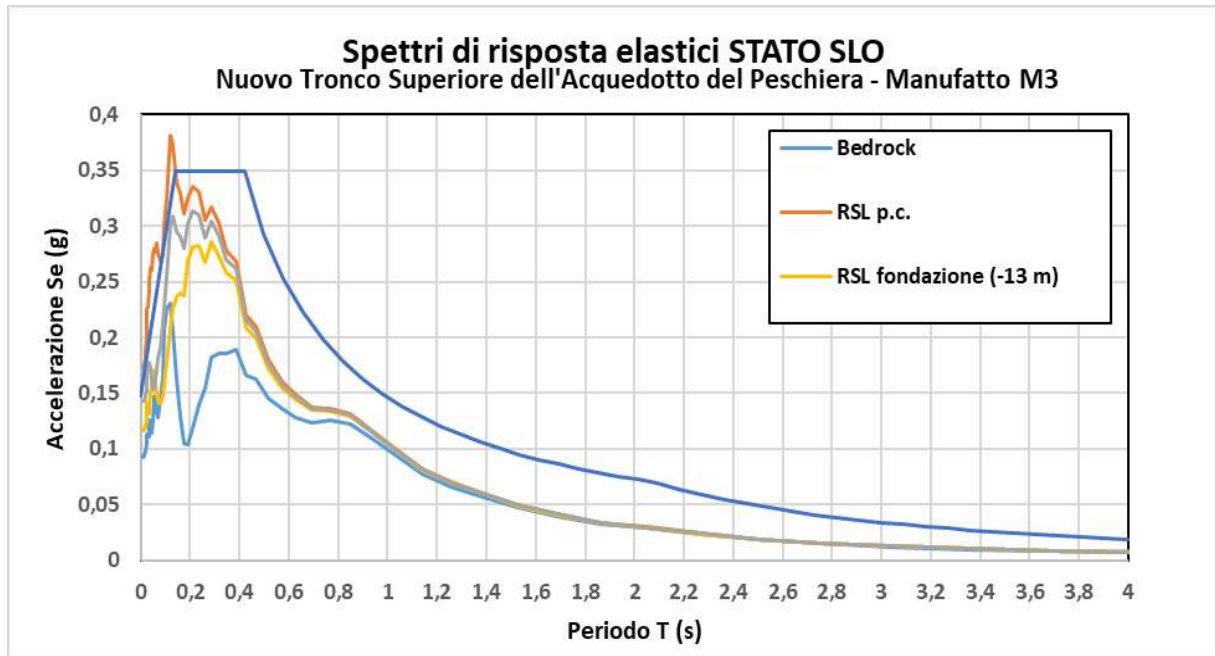
Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo manufatto di partenza delle opere di derivazione

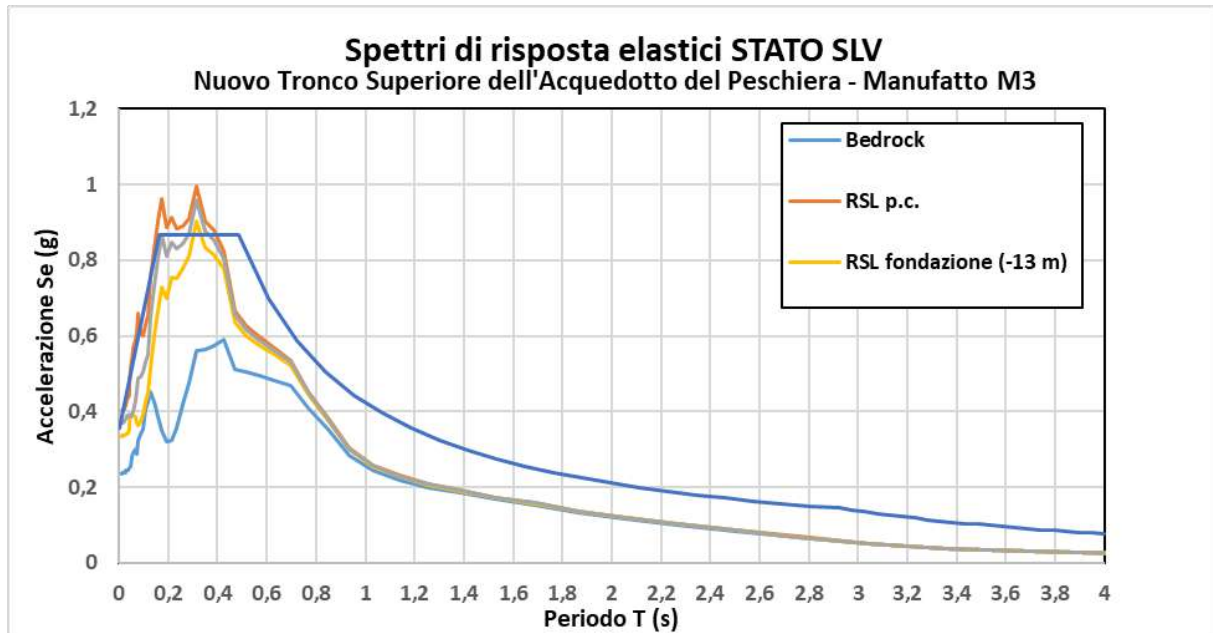


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.365 * g$; $F_0 = 2.428$; $T_{c^*} = 0.367 \text{ s}$

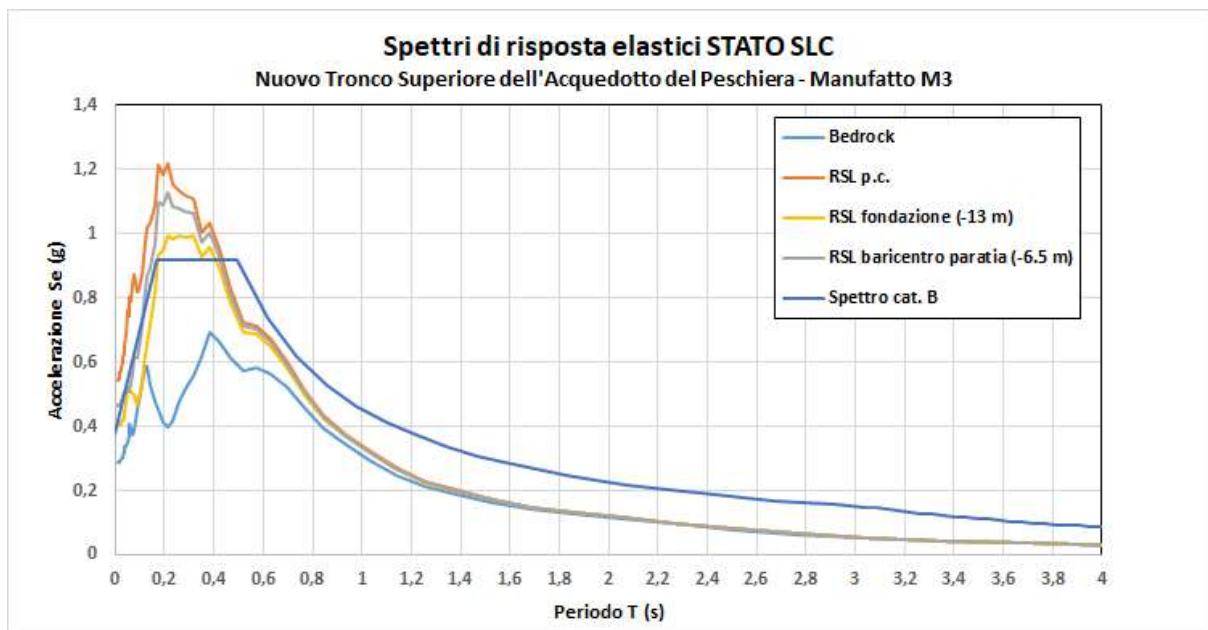
Manufatto M3





Parametri indipendenti:

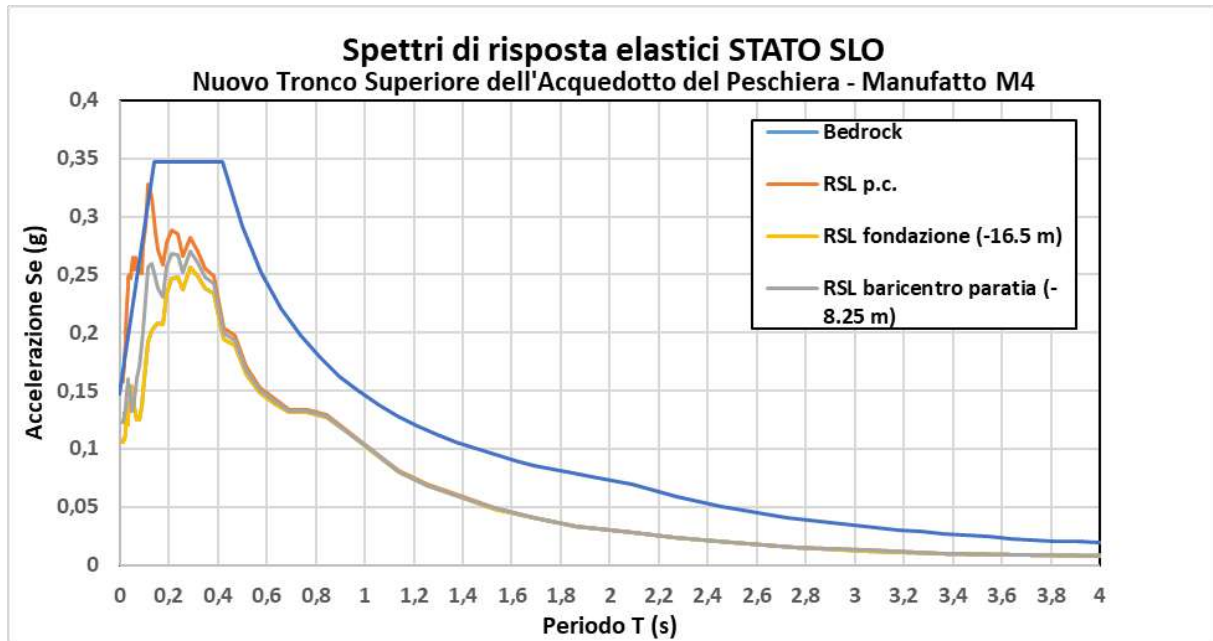
$a_g = 0.332 * g$; $F_0 = 2.419$; $T_c^* = 0.362s$



Parametri indipendenti:

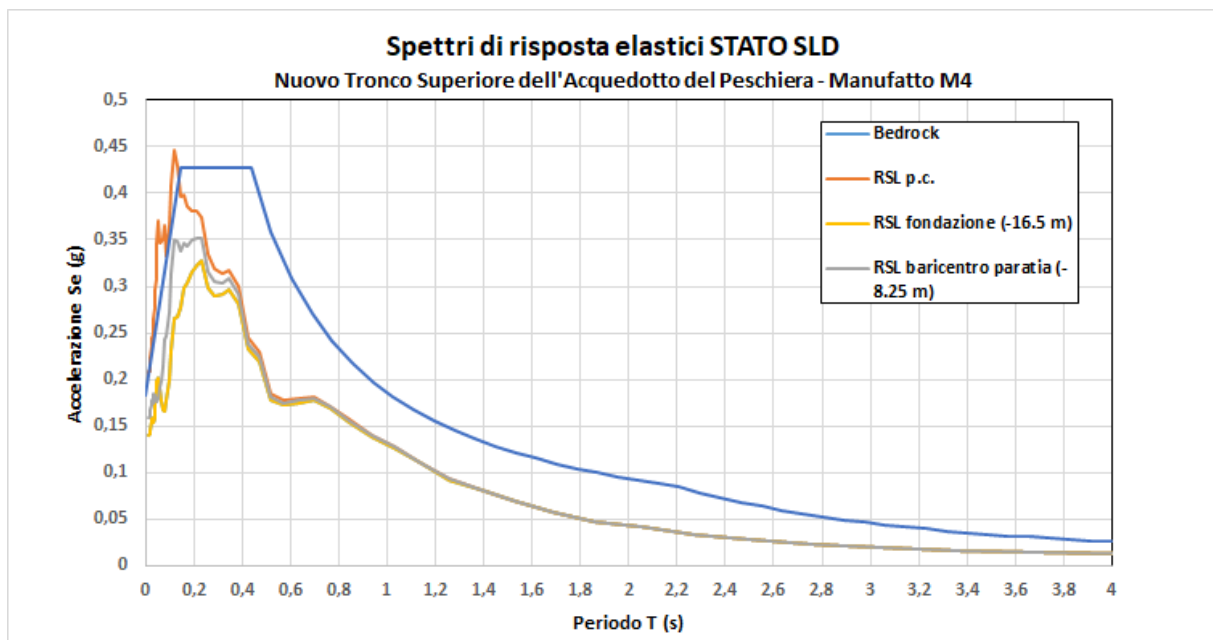
$a_g = 0.360 * g$; $F_0 = 2.431$; $T_c^* = 0.367s$

Manufatto M4



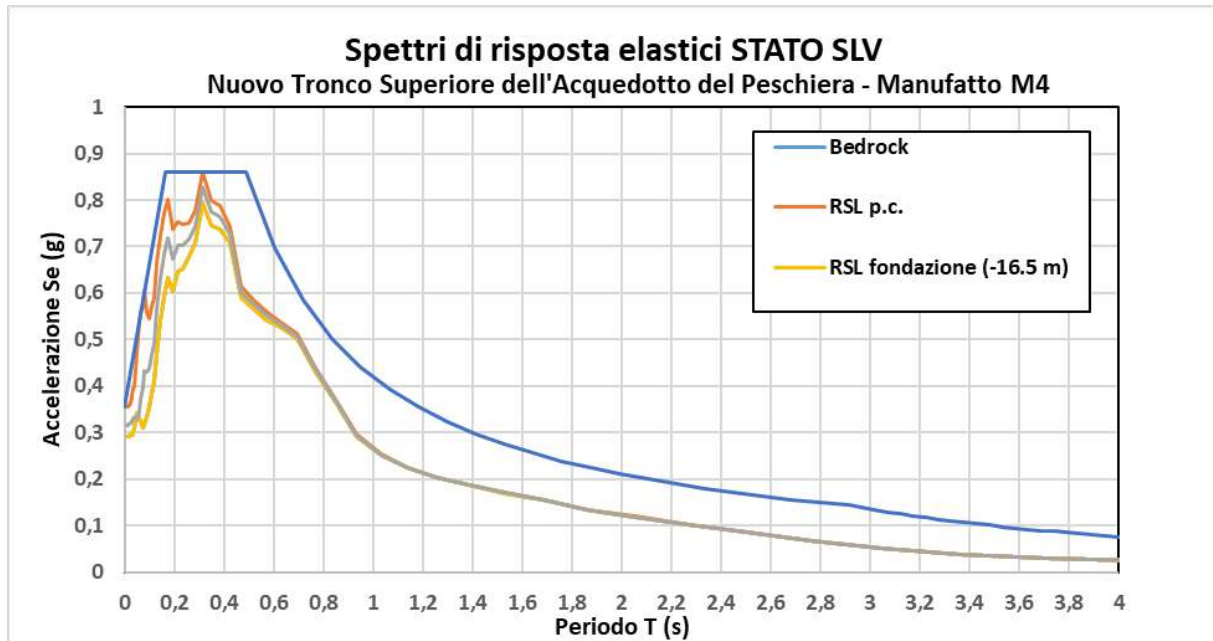
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.123 \cdot g$; $F_0 = 2.358$; $T_c^* = 0.300s$



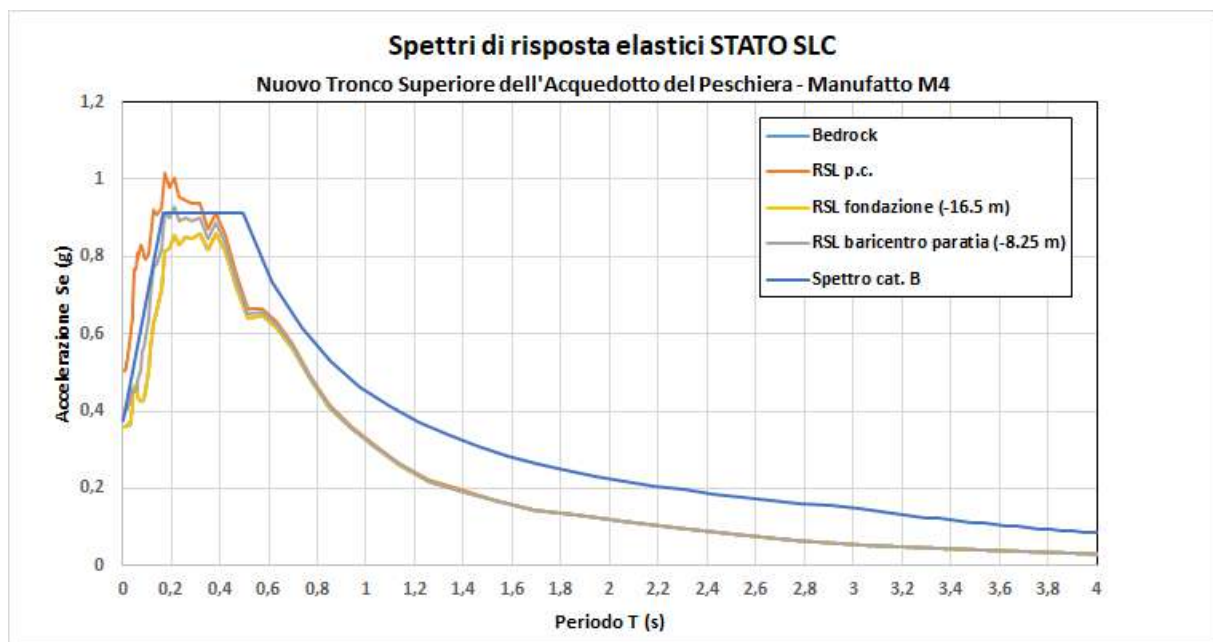
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.152 \cdot g$; $F_0 = 2.338$; $T_c^* = 0.314s$



Parametri indipendenti:

$$a_g = 0.329 * g; \quad F_0 = 2.421; \quad T_{c*} = 0.362s$$



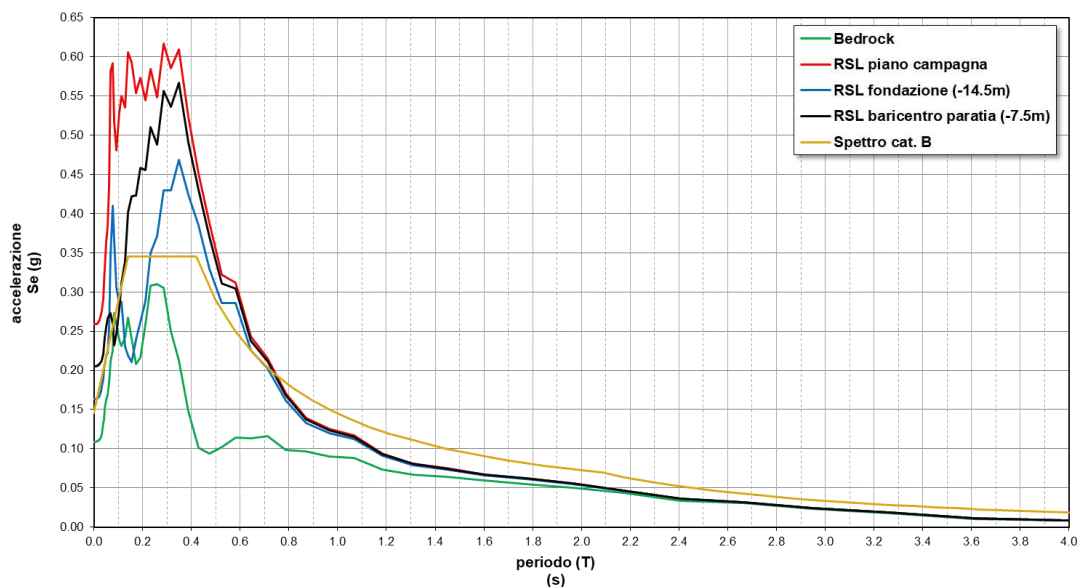
Parametri indipendenti:

$$a_g = 0.357 * g; \quad F_0 = 2.432; \quad T_{c*} = 0.367s$$

Manufatto M6

Spettri di risposta elastici STATO SLO

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo manufatto di partenza dell'acquedotto (M6)

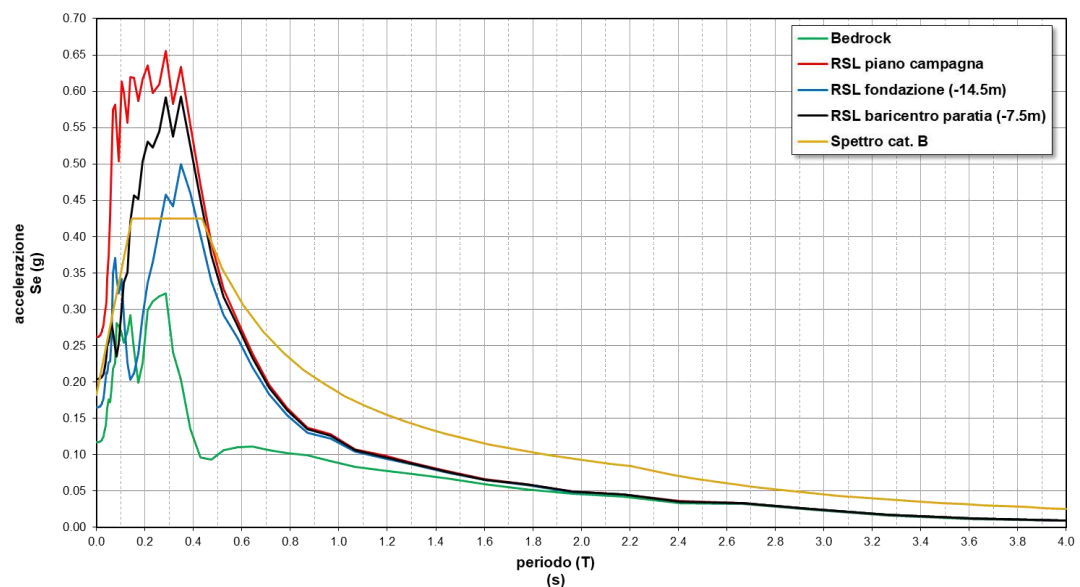


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.122 * g$; $F_0 = 2.362$; $T_{C^*} = 0.300$ s

Spettri di risposta elastici STATO SLD

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo manufatto di partenza dell'acquedotto (M6)

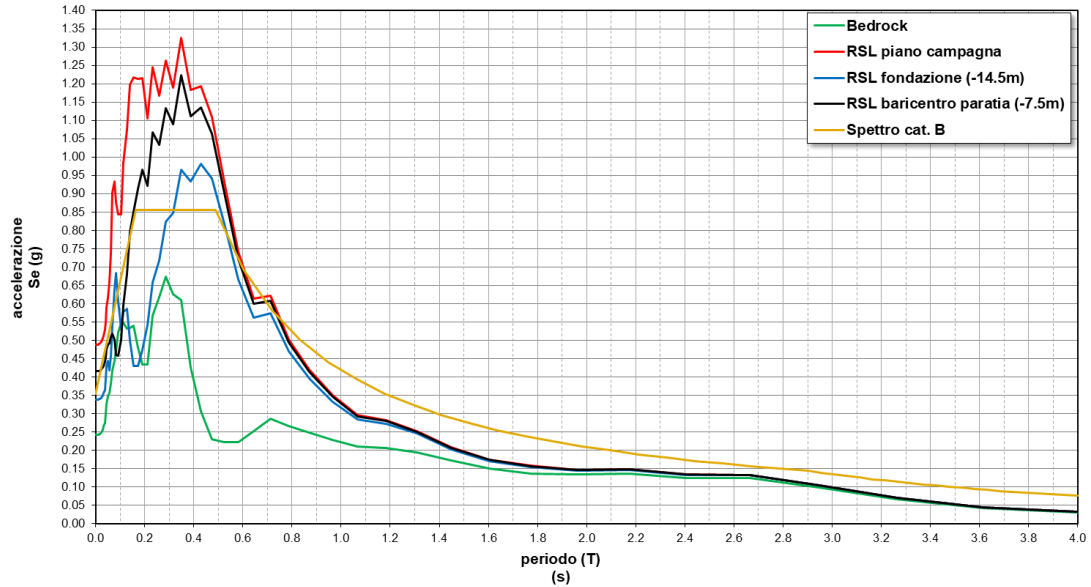


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.152 * g$; $F_0 = 2.337$; $T_{C^*} = 0.314$ s

Spettri di risposta elastici STATO SLV

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo manufatto di partenza dell'acquedotto (M6)

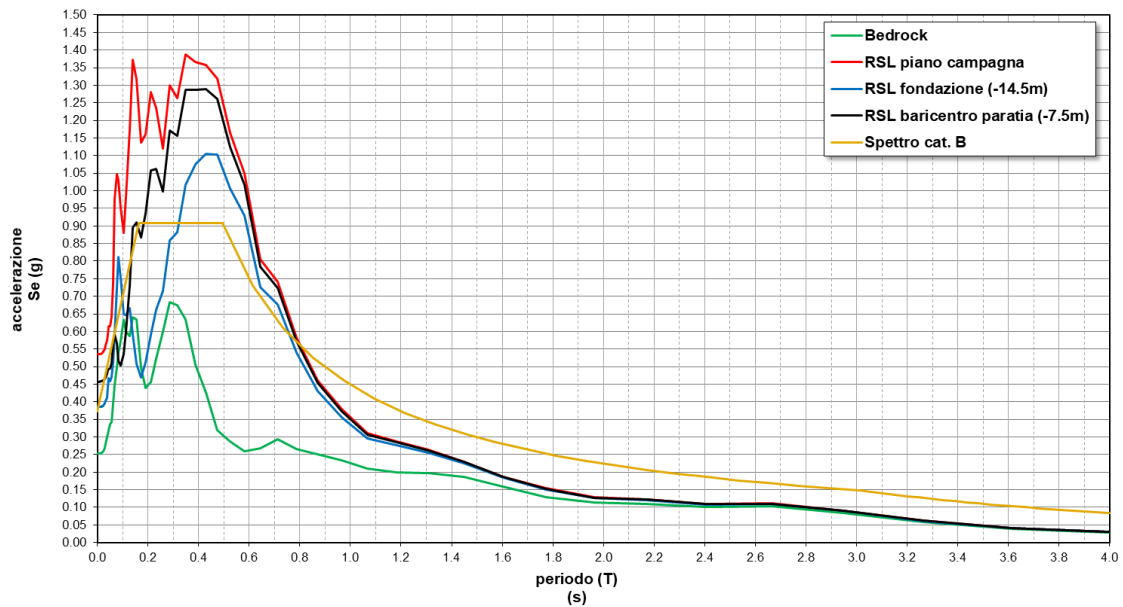


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.326 * g$; $F_0 = 2.424$; $T_{c^*} = 0.362 \text{ s}$

Spettri di risposta elastici STATO SLC

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo manufatto di partenza dell'acquedotto (M6)



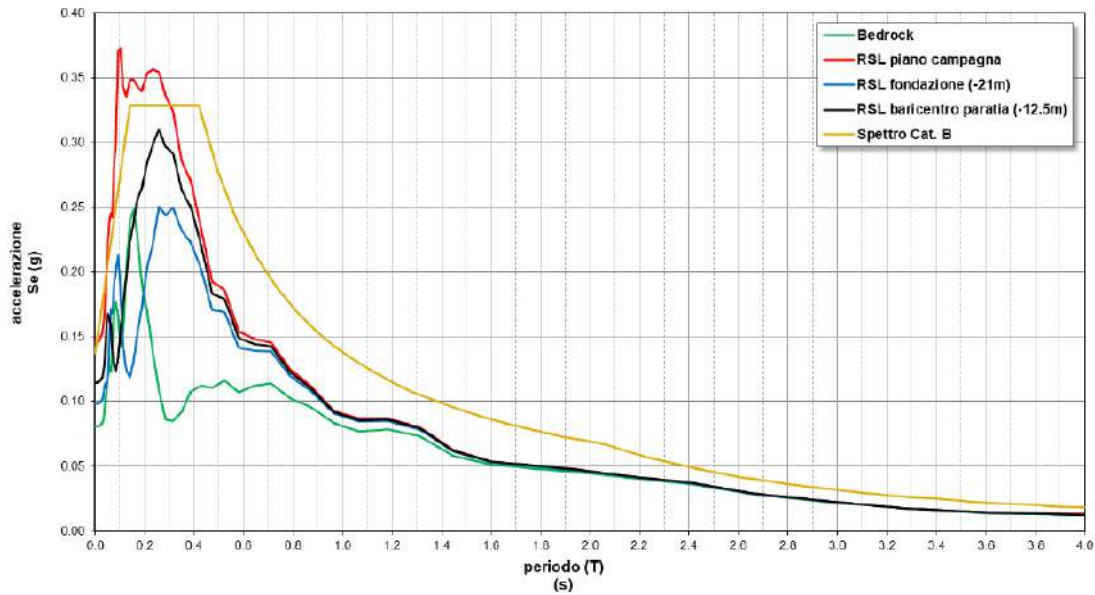
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.353 * g$; $F_0 = 2.424$; $T_{c^*} = 0.367 \text{ s}$

Manufatto Salto 1 (Monte)

Spettri di risposta elastici STATO SLO

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Opere di attraversamento Valle del Salto (Lato monte)

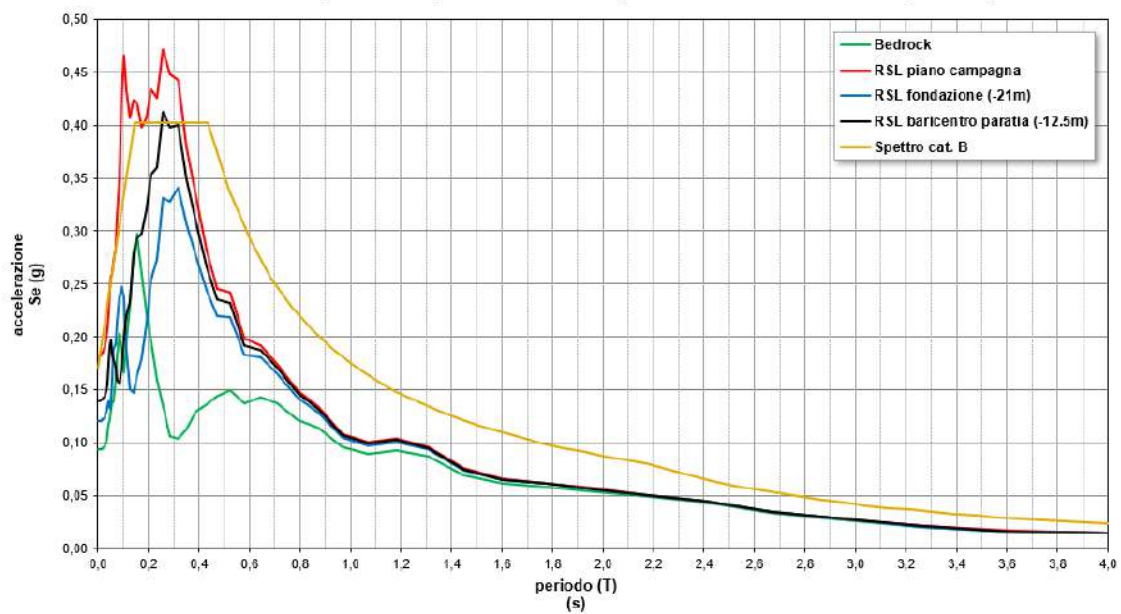


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.115 * g$; $F_0 = 2.385$; $T_{c^*} = 0.300$ s

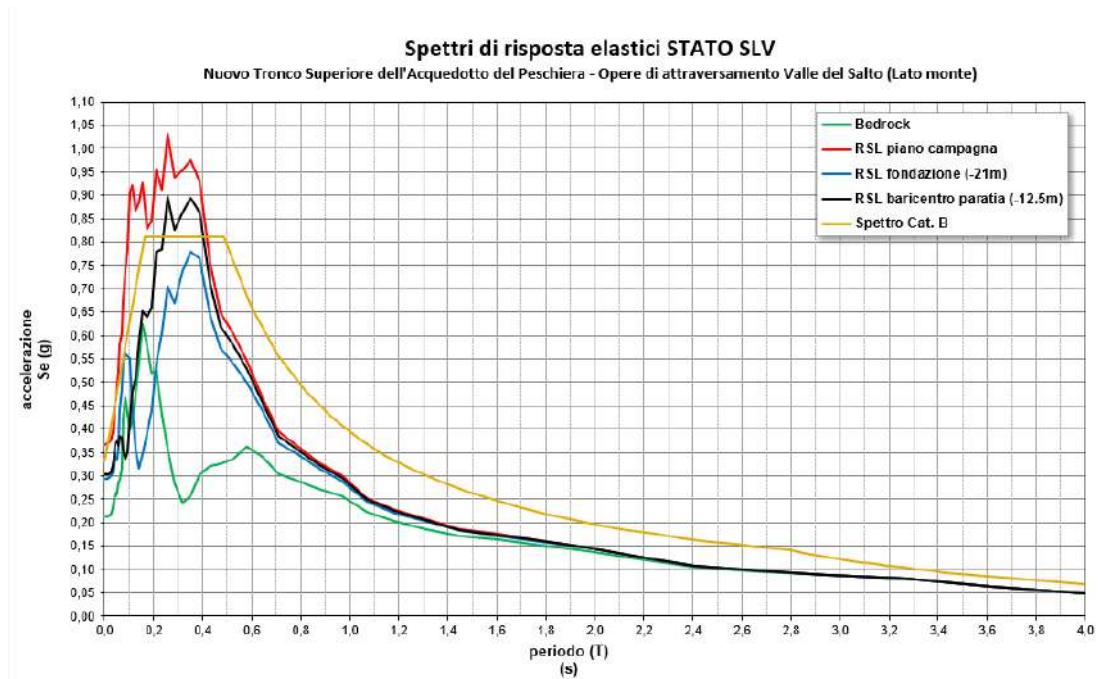
Spettri di risposta elastici STATO SLD

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Opere di attraversamento Valle del Salto (Lato monte)



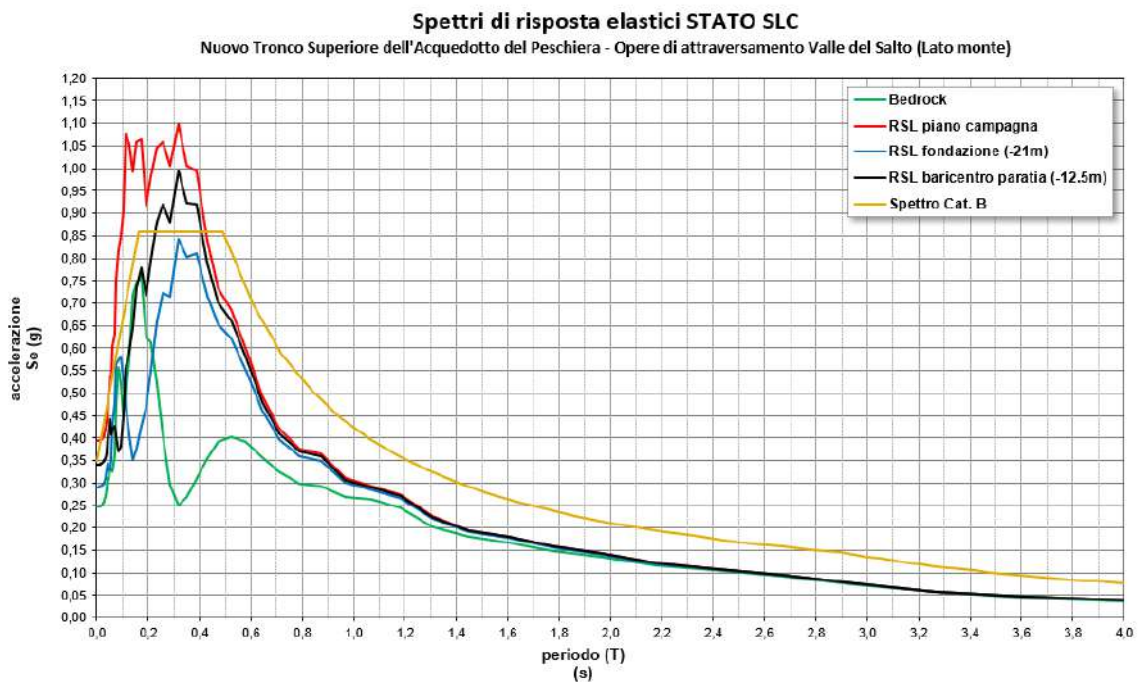
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.142 * g$; $F_0 = 2.356$; $T_{c^*} = 0.315$ s



Parametri indipendenti:

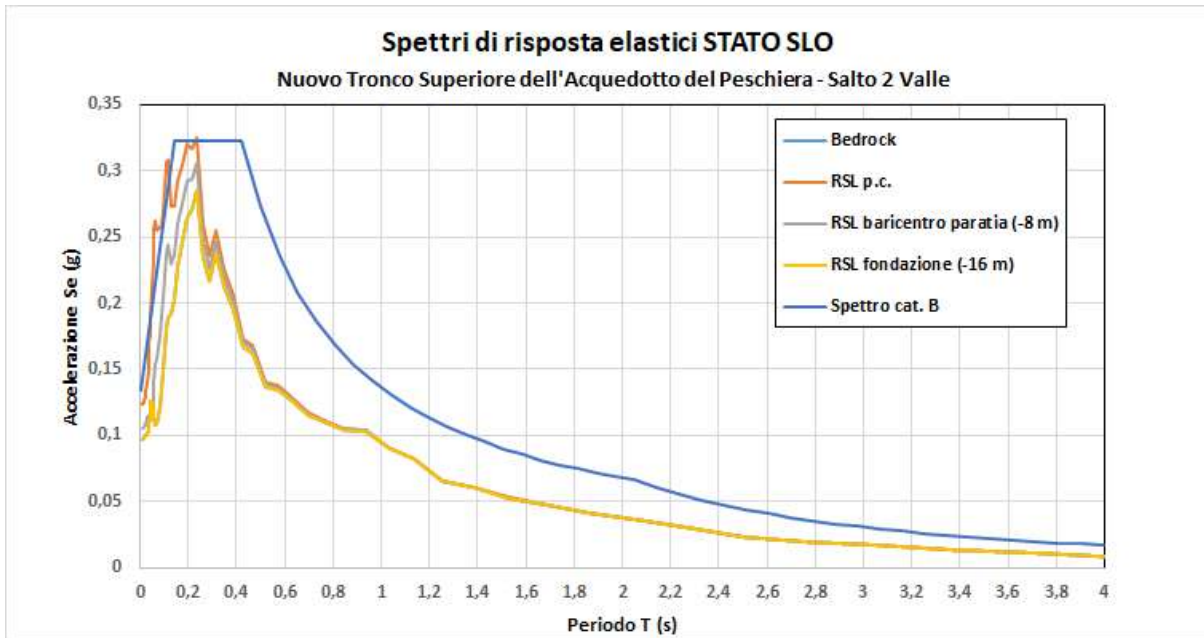
$a_g = 0.299 \cdot g$; $F_0 = 2.449$; $T_c^* = 0.361 \text{ s}$



Parametri indipendenti:

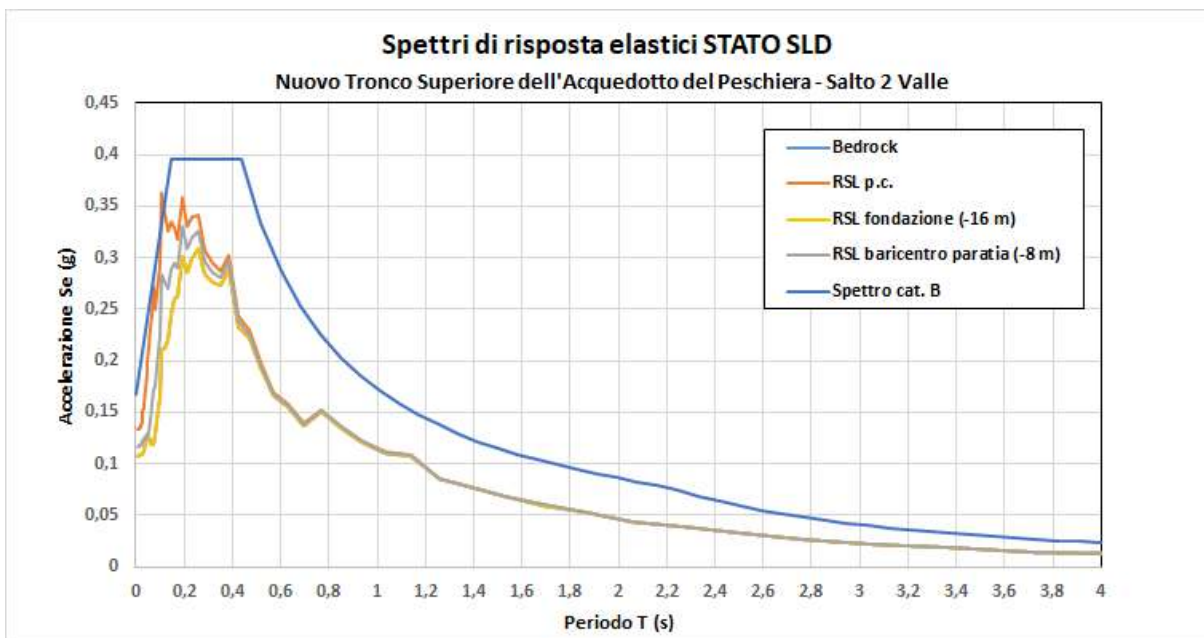
$a_g = 0.323 \cdot g$; $F_0 = 2.458$; $T_c^* = 0.365 \text{ s}$

Manufatto Salto 2 (Valle)



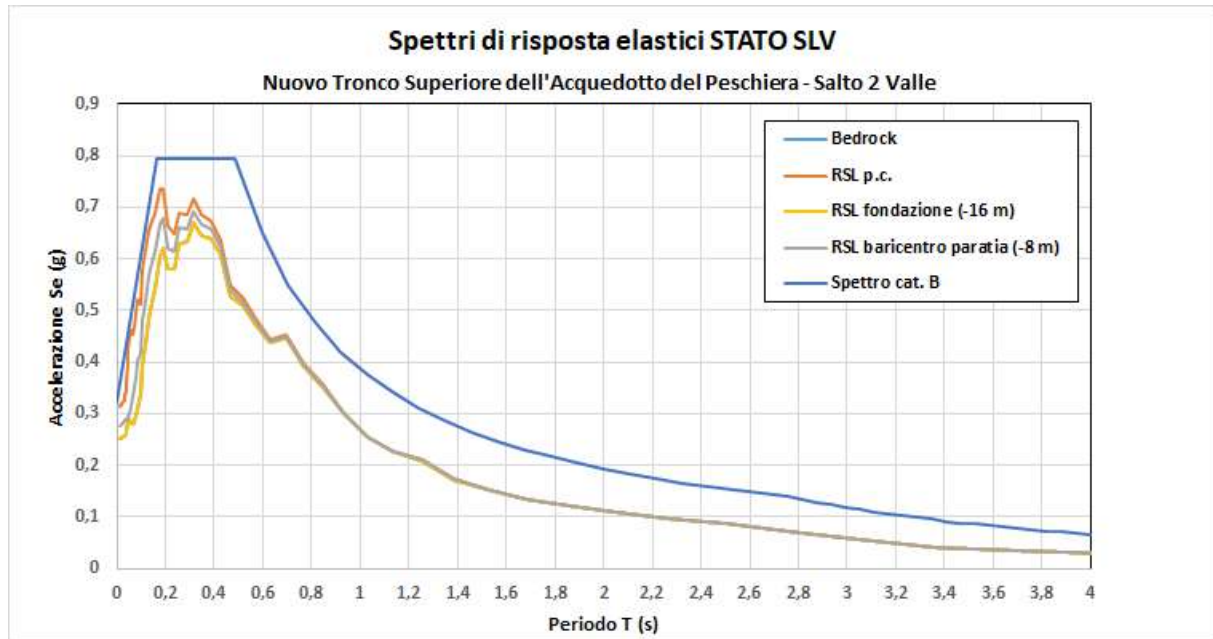
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.112 * g$; $F_0 = 2.394$; $T_c^* = 0.302 \text{ s}$



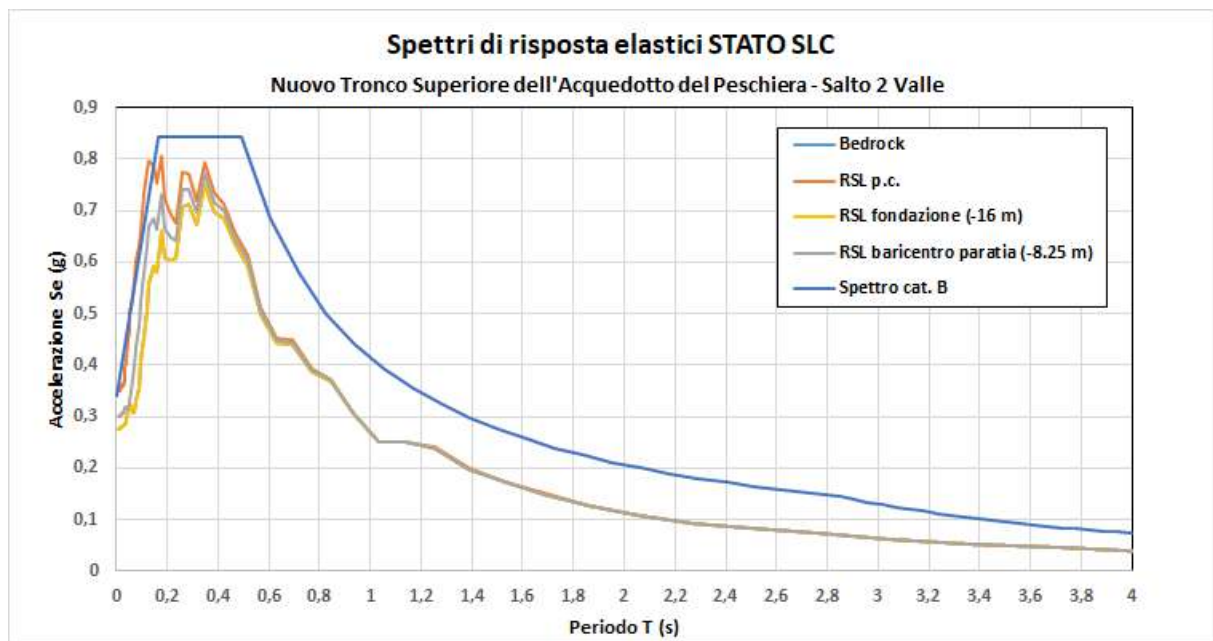
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.139 * g$; $F_0 = 2.367$; $T_c^* = 0.315 \text{ s}$



Parametri indipendenti:

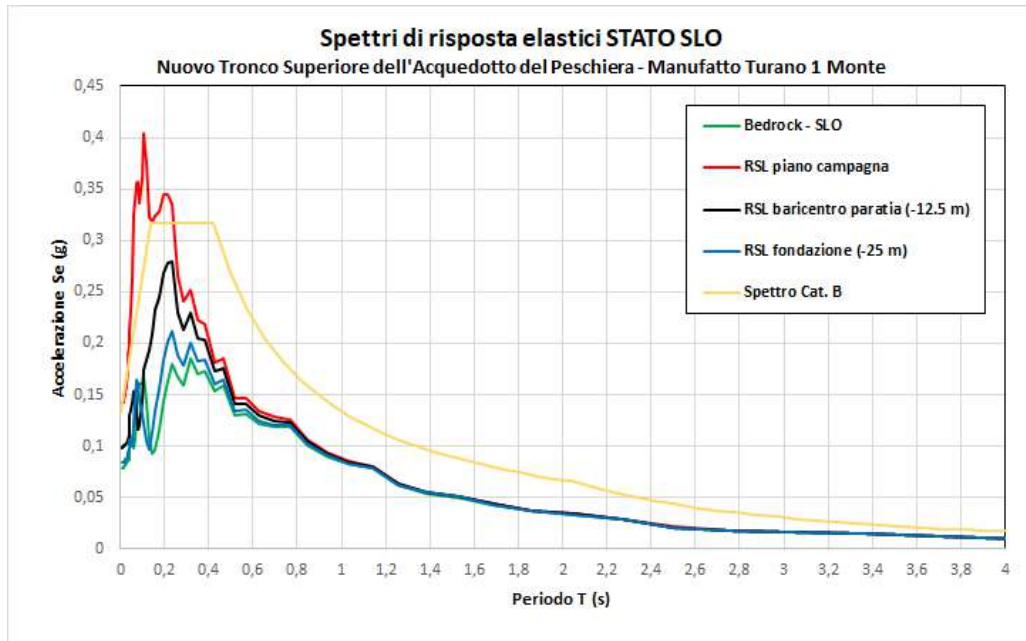
$a_g = 0.290 * g$; $F_0 = 2.458$; $T_{c^*} = 0.360 \text{ s}$



Parametri indipendenti:

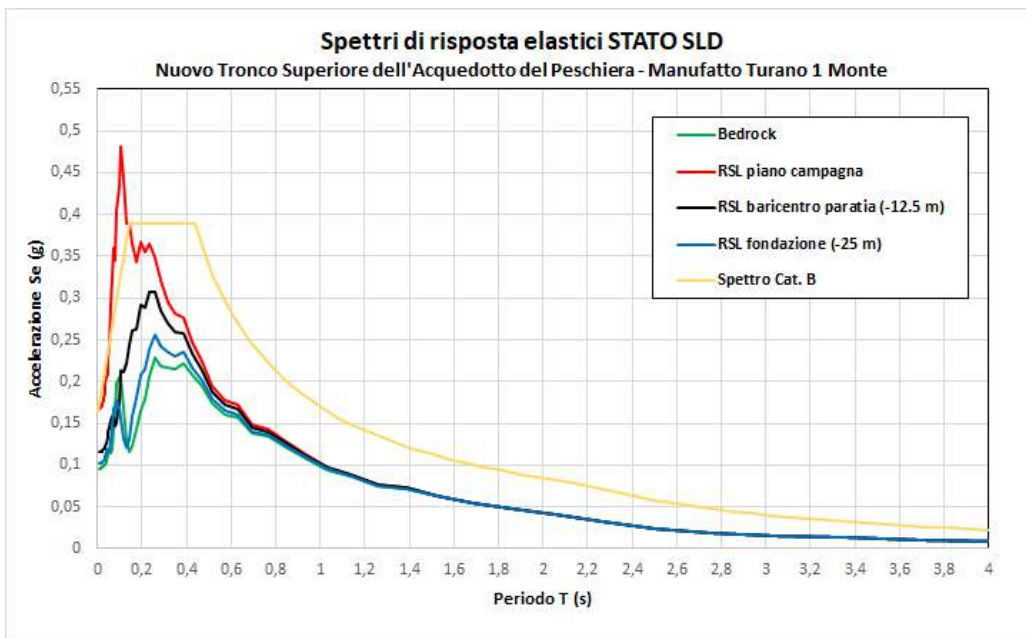
$a_g = 0.313 * g$; $F_0 = 2.468$; $T_{c^*} = 0.365 \text{ s}$

Manufatto Turano 1 (Monte)



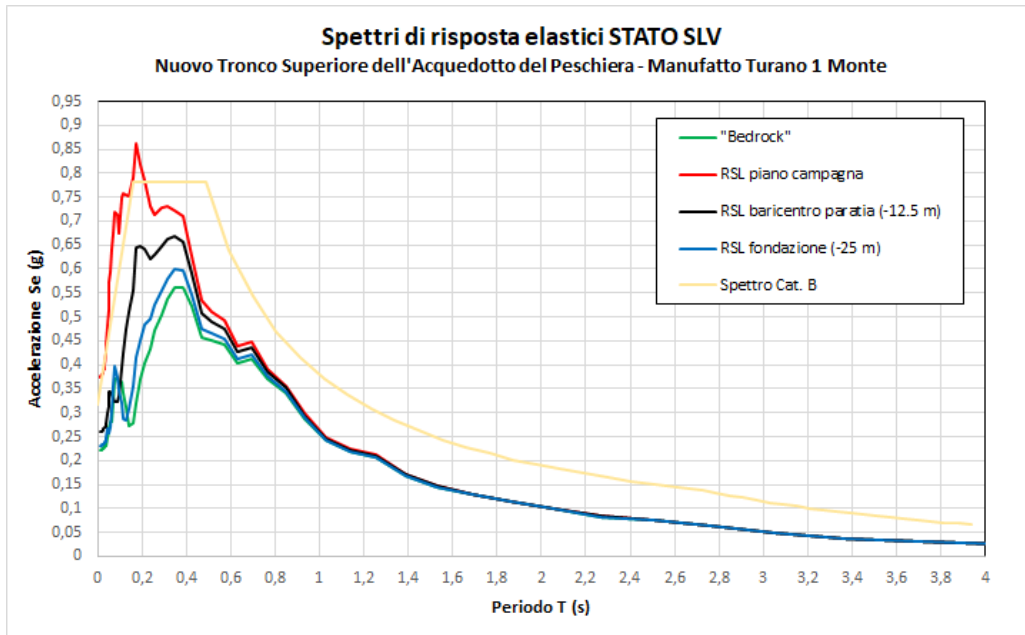
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.110 \cdot g$; $F_0 = 2.401$; $T_c^* = 0.302 \text{ s}$



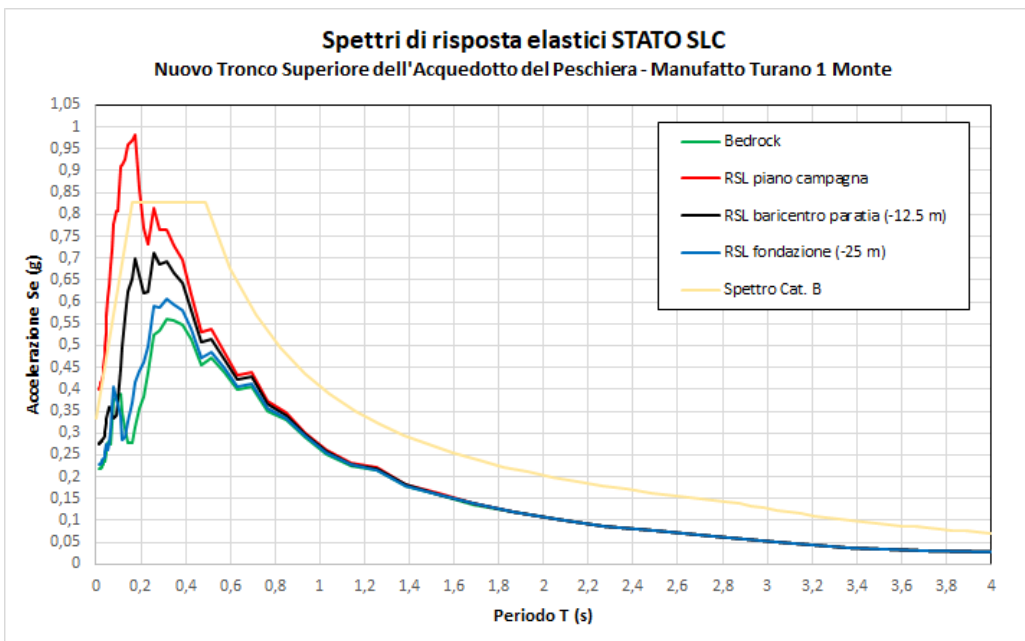
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.136 \cdot g$; $F_0 = 2.377$; $T_c^* = 0.315 \text{ s}$



Parametri indipendenti:

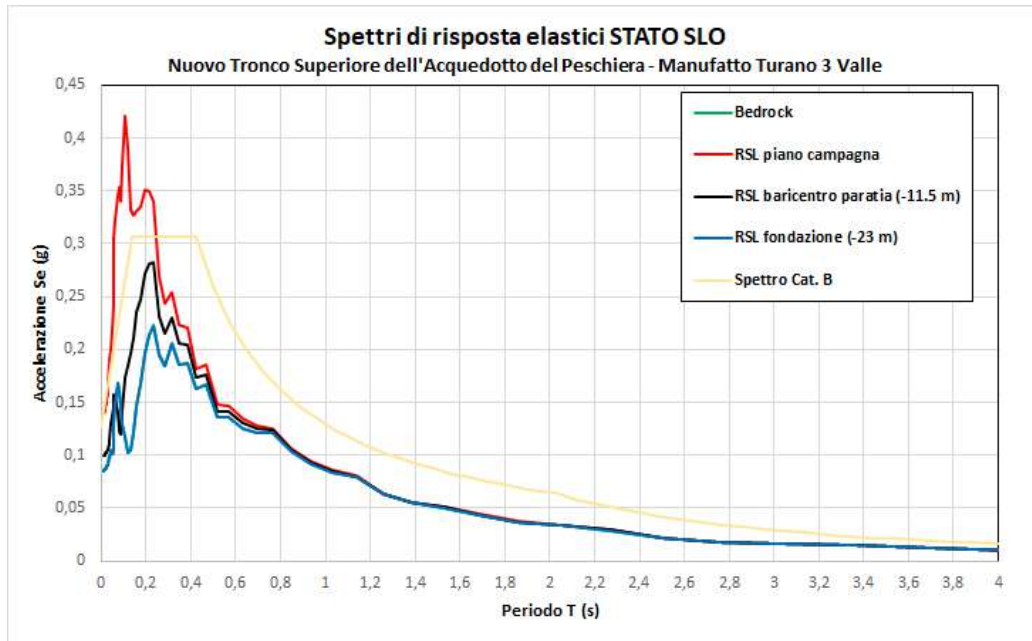
$a_g = 0.282 \cdot g$; $F_0 = 2.467$; $T_{c^*} = 0.360 \text{ s}$



Parametri indipendenti:

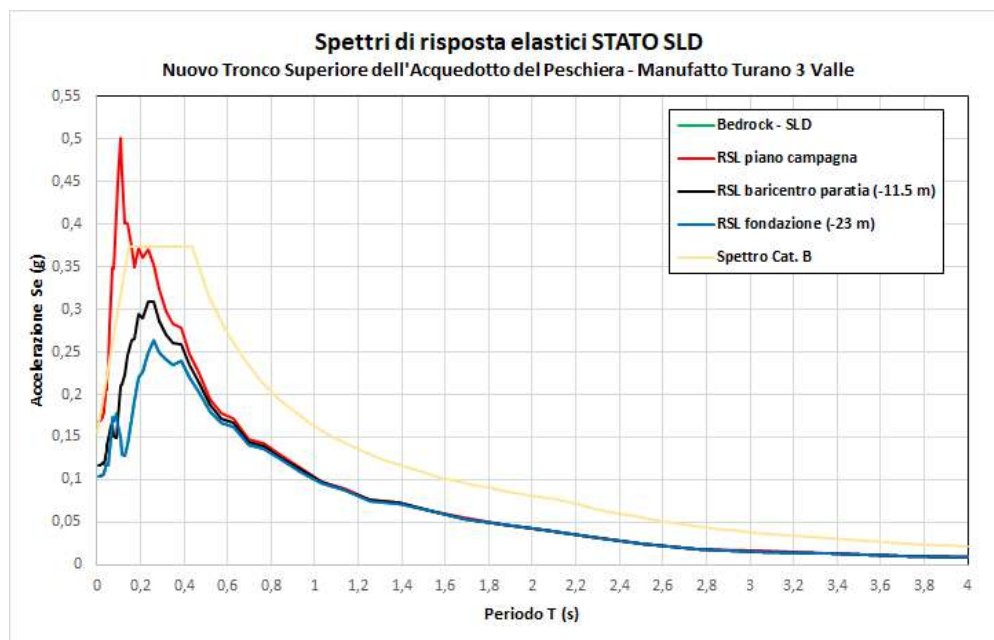
$a_g = 0.305 \cdot g$; $F_0 = 2.476$; $T_{c^*} = 0.364 \text{ s}$

Manufatto Turano 3 (Valle)



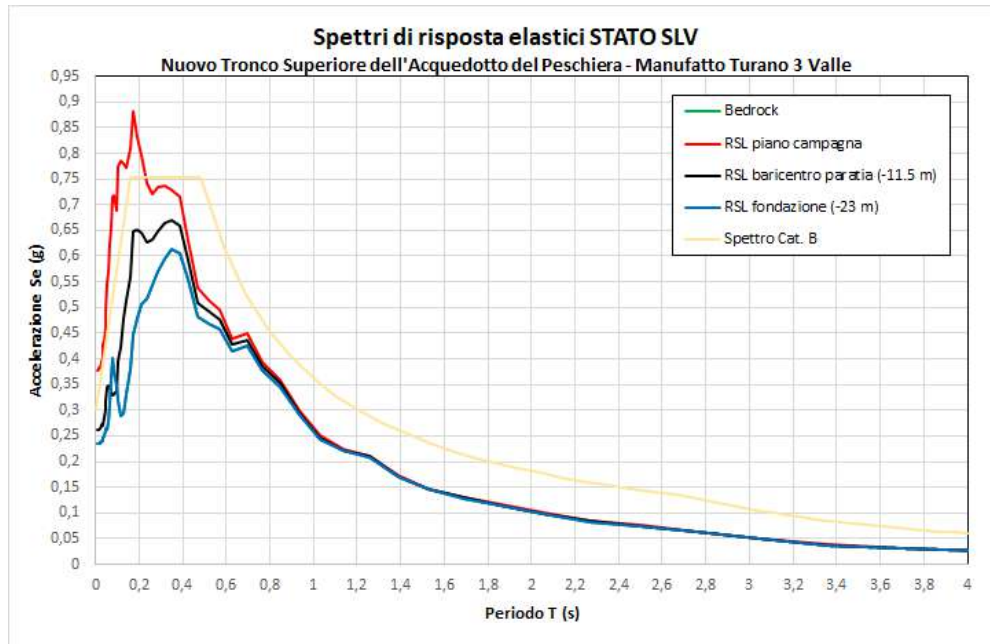
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.106 * g$; $F_0 = 2.411$; $T_c^* = 0.303 \text{ s}$



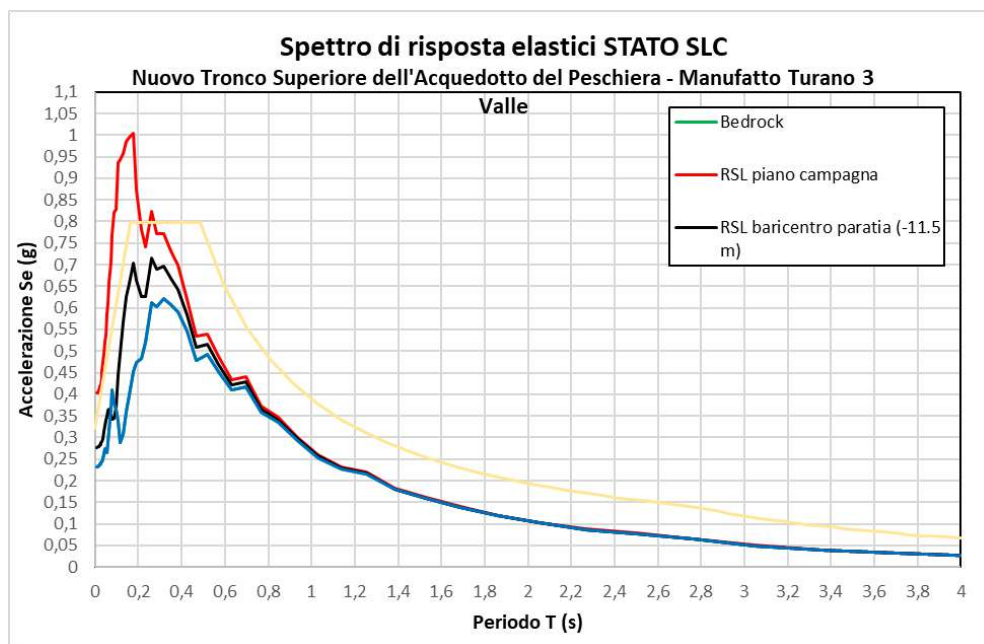
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.130 * g$; $F_0 = 2.394$; $T_c^* = 0.314 \text{ s}$



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.267 * g$; $F_0 = 2.483$; $T_c^* = 0.356$ s



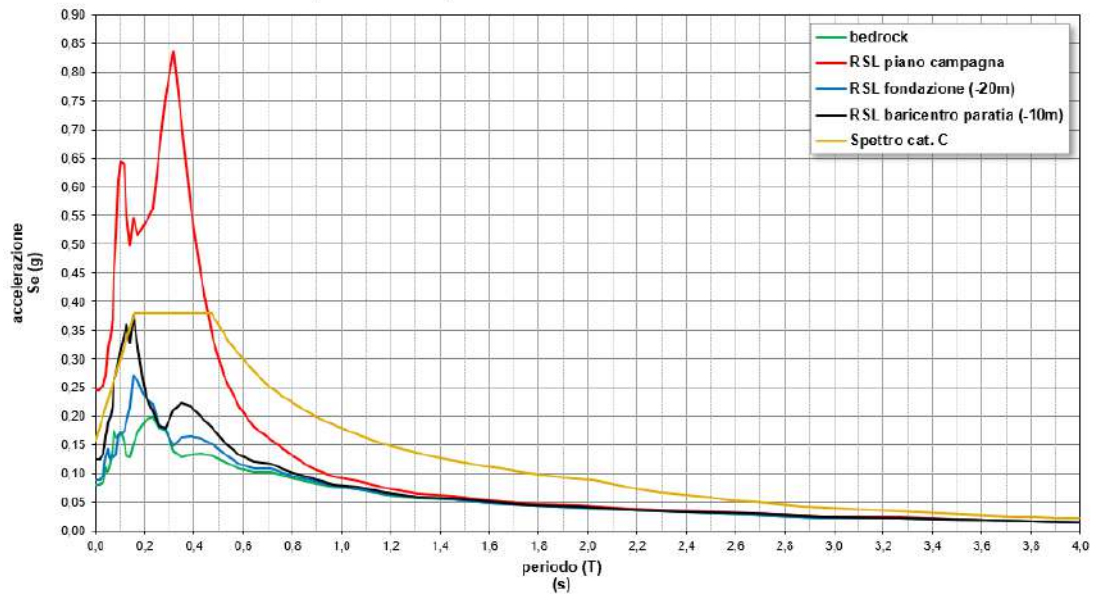
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.288 * g$; $F_0 = 2.491$; $T_c^* = 0.361$ s

San Giovanni Reatino

Spettri di risposta elastici STATO SLO

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo manufatto San Giovanni Reatino



Parametri indipendenti:

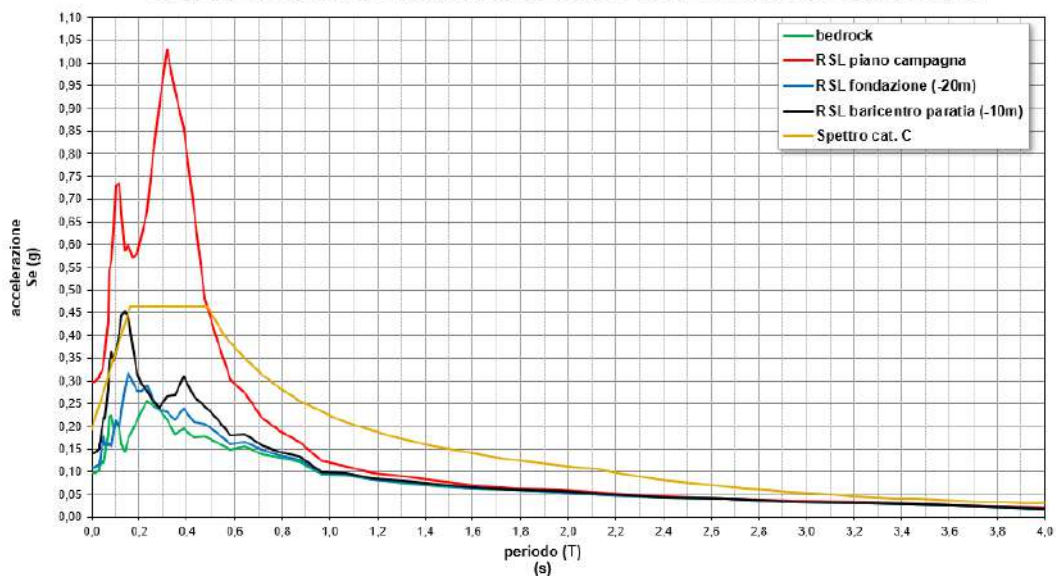
$a_g = 0.105 * g$

$F_0 = 2.414$

$T_{C^*} = 0.303 \text{ s}$

Spettri di risposta elastici STATO SLD

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo manufatto San Giovanni Reatino

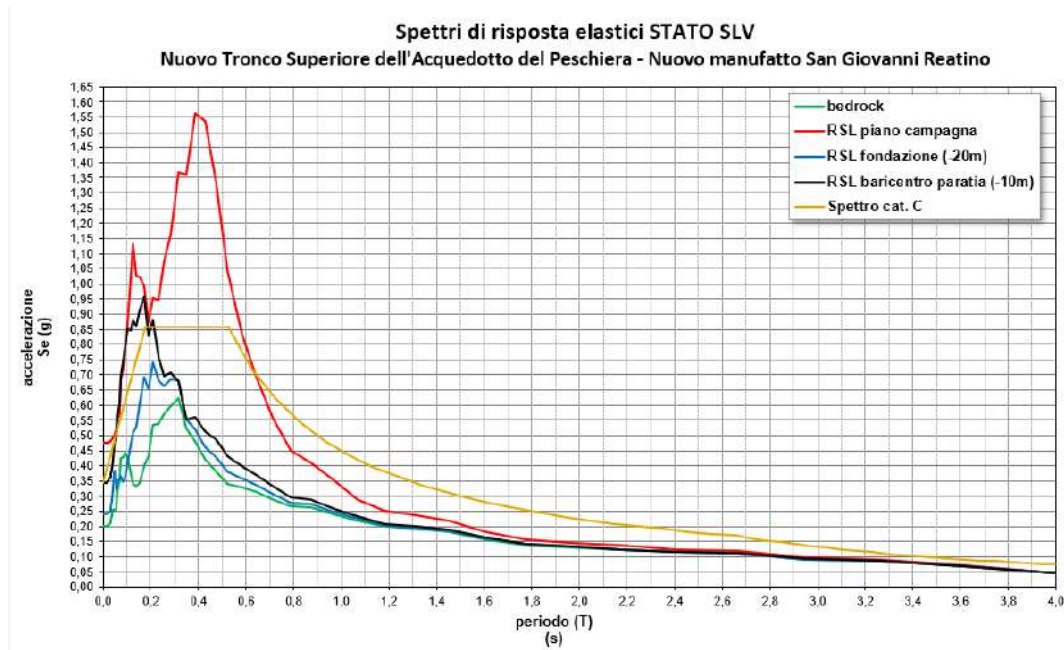


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.129 * g$

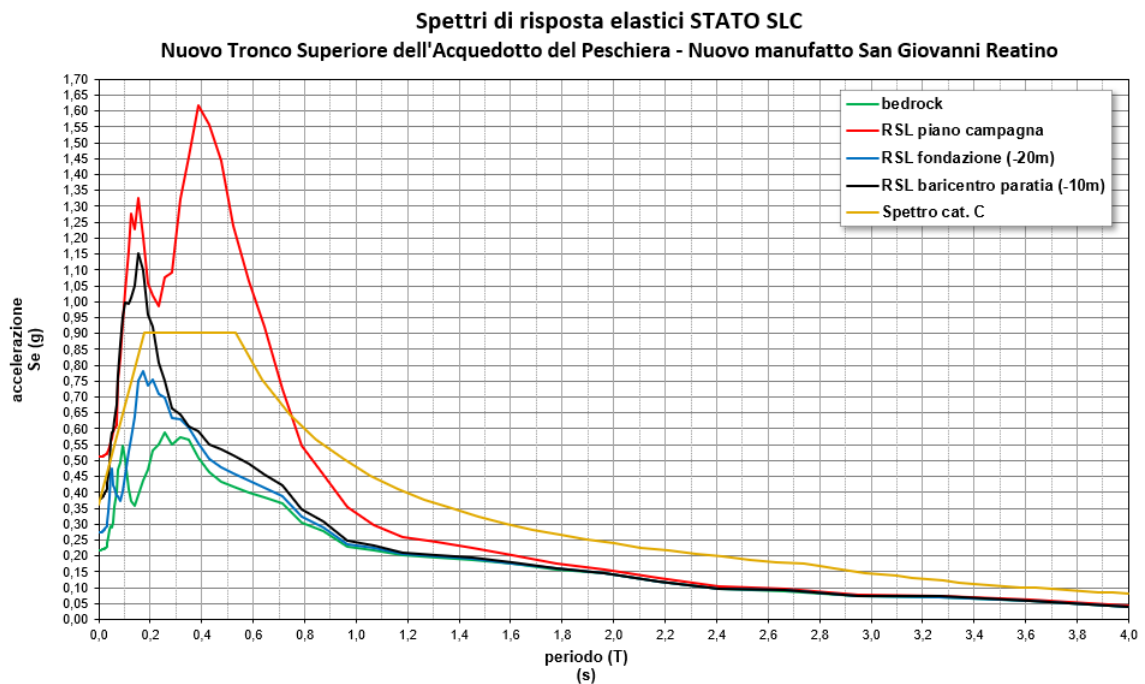
$F_0 = 2.397$

$T_{C^*} = 0.314 \text{ s}$



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.263 * g$; $F_0 = 2.488$; $T_{c^*} = 0.355$ s



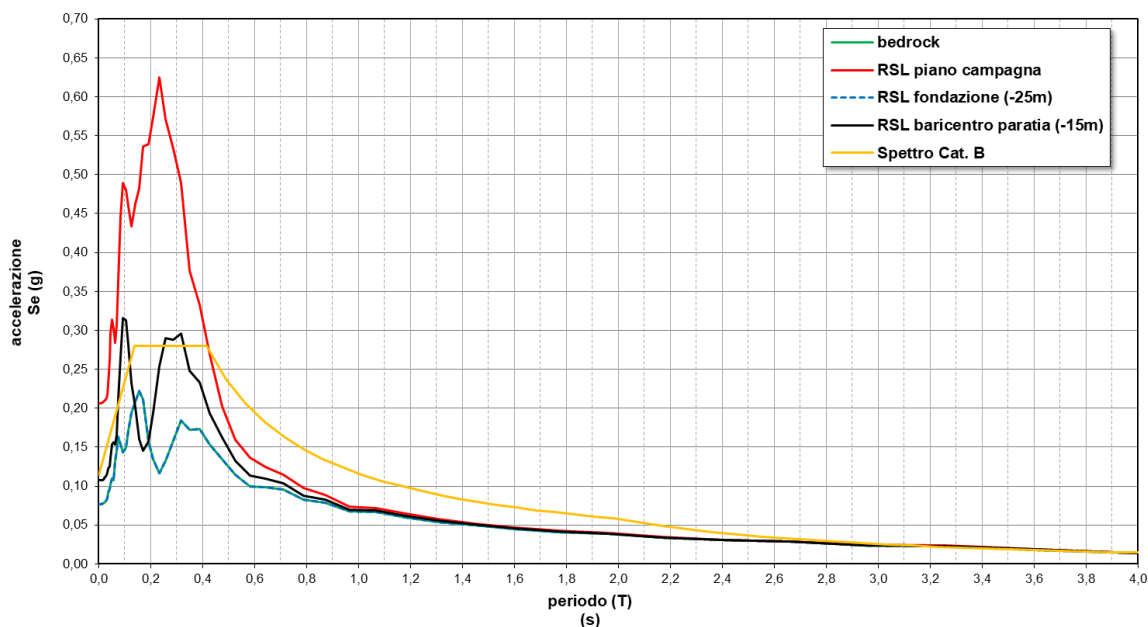
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.284 * g$; $F_0 = 2.495$; $T_{c^*} = 0.360$ s

Nodo S – PZ 1

Spettri di risposta elastici STATO SLO

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nodo S – Pozzo di dissipazione 1 (Salisano)

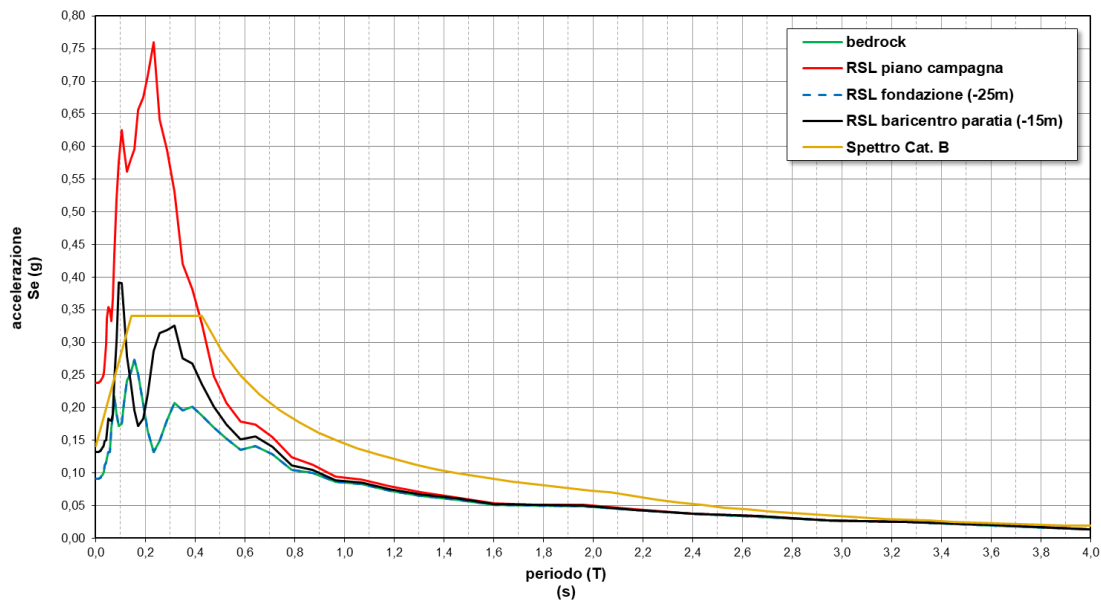


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.095 * g$; $F_0 = 2.441$; $T_{C^*} = 0.296$ s

Spettri di risposta elastici STATO SLD

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nodo S – Pozzo di dissipazione 1 (Salisano)

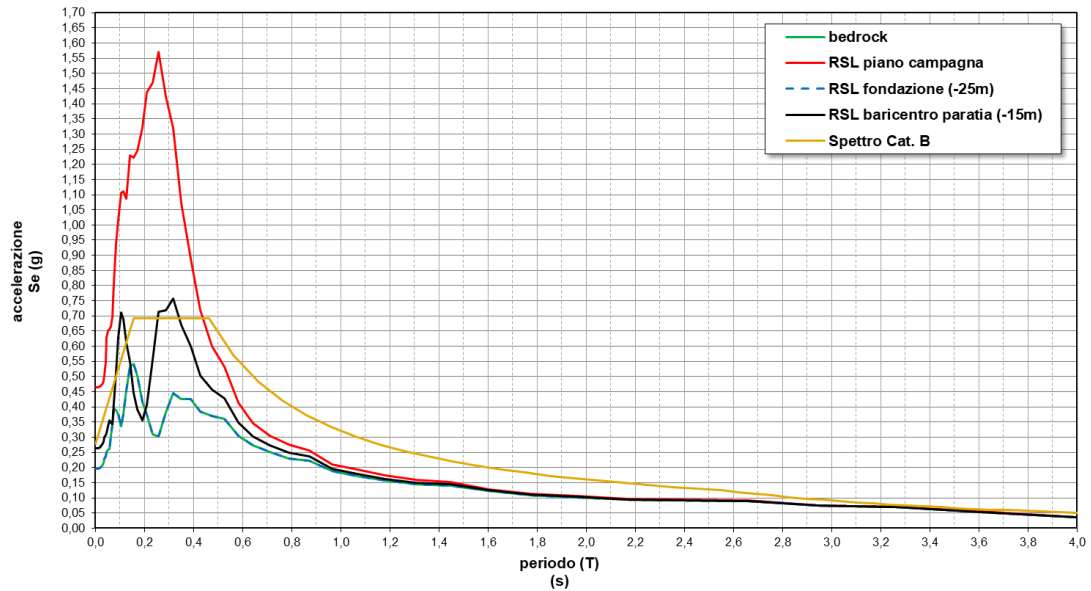


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.118 * g$; $F_0 = 2.412$; $T_{C^*} = 0.306$ s

Spettri di risposta elastici STATO SLV

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nodo S – Pozzo di dissipazione 1 (Salisano)

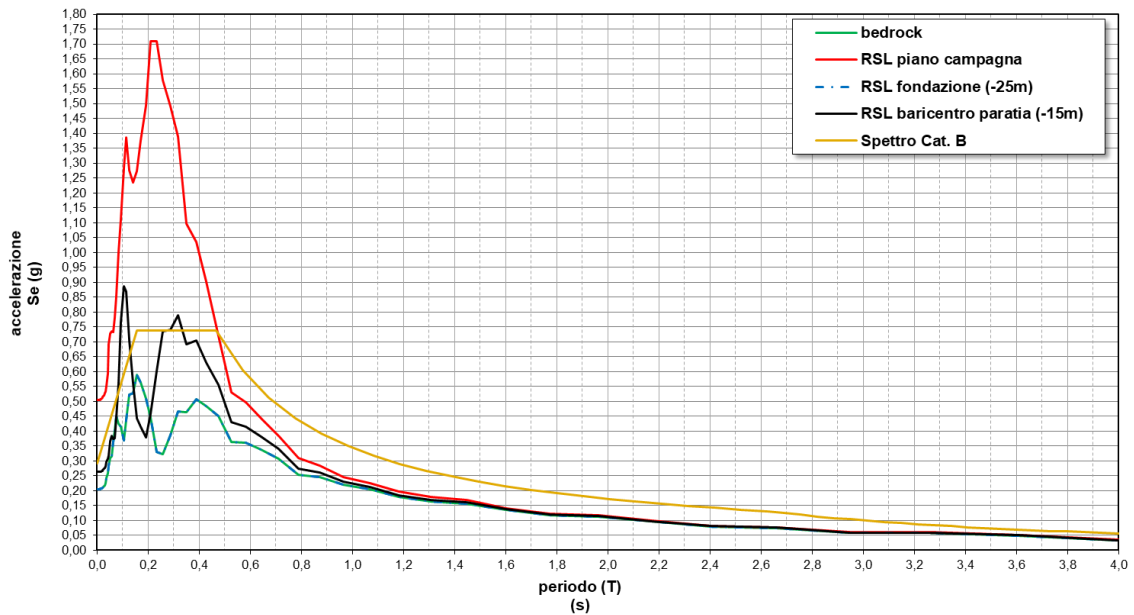


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.239 * g$; $F_0 = 2.502$; $T_{C^*} = 0.339$ s

Spettri di risposta elastici STATO SLC

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nodo S – Pozzo di dissipazione 1 (Salisano)



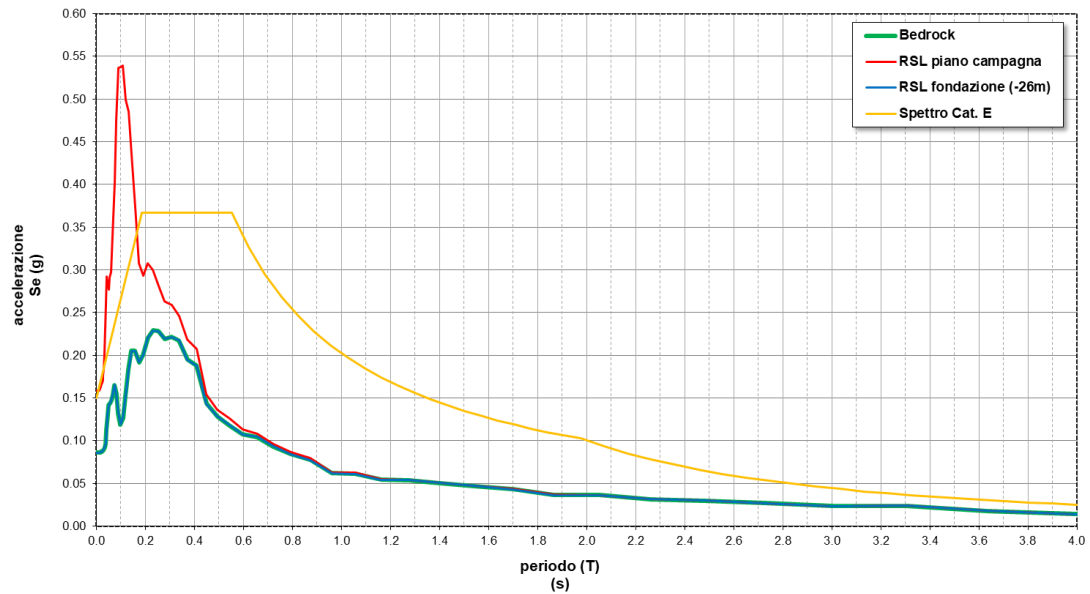
Parametri indipendenti:

$a_g = 0.257 * g$; $F_0 = 2.516$; $T_{C^*} = 0.343$ s

PZ2

Spettri di risposta elastici STATO SLO

Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Pozzo di dissipazione 2 (Salisano)

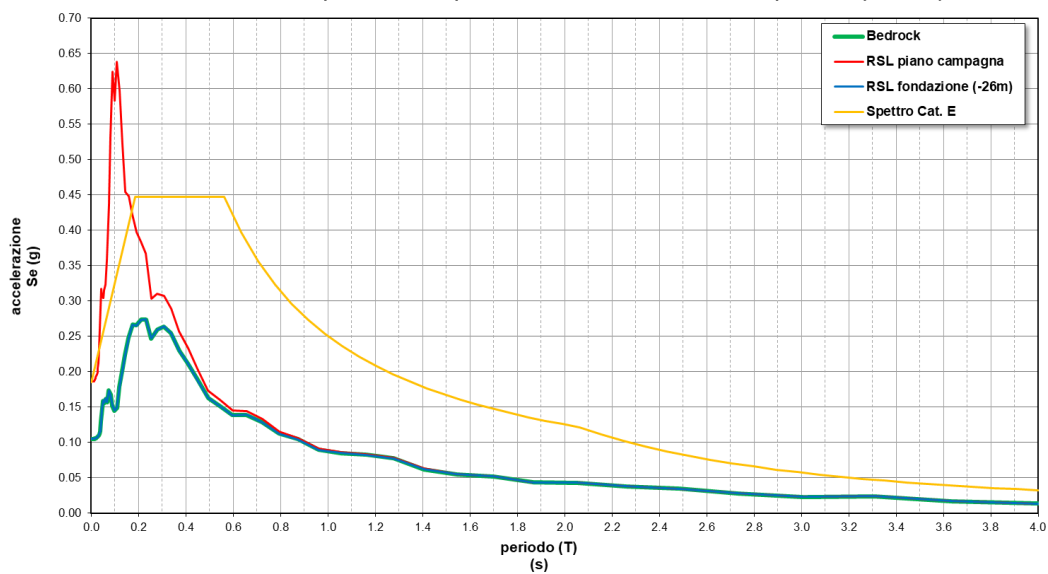


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.093 \cdot g$; $F_0 = 2.442$; $T_{C^*} = 0.294 \text{ s}$

Spettri di risposta elastici STATO SLD

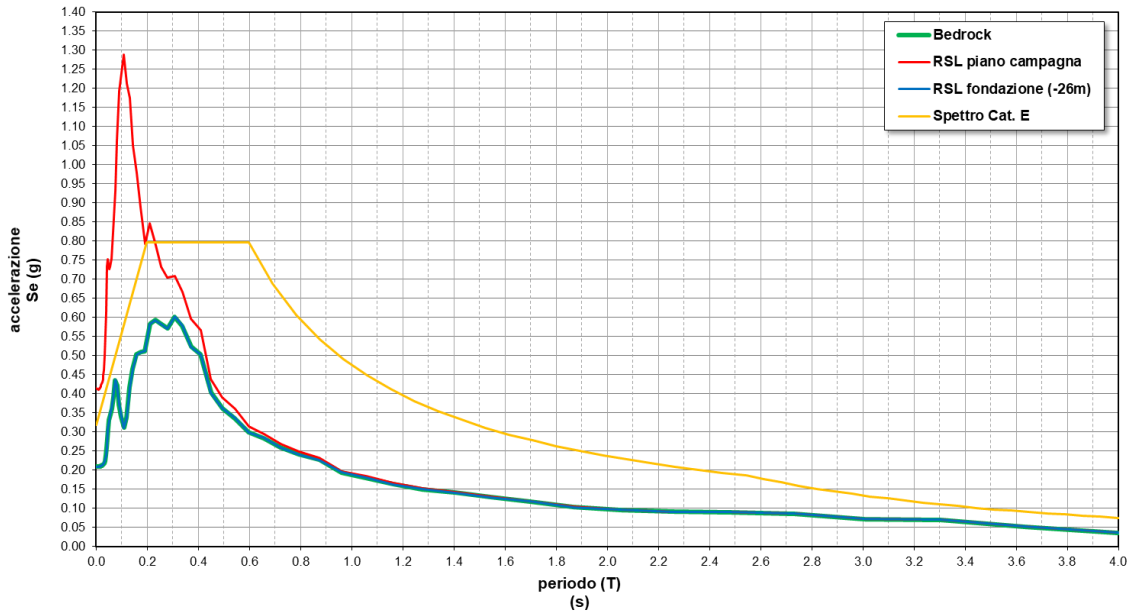
Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Pozzo di dissipazione 2 (Salisano)



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.115 \cdot g$; $F_0 = 2.417$; $T_{C^*} = 0.301 \text{ s}$

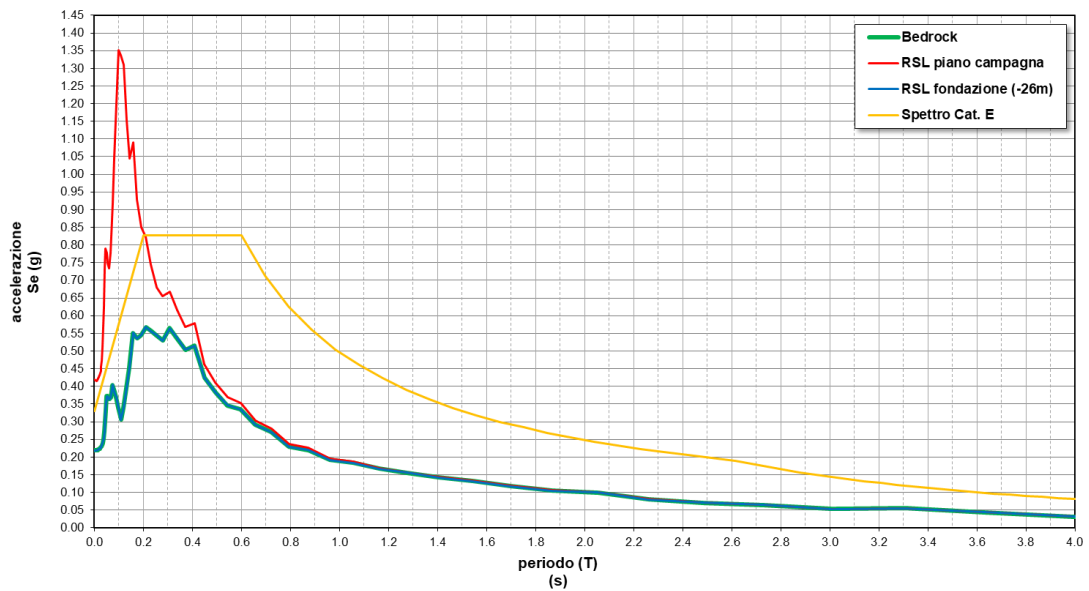
Spettri di risposta elastici STATO SLV
 Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Pozzo di dissipazione 2 (Salisano)



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.235 * g$; $F_0 = 2.495$; $T_{c^*} = 0.333 \text{ s}$

Spettri di risposta elastici STATO SLC
 Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Pozzo di dissipazione 2 (Salisano)

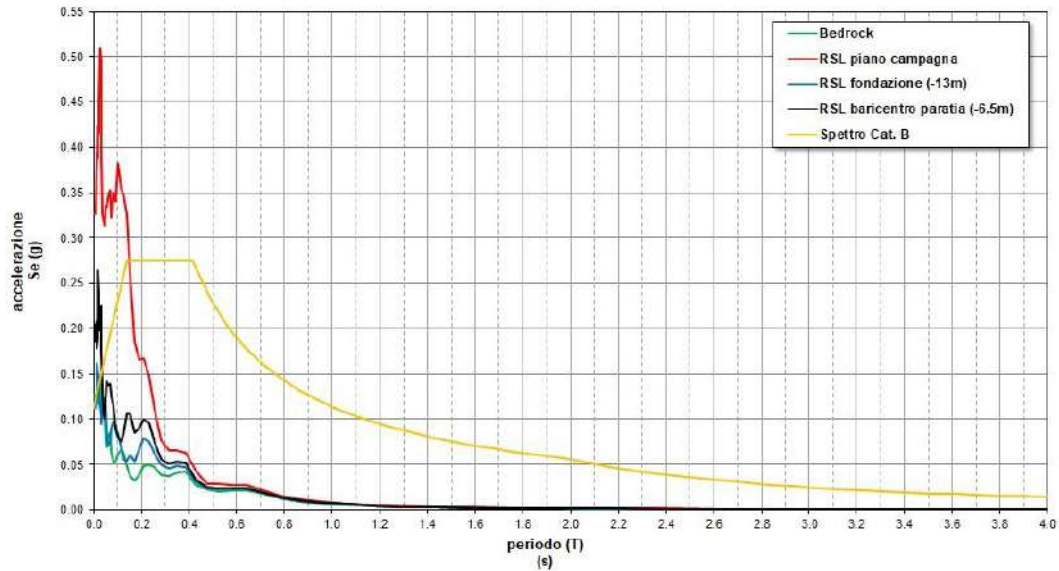


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.253 * g$; $F_0 = 2.508$; $T_{c^*} = 0.337 \text{ s}$

Nuovo Bipartitore (BIP)

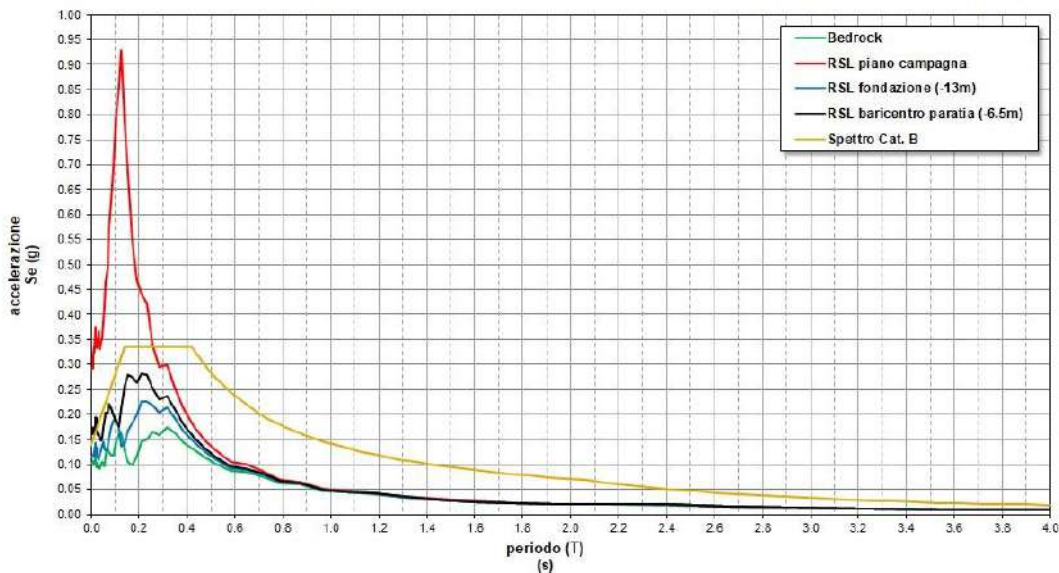
Spettri di risposta elastici STATO SLO
Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo Manufatto Bipartitore (Salisano)



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.093 \cdot g$; $F_0 = 2.442$; $T_c^* = 0.294 \text{ s}$

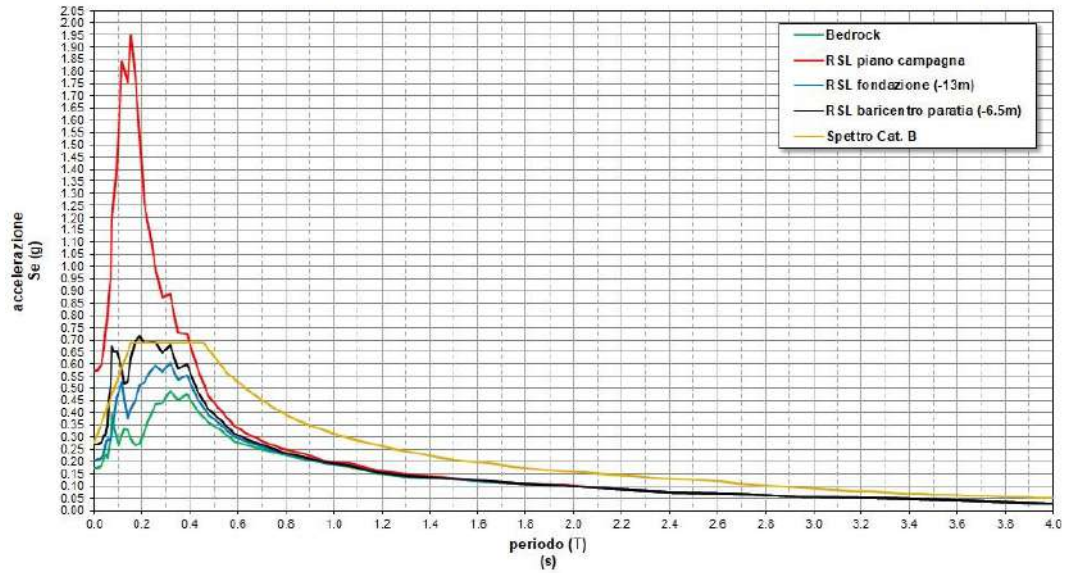
Spettri di risposta elastici STATO SLD
Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo Manufatto Bipartitore (Salisano)



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.115 \cdot g$; $F_0 = 2.417$; $T_c^* = 0.301 \text{ s}$

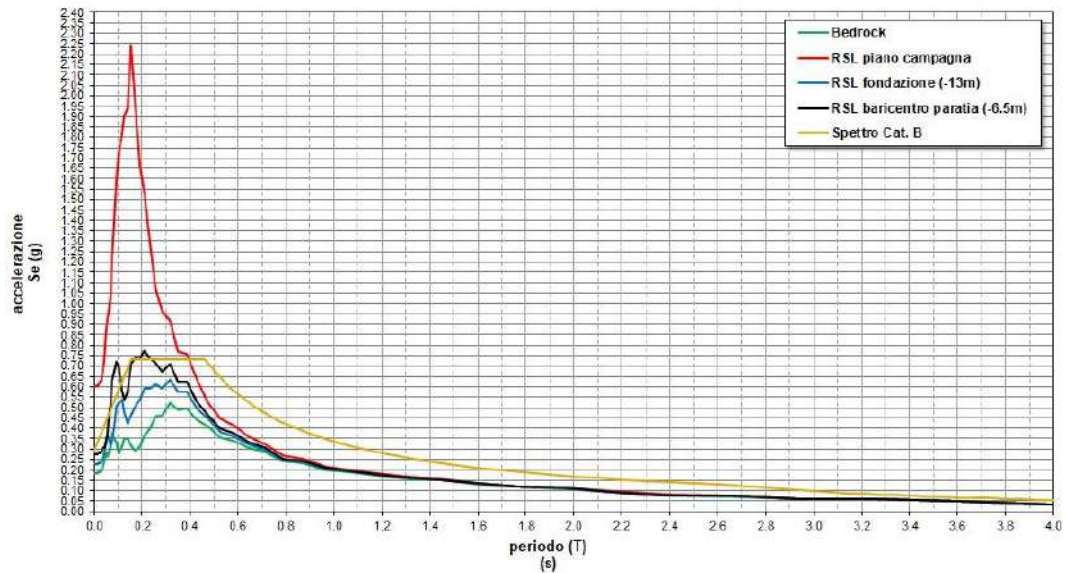
Spettri di risposta elastici STATO SLV
Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo Manufatto Bipartitore (Salisano)



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.235 \cdot g$; $F_0 = 2.495$; $T_{c^*} = 0.333 \text{ s}$

Spettri di risposta elastici STATO SLC
Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Nuovo Manufatto Bipartitore (Salisano)

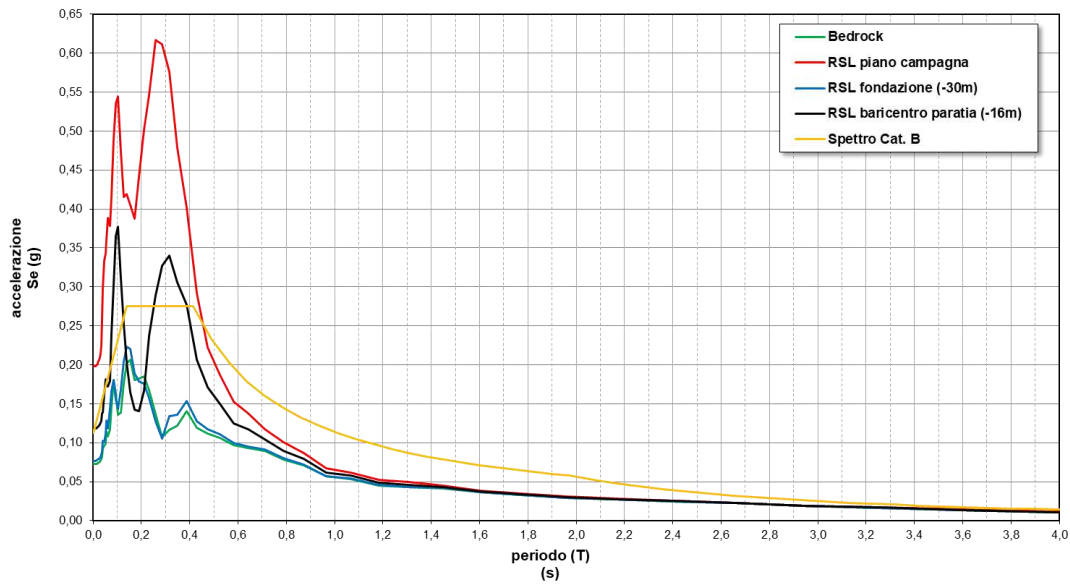


Parametri indipendenti:

$a_g = 0.253 \cdot g$; $F_0 = 2.508$; $T_{c^*} = 0.337 \text{ s}$

Collegamento al Peschiera Destro

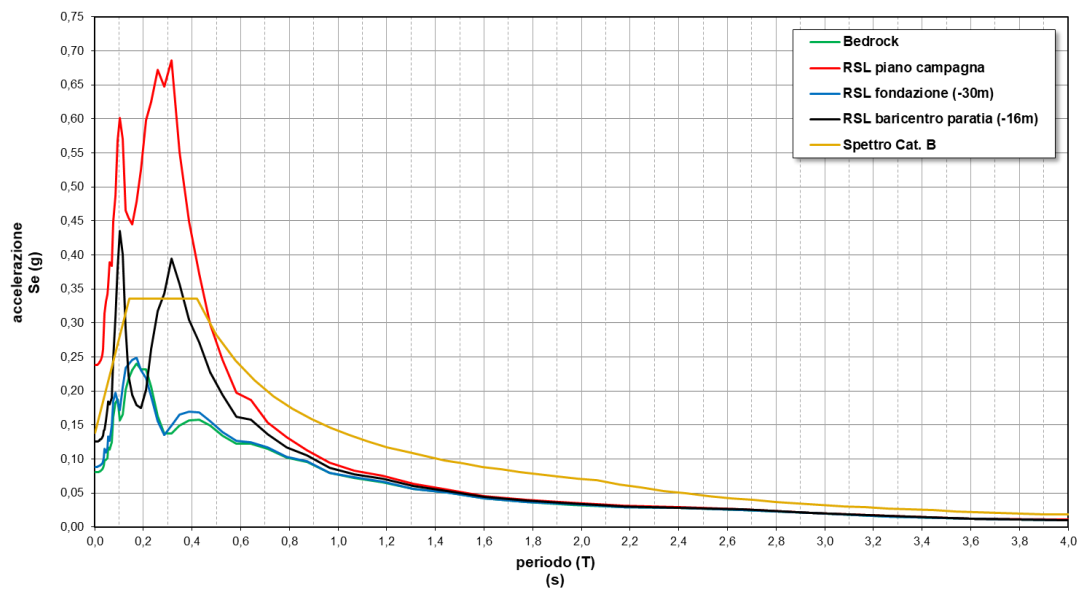
Spettri di risposta elastici STATO SLO
Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Attacco al Peschiera Destro



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.093 \cdot g$; $F_0 = 2.442$; $T_{C^*} = 0.294 \text{ s}$

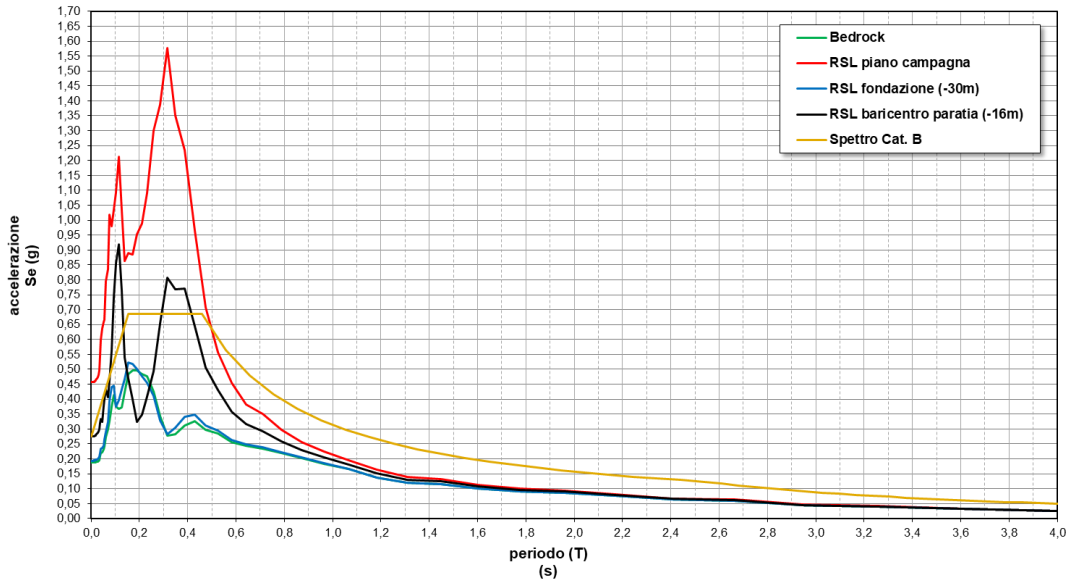
Spettri di risposta elastici STATO SLD
Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Attacco al Peschiera Destro



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.115 \cdot g$; $F_0 = 2.417$; $T_{C^*} = 0.301 \text{ s}$

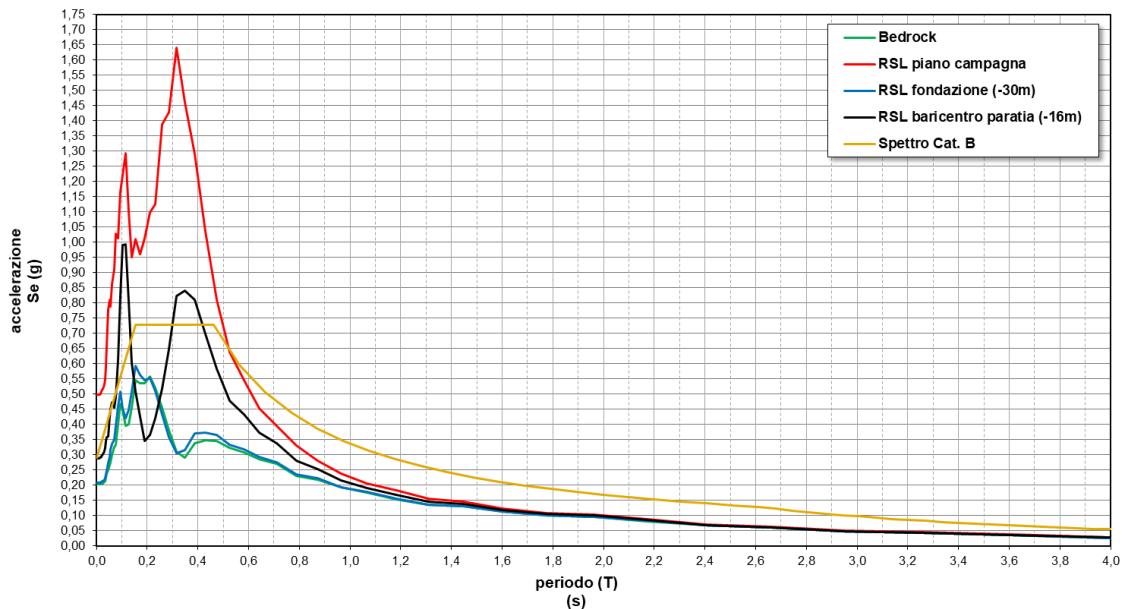
Spettri di risposta elastici STATO SLV
 Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Attacco al Peschiera Destro



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.235 * g$; $F_0 = 2.495$; $T_{c^*} = 0.333 \text{ s}$

Spettri di risposta elastici STATO SLC
 Nuovo Tronco Superiore dell'Acquedotto del Peschiera - Attacco al Peschiera Destro



Parametri indipendenti:

$a_g = 0.253 * g$; $F_0 = 2.508$; $T_{c^*} = 0.337 \text{ s}$