



COMUNE DI TORNIMPARTE PROVINCIA DELL'AQUILA (AQ)



"Interventi di messa in sicurezza del territorio a rischio di dissesto idrogeologico del bacino del Raio in località Palombaia"

CUP: B84D24000030001 - CIG: B351F0668C

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

art. 41 c.6 D.Lgs 36/2023



(Mandataria)
C&C Engineering s.r.l.

Via Nazionale 96-98050 Terme Vigliatore (ME)
Tel. 090 9782254
www.ccecengineering.it
e-mail: info@cecengineering.it
Pec: ccecengineeringsrl@pec.it

C&C ENGINEERING s.r.l.
in Direttore Tecnico
(Dott. Ing. Carmelo Caliri)

[Signature]

Gruppo di progettazione

Dott. Geologo Domenico Femino



(Mandanti)

Dott. Archeologo Alberto D'Agata

Dott. Alberto D'Agata
Archeologo
P. n. 00466710022

[Signature]

RESPONSABILE UNICO PROGETTO:

Arch. Maria Cristina Deli

RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO E DELLE PRESTAZIONI:

Ing. Carmelo Caliri (Direttore Tecnico)

C&C Engineering s.r.l.

Elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDAATTO Dott. Geol. FEMINO DOMENICO n. 3329 Sez. A SCALA	VERIFICATO	APPROVATO
00	17/03/2026	PRIMA EMISSIONE	<i>[Signature]</i>	D.F.	C.C.
ARCHIVIO	05-25			DATA 17/03/2026	ELAB. N° SSG 01

SOMMARIO

PREMESSA 1

1	ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	3
1.1	Caratteristiche morfologiche del sito.....	3
1.2	Analisi PAI - Piano per l'Assetto Idrogeologico - Carta Geomorfologica – Regione Abruzzo	5
2	CAUSE DEL DISSESTO	6
2.1	Stato di fatto regimentazione idraulica Via L'Aquila	6
2.2	Stato di fatto regimentazione idraulica Via San Tommaso	9
2.3	Stato di fatto regimentazione idraulica Via San Salvatore	13
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	15
4	AFFIORAMENTI GEOLOGICI LOCALI.....	17
4.1	Descrizione litologica.....	18
4.2	Sondaggi eseguiti	19
5	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE.....	20
	CENNI DI IDROGEOLOGIA	22
5.1	Prove di permeabilità del tipo Le Franc.....	23
6	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI DI SEDIME	24
6.1	Parametrizzazione prove S.P.T. sondaggi	24
6.1.1	ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE SPT S1	25
6.1.2	ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE SPT S2	27
7	CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEI TERRENI DI SEDIME.....	29
7.1	Considerazione sulle indagini geofisiche	29
7.1.1	Prove sismiche attive MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)	29
7.1.2	Prove sismiche passive per la valutazione della risposta sismica di sito HVSR.....	30
7.1.3	Tomografie sismiche a rifrazione con interpretazione 2D delle sezioni.....	32
7.1.4	Prospezioni georadar G.P.R.	33
8	VINCOLO IDROGEOLOGICO R.D.30_1923	34
9	SISMICITA' DELL'AREA - RISCHIO SISMICO	35
9.1	Pericolosità sismica locale.....	36
	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	39



PREMESSA

La presente relazione è stata redatta dallo scrivente **Dott. Geol. Domenico Feminò**, iscritto al n° 3329 della sez. A dell'ordine dei Geologi di Sicilia, su incarico del Comune di Tornimparte (AQ), per studi geologici a supporto del progetto: **"Interventi di messa in sicurezza del territorio a rischio di dissesto idrogeologico del Bacino del Raio in Località Palombaia"** – CUP: B84D24000030001 – CIG: B351F0668C.

L'area di progetto si localizza in Località Palombaia nel Comune di Tornimparte, specificatamente le aree che interessano via l'Aquila, Via San Tommaso e Via San Salvatore.

In cartografia si individua nella tavoletta topografica, in scala 1: 25.000, "Tornimparte" del F° 145-I-NO della Carta d'Italia edita dall'I.G.M.

Il sito risulta al foglio 358080 della Carta Tecnica Regionale, scala 1: 10.000 ed ai fogli 358083-358084 della Carta Tecnica Regionale, scala 1: 5.000.

Facendo riferimento all'ellissoide WGS84, per la localizzazione della suddetta area si può fare riferimento alle seguenti coordinate geografiche:

$42^{\circ}19'32.2''N$ $13^{\circ}16'57.3''E$

Di seguito si espongono le risultanze relative alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito di progetto.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, morfologici, geolitologici, idrogeologici e geomeccanici dei terreni interessati dall'opera in oggetto.

Riguardo al tipo di opera progettuale e della complessità del contesto geologico locale, sono state programmate ed eseguite in sito specifiche indagini geofisiche attive e passive per definire la $V_{s,30}$ di sedime con definizione della categoria sismica dei suoli e loro frequenza di risonanza.

Si è passati all'analisi dei dati bibliografici e di indagini geognostiche eseguite in aree limitrofe con caratteristiche simili al sito d'interesse, quindi all'esecuzione di prove di resistenza meccanica in situ del tipo SPT all'interno dei fori di perforazione di sondaggi, tutto ciò ha permesso di definire le proprietà geomeccaniche dei terreni di sedime per un volume significativo.

A seguire l'elenco delle indagini eseguite in situ:

- N°2 perforazioni di sondaggi;
Sondaggio n.1 (S.1):
 - Profondità raggiunta: 15 metri rispetto al piano campagna
 - Esecuzione di n° 3 prove S.P.T. in foro
 - Prova di permeabilità in foro: 1
 - Condizionamento: Piezometro
- Sondaggio n.2 (S.2):
 - Profondità raggiunta: 15 metri rispetto al piano campagna
 - Esecuzione di n° 3 prove S.P.T. in foro
 - Prova di permeabilità in foro: 1
 - Condizionamento: Piezometro



- N°4 Indagini geofisiche di sismica attiva MASW;
- N°2 Indagini geofisiche di sismica passiva HVSR;
- N°4 Indagini geofisiche di sismica a rifrazione;
- Prospezioni georadar G.P.R. .

A corredo di quanto detto la presente relazione presenta i seguenti elaborati:

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA

- I.G.M. in scala 1:25.000;
- C.T.R. in scala 1:10.000;
- C.T.R. in scala 1:5.000;
- Carta morfologica in scala 1:5.000;
- Carta delle pendenze in scala 1:5.000;
- Carta geomorfologica in scala 1: 5.000;
- Bacini idrografici di interesse in scala 1:10.000;
- Carta geologica in scala 1:5.000;
- Sezione litostratigrafica interpretativa;
- Carta delle indagini in scala 1:10.000;
- Vincolo Idrogeologico R.D.30_1923 in scala 1:10.000.

RELAZIONE INDAGINI



1 ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

Da punto di vista morfologico, la fisiografia del territorio abruzzese risulta caratterizzata dalla successione di ampie aree orograficamente omogenee: procedendo da oriente verso occidente si individua dapprima la fascia collinare, quindi quella pedemontana ed infine la zona montana.

Le creste montane si elevano di regola sino a 2000-2500 m e solo nei possenti massicci più esterni superano di qualche centinaio di metri tale limite. L'energia del rilievo è ovunque elevata e sempre notevole è anche l'acclività dei versanti; i dislivelli sono accentuati rispetto al fondo delle poche valli principali o delle conche, e talvolta si presentano con un solo imponente balzo.

La parte sommitale e più accidentata delle dorsali mostra prolungati crostoni a profilo ondulato, che spesso dividono due fianchi ad acclività diversa.

Con il paesaggio tipico della catena, appena descritto, contrastano ampie conche (depressioni tettoniche) delimitate dai rilievi, incise di norma su substrato calcareo e/o calcareo-marnoso. La complessità dei fattori geologici e climatici ha portato alla deposizione di successioni sedimentarie continentali ed al modellamento di forme anche molto diverse da bacino a bacino.

Tra le principali conche intrappenniniche abruzzesi, si citano la Conca di L'Aquila, la Conca Subequana, la Conca del Fucino, la Piana di Navelli e la Valle del Tirino, la Conca di Sulmona e la Conca di Sora.

1.1 Caratteristiche morfologiche del sito

L'assetto geomorfologico del territorio comunale di Tornimparte si presenta molto articolato e complesso, costituito da un settore pedemontano e uno montano. Il primo è composto da una serie di dorsali allungate in direzione prevalente N-S e altitudine media di circa 850 m s.l.m. su cui sorgono i principali abitati che costituiscono il Comune.

Le dorsali sono separate da valli più o meno incise che proseguono verso Nord col nome di Torrente Raio, poi affluente di destra idrografica del Fiume Aterno nei pressi della città di L'Aquila.

Il settore montano delimita l'area comunale verso Ovest e Nord-Ovest con i monti Ruella (1.540 m), La Piaggia (1.637 m) e La Serra (1.599 m) e verso Sud con i monti Rotella (1.994 m) e Cava (1.996 m).

Specificatamente, l'area di progetto, sviluppandosi longitudinalmente lungo via L'Aquila, Via San Tommaso e Via San Salvatore, presenta diverse quote altimetriche che, di seguito, verranno inquadrare per tratti.

- Il tratto parallelo alla via L'Aquila risulta ricompreso tra 720 metri s.l.m. e 715 metri s.l.m.;
- Il tratto parallelo alla via San Tommaso risulta ricompreso tra 728 metri s.l.m. e 716 metri s.l.m.;
- Il tratto parallelo alla via San Salvatore risulta ricompreso tra 720 metri s.l.m. e 716 metri s.l.m..

Dal sopralluogo effettuato, risulta caratterizzata da una serie di crinali dalla morfologia dolce che rappresentano il reticolo idrografico locale con deflusso tipicamente stagionale, che si caratterizza per alvei molto ristretti ed incisione accentuata tanto da evidenziare i caratteri litostratigrafici di base.

Nel complesso, detto versante presenta un'acclività minore rispetto ai versanti che definiscono i margini degli alti morfologici a cui si è fatto precedentemente riferimento.

Pertanto, a differenza di quanto avviene nei pendii circostanti, l'erosione oggi non determina effetti di modellamento particolarmente evidenti.

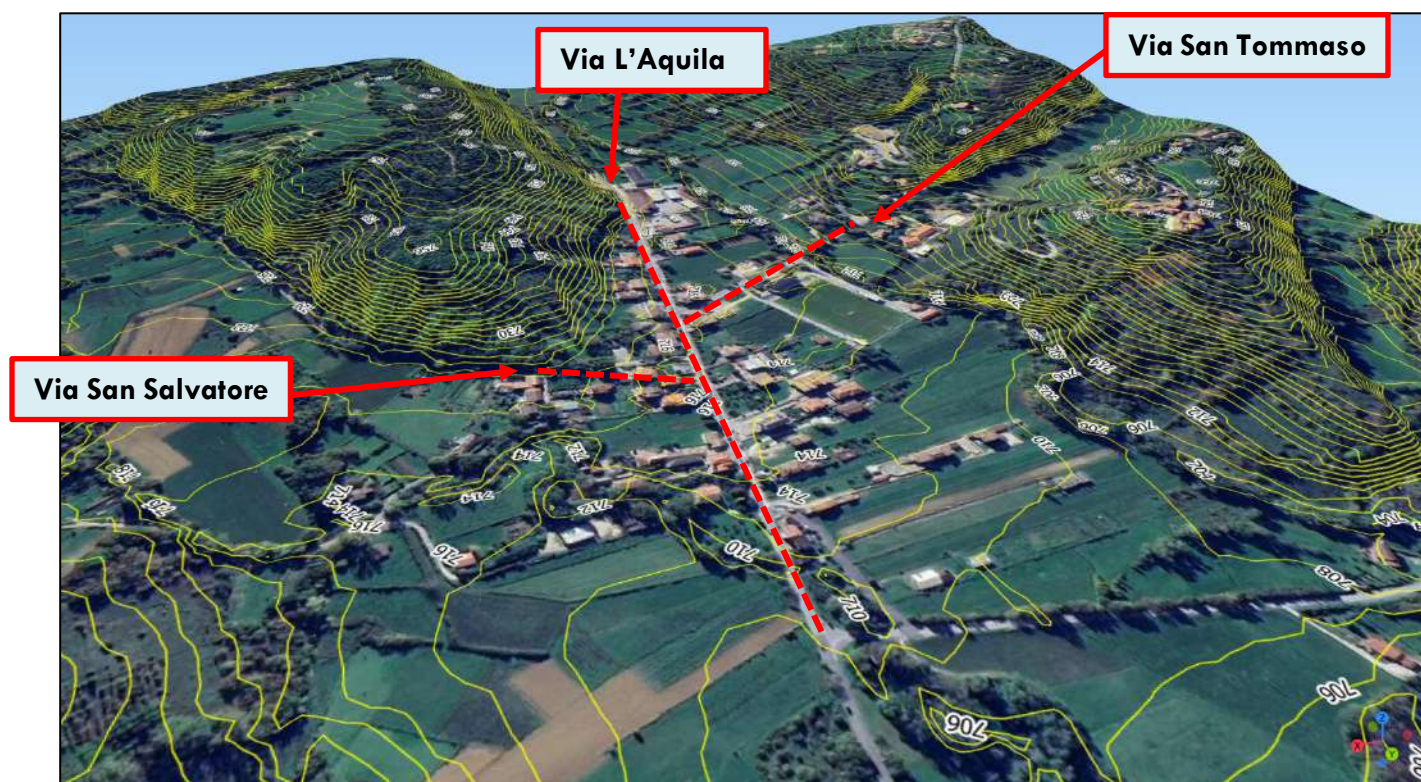


Figura 1 - Morfologia 3D ricavata da DTM Regione Abruzzo

Per quanto sopra si può affermare che, dal punto di vista geomorfologico l'area di progetto presenta un' inclinazione media $i \leq 15^\circ$, quindi, per tale configurazione si adotterà una categoria topografica **T1**.

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

1.2 Analisi PAI - Piano per l'Assetto Idrogeologico - Carta Geomorfologica – Regione Abruzzo

La Carta è stata realizzata dall'Aquater per il settore Lavori Pubblici e contiene informazioni relative ai dati strutturali, alle forme tettoniche, ai processi gravitativi di versante, alle forme, processi e depositi per acque correnti superficiali, alle forme e depositi carsici, alle forme, processi e depositi marini, lagunari e lacustri, alle forme, processi e depositi antropici, alle forme e processi crionivali e forme glaciali. Attualmente, e fino alla totale copertura del territorio regionale con la cartografia numerica, la carta geomorfologica è disponibile su base raster derivante dalla scansione della carta di base in scala 1:25.000.

Consultabile tramite dal GEOPORTALE REGIONALE SIR (<http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet>), dallo stralcio ottenuto in riferimento all'areale di nostro interesse, lo stesso non risulta coinvolto da fenomeni di instabilità censiti nel PAI, piuttosto da una conoide alluvionale censita come non attiva.

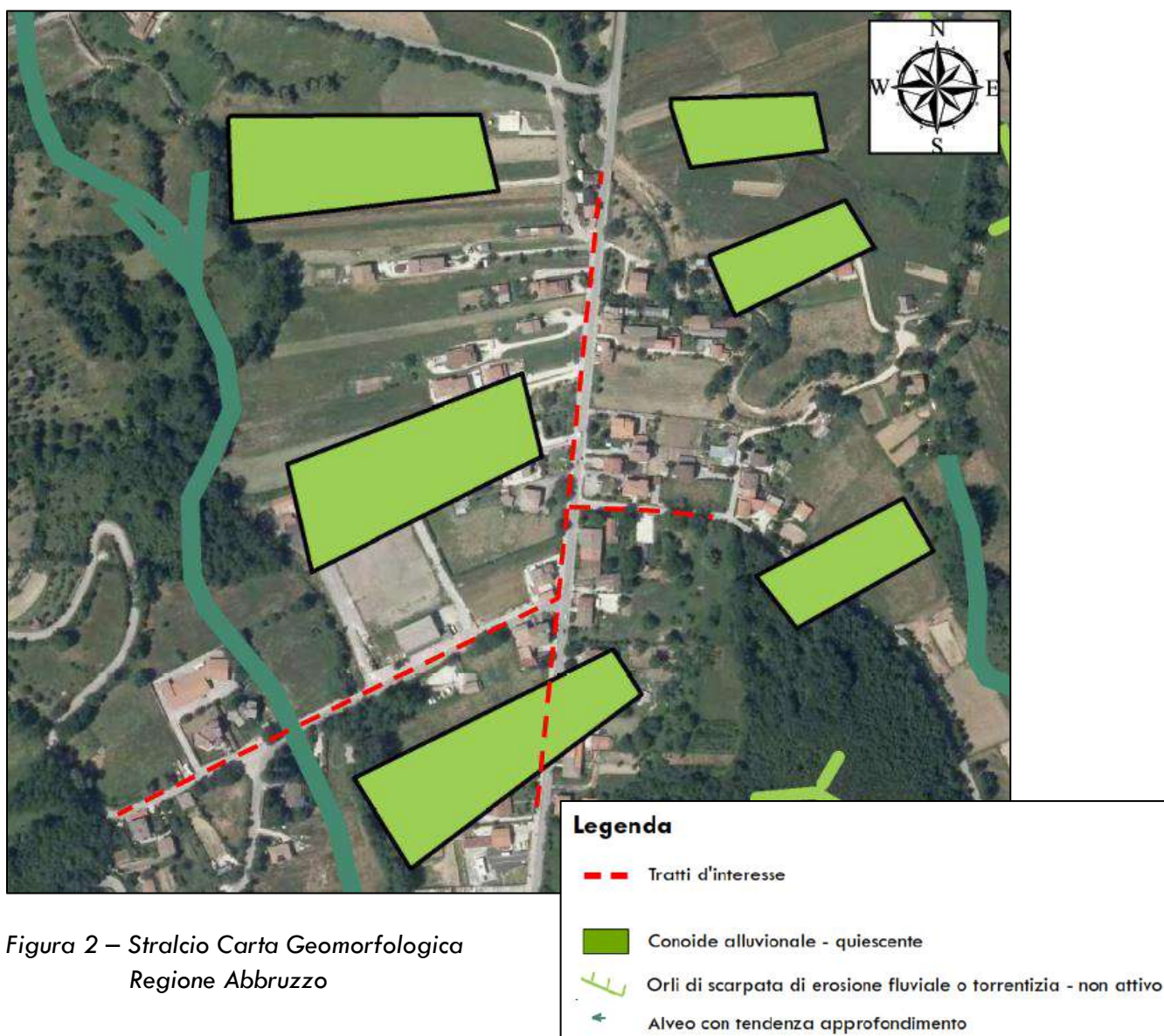


Figura 2 – Stralcio Carta Geomorfologica
Regione Abruzzo

2 CAUSE DEL DISSESTO

Dal sopralluogo effettuato, risulta evidente che le aree di interesse presentano una inefficiente regimentazione idraulica delle acque di dilavamento sia delle seguenti vie: L' Aquila; San Salvatore e San Tommaso.

Per una migliore condizione dello stato di fatto, si descriveranno le criticità rilevate per singoli tratti di intervento.

2.1 Stato di fatto regimentazione idraulica Via L'Aquila

Lungo questo asse viario risulta presente, a tergo della carreggiata destra, secondo il senso di percorrenza Sud Nord, un pregresso sistema di regimentazione idraulica ormai datato.

Detto vetusto sistema si presenta non idoneo alle sue funzioni, a tratti infatti le griglie di raccolta sono mancanti e/o divelte e le canalizzazioni ormai interrato e inerbite, vedi figure seguenti.



Figura 3 – Foto esemplificativa dello stato di fatto del pregresso sistema di regimentazione idraulica della via L'Aquila



Figura 4 – Foto esemplificativa dello stato di fatto del pregresso sistema di regimentazione idraulica della via L'Aquila

Sulla carreggiata opposta invece è stato rilevato, attraverso le prospezioni georadar G.P.R., la presenza di un canale in cemento di acque bianche con le sue relative diramazioni ed eventuali immissioni.

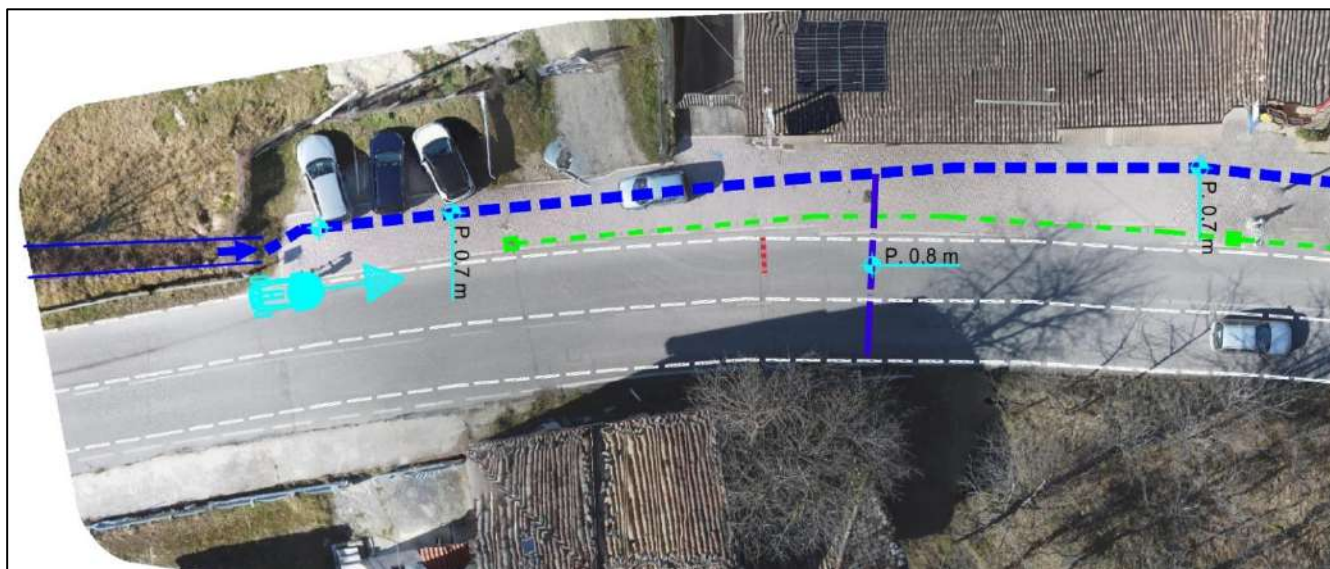


Figura 5 – dettaglio stralcio tavola Allegato 1A alla Relazione indagini Georadar in cui si evince in blu l'andamento del canale in cls acque bianche ed ortogonalmente ad esso le immissioni secondarie



Figura 6 – dettaglio inizio canale in cls acque bianche lungo la via L'acquila – lato sinistro

Come si evince dalla figura precedente, l'anello di cemento, costituente la regimentazione idraulica della via L'Aquila, è visibile solo nel tratto iniziale, non sono rilevate alcune griglie di ispezione o pozzetti di manutenzione lungo tutto il suo sviluppo, tant'è che il gruppo di progettazione ha dovuto condurre le prime citate prospezioni georadar G.P.R. per la ricostruzione del suo andamento.

Ad ogni modo, il recettore finale delle acque bianche è stato individuato nel Torrente Raio, più a Nord, vedi "tavola Allegato 1 A alla Relazione indagini Georadar".

2.2 Stato di fatto regimentazione idraulica Via San Tommaso

Le condizioni riscontrate nella via L'Aquila si replicano, nel tratto di viabilità interessata dalla Via San Salvatore.

È presente un canale di raccolta a cielo aperto, a monte del tratto di interesse progettuale di cui non si conosce l'effettiva adeguatezza della sezione idraulica.



Figura 7 – dettaglio canale a cielo aperto lato sinistro Via San Salvatore, direzione di marcia Ovest Est



Figura 8 – dettaglio canale a cielo aperto lato sinistro Via San Salvatore, direzione di marcia Ovest Est

A far seguito a predetto canale vi sono una serie di attraversamenti costituiti da tubi in cls e successivamente una pregressa ed interrata regimentazione idraulica.

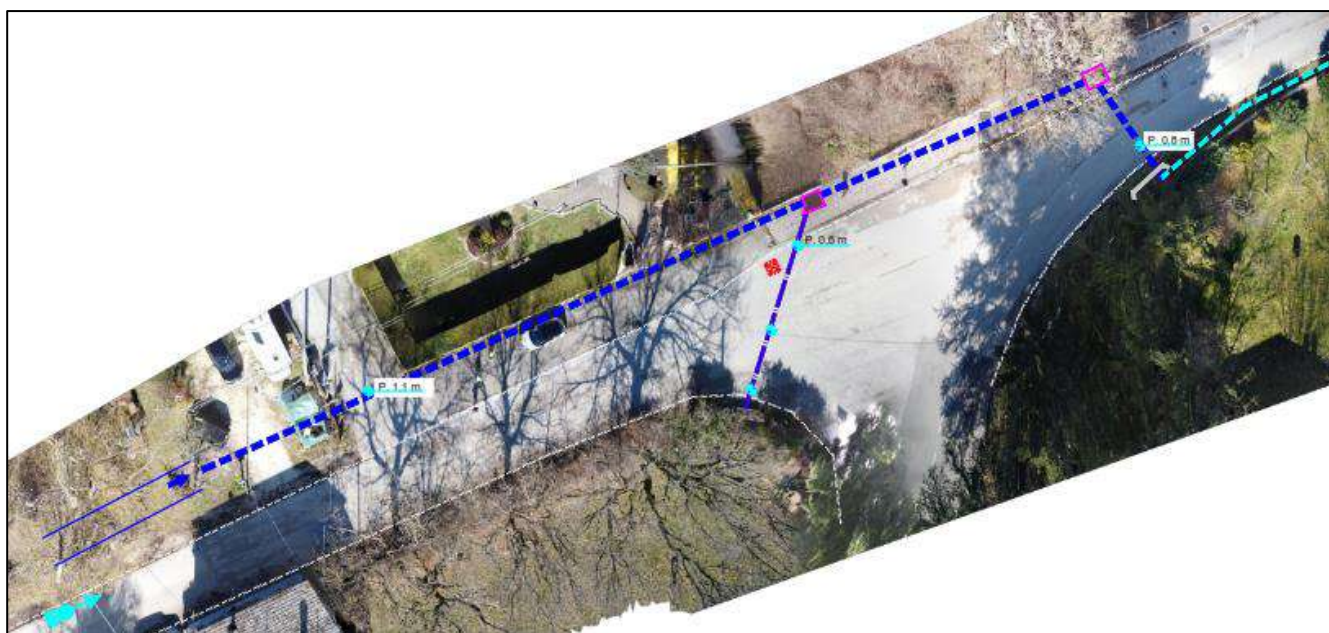


Figura 9 – dettaglio stralcio tavola Allegato 1 A alla Relazione indagini Georadar - in blu l'andamento del canale interrato e le immissioni secondarie ed in ciano l'andamento di un supposto canale cls



Le acque tombate defluiscono, attraverso una deviazione repentina, in un supposto canale in cls di acque bianche dopo l'incrocio con la Via Morrone.

Quindi, sempre nel senso di marcia Ovest-Est, dopo l'incrocio le acque bianche dovrebbero essere gestite da un in un supposto canale in cls di acque bianche a tergo della carreggiata destra della Via San Tommaso.

Effettivamente, come si evince dalla foto seguente, le acque bianche dilavano indiscriminatamente formando dei rivoli guidati meramente dalla pendenza della strada per raggiungere una griglia che si dovrebbe immettere nel supposto canale in cls di acque bianche.

La griglia si presenta non utile alle sue funzioni in quanto parzialmente interrata.



Figura 10 – dettaglio deflusso indiscriminato delle acque bianche lato destro Via San Salvatore, direzione di marcia Ovest Est

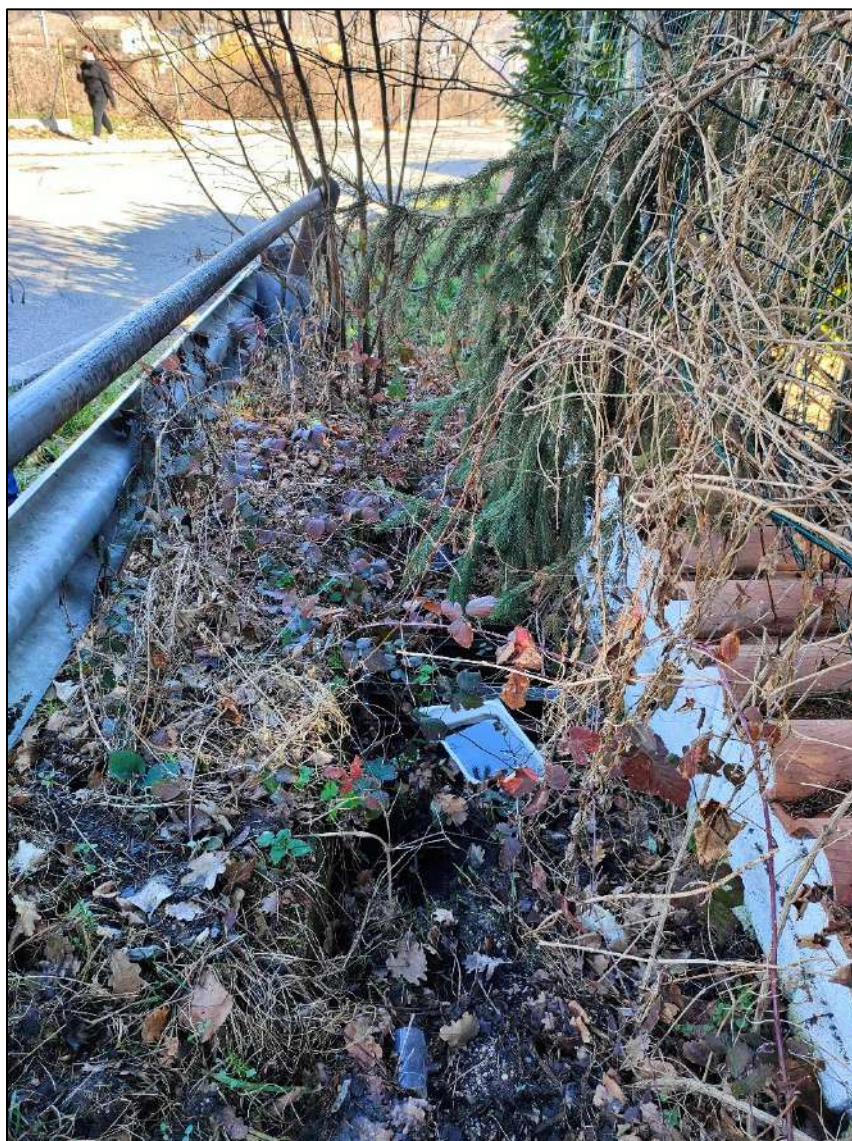


Figura 11 – dettaglio griglia delle acque bianche lato destro Via San Salvatore, direzione di marcia Ovest Est

Ad ogni modo, il recettore finale delle acque bianche è stato individuato nel il F.so Paligne che scorre verso Nord, intersecando la Via San Tommaso, vedi “tavola Allegato 1 A alla Relazione indagini Georadar”.

2.3 Stato di fatto regimentazione idraulica Via San Salvatore

La Via San Salvatore, traversa perpendicolare alla Via L'Aquila, negli eventi meteorici di particolare intensità, è sistematicamente soggetta ad un dilavamento incontrollato delle acque provenienti da una viabilità secondaria denominata Via Piagge.



Figura 12 – dettaglio Via Piagge

Predetta via Piagge funge da via preferenziale per il deflusso idrico da monte che si riversa indiscriminatamente lungo la via San Salvatore.

La stessa Via San Salvatore è caratterizzata da un canale di scolo a cielo aperto a tergo della carreggiata. Sinistra nel senso di marcia Est Ovest non si conosce l'effettiva adeguatezza della sezione idraulica.



Figura 13 – dettaglio canale di scolo acque Via San Salvatore - careggiata Sinistra nel senso di marcia Est Ovest

Ad ogni modo, il recettore finale delle acque bianche è stato individuato nella Via L'Aquila che presenta le criticità descritte nel paragrafo precedente.

Quanto sopra conferma quanto riportato nel DIP posto a base di gara: *“Le aree d’interesse del progetto sono costituite da aree che presentano una scarsa organizzazione per la fruibilità delle acque meteoriche e necessitano quindi che vengano predisposte apposite soluzioni per garantire la regimazione delle acque meteoriche.”*

Si aggiunge che lo stato di fatto e le condizioni di precarietà dell’attuale gestione delle acque meteoriche, compromettono l’intero agglomerato urbano presente, tutta la rete dei servizi e sottoservizi, oltre le infrastrutture viarie.

Per tali motivi l'intervento progettuale dovrà prevedere un nuovo e ponderato riordinamento di carattere idraulico, attraverso la raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e relativo allontanamento dai luoghi con idonee opere di captazione e gestione, garantendo così la messa in sicurezza dell'areale coinvolto da un potenziale rischio idraulico.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Per quanto concerne l'inquadramento geologico generale, il territorio nel quale si colloca l'area di intervento ricade nel Foglio n° 358 “Pescorocchiano” in scala 1: 50.000 (ISPRA) di cui se ne riporta uno stralcio:

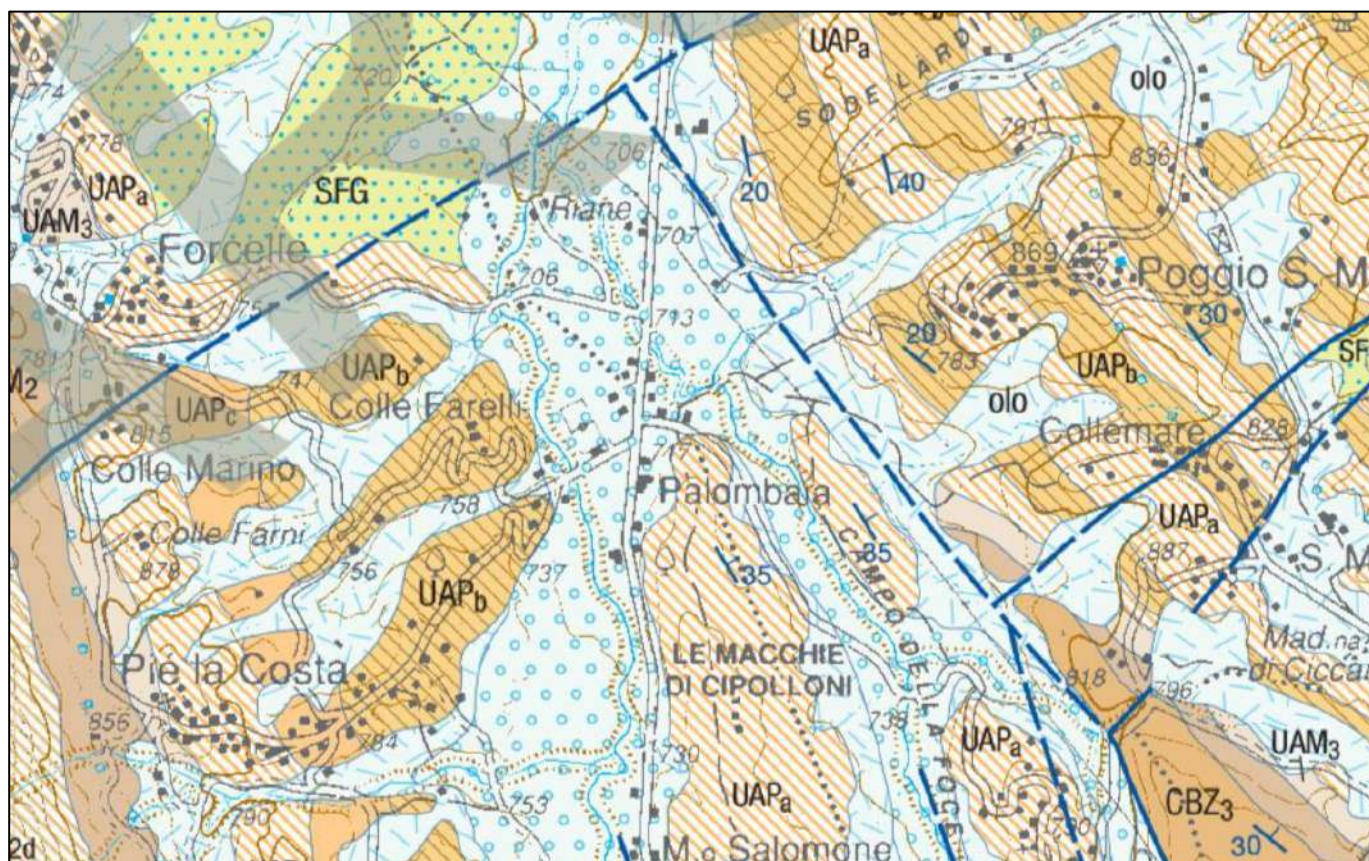


Figura 14 – Stralcio della Carta Geologica D'Italia – Foglio n. 358 “Pescorocchiano” (ISPRA)

Il settore geologico – strutturale in cui è collocato il territorio di Tornimparte, appartiene alla “zona di incontro” (Scarsella, 1951) tra l'area laziale – abruzzese e quella umbro – marchigiana; la prima caratterizzata da ambiente deposizionale neritico, l'altra pelagico. L'elemento maggiormente caratterizzante dell'area è rappresentato dal sovrascorrimento dei Monti Reatini. Il settore esaminato è frutto di una evoluzione geologica legata a tettonica polifasica che ne ha determinato l'assetto strutturale caratterizzato da pieghe e sovrascorrimenti dislocati successivamente da strutture distensive.

In base alle caratteristiche litostratigrafiche, strutturali o per una particolare evoluzione tettonico-sedimentaria, sono state distinte nell'area sei unità tettoniche principali: dalla più interna e geometricamente più sollevata, alla più esterna e più bassa, esse sono: Unità M. ti Reatini, Unità M. te

Navegna; Unità Salto; Unità M.te Nuria-M.te S. Rocco; Unità M.te Calvo – M.te della Rocca; Unità M.te La Torretta:

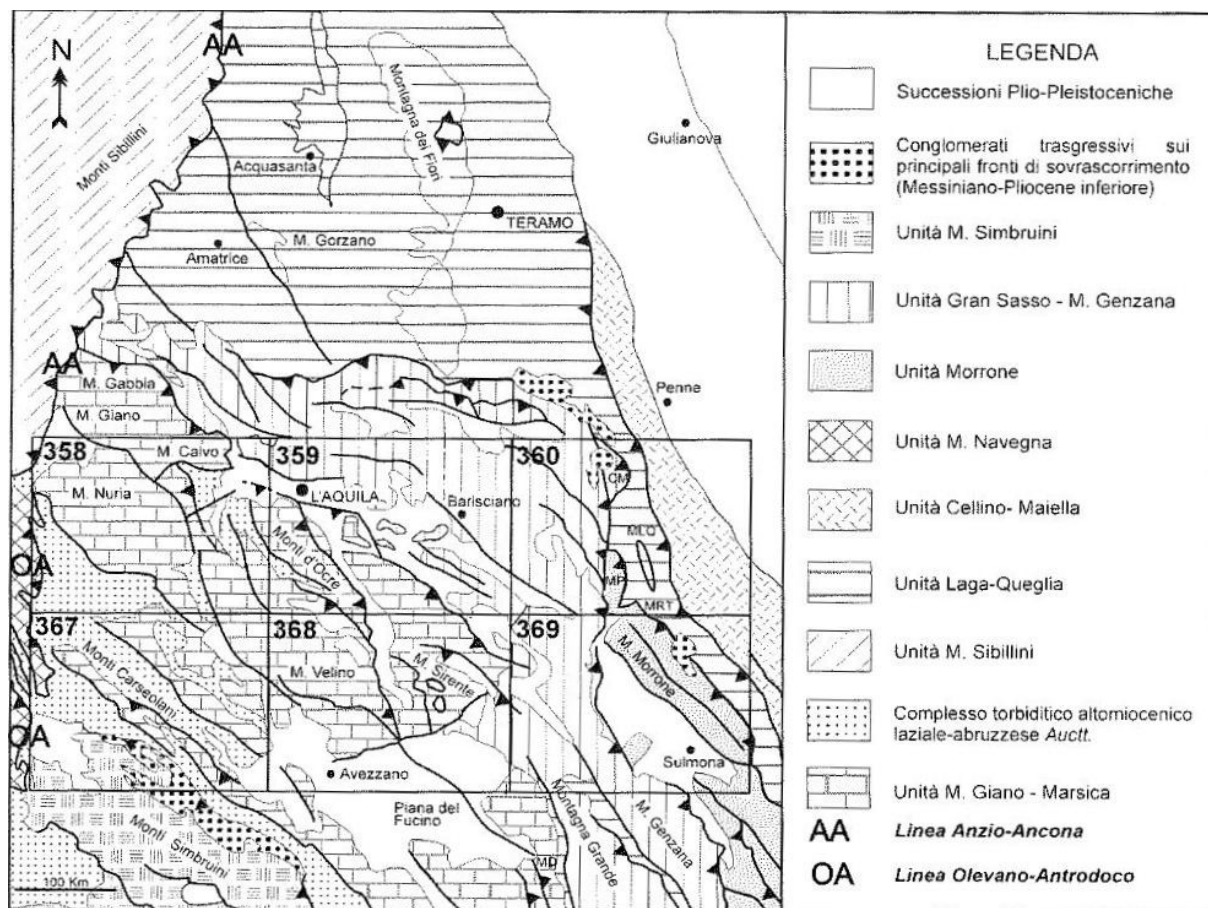


Figura 15 – Schema delle Unità Strutturali dell'Appennino Centrale (Accordi et alii, 1986)

Il territorio di Tornimparte, è collocato in un settore caratterizzato da una successione carbonatica mesozoica di laguna interna (Compagnoni et alii, 1992b), cui si sovrappongono, dopo l'estesa lacuna paleogenica, depositi di rampa da prossimale a distale del Miocene inferiore-medio. Questi ultimi poggiano a luoghi su vari termini della successione cretacea e presentano al loro interno numerose variazioni laterali di facies. La successione è chiusa dalle torbiditi silicoclastiche di avanfossa del Messiniano inferiore.

4 AFFIORAMENTI GEOLOGICI LOCALI

Sulla base del rilevamento geologico di superficie, esteso ad un ampio intorno per una più dettagliata ricostruzione della serie, si individuano in affioramento le seguenti formazioni della successione che va dall'alto verso il basso:

- A) Deposito alluvionale e fuvio-glaciale
- B) COMLESSO TORBIDITICO ALTOMIOCENITO LAZIALE-ABRUZZESE
 - Associazione arenacea
 - Associazione arenaceo-pelitica

Di seguito uno stralcio della Carta Geologica redatta.

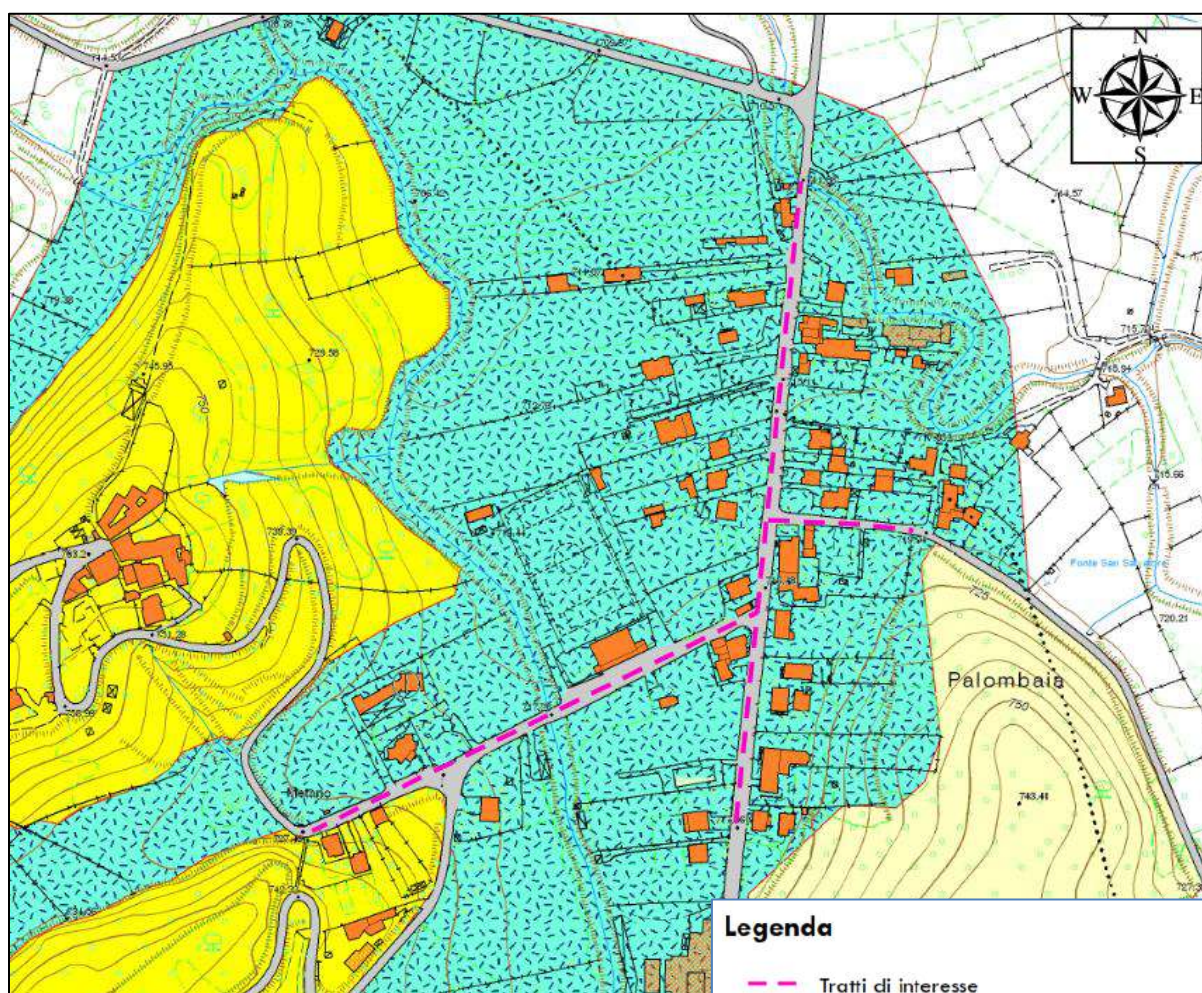


Figura 16 – Stralcio della Carta Geologica di riferimento



4.1 Descrizione litologica

A) DEPOSITO ALLUVIONALE E FUVIO-GLACIALE

Tale litotipo, che ricopre in maniera continua e con spessori variabili l'area in studio, costituisce il terreno di sedime dell'area di progetto.

Rilevati a Nord dell'area di interesse, si tratta di sedimenti clastici ed incoerenti, a granulometria prevalentemente sabbioso-ghiaiosa, con inclusi livelli a granulometria fine (limi) o grossolana (ciottoli), provenienti dall'erosione e dalla degradazione delle rocce affioranti a monte, la cui natura metamorfica è riconoscibile nei singoli elementi ghiaiosi o ciottolosi, successivamente trasportati o depositati nei tratti vallivi, dove è minore la pendenza.

In particolare, i terreni affioranti nell'area di progetto risultano costituiti da sedimenti granulari sciolti con granulometria compresa tra quella del limo e quella della sabbia fine e grossolana, con intercalati livelli ghiaiosi; l'associazione granulometrica più frequente è data dalle sabbie limose.

Si segnala che lo strato più superficiale dei sedimenti alluvionali si presenta alterato e degradato ed insieme ai residui organici concorre a formare il suolo agrario.

Le alluvioni recenti sono depositate al di fuori dell'alveo fluviale e si distinguono da quelle depositate all'interno dell'alveo, in quanto le stesse subiscono un continuo rimaneggiamento ad opera delle acque fluenti dei Torrenti.

B) COMPLESSO TORBIDITICO ALTO-MIOCENICO LAZIALE-ABRUZZESE

Questa formazione rappresenta il deposito sinorogenico del settore del *dominio laziale- abruzzese* ricadente nell'area in esame.

Essa affiora estesamente nei dintorni di Tornimparte e di Lucoli, specificatamente al presente studio, si rileva negli alti che prossimi alle aree di intervento.

Il limite inferiore dell'unità è costituito dalle *argille a Orbulina*.

Nel complesso in esame sono state distinte diverse associazioni di facies i cui rapporti spazio temporali sono estremamente variabili, poiché strettamente legati all'evoluzione della paleogeografia della avanfossa; tali associazioni sono le seguenti: *associazione arenacea; associazione arenaceo-pelitica; associazione pelitico-arenacea; associazione caotica con olistostromi.*

B.1 ASSOCIAZIONE ARENACEA

Rilevabile nell'alto ad Est delle aree di intervento, è costituita da arenarie giallastre, quarzoso-feldspatiche, a granulometria media o grossolana, in strati spessi, molto spessi o massicci, frequentemente amalgamati con sferoidi diagenetici (cogoli), generalmente privi di strutture interne, ad eccezione di rari casi con laminazioni convolute al tetto degli strati.

Le intercalazioni pelitiche sono molto rare e sottili; il rapporto sabbia/argilla è molto maggiore di uno.

Frequente è la presenza di contro impronte da corrente tipo *flute casts* o *groove casts*. Facies A1 prevalente e subordinatamente A2, C1, C2, D2. (Facies secondo Mutti & Ricci Lucchi, 1972).

B.2 ASSOCIAZIONE ARENACEO-PELITICA

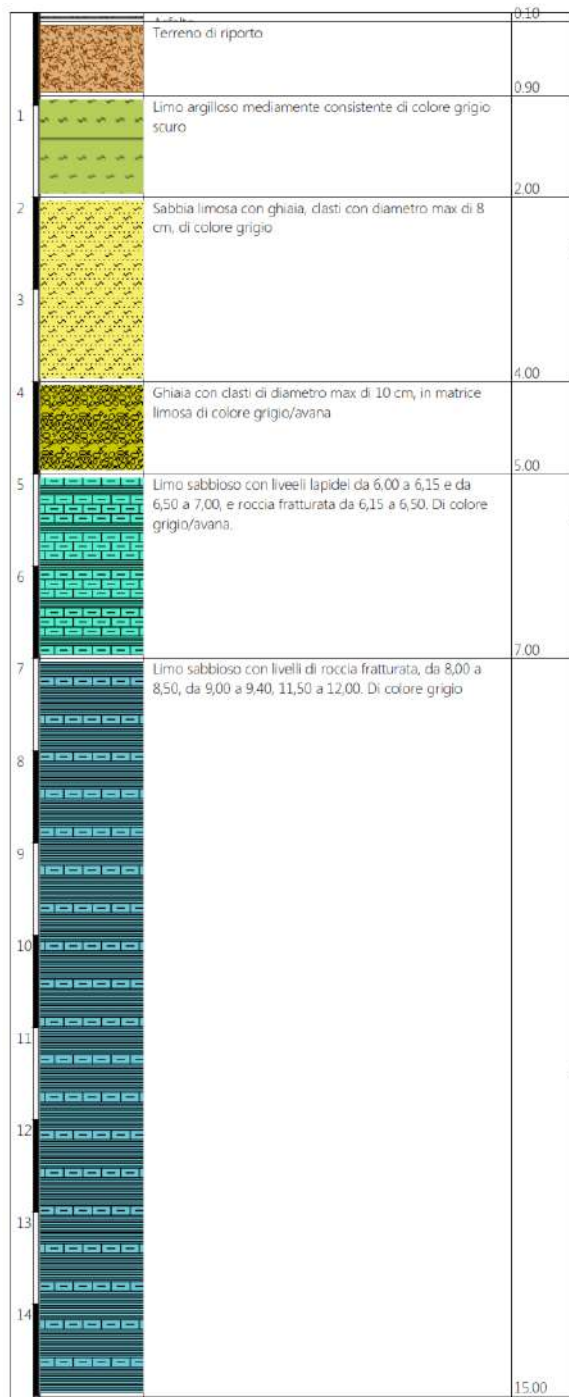
Rilevabile degli alti ad Ovest delle aree di intervento, questa associazione è costituita da alternanze di arenarie quarzoso-feldspatiche giallastre, in strati da medi a spessi, e di marne e marne silteose, in strati sottili e medi; il rapporto sabbia/argilla è uguale a uno, talora anche maggiore di uno. Le facies C1 sono prevalenti, subordinatamente A1, C2, D2. L'associazione in



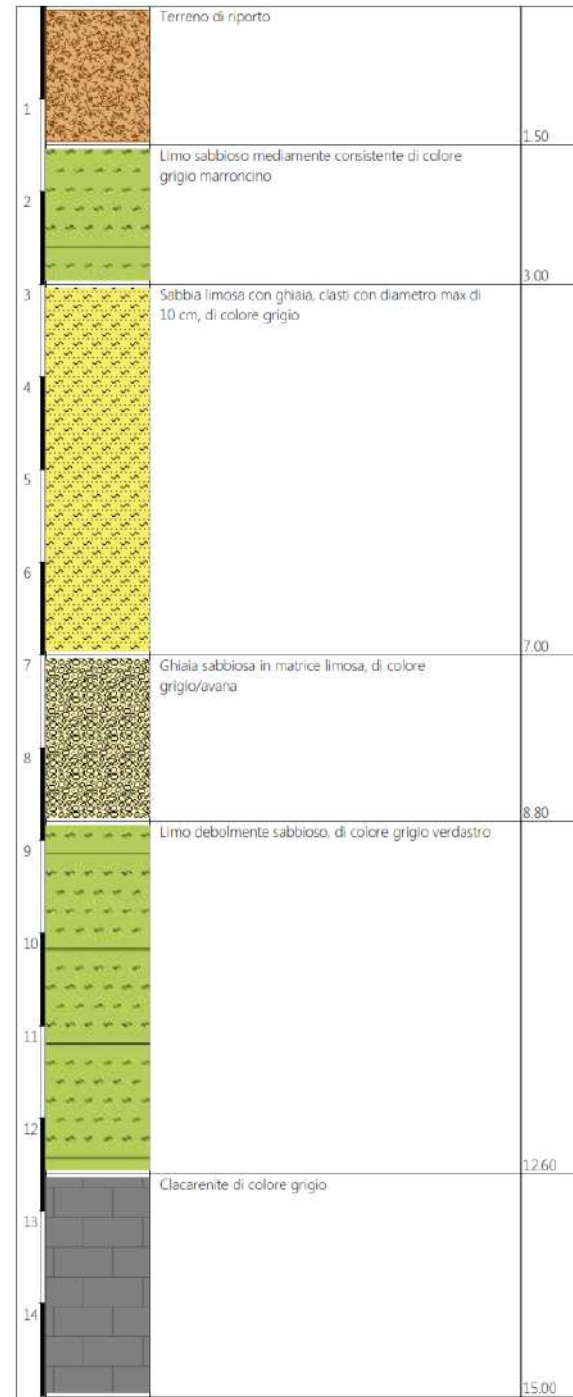
esame è in genere intercalata a più altezze stratigrafiche nell'associazione arenacea in orizzonti che a luoghi superano i 40-50 metri.

4.2 Sondaggi eseguiti

S1 – coordinate: $42^{\circ}19'31.2''N$ $13^{\circ}16'50.8''E$



S2 – coordinate: $42^{\circ}19'29.8''N$ $13^{\circ}16'52.1''E$



Su quanto detto nel paragrafo precedente, troviamo riscontro nei sondaggi S1 ed S2, di cui sopra si riporta sintesi schematica delle colonne stratigrafiche rilevate.

Durante la loro esecuzione, sono state condotte un totale di n° 6 prove SPT e n°2 prove di permeabilità del tipo Le Franc, ripartite in egual misura per sondaggio, inoltre gli stessi sono stati attrezzati a piezometro. Di quanto appena scritto si darà approfondimento nei paragrafi a seguire.

5 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

In considerazione di un'areale più esteso, l'idrografia superficiale ha nel Torrente Raio e nel suo affluente, in destra idrografica, il F.so Paligne i recettori finali delle acque gestite nell'areale di studio.

Le principali sorgenti del Torrente Raio si trovano presso Capodacqua ma altre sorgono in destra e sinistra idrografica, abbastanza prossime all'alveo, e per la maggior parte sono captate ad uso potabile. Altri canali minori o fossi interessano i fianchi dei principali rilievi circostanti l'area in esame, questi puntano verso il centro della vallecchia sottostante.

Mentre il Fosso Paligne, trova nel versante Est dell'alto La Serra i suoi punti alimentazione principali, tra cui "Sette Fonti".

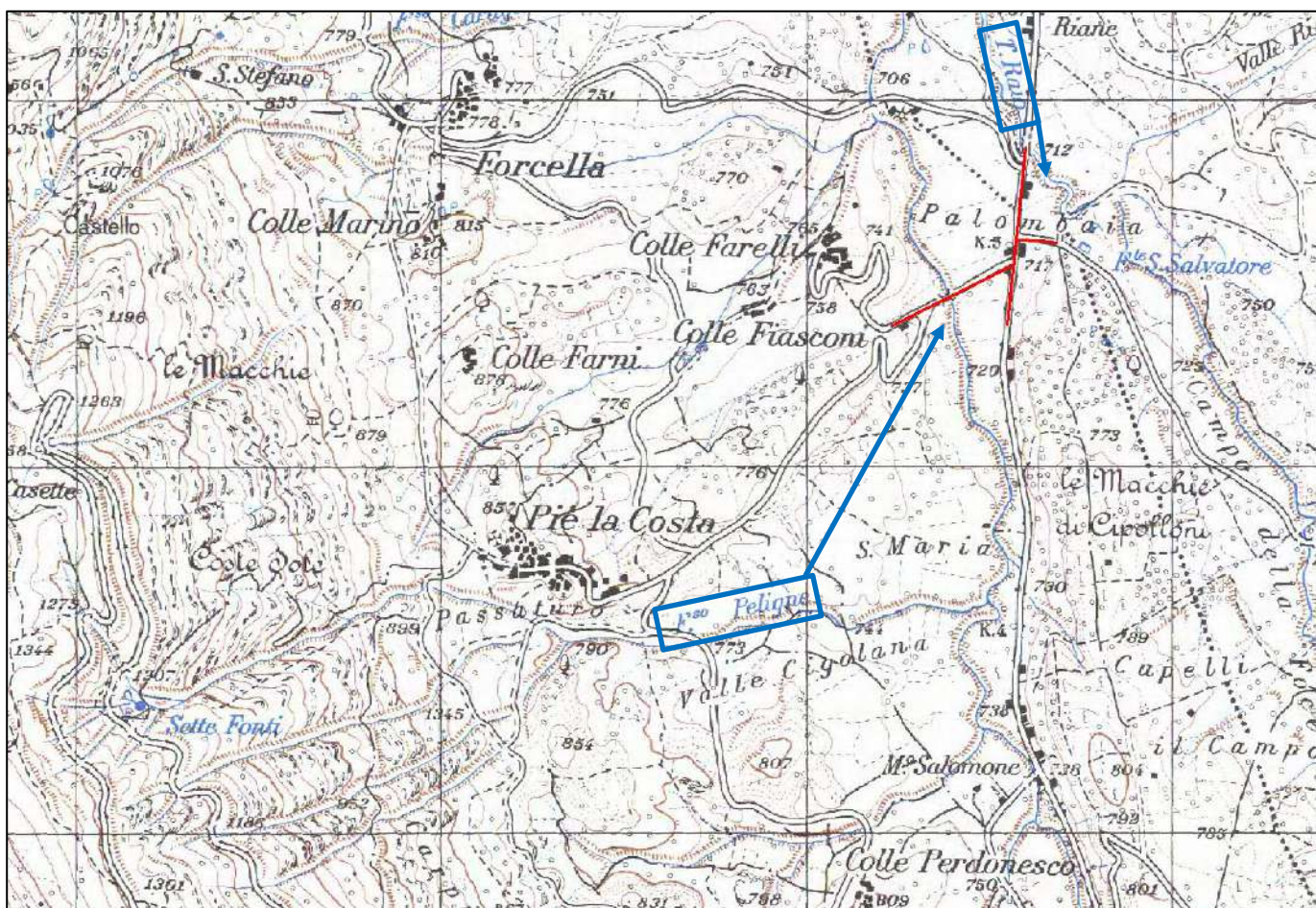


Figura 17 – Inquadramento generale – recettori idrografici finali

Specificatamente, andranno gestite le acque provenienti dai bacini minori come di seguito identificati a seguire.

Il primo, in blu, sottende la vallata sotto Piè La Costa, fino ad arrivare a confluire in sinistra idrografica nel Reticolo Idrografico del Fosso Peligne.

Il secondo, in verde, sottende il versante Nord-Est dell'alto di Palombaia che insiste sulla via l'Aquila.

Entrambi i bacini sono stati sotesi tramite ausilio di software Gis, elaborando il DTM, messo a disposizione dalla Regione Abruzzo.

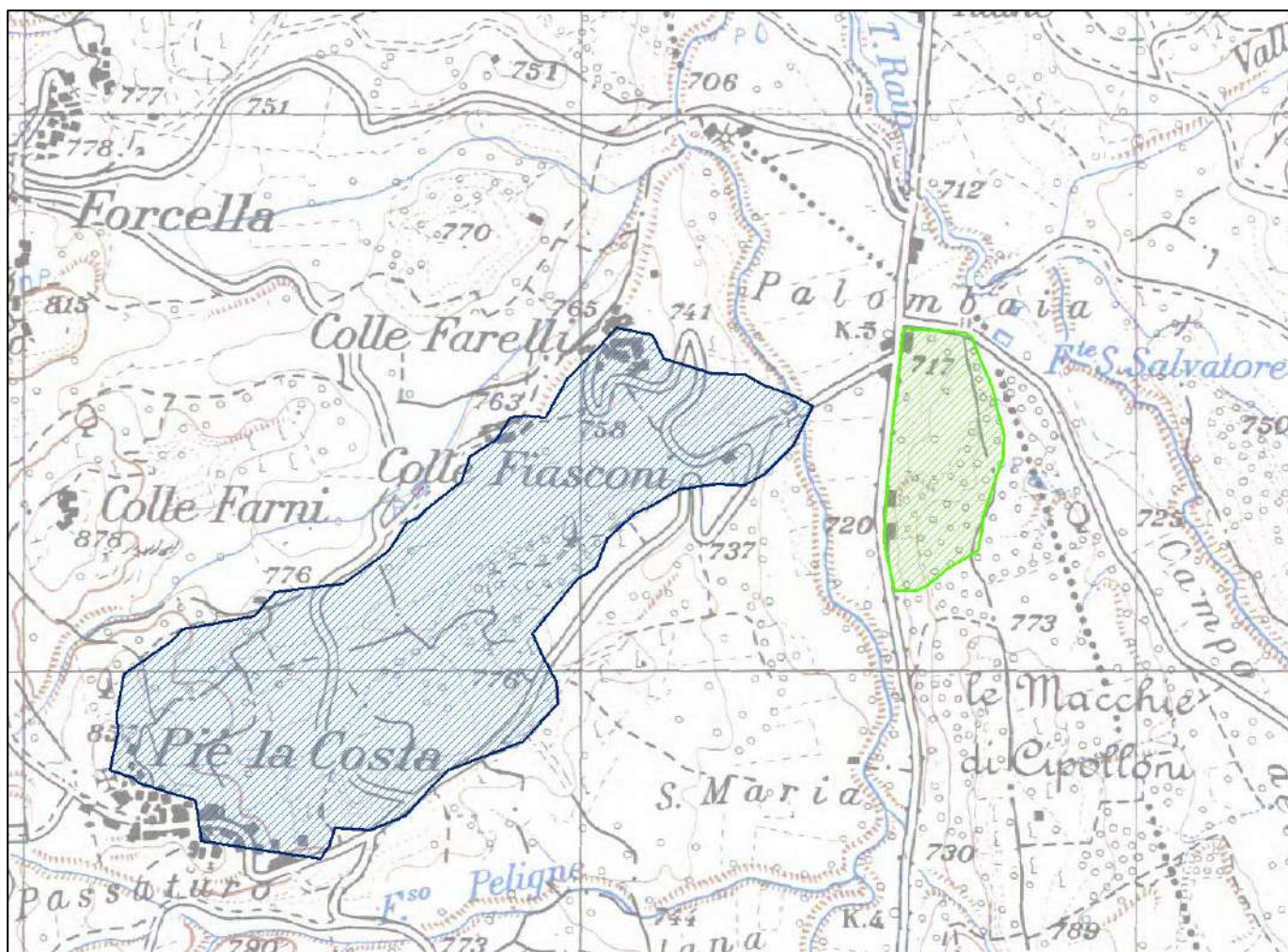


Figura 18 – bacini idrografici di interesse

Nelle dorsali montuose le rocce carbonatiche sono dotate di una permeabilità per fatturazione e carsismo in media molto elevata. Si verificano, quindi, anche per la ridotta evapotraspirazione, le condizioni per l'infiltrazione e l'immagazzinamento delle acque di pioggia e di fusione delle nevi che danno origine ad una diffusa circolazione idrica sotterranea. Le acque di precipitazione meteorica, infatti, riescono a penetrare attraverso le numerose fessure che caratterizzano le rocce calcaree in affioramento e si muovono, poi, nell'ammasso roccioso con un percorso che, pur condizionato da vari sistemi di faglie e di



fratture, risulta prevalentemente verticale lungo un reticolo carsico variamente configurato e distribuito al suo interno, fino a confluire nella falda di base dell'Unità Idrogeologica sopra indicata, posta a considerevole profondità, senza dare origine ad emergenze idriche.

Tali assetti idrogeologici fanno sì pertanto che le acque meteoriche scorrano nei solchi vallivi solo in occasione di apporti idrici particolarmente abbondanti (scioglimento delle nevi), e partecipano in particolari situazioni idrogeologiche (accumulo nelle zone di compluvio di materiali detritici o spesse coltri di alterazione dei depositi arenacei) all'alimentazione dei piccoli acquiferi sopra descritti dando origine a modeste sorgenti a regime fortemente irregolare.

Nei terreni investigati è stato intercettato un orizzonte acquifero alla profondità di 1,34 dal p.c., rilevata nel sondaggio S1 e di 1.6 m dal p.c., rilevata nel sondaggio S2.

CENNI DI IDROGEOLOGIA

La circolazione delle acque, sia subsuperficiali e profonde, è legata al grado di permeabilità di questi a lasciarsi attraversare dai fluidi.

Nel caso in esame è condizionata dai rapporti di giacitura tra i differenti contatti.

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, tessiturali, di addensamento, del tipo e grado di fratturazione e sua distribuzione spaziale, ecc., si è proceduto alla valutazione del tipo e grado di permeabilità relativa dei terreni affioranti.

Nei terreni incoerenti e granulari il deflusso idrico è condizionato essenzialmente dalla granulometria dei costituenti solidi, le cui dimensioni ed assortimento determinano il grado di permeabilità prevalente.

Nei terreni di natura lapidea, invece, si ha circolazione idrica soltanto in presenza di una certa fratturazione che permetta il passaggio dell'acqua.

Le condizioni di permeabilità di terreni affioranti nel nostro contesto possono essere così sintetizzate:

A. Terreni a permeabilità elevata per porosità:

- terreno vegetale;
- deposito alluvionale e fuvio-glaciale;
- detrito di versante.

B. Terreni a permeabilità media per fratturazione:

- Associazione arenacea alterata;
- Associazione arenaceo-pelitica alterata;

C. Terreni a permeabilità molto bassa fino ad impermeabili:

- Associazione arenacea compatta;
- Associazione arenaceo-pelitica compatta;

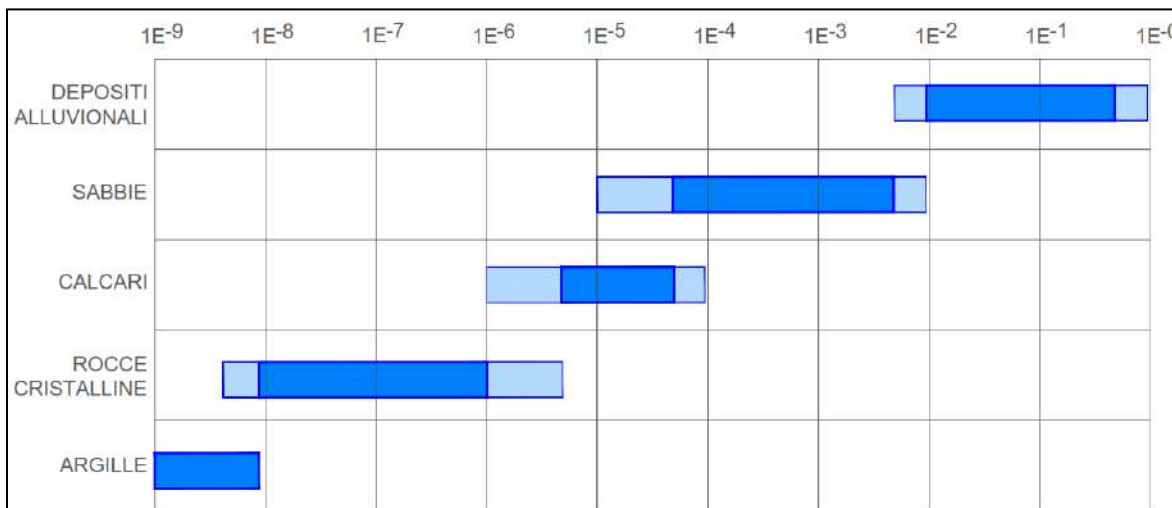


Figura 19 – Tabella dei valori del coefficiente di permeabilità (metri/secondo)

5.1 Prove di permeabilità del tipo Le Franc

Ai fini della determinazione dei valori di permeabilità della formazione denominata “deposito alluvionale e fuvio-glaciale”, sono state eseguite n.2 prove di permeabilità del tipo Le Franc, durante l’esecuzione dei sondaggi S1 ed S2.

La modalità di esecuzione per le prove a carico costante prevede la misurazione del numero di litri di acqua assorbita dal terreno in corrispondenza della scarpa nell’unità di tempo mantenendo il livello dell’acqua, in maniera costante, a bocca foro.

Per il calcolo del coefficiente di permeabilità k (m/s) si è fatto ricorso alla seguente espressione

Formula per il calcolo della permeabilità
Raccomandazioni A.G.I.

$$K = \frac{A}{F(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Dove:



K	coefficiente di permeabilità
A	area di base del foro
h_1-h_2	altezza colonna d'acqua ai tempi t_1 e t_2 rispetto al fondo
t_1-t_2	tempi corrispondenti ad h_1 e h_2
F	coefficiente di forma
valori suggeriti dalle raccomandazioni A.G.I.	
$F=L$	se $L \gg d$
$F = 2\pi d/L$	se $L < d$
L	lunghezza tratto di prova
d	diametro tratto di prova
H_0	altezza colonna d'acqua al t_0

I valori ottenuti dalle prove sono schematizzati nelle schede allegate.

Sigla	Profondità sondaggio (m dal p.c.)	Tratto di prova (m da p.c.)	Livelli litologici	K - coeff. di permeabilità (cm/s)
S1+PZ Lefranc	15,00	4,50-5,50	Ghiaia in matrice limosa	0,00479
S2+PZ Lefranc	15,00	4,00-5,00	Sabbia limosa con ghiaia	0,00121

6 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI DI SEDIME

Le caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti nell'area di studio saranno desunte sulla base dei risultati acquisiti attraverso indagini in situ.

Le indagini eseguite, meglio dettagliate nel rapporto sulle indagini, risultano come di seguito elencate:

Sondaggi eseguiti:

ID Localizzazione Sondaggio	Profondità raggiunta a carotaggio (m)	Prove in foro effettuate
S1	15	N°3 SPT
S2	15	N°3 SPT

Come sopra sintetizzato, nel corso dei sondaggi geognostici sono state effettuate delle prove penetrometriche in foro (S.P.T.), eseguite con campionatore tipo RAYMOND, provvisto di massa battente da 63,5 kg. e corredato di dispositivo di sganciamento automatico, altezza di caduta 76 cm; inoltre sono stati prelevati dei campioni, sottoposti in seguito a prove di laboratorio (*RELAZIONE INDAGINI*).

6.1 Parametrizzazione prove S.P.T. sondaggi

Nel corso delle perforazioni geognostiche S1 e S2, sono state eseguite complessivamente n. 6 prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) con i seguenti valori del numero di colpi progressivi:



N° PROVA S.P.T.	PROFONDITA' (m)	Livelli litologici	N° COLPI PER 15 CM		
S1 - S.P.T. n.1	Da 2,55 a 3,00	Sabbia limosa con ghiaia	7	10	12
S1 - S.P.T. n.2	Da 5,50 a 5,53	Limo sabbioso con livelli lapidei	Rif. 3 cm		
S2 - S.P.T. n.3	Da 11,50 a 11,55	Limo sabbioso con livelli lapidei	Rif. 5 cm		

S2 - S.P.T. n.1	Da 3,00 a 3,45	Sabbia limosa con ghiaia	2	3	5
S2 - S.P.T. n.2	Da 8,00 a 8,04	Ghiaia sabbiosa in matrice	Rif. 4 cm		
S2 - S.P.T. n.3	Da 11,00 a 11,28	Limo debolmente sabbioso	37	Rif. 13 cm	

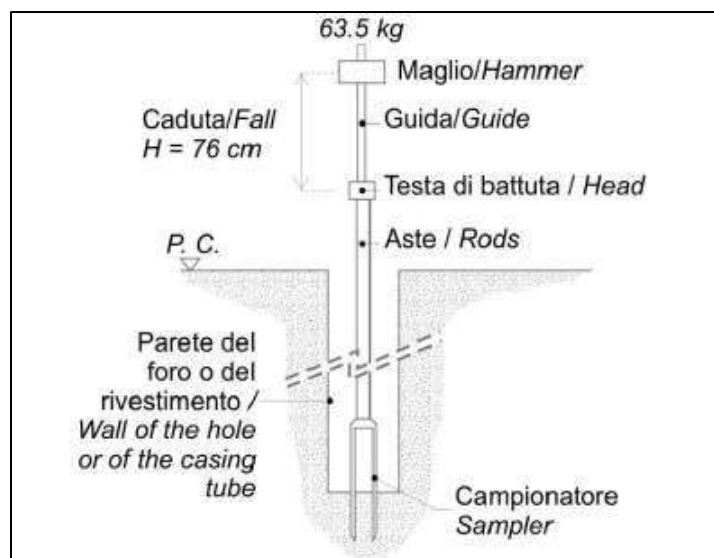


Figura 20 – Modalità di esecuzione della prova SPT

I risultati delle interpretazioni con le relative correlazioni, estratte dall'elaborato "RELAZIONE INDAGINI", sono riportati di seguito:

6.1.1 ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE SPT S1

Profondita' (m)	Nr. Colpi
2,7	7
2,85	10
3	12
5,53	RIF. 3 cm
11,55	RIF. 5 cm

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
SPT1	22	2.55-3.00	22	Meyerhof 1957	85,41
SPT2	100	5.50-5.53	100	Meyerhof 1957	100



SPT3	100	11.50-11.55	100	Meyerhof 1957	100
------	-----	-------------	-----	---------------	-----

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
SPT1	22	2.55-3.00	22	Meyerhof (1956)	26,29
SPT2	100	5.50-5.53	100	Meyerhof (1965)	35,47
SPT3	100	11.50-11.55	100	Meyerhof (1965)	35,47

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
SPT1	22	2.55-3.00	22	Schultze- Menzenbach	101,6
SPT2	100	5.50-5.53	100	Schultze- Menzenbach	452,6
SPT3	100	11.50-11.55	100	Schultze- Menzenbach	452,6

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
SPT1	22	2.55-3.00	22	Menzenbach e Malcev	136,12
SPT2	100	5.50-5.53	100	Menzenbach e Malcev	484
SPT3	100	11.50-11.55	100	Menzenbach e Malcev	484

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m ³)
SPT1	22	2.55-3.00	22	Terzaghi-Peck 1948	1,62
SPT2	100	5.50-5.53	100	Terzaghi-Peck 1948	1,95
SPT3	100	11.50-11.55	100	Terzaghi-Peck 1948	1,95

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità' Volume Saturo (t/m ³)
SPT1	22	2.55-3.00	22	Terzaghi-Peck 1948	2,01
SPT2	100	5.50-5.53	100	Terzaghi-Peck 1948	2,21
SPT3	100	11.50-11.55	100	Terzaghi-Peck 1948	2,21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
SPT1	22	2.55-3.00	22	(A.G.I.)	0,31
SPT2	100	5.50-5.53	100	(A.G.I.)	0,15
SPT3	100	11.50-11.55	100	(A.G.I.)	0,15

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
SPT1	22	2.55-3.00	22	Robertson e Campanella (1983)	826,29
SPT2	100	5.50-5.53	100	Robertson e Campanella (1983)	2084,06
SPT3	100	11.50-11.55	100	Robertson e Campanella (1983)	2084,06



6.1.2 ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE SPT S2

Profondita' (m)	Nr. Colpi
3,15	2
3,3	3
3,45	5
8,04	RIF. 4 cm
11,15	37
11,28	RIF. 13 cm

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
SPT1	8	3.00-3.45	8	Meyerhof 1957	50,93
SPT2	100	8.00-8.04	100	Meyerhof 1957	100
SPT3	100	11.00-11.28	100	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
SPT1	8	3.00-3.45	8	Meyerhof (1956)	22,29
SPT2	100	8.00-8.04	100	Meyerhof (1965)	35,47
SPT3	100	11.00-11.28	100	Meyerhof (1965)	35,47

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
SPT1	8	3.00-3.45	8	Schultze- Menzenbach	38,6
SPT2	100	8.00-8.04	100	Schultze- Menzenbach	452,6
SPT3	100	11.00-11.28	100	Schultze- Menzenbach	452,6

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
SPT1	8	3.00-3.45	8	Menzenbach e Malcev	73,68
SPT2	100	8.00-8.04	100	Menzenbach e Malcev	484
SPT3	100	11.00-11.28	100	Menzenbach e Malcev	484

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
SPT1	8	3.00-3.45	8	Terzaghi-Peck 1948	1,45
SPT2	100	8.00-8.04	100	Terzaghi-Peck 1948	1,95
SPT3	100	11.00-11.28	100	Terzaghi-Peck 1948	1,95

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
SPT1	8	3.00-3.45	8	Terzaghi-Peck 1948	1,9



SPT2	100	8.00-8.04	100	Terzaghi-Peck 1948	2,21
SPT3	100	11.00-11.28	100	Terzaghi-Peck 1948	2,21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
SPT1	22	2.55-3.00	22	(A.G.I.)	0,31
SPT2	100	5.50-5.53	100	(A.G.I.)	0,15
SPT3	100	11.50-11.55	100	(A.G.I.)	0,15

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Prova (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
SPT1	8	3.00-3.45	8	Robertson e Campanella (1983)	445,35
SPT2	100	8.00-8.04	100	Robertson e Campanella (1983)	2084,06
SPT3	100	11.00-11.28	100	Robertson e Campanella (1983)	2084,06

Per quanto concerne il calcolo, dimensionamento, verifiche strutturali, ecc..., si potrà prendere spunto da quanto sopra riportato e dalle restituzioni delle prove geotecniche presenti nell'elaborato "**RELAZIONE INDAGINI**", il tutto **a meno di ulteriori assunzioni cautelative da parte del geotecnico/progettista**, tenendo conto di quanto esposto nei precedenti capitoli circa le condizioni morfologiche, litologiche ed idrogeologiche locali.



7 CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEI TERRENI DI SEDIME

Sono state programmate ed eseguite in sito specifiche indagini geofisiche dalla scrivente RTP:

La campagna d'indagini programmate è stata sviluppata nel modo seguente:

INDAGINI GEOFISICHE
- Esecuzione di n° 4 Prove Sismiche Attive MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)
- Esecuzione di n° 2 Indagini geofisiche di sismica passiva HVSR
- Esecuzione di n° 4 Tomografie Sismiche a rifrazione con interpretazione 2D delle sezioni
- Prospezioni georadar G.P.R. .

Le indagini sopraelencate sono state eseguite con il fine di caratterizzare i terreni di interesse progettuale ed ottenere un maggiore approfondimento sismo-stratigrafico delle aree che saranno oggetto di intervento, affinando il quadro conoscitivo dell'area di progetto, orientando i progettisti verso adeguanti interventi, la loro ubicazione è stata riportata a pagina 148 dell'elaborato allegato alla presente "RELAZIONE INDAGINI".

7.1 Considerazione sulle indagini geofisiche

7.1.1 Prove sismiche attive MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

La prova MASW, permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

Applicando la geofisica attiva, tali indagini sono state utili per definire la $V_{s,30}$ - $V_{s,eq}$ di sedime e conseguentemente l'identificazione della categoria sismica dei suoli:

N° PROVA MASW	$V_{s,30}$ - $V_{s,eq}$ (m/sec)	CATEGORIA SISMICA DEI SUOLI
MASW 1	592,97	B
MASW 2	472,02	B
MASW 3	442.88	B
MASW 4	-	E



7.1.2 Prove sismiche passive per la valutazione della risposta sismica di sito HVSR

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4 h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Di seguito le curve HVSR risultate dalle acquisizioni:

HVSR1

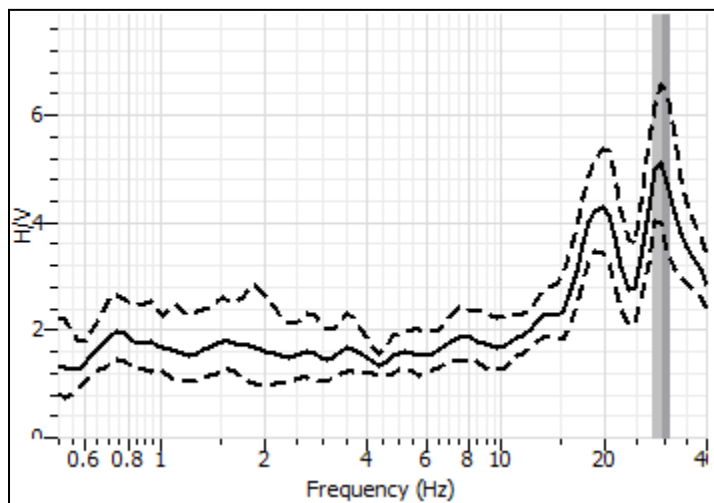


Figura 21 – Curva risultante dopo filtraggio e rimozione finestre temporali

Nella misura si riconosce un picco di risonanza a frequenza di circa 28.5 Hz .

La curva non mostra nel range di frequenza 0.5-20Hz picchi di risonanza elevati o caratteristici.

Verifiche SESAME:	Esito
Affidabilità curva	
$F_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok



$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	
Affidabilità Picco	
$\exists f^- \in (f_0/4, f_0) / A_{h/v}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in (f_0, 4f_0) / A_{h/v}(f^+) < A_0/2$	No
$A_0 > 2$	Ok
$F_{\text{picco}}(A_{h/v}(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%)$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	Ok

HVRS2

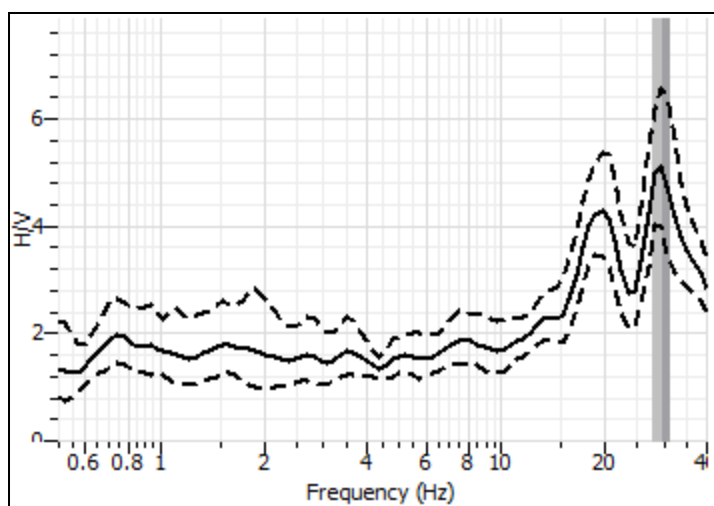


Figura 22 – Curva risultante dopo filtraggio e rimozione finestre temporali

Nella misura si riconosce un picco di risonanza a frequenza di circa 7.7 Hz .

La curva non mostra nel range di frequenza 0.5-20Hz picchi di risonanza elevati o caratteristici.

Verifiche SESAME:	Esito
Affidabilità curva	
$F_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	
Affidabilità Picco	
$\exists f^- \in (f_0/4, f_0) / A_{h/v}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in (f_0, 4f_0) / A_{h/v}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok



$F_{\text{picco}} (A_h/v(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	Ok

7.1.3 Tomografie sismiche a rifrazione con interpretazione 2D delle sezioni

La tomografia sismica, per raggi diretti e rifratti, è una tecnica d'indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un potere risolutivo nettamente superiore ad altri metodi, offrendo la possibilità della ricostruzione, con elevato grado di qualità, di anomalie stratigrafiche, anche particolarmente complesse e non risolvibili con differenti tecniche d'indagine.

In tal senso, le indagini di sismica a rifrazione non danno direttamente ragione della natura dei litotipi in sezione, quanto del loro comportamento elastico individuato, in questo caso, in termini di velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P).

Quindi, litotipi di varia natura e consistenza che sono caratterizzati dalla medesima velocità di propagazione delle onde P vengono assimilati al medesimo sismostrato.

Qualsiasi implicazione sulla natura geologica è confrontabile con le indagini dirette di taratura.

Dalle sezioni tomografiche elaborate, a cui si rimanda per una specifica acquisizione dei dati (*RELAZIONE INDAGINI*), è possibile dedurre, una successione sismo-stratigrafica con le seguenti velocità attribuite ad ogni sismo-strato riscontrato:

RF1

Dalla superficie sino a circa 6.00 m di profondità (parte centrale dello stendimento) decrescenti verso valle (geof. 1) e verso monte (geof. 24), l'unità è caratterizzata da un sismostrato con V_p comprese tra 300 e 800 m/s è rappresenta una copertura di depositi alluvionali (ghiaie, sabbie e limi argillosi), man mano più addensati in profondità.

I sismostrati sottostanti, riferibili a substrato, appaiono piuttosto regolari sia lateralmente che verticalmente raggiungendo verso la base dello strato $V_p \approx 2000$ m/sec.

RF2

Dalla superficie sino a circa 6.00 m di profondità decrescenti verso monte (Geof. 24), l'unità è caratterizzata da un sismostrato con V_p comprese tra 200 e 600 m/s è rappresenta una copertura di depositi alluvionali (ghiaie, sabbie e limi argillosi), man mano più addensati in profondità.

I sismostrati sottostanti, riferibili a substrato, appaiono piuttosto regolari sia lateralmente che verticalmente raggiungendo verso la base dello strato $V_p > 2000$ m/sec.



RF3

Dalla superficie sino a circa 4.00 m di profondità decrescenti verso monte (Geof. 24), l'unità è caratterizzata da un sismostrato con Vp comprese tra 350 e 650 m/s è rappresenta una copertura di depositi alluvionali (ghiaie, sabbie e limi argillosi), man mano più addensati in profondità.

RF4

Dalla superficie sino alla profondità massima di circa 3.00 m di profondità che si assottiglia nella parte centrale tra i geofoni 12 e 17, l'unità è caratterizzata da un sismostrato con Vp comprese tra 400 e 1000 m/s è rappresenta una copertura di depositi detritici e substrato alterato.

I sismostrati sottostanti, riferibili a substrato compatto, appaiono anch'essi irregolari sia lateralmente sia verticalmente con velocità comprese tra 1000 e 4000.

7.1.4 Prospezioni georadar G.P.R.

Lo scopo dell'indagine strumentale eseguita è stato quello di rilevare l'andamento dei sottoservizi presenti, in particolare l'andamento e l'eventuale presenza di un canale in cemento di acque bianche con le sue relative diramazioni ed eventuali immissioni.

Per tale ragione è stata condotta un'indagine georadar estensiva con copertura integrale della superficie investigabile secondo una griglia regolare di profili equispaziati ed ortogonali tra loro.

La committenza ha fornito la planimetria dell'area da indagare sulla quale sono stati eseguiti sopralluoghi al fine di valutare e determinare il metodo migliore con il quale svolgere l'indagine.

Le indagini georadar sono state eseguite secondo la Norma Tecnica "Impiego del radar per introspezione del suolo per prospezioni preliminari ad opere di pose" – Ediz. Giugno 1997 prodotta da DRE/IR – ICM.

L'indagine georadar eseguita nell'area, finalizzata alla ricerca di anomalie eventualmente determinate dalla presenza di sottoservizi e in particolare dalla presenza del canale in cemento di acque bianche, ha evidenziato diverse anomalie compatibili con i targets dell'indagine.

La realizzazione di un'accurata indagine lungo tutto il percorso ha consentito una localizzazione in pianta delle maggiori anomalie riscontrate, compresa quella riconducibile alla presenza del canale.

Per maggiori dettagli si rimanda all'allegato 1A - Planimetrie tecniche di dettaglio, facenti parte integrante dell'elaborato "RELAZIONE INDAGINI".

8 VINCOLO IDROGEOLOGICO R.D.30_1923

Con l'ausilio di software Gis, dall'elaborazione del metadato in riferimento al Vincolo Idrogeologico R.D.30 del 1923 messo a disposizione su Geoportale della Regione Abruzzo, è stata redatta la carta di predetto vincolo.

Dalla lettura della carta, di cui si riporta uno stralcio a seguire, l'areale di nostro interesse, non risulta essere coinvolto dal vincolo idrogeologico.

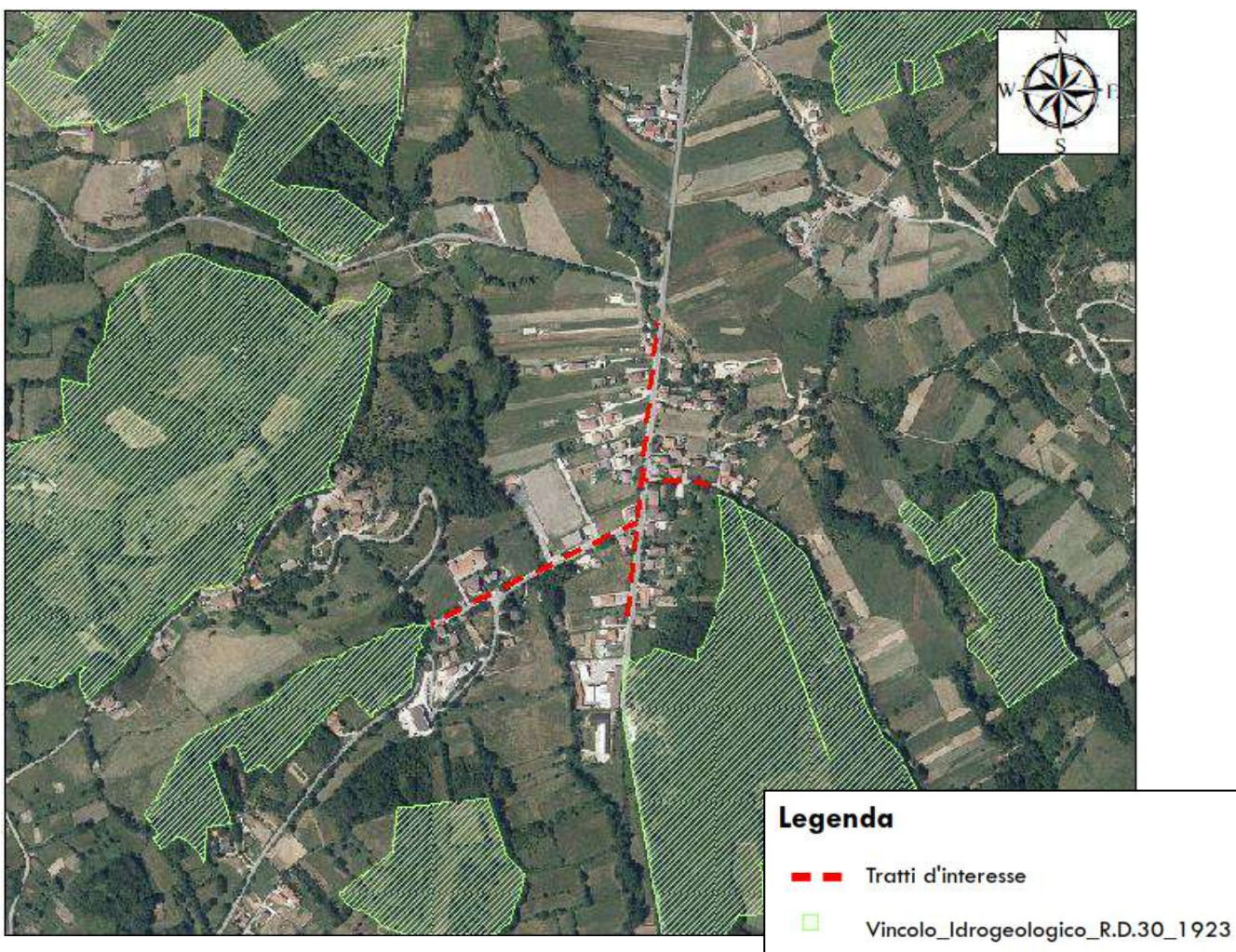


Figura 23 – Stralcio Carta del Vincolo Idrogeologico R.D.30_1923



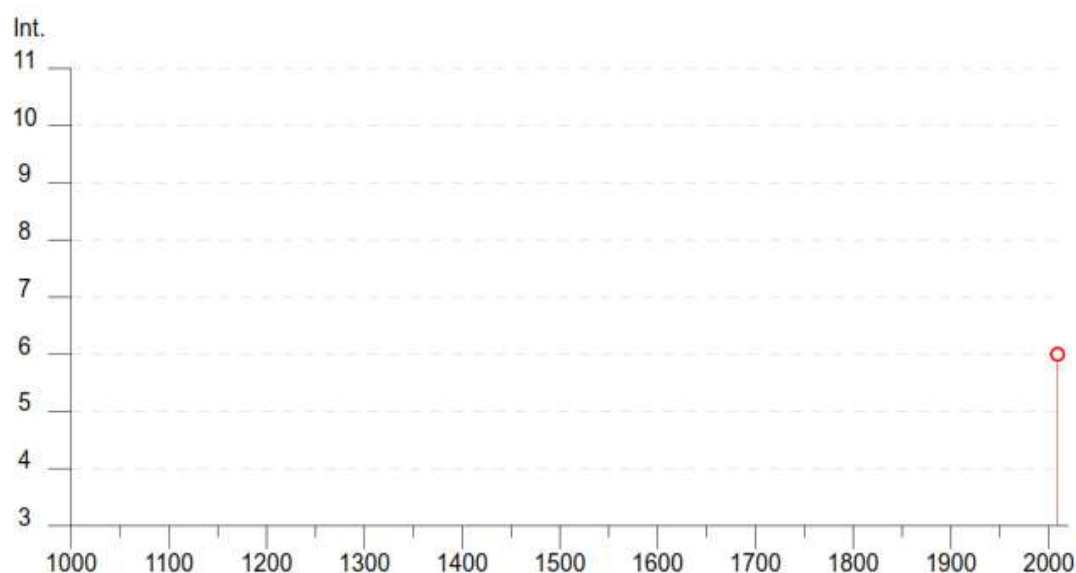
9 SISMICITA' DELL'AREA - RISCHIO SISMICO

Allo scopo di disporre di idonei elementi di valutazione del livello di sismicità che caratterizza il territorio in esame, è stata eseguita un'analisi rivolta ad accertare gli eventi macrosismici registrati in passato.

Nelle tabelle a seguire è riportata la storia sismica di località Palombaia del Comune di Tornimparte (AQ), tratta dal Database Macrosismico Italiano DBMI15 (anno 2016) a cura di Locali ed alii <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>, "database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Territori Italiani CPTI15".

Palombaia

PlaceID IT_56424
Coordinate (lat, lon) 42.324, 13.282
Comune (ISTAT 2015) Tornimparte
Provincia L'Aquila
Regione Abruzzo
Numero di eventi riportati 1



Effetti										In occasione del terremoto del		
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			NMDP	Io	Mw
6	2009	04	06	01	32	4	Aquilano			316	9-10	6.29

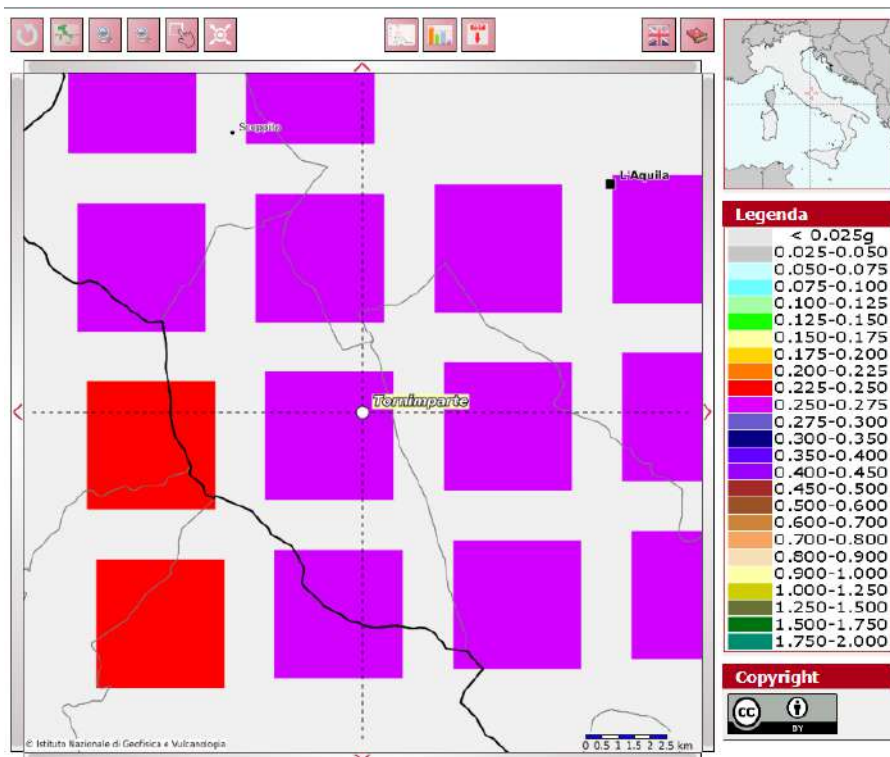
La località di interesse, nel 2009, così come si evince dalla tabella nell'immagine precedente, è stato interessato dall'evento di intensità 6 registrato come "Aquilano".

L'area che comprende la zona colpita dalla sequenza sismica del 2009 è stata sede di numerosi terremoti distruttivi di cui si ha riscontro a partire dal 1300. In particolare, in aggiunta alla sequenza del 1703 (14 gennaio, Norcia; 2 febbraio, Aquilano) e al grande terremoto della Marsica (1915), si ricordano:

- alcuni terremoti che hanno colpito l'area aquilana, distruttivi (1315, 1461 e 1762) o comunque abbastanza forti (1958);
- l'evento del 1639, che ha danneggiato la conca di Amatrice;
- gli eventi del 1950 e 1951 nell'area a Nord del Gran Sasso;
- gli eventi del 1706 e 1933 nell'area della Maiella.

Con riferimento alle caratteristiche sismotettoniche dell'area, essa è stata inclusa nell'elenco delle località sismiche di prima categoria che, con la nuova classificazione sismica si conferma "Zona 1".

9.1 Pericolosità sismica locale



La pericolosità sismica locale si può esprimere in termini di **ag**. A questo fine l'INGV dà le indicazioni base di calcolo definendo una griglia nazionale con accelerazione a_g al bedrock di categoria "A". Per i siti che ricadono al suo interno si procede per interpolazione dei dati.

Sopra si riporta la maglia di riferimento da cui si deduce un valore medio di a_g .

Dal valore di riferimento si calcolerà il valore di a_{gmax} al sito secondo i riferimenti normativi del D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i., dove si terrà conto della **categoria topografica** e **categoria di sottosuolo**.

Allegato C

In vigore dal 1 agosto 2024
(BURAT Ord. N. 30 del 31.07.2024)



REGIONE ABRUZZO - GIUNTA REGIONALE
AGENZIA REGIONALE DI PROTEZIONE CIVILE
SERVIZIO PREVENZIONE DEI RISCHI DI PROTEZIONE CIVILE
Ufficio Rischio Sismico



Classificazione sismica secondo gli intervalli di a_g della O.P.C.M. 3519/2006 senza declassificazione

(griglia 0,05° - 50° Percent)

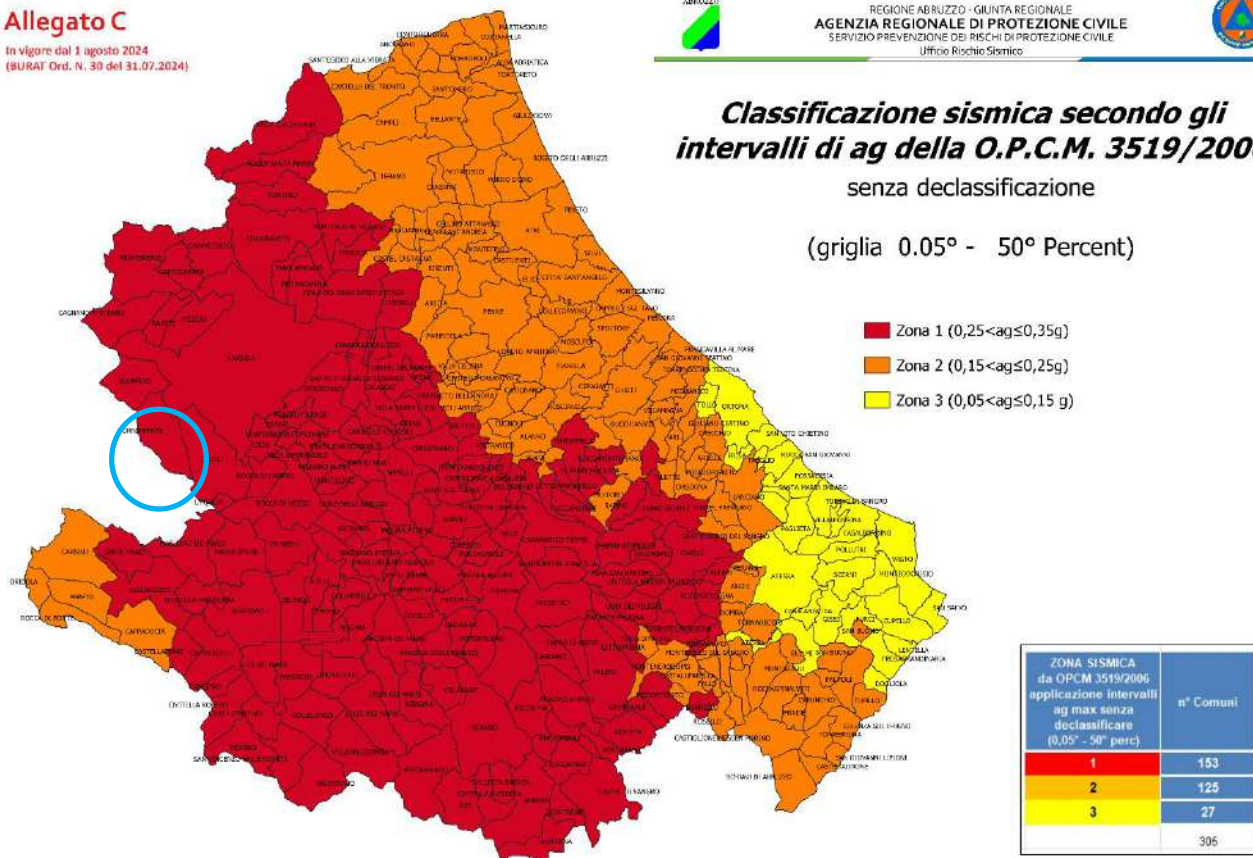


Figura 24 – Classificazione sismica secondo gli intervalli di a_g della P.P.C.M. 3519/2006

Con Deliberazione n. 425 del 15 luglio 2024, la Giunta Regionale ha preso atto e adottato la nuova classificazione sismica della Regione Abruzzo, elaborata dal Servizio Prevenzione dei rischi di protezione civile dell'Agenzia regionale di PC e approvata con Decreto del Presidente della Giunta regionale n. 4 dello scorso 5 luglio.

Nel Decreto del Presidente della Giunta regionale n. 4 dello scorso 5 luglio - **Allegato B Elenco dei Comuni della regione Abruzzo, il Comune di Tornimparte (AQ) risulta classificato in Zona 1 ($0,25 < a_g \leq 0,35g$)**.



ISTAT	Prov	Comune	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1998)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	OPCM 3274/2003	OPCM 3519/2006		Variazioni rispetto alla DGR 438/05 (1)
					ZONA SISMICA DGR 438/2005 vigente	INTERVALLI ag MAX (0,05° - 50° perc) https://esse1-gis.mi.lngv.it/	NUOVA ZONA SISMICA (0,05° - 50° perc)	
13066069	AQ	Pescina	I	I	1	0,250-0,275	1	=
13066070	AQ	Pescocostanzo	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066071	AQ	Pettorano sul Gizio	I	II	1	0,250-0,275	1	=
13066072	AQ	Pizzoli	II	I	1	0,250-0,275	1	=
13066073	AQ	Poggio Picenze	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066074	AQ	Prata d'Ansidonia	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066075	AQ	Pratola Peligna	I	II	1	0,250-0,275	1	=
13066076	AQ	Prezza	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066077	AQ	Raiano	I	II	1	0,250-0,275	1	=
13066078	AQ	Rivisondoli	I	II	1	0,250-0,275	1	=
13066079	AQ	Roccacasale	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066080	AQ	Rocca di Botte	II	II	2	0,150-0,175	2	=
13066081	AQ	Rocca di Cambio	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066082	AQ	Rocca di Mezzo	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066083	AQ	Rocca Pia	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066084	AQ	Roccaraso	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066085	AQ	San Benedetto dei Marsi	I	I	1	0,250-0,275	1	=
13066086	AQ	San Benedetto in Perillis	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066087	AQ	San Demetrio ne' Vestini	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066088	AQ	San Pio delle Camere	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066089	AQ	Sante Marie	I	II	1	0,200-0,225	1	ND
13066090	AQ	Sant'Eusanio Forconese	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066091	AQ	Santo Stefano di Sessanio	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066092	AQ	San Vincenzo Valle Roveto	I	I	1	0,225-0,250	1	ND
13066093	AQ	Scanno	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066094	AQ	Scontrone	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066095	AQ	Scoppito	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066096	AQ	Scurcola Marsicana	I	I	1	0,225-0,250	1	ND
13066097	AQ	Secinaro	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066098	AQ	Sulmona	I	II	1	0,250-0,275	1	=
13066099	AQ	Tagliacozzo	II	II	2	0,200-0,225	1	+0,025
13066100	AQ	Tione degli Abruzzi	II	II	2	0,250-0,275	1	+1
13066101	AQ	Tornimparte	II	I	1	0,250-0,275	1	=

Figura 25 - ALL B_Elenco comuni - DECRETO N. 4/2024



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla scorta delle tematiche sopra esposte si riportano le considerazioni che seguono:

- Specificatamente, l'area di progetto, sviluppandosi longitudinalmente lungo via l'Aquila, Via San Tommaso e Via San Salvatore, presenta diverse quote altimetriche che, di seguito, verranno inquadrare per tratti.
 - Il tratto parallelo alla via L'Aquila risulta ricompreso tra 720 metri s.l.m. e 715 metri s.l.m.;
 - Il tratto parallelo alla via San Tommaso risulta ricompreso tra 728 metri s.l.m. e 716 metri s.l.m.;
 - Il tratto parallelo alla via San Salvatore risulta ricompreso tra 720 metri s.l.m. e 716 metri s.l.m.;

In riferimento alla categoria topografica, essendo il sito con pendii con inclinazione media $\leq 15^\circ$, si adotterà una categoria topografica T1.

Nel complesso, detto versante presenta un'acclività minore rispetto ai versanti che definiscono i margini degli alti morfologici caratterizzanti la vallata che sottende l'areale di nostro interesse. Pertanto, a differenza di quanto avviene nei pendii circostanti, l'erosione oggi non determina effetti di modellamento particolarmente evidenti.

- Lo stato di fatto e le condizioni di precarietà dell'attuale gestione delle acque meteoriche, compromettono l'intero agglomerato urbano presente, tutta la rete dei servizi e sottoservizi, oltre le infrastrutture viarie.

Per tali motivi l'intervento progettuale dovrà prevedere un nuovo e ponderato riordinamento di carattere idraulico, attraverso la raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e relativo allontanamento dai luoghi con idonee opere di captazione e gestione, garantendo così la messa in sicurezza dell'areale coinvolto da un potenziale rischio idraulico.

- In considerazione di un'areale più esteso, l'idrografia superficiale ha nel Torrente Raio e nel suo affluente, in destra idrografica, il F.so Paligne i recettori finali delle acque gestite nell'areale di studio.

Specificatamente, andranno gestite le acque provenienti da locali bacini minori.

Il primo, ad Ovest dei tratti di interesse, sottende la vallata sotto Piè La Costa, fino ad arrivare a confluire in sinistra idrografica nel Reticolo Idrografico del Fosso Peligne.

Il secondo, ad Est dei tratti di interesse, sottende il versante Nord-Est dell'alto di Palombaia che insiste sulla via l'Aquila.

- Dal punto di vista idrogeologico, specialmente nei periodi invernali maggiormente piovosi, sono apprezzabili circolazioni idriche sub superficiali, risulta opportuno porre attenzione su tale fenomeno, in quanto, la persistente presenza d'acqua nei terreni a granulometria fine, potrebbe



determinare un decadimento delle proprietà geomeccaniche con conseguenti plasticizzazioni, quindi cedimenti differenziali e lesioni.

Specificatamente nei terreni investigati è stato intercettato un orizzonte acquifero alla profondità di 1,34 dal p.c., rilevata nel sondaggio S1 e di 1.6 m dal p.c., rilevata nel sondaggio S2.

- Sulla base del rilevamento geologico di superficie, esteso ad un ampio intorno per una più dettagliata ricostruzione della serie, si individuano in affioramento le seguenti formazioni della successione che va dall'alto verso il basso:
 - Deposito alluvionale e fuvio-glaciale, (che ricopre in maniera continua e con spessori variabili l'area in studio, costituisce il terreno di sedime dell'area di progetto);
 - COMLESSO TORBIDITICO ALTOMIOCENITO LAZIALE-ABRUZZESE
 - Associazione arenacea
 - Associazione arenaceo-pelitica
- Applicando la geofisica attiva, tali indagini sono state utili per definire la $V_{s,30} - V_{s,eq}$ di sedime e conseguentemente l'identificazione della categoria sismica dei suoli:

N° PROVA MASW	$V_{s,30} - V_{s,eq}$ (m/sec)	CATEGORIA SISMICA DEI SUOLI
MASW 1	592,97	B
MASW 2	472,02	B
MASW 3	442.88	B
MASW 4	-	E

Per quanto sopra, si considererà la categoria sismica del suolo prevalente, 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;

- Dalle sezioni tomografiche elaborate è possibile dedurre, una successione sismo-stratigrafica con le seguenti velocità attribuite ad ogni sismo-strato riscontrato (vedi RELAZIONE INDAGINI).
In sintesi, negli stendimenti RF1-RF2-RF3 viene rappresentata una copertura di depositi alluvionali (ghiaie, sabbie e limi argillosi), man mano più addensati in profondità.
Nello stendimento RF4 è rappresentata una copertura di depositi detritici e substrato alterato.
- Nel Decreto del Presidente della Giunta regionale n. 4 dello scorso 5 luglio - Allegato B Elenco dei Comuni della regione Abruzzo, il Comune di Tornimparte (AQ) risulta classificato in Zona 1 ($0,25 < a_g \leq 0,35g$);
- L'areale di nostro interesse, lo stesso non risulta coinvolto da fenomeni di instabilità censiti nel PAI, piuttosto da una conoide alluvionale censita come non attiva, come da *Stralcio Carta Geomorfologica - Regione Abruzzo*;
- Il sito risulta non essere sottoposta al Vincolo Idrogeologico R.D.30_1923;



- Per quanto concerne il calcolo, dimensionamento, verifiche strutturali, ecc..., si potrà prendere spunto da quanto riportato nel capitolo 5 e dalle restituzioni delle prove geotecniche presenti nell'elaborato "RELAZIONE INDAGINI", il tutto a meno di ulteriori assunzioni cautelative da parte del geotecnico/progettista, tenendo conto di quanto esposto nei precedenti capitoli circa le condizioni morfologiche, litologiche ed idrogeologiche locali;
- Sebbene la presente relazione è da intendersi come esecutiva, come richiesto dal D.M. 11/03/1988, l'idoneità dell'ipotesi di progetto dovrà essere controllata nella fase costruttiva ed in particolare a sbancamenti aperti o, in caso di fondazioni indirette, nella fase di esecuzione, considerando, oltre ai dati indicati nella presente relazione, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori, tenendo costantemente informato il geologo e adattando, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate.

Per le ulteriori verifiche, per una valutazione delle capacità portanti del terreno e quindi delle relative interazioni terreno-fondazione, si rimandano agli elaborati di calcolo.

Terme Vigliatore, lì 16/04/2025

