

**S.S. 260 "Picente"**  
**Lavori di adeguamento e potenziamento della tratta stradale laziale.**  
**2 Lotto - dal km 43+800 al km 41+150**

**PROGETTO DEFINITIVO**

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>PROGETTAZIONE STRADALE</b><br/><i>Dott. Ingegneri Camillo Andreocci Ord. Prov. di Latina n.A1473</i></p> <p><b>PROGETTAZIONE STRUTTURE</b><br/><i>Dott. Ingegneri Ilaria Lardani Ord. Prov. di Roma n.A37398</i></p> <p><b>PROGETTAZIONE GEOTECNICA</b><br/><i>Dott. Geol. Massimo Pietrantonì Ord. Lazio n.A738</i></p> <p><b>PROGETTAZIONE IMPIANTI</b><br/><i>Dott. Ingegneri Salvatore Giua Ord. della Prov. di Roma n.15959</i></p> <p><b>RESPONSABILE STUDIO AMBIENTALE</b><br/><i>Dott. Geol. P. Mauri Ord. Geologi Lombardia n.666</i><br/><i>Dott. Ing. R. Abate D. Regione Lombardia 2641/14 T</i><br/><i>Dott. Arch. Laura Tasca Ord. Arch. Paesaggisti Prov. di Bg n. 2410</i><br/><i>Dott. Biol. A. Di Peso Ord. Prov. di Milano n.089989</i><br/><i>Dott. Arch. J. Zaccagna Ord. Prov. di Livorno n.776</i></p> <p><b>IL GEOLOGO</b><br/><i>Dott. Geol. Massimo Pietrantonì Ord. Lazio n.A738</i></p> <p><b>ARCHEOLOGIA</b><br/><i>Dott. Grazia Savino 1ª Fascia D.M. 244 2019 n.3856</i></p> <p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b><br/><i>Dott. Ingegneri Camillo Andreocci Ord. Prov. di Latina n.A1473</i></p> | <p>IMPRESA ESECUTRICE: TOTO S.P.A. COSTRUZIONI GENERALI</p>  <p><b>DIRETTORE TECNICO</b><br/><i>Dott. Ing. Camillo Colalongo</i></p> <p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE<br/>CAPOGRUPPO MANDATARIA</p>  <p><b>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b><br/><i>Dott. Ing. Camillo Andreocci</i><br/><i>Ord. della Prov. di Latina n.A1473</i></p> <p>MANDANTI</p>  <p><b>ARCHEOLOGIA</b><br/><i>Dott. Grazia Savino</i><br/><i>1ª Fascia D.M. 244 2019 n.3856</i></p>  |  |
| <p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</b><br/><i>Dott. Ing. Antonio Aurelj</i></p>  | <p align="center">PROGETTISTA</p>  | <p align="center">VISTO PER APPROVAZIONE DEL RUP</p> |

**STUDI E INDAGINI  
GEOLOGIA**

**RELAZIONE DI COMPATIBILITA' GEOLOGICO-AMBIENTALE**

| CODICE PROGETTO |                 | CODICE ELAB.                               |      | REVISIONE        | SCALA      |                |
|-----------------|-----------------|--|------|------------------|------------|----------------|
| PROGETTO        | LIV. PROG. ANNO |  |      |                  |            |                |
| -               |                 | T00  | GE01 | GETRE02          | A          | -              |
| A               | GENNAIO 2024    | A SEGUITO ISTRUTTORIA MASE, PROT. N. 57497 |      | G. DIXIT DOMINUS | B. PICCINI | M. PIETRANTONI |
| REV.            | DATA            | DESCRIZIONE                                |      | REDATTO          | VERIFICATO | APPROVATO      |

## INDICE

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE</b> .....                               | <b>5</b>  |
| 2.1      | Inquadramento geografico .....  | 5         |
| 2.2      | Inquadramento geologico e geologico-strutturale.....                        | 5         |
| 2.3      | Inquadramento geomorfologico .....  | 8         |
| 2.4      | Inquadramento Idrogeologico .....   | 10        |
|          | 2.4.1 Pericolosità idrogeologica.....                                       | 11        |
| 2.5      | Inquadramento Sismico.....  | 13        |
|          | 2.5.1 Sorgenti sismogenetiche.....  | 13        |
|          | 2.5.2 Faglie capaci .....   | 14        |
|          | 2.5.3 Sismicità storica e strumentale .....                                 | 14        |
|          | 2.5.4 Classificazione sismica secondo normativa nazionale .....             | 15        |
| <b>3</b> | <b>INDAGINI GEOGNOSTICHE</b> .....  | <b>17</b> |
| 3.1      | Indagini pregresse .....  | 17        |
| 3.2      | Indagini integrative .....  | 22        |
| <b>4</b> | <b>INTERFERENZE ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ CON IL TRACCIATO</b> ..... | <b>23</b> |
| 4.1      | Studio delle diverse cartografie di riferimento .....                       | 23        |
| <b>5</b> | <b>ANALISI GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA DELLE AREE PERIMETRATE</b> .....        | <b>27</b> |
| 5.1      | Area in frana codice PAI - 2258 .....                                       | 28        |
|          | 5.1.1 Condizioni di tracciato .....   | 28        |
|          | 5.1.2 Condizioni geologiche.....  | 28        |
|          | 5.1.3 Condizioni geomorfologiche.....                                       | 28        |
|          | 5.1.4 Condizioni idrogeologiche.....  | 29        |
|          | 5.1.5 Criticità progettuali e soluzioni adottate .....                      | 29        |
| 5.2      | Area in frana codice PAI - 2204 .....                                       | 29        |
|          | 5.2.1 Condizioni di tracciato .....   | 29        |
|          | 5.2.2 Condizioni geologiche.....  | 29        |
|          | 5.2.3 Condizioni geomorfologiche.....                                       | 29        |
|          | 5.2.4 Condizioni idrogeologiche.....  | 33        |
|          | 5.2.5 Criticità progettuali e soluzioni adottate .....                      | 33        |
| <b>6</b> | <b>VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FAGLIAZIONE SUPERFICIALE</b> .....     | <b>34</b> |
| <b>7</b> | <b>VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA</b> .....       | <b>36</b> |

## INDICE DELLE TABELLE E DELLE FIGURE

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Immagine satellitare raffigurante l’area di studio; in bianco il tracciato di progetto. ....  | 5  |
| Figura 2: Schema geologico e geologico strutturale dell’area di studio (Vignaroli et al., 2019).....  | 6  |
| Figura 3: Stralcio della carta geologica in scala 1:50.000 foglio n.337 “Norcia” e sezione geologica estrapolata dal foglio (Progetto CARG). Nel riquadro rosso si riporta l’area di progetto. ....   | 8  |
| Figura 4: Schema geomorfologico della Conca di Amatrice (Cacciuni et alii., 1995). Nel riquadro rosso si riporta l’area di progetto. ....   | 9  |
| Figura 5: Carta Idrogeologica dell’area del foglio n.337 “Norcia” (Progetto CARG); nel riquadro rosso si riporta l’area di progetto. ....   | 10 |
| Figura 6: Stralcio della carta del dissesto e delle aree esondabili, estratto dal PAI; nel riquadro rosso si riporta l’area di progetto. ....   | 12 |
| Figura 7: Cartografia con riportate le aree a diversa pericolosità idrogeologica, estratto database IFFI; nel riquadro rosso si riporta l’area di progetto. ....  | 12 |
| Figura 8: Sorgenti sismogenetiche prossime all’area di progetto, DISS. Il cerchio rosso mostra l’area di studio. ....   | 13 |
| Figura 9: Faglie capaci prossime all’area di progetto, ITHACA – ISPRA. Il cerchio rosso mostra l’area di studio. ....   | 14 |
| Figura 10: Distribuzione nel tempo dei terremoti risentiti ad Amatrice (RI) e la loro Intensità. (DBMI15 v4.0; Locati et al., 2022). ....   | 15 |
| Figura 11: Mappa di pericolosità sismica (MPS04-S1); estratto dal sito dell'INGV ..... 16   | 16 |
| Figura 12: Mappa del rischio Frana - PAI Fiume Tronto ..... 24  | 24 |
| Figura 13: Mappa delle MOPS – MZS 3 livello del Comune di Amatrice ..... 25   | 25 |
| Figura 14: a) stralcio della Figura 13 raffigurante l’area ad instabilità di versante posta alla base del versante a sud dell’abitato di Amatrice; b) stralcio della cartografia PAI AdB del Fiume Tronto (agg. ottobre 2021); c) stralcio della cartografia PAI AdB del Fiume Tronto (agg. ottobre 2022). .... | 26 |
| Figura 15: Carta Geomorfologica dell’area di studio ..... 27  | 27 |
| Figura 16: Stralcio della carta geomorfologica dell’area di studio raffigurante l’area di frana. In blu sono raffigurate le stese sismiche realizzate. ....   | 30 |
| Figura 17: Indagine sismica a rifrazione LS2 ..... 31   | 31 |
| Figura 18: Indagine sismica a rifrazione LS3 ..... 31   | 31 |
| Figura 19: Indagine sismica a rifrazione LS4 ..... 32   | 32 |
| Figura 20: Modelli geologici interpretativi delle stese sismiche LS3 ed LS4. ....   | 32 |
| Figura 21: Carta geologico strutturale del sistema di faglia di Amatrice (Vignaroli et al., 2020) ..... 34  | 34 |
| Figura 22: Carta Geologico Tecnica - MZS 3 livello del Comune di Amatrice ..... 35  | 35 |

## 1 PREMESSA

La presente relazione di compatibilità geologica è stata redatta a seguito delle osservazioni ricevute in merito alla Procedura di V.I.A./PNRR, ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. n. 152/2006 sul progetto definitivo "S.S. 260 "Picente" Lavori di adeguamento e potenziamento della tratta stradale laziale - 2° Lotto - Variante di Amatrice dal km 43+800 al km 41+150" - Proponente: ANAS S.p.A.

L'asse del tracciato presenta una lunghezza di circa 1,25 km e laddove questo intersechi aree perimetrate a diversa pericolosità geologica si è provveduto ad eseguire uno studio di dettaglio di tali porzioni prevedendo altresì, ove necessari, idonei interventi.

Lo studio realizzato per tale relazione si propone pertanto di valutare la compatibilità geologica dell'intervento. A tal riguardo, considerato il contesto geologico di riferimento e alla luce della tipologia di opera da realizzare, si forniscono degli approfondimenti all'elaborato già consegnato, "T00GE00GEORE01A – Relazione Geologica" per quanto riguarda i seguenti aspetti:

- Pericolosità geologica: analisi di compatibilità dell'opera, relativamente alle interferenze fra il tracciato di progetto con le "zone suscettibili di instabilità", in linea con la normativa regionale vigente in materia di (Instabilità di versante, faglie attive e/o capaci, cedimenti e liquefazioni);
- Pericolosità geomorfologica: approfondimento puntuale dei singoli fenomeni franosi, censiti nella relazione geologica (cod. elaborato T00GE00GEORE01A), interferenti con l'opera di progetto. Dettagliando, per le frane ritenute attive, gli interventi di mitigazione necessari per garantire la stabilità e la sicurezza delle aree e delle opere in progetto;
- Pericolosità legata alle FPAC: valutazione quantitativa della pericolosità da fagliazione superficiale in accordo con le più recenti linee guida ed indirizzi tecnici in materia – Dipartimento della Protezione Civile (2015). Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC).

La presente relazione, pertanto, è stata articolata nelle seguenti fasi:

- ricerca bibliografica di tutte le informazioni sul quadro geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico generale;
- analisi delle interferenze fra il tracciato di progetto e le aree instabili presenti;
- caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica delle aree instabili;
- analisi della compatibilità dell'opera in progetto con le aree instabili rilevate.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio è situata nella porzione nord-orientale della regione Lazio, nel territorio comunale di Rieti. Nello specifico l'opera prevista da progetto si colloca ad ovest del centro storico di Amatrice ad una quota variabile tra 850 e 920m slm.

Di seguito viene riportata l'immagine satellitare che mostra l'area di studio, i settori limitrofi e il tracciato di progetto (Figura 1).

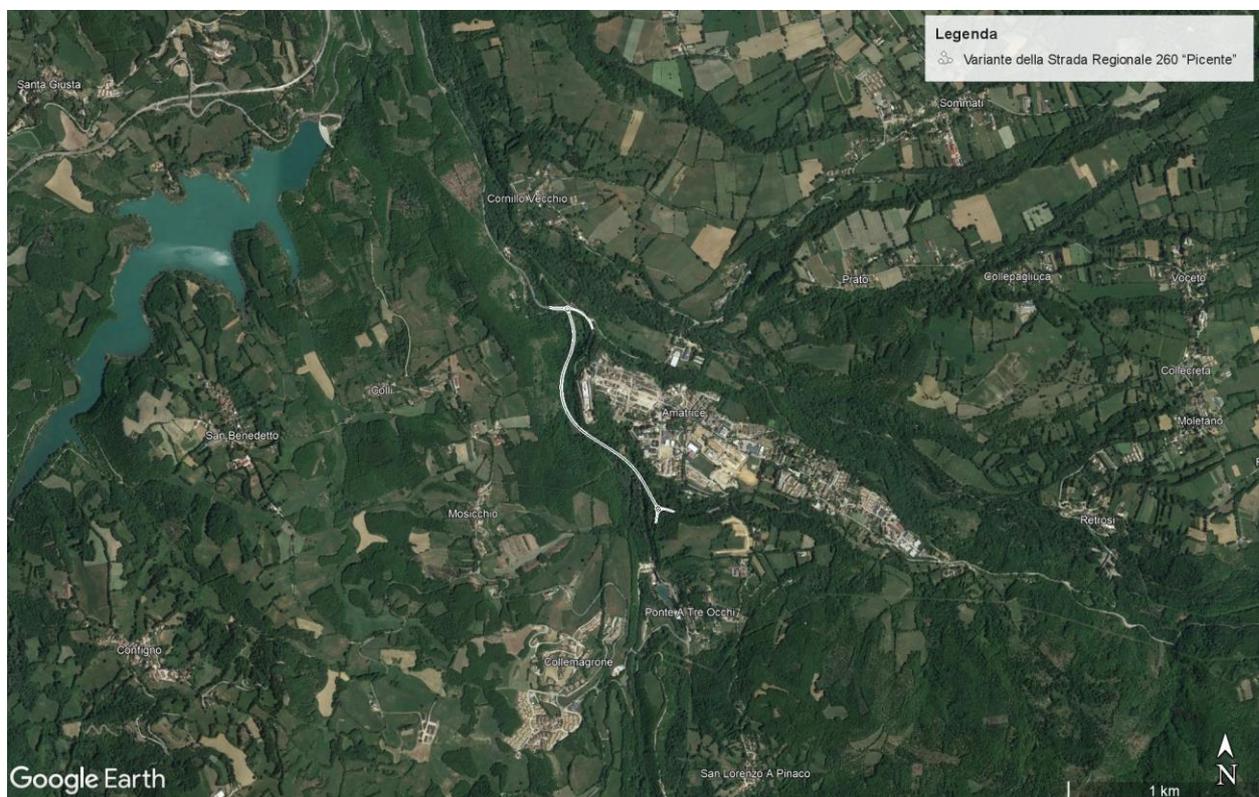


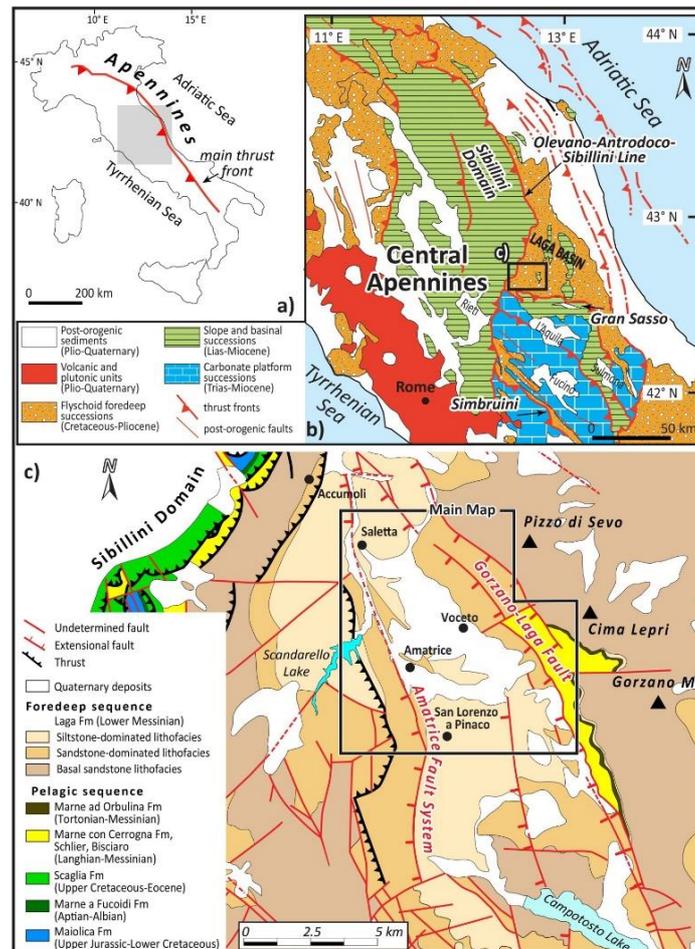
Figura 1: Immagine satellitare raffigurante l'area di studio; in bianco il tracciato di progetto.

### 2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area di studio si colloca nell'Appennino Centrale, che costituisce il segmento intermedio della catena appenninica. L'Appennino si estende con direzione prevalentemente NW-SE ed è parte di una lunga catena a pieghe e sovrascorrimenti formatasi a seguito della convergenza tra la placca africana e la placca europea, sviluppatesi a partire dal tardo Mesozoico (Carminati & Doglioni, 2005; Cosentino et al., 2010).

A seguito della progressiva migrazione del fronte della catena appenninica verso E si è sviluppata, a partire dal Langhiano, una fase estensionale che ha smembrato le porzioni più interne di catena e ha portato alla formazione del bacino di retroarco tirrenico (Carminati & Doglioni, 2005; Cosentino et al., 2010). Attualmente l'Appennino è

caratterizzato da compressione al fronte della catena ed estensione nella zona assiale di quest'ultima (Carminati & Doglioni, 2005). A partire dal tardo Messiniano la sovrimposizione della fase estensionale alla fase compressiva ha portato alla formazione di numerosi bacini intramontani, come ad esempio la Piana del Fucino, la Piana di Rieti, il bacino dell'Aquila e la Piana di Sulmona (Cosentino et al., 2010).



**Figura 2: Schema geologico e geologico strutturale dell'area di studio (Vignaroli et al., 2019).**

L'Appennino Centrale è costituito principalmente da successioni sedimentarie carbonatiche mesocenoiche, depositatesi sia in contesti di tipo bacinale sia di piattaforma. Durante la strutturazione dell'orogene nei bacini di avanfossa, sviluppatasi al fronte della catena appenninica, si sono depositati flysch a composizione prevalentemente silico-clastica (Cosentino et al., 2010).

L'area di studio si colloca nel punto di incontro tra diversi domini deposizionali:

- piattaforma carbonatica laziale-abruzzese;
- zona di transizione sabina tra piattaforma e bacino;
- bacino umbro-marchigiano.

Gli attuali rapporti tra le diverse formazioni appartenenti ai diversi paleoambienti sono il frutto di una tettonica polifasica iniziata a partire dal Lias inferiore-medio al Pliocene medio-superiore. La differenziazione degli ambienti deposizionali avviene a partire dal Lias inferiore-medio quando una fase tettonica disgiuntiva porta alla frammentazione della vasta piattaforma carbonatica di deposizione del Calcarea Massiccio, secondo una linea principale nota in letteratura come "Ancona-Anzio", alla quale è attribuito il ruolo di suddivisione geografica tra l'Appennino Settentrionale e l'Appennino Centrale.

Tale elemento strutturale, conosciuto anche come Sovrascorrimento Olevano-Antrodoco è attivo già nel Messiniano e ha assunto il suo attuale assetto nel Pliocene, con la sua ultima fase di attività fuori sequenza (Cosentino et al, 2010).

Sebbene in maniera articolata, come indicato in precedenza, si individuano due settori a cavallo della suddetta linea tettonica, un settore occidentale di sedimentazione pelagica (bacino umbro-marchigiano) e un settore orientale dove prosegue la sedimentazione di piattaforma. Nella fascia di passaggio tra i due ambienti si rinvengono depositi di transizione dove si alternano litotipi di ambiente pelagico-emipelagico a litotipi di accumulo (brecce e megabrecce) di materiale detritico proveniente dalla piattaforma carbonatica.

A seguito di tale impostazione, a partire dall'inizio del Cretacico superiore, si osserva il passaggio dalla deposizione, all'interno del bacino, da calcari micritici con selce (Corniola, Rosso Ammonitico, Maiolica) a termini maggiormente marnosi (Marne a Fucoidi) indicativi di un probabile sollevamento nel settore occidentale. Nell'area di piattaforma la sedimentazione di calcari e dolomie continua fino al Cenomaniano quando si hanno episodi di emersione testimoniati da fenomeni erosivi, carsificazione e deposizioni bauxitiche. Nella zona di transizione invece tornano intercalazioni detritiche e biotetritiche provenienti dalla piattaforma.

Fino al Paleogene nelle aree bacinali la sedimentazione continua con la messa in posto della Scaglia bianca, rossa e cinerea: calcari marnosi e marne calcaree, mentre nelle aree di piattaforma la sedimentazione protrae con la deposizione dei calcari a rudiste per poi arrestarsi improvvisamente fino al Miocene inferiore ("lacuna paleogenica"). Nella zona di transizione si rinvengono depositi calcarenitici risedimentati, marne e argille marnose. All'inizio del Miocene sulla piattaforma la sedimentazione riprende con la sedimentazione dei Calcari a Briozoi e Litotamni.

Nel Tortoniano con l'inizio dell'attività tettonica compressiva, si arresta il ciclo sedimentario marino, sia nelle aree di bacino che di piattaforma, con la messa in posto dapprima di depositi marnosi (Marne ad Orbulina) seguiti dai depositi flischoidi (Flysch della Laga) di riempimento di un bacino di avanfossa sviluppatosi al fronte della catena appenninica in via di formazione.

Dal punto di vista cartografico l'area in esame ricade all'interno dell'ambito della carta geologica in scala 1:50.000, Foglio n. 337 (Norcia) del Progetto CARG, di cui si riporta uno stralcio e una sezione geologica (Figura 3).



Nonostante l'azione tettonica sia stato il principale fattore morfogenetico dell'area di progetto, il modellamento fluviale e quello gravitativo hanno comunque prodotto nel paesaggio forme tipiche, che in molti casi sono ancora conservate nel record morfologico dell'area.

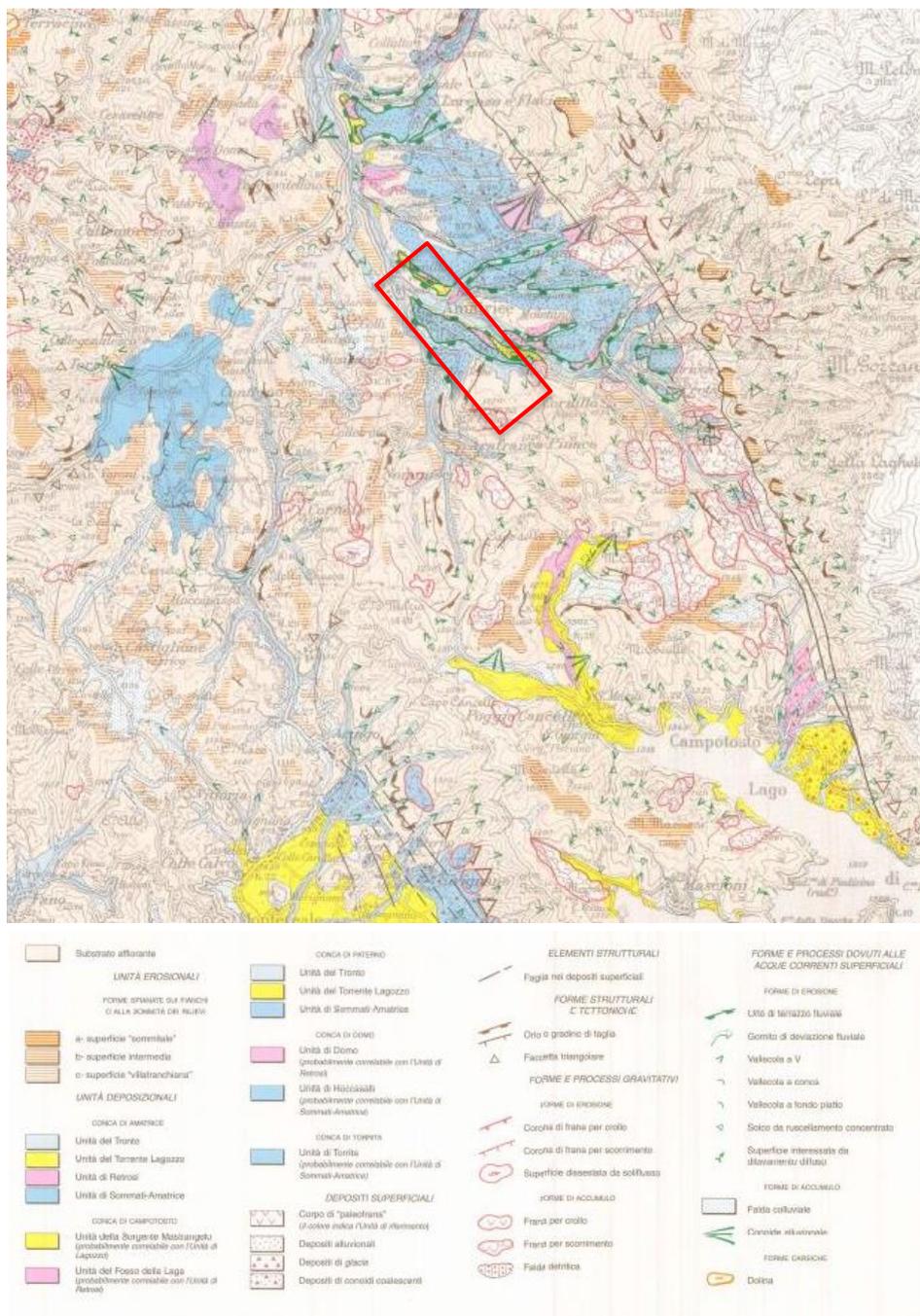


Figura 4: Schema geomorfologico della Conca di Amatrice (Cacciuni et alii., 1995). Nel riquadro rosso si riporta l'area di progetto.

## 2.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area di Appennino centrale compresa nel Foglio 337 "Norcia" è caratterizzata da due distinti domini idrogeologici, aventi caratteristiche molto diverse in termini di produttività idrogeologica e di direzione dei deflussi superficiali e sotterranei. Tale divisione è marcata dalla struttura "Ancona-Anzio". Nel settore posto ad W dell'allineamento, prevalgono le unità carbonatiche dei Monti Sibillini, nel settore posto ad E predomina la formazione della Laga.

Per gli aspetti legati all'idrogeologia, come è mostrato nella Figura 5, l'area di studio ricade all'interno del dominio idrogeologico caratterizzato dalla formazione della Laga.

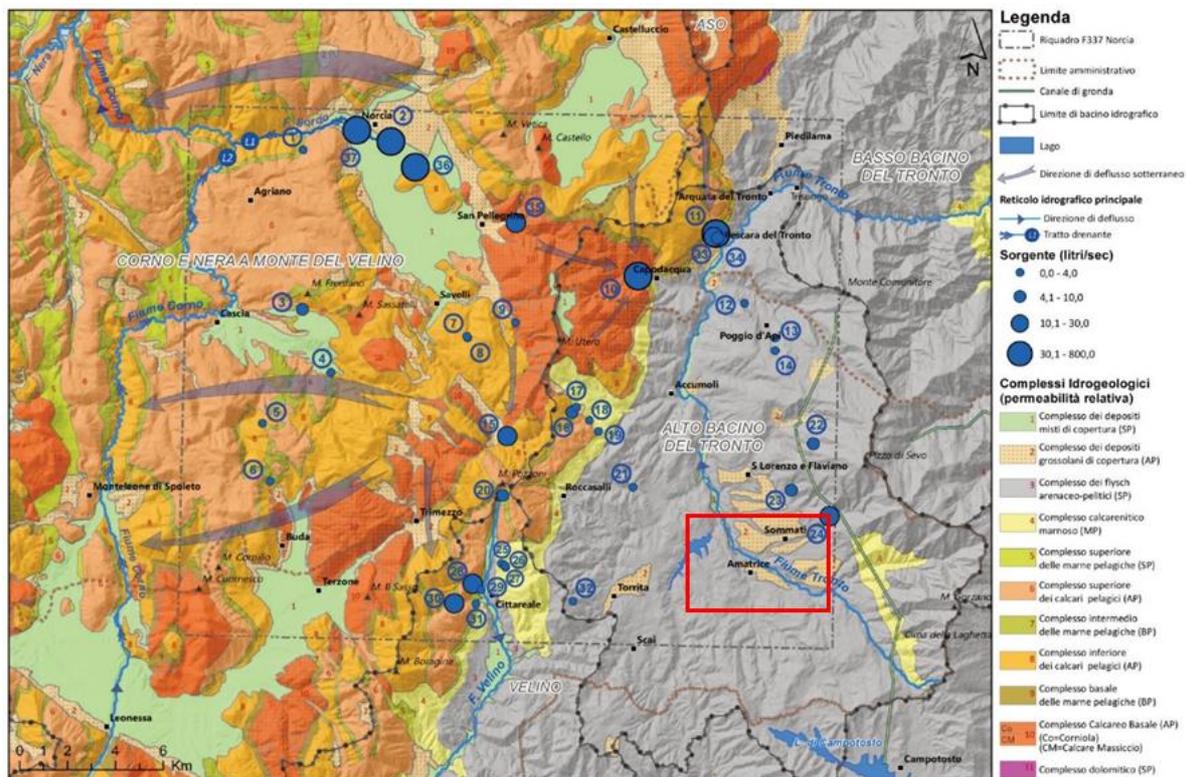


Figura 5: Carta Idrogeologica dell'area del foglio n.337 "Norcia" (Progetto CARG); nel riquadro rosso si riporta l'area di progetto.

I terreni che compongono tale formazione sono caratterizzati da alternanze di areniti, peliti e peliti arenacee e pertanto non sono mai sede di acquiferi importanti, ma piuttosto tendono a supportare una circolazione sub-superficiale, contenuta nelle porzioni arenitiche della formazione stessa e nelle coltri di alterazione. Per tale motivo sono estesamente presenti sia aree a ruscellamento diffuso in cui la circolazione superficiale assume un carattere stagionale, sia ristagni d'acqua dove la morfologia superficiale non consente il deflusso. Le precipitazioni efficaci alimentano quindi falde locali molto superficiali e discontinue il cui andamento è legato alla topografia. L'infiltrazione efficace media annua per i terreni della formazione della Laga è inferiore a 100 mm/anno. Il ruscellamento rappresenta mediamente più del 50% delle precipitazioni (Boni et alii, 1986).

L'area di studio è attraversata dal Fiume Tronto e dai suoi corsi d'acqua tributari, questo nasce dal versante occidentale dei Monti della Laga, al confine tra Abruzzo e Lazio e sfocia nel Mar Adriatico. Il Tronto e i suoi tributari hanno una portata irregolare con un possibile limitato e variabile flusso in alveo anche nei mesi di magra estiva a causa della bassa permeabilità del substrato che drenano e del prevalente apporto da parte delle precipitazioni e dello scioglimento della neve.

I due complessi idrogeologici, affioranti nell'area di studio, sono così classificati all'interno della Carta idrogeologica del foglio n.337 "Norcia" (Progetto CARG):

1. *Complesso dei depositi grossolani di copertura*: in questo complesso sono stati riuniti i sedimenti continentali a granulometria grossolana (Pleistocene inferiore-Olocene; spessore totale da pochi metri ad un massimo di circa 100 m). Questi depositi si presentano in rapporti geometrici variabili, sia tra loro sia con le unità a granulometria mista. Il complesso comprende pertanto i detriti di falda, i depositi dei conoidi di deiezione, le alluvioni ciottolose terrazzate, che possono avere nel dettaglio permeabilità variabile ed ospitare acquiferi di importanza locale. L'infiltrazione efficace è variabile tra 300 e 500 mm/anno. Permeabilità relativa alta.
2. *Complesso dei depositi arenaceo-pelitici*: terreni appartenenti al membro del Lago di Campotosto della formazione della Laga (alternanza di arenarie, arenarie pelitiche, peliti arenacee; Miocene superiore p.p.) e marne-argillose del Miocene pre-torbiditico (unità argilloso-marnosa; Miocene medio-superiore p.p.). Lo spessore totale è di oltre 1500 m. Questi litotipi svolgono sia un ruolo di tamponamento laterale della falda di base delle unità idrogeologiche carbonatiche, sia un ruolo di acquiclude basale attraverso il piano di sovrascorrimento principale che sovrappone le unità carbonatiche ai depositi terrigeni. Questo complesso può ospitare acquiferi sospesi di importanza locale negli orizzonti maggiormente permeabili. L'infiltrazione efficace è generalmente inferiore a 200 mm/anno, ma può raggiungere i 200-300 mm/anno nei termini più permeabili. Permeabilità relativa scarsa.

#### **2.4.1 PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA**

In merito ai dissesti in atto e potenziali, si riportano di seguito ed in estrema sintesi i dati relativi delle aree soggette alle pericolosità derivanti da fenomeni di dissesto idrogeologico.

Questi elementi sono stati desunti dalla consultazione degli elaborati cartografici prodotti sia dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Tronto, redatto dall'autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale, sia dall'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI). Il Progetto IFFI costituisce il primo inventario omogeneo dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale, è stato realizzato dalle Regioni e Province Autonome d'Italia, in collaborazione con il Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia dell'APAT (ora in ISPRA).

Dal punto di vista della pericolosità idraulica, nell'area di progetto, vengono evidenziate lungo le aste fluviali dei principali corsi d'acqua aree a pericolosità idraulica media con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (alluvioni poco frequenti) (Figura 6 e Figura 7).

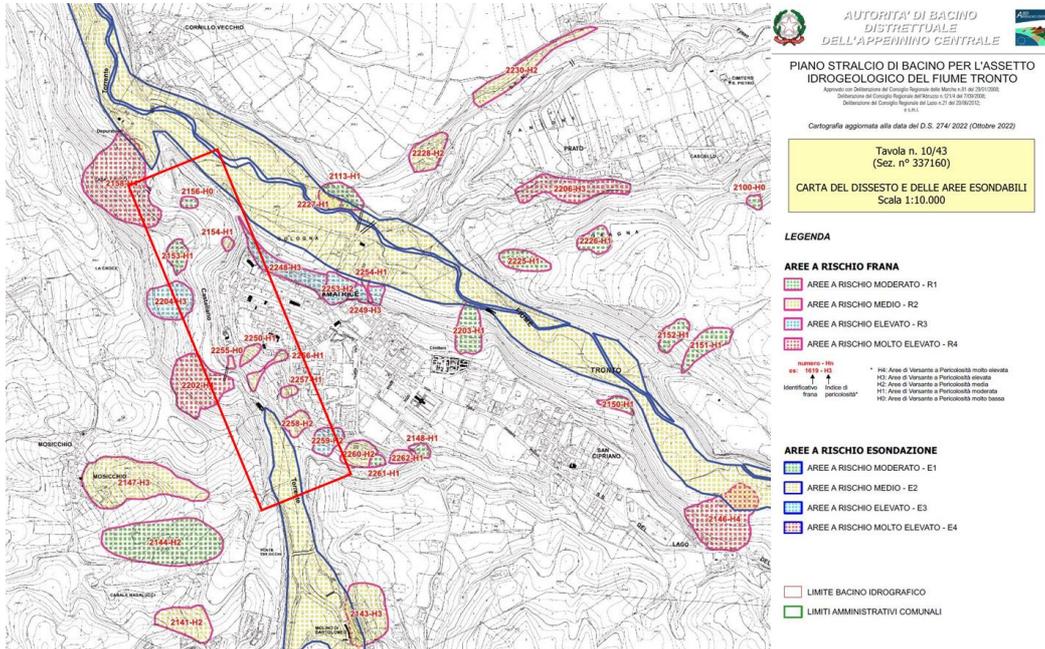


Figura 6: Stralcio della carta del dissesto e delle aree esondabili, estratto dal PAI; nel riquadro rosso si riporta l'area di progetto.

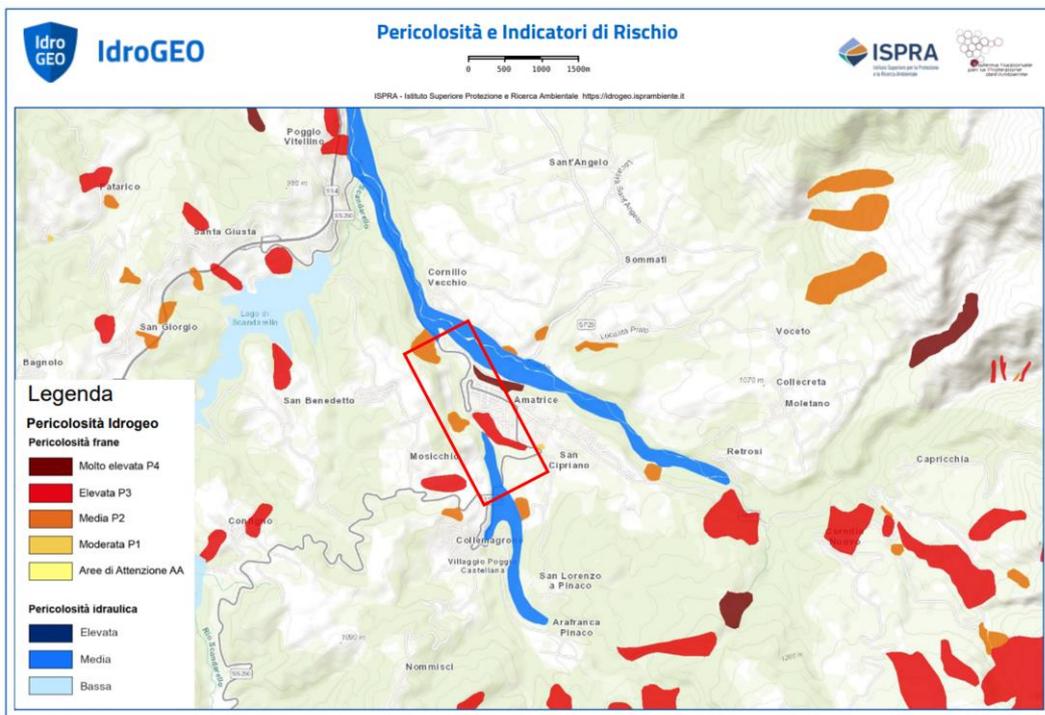


Figura 7: Cartografia con riportate le aree a diversa pericolosità idrogeologica, estratto database IFFI; nel riquadro rosso si riporta l'area di progetto.

Dal punto di vista della pericolosità legata alla presenza di frane, nell'area di progetto, ricadono diverse aree in frana identificate in entrambi i database consultati. Queste presentano pericolosità da medie a molto elevate (Figura 6 e Figura 7).

## 2.5 INQUADRAMENTO SISMICO

La sismicità italiana è in gran parte allineata lungo l'asse dell'Appennino. I terremoti più distruttivi sono generati da grandi faglie distensive orientate parallelamente alla catena ed affioranti generalmente al bordo dei bacini continentali intramontani che si sono sviluppati durante il Quaternario. Di fatto, l'area di studio e il territorio circostante è attraversato da diversi sistemi di faglie normali, attive e in grado di generare terremoti di  $M_W > 6,5$ . Ne consegue che il territorio dell'area di studio è caratterizzato da un elevato grado di sismicità.

### 2.5.1 SORGENTI SISMOGENETICHE

Nell'area specifica di Amatrice sono localizzate numerose sorgenti sismogenetiche, i lineamenti più prossimi all'area di studio sono mostrati in Figura 8, estratto dal database italiano delle zone sismogenetiche DISS. Queste, d'altronde, sono localizzate lungo la dorsale più interna dell'Appennino centrale che corrisponde alla fascia a maggior rilascio di energia dell'Appennino centro-settentrionale. In questa fascia sono incluse le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che hanno caratterizzato l'arco appenninico settentrionale e centrale.

L'area in esame ricade all'interno della sorgente sismogenetica composta ITCS128 (Accumuli-Amatrice), le ulteriori sorgenti sismogenetiche più prossime al sito di progetto sono: la sorgente sismogenetica composta ITCS130 (Lago di Campotosto) posta a sud dell'area di intervento e le sorgenti individuali, rispettivamente posizionate a nord e sud del tracciato, ITIS144 (Amatrice) e ITIS147 (Campotosto).

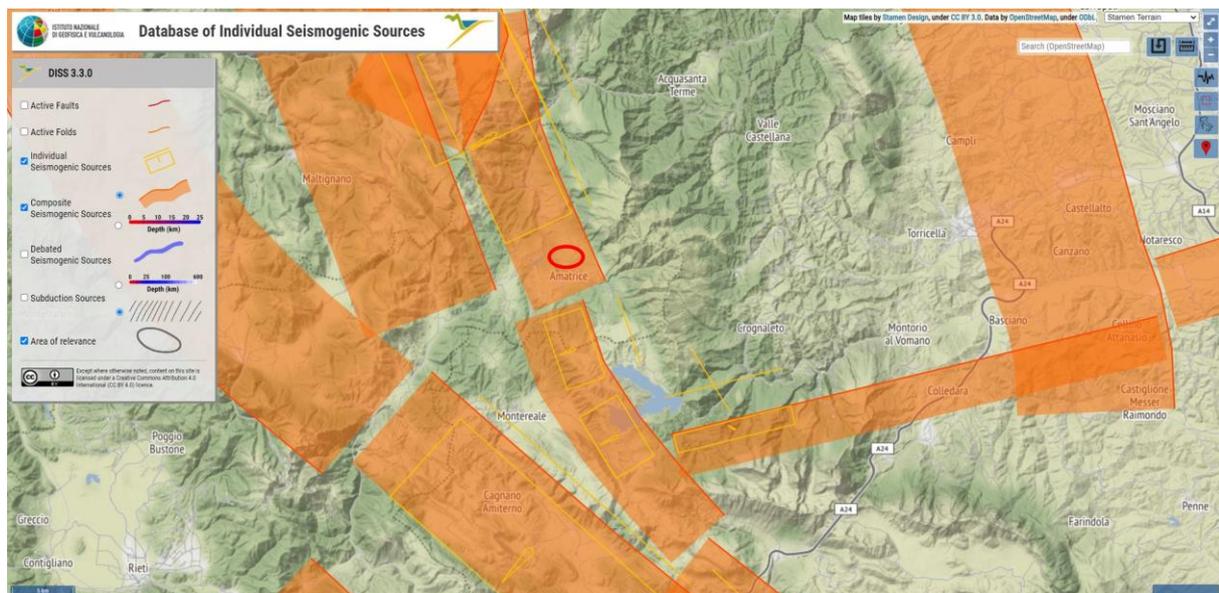


Figura 8: Sorgenti sismogenetiche prossime all'area di progetto, DISS. Il cerchio rosso mostra l'area di studio

### 2.5.2 FAGLIE CAPACI

Per quanto attiene alle faglie attive e capaci, che per definizione sono faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie, è stato consultato il database dell'ISPRA ITHACA (Italy HAZARD from CAple faults). L'area in esame si trova a circa 3 km in direzione sud-ovest da una serie di faglie capaci (Amatrice Fault, Voceto fault e Laga Mountains fault).



Figura 9: Faglie capaci prossime all'area di progetto, ITHACA – ISPRA. Il cerchio rosso mostra l'area di studio

### 2.5.3 SISMICITÀ STORICA E STRUMENTALE

Grazie agli studi pregressi, ai dati storici provenienti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) (Rovida et al., 2022) e ai dati strumentali estratti dal Database Macrosismico Italiano versione DBMI15 (Locati et al., 2022) sono ben conosciute la distribuzione e le caratteristiche della sismicità storica e strumentale. I dati desunti da tali database mostrano come l'area di progetto è stata storicamente sede di terremoti distruttivi che hanno raggiunto intensità massime di XI MCS e dimostrano come questo sia uno dei settori dell'Appennino centrale maggiormente attivi sismicamente, in termini di energia rilasciata, di massime intensità risentite e di frequenza di accadimento di terremoti di grande magnitudo.

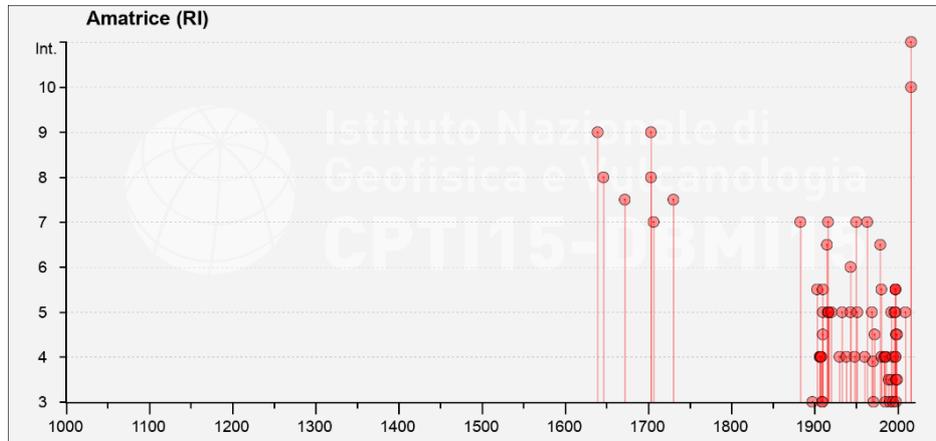


Figura 10: Distribuzione nel tempo dei terremoti risentiti ad Amatrice (RI) e la loro Intensità. (DBMI15 v4.0; Locati et al., 2022).

Come mostrato in Figura 10, ad Amatrice i terremoti catalogati sono 84, dei quali, i maggiormente distruttivi sono stati i due eventi recenti del 24/08/2016 (Intensità X) e del 30/10/2016 (Intensità XI), facenti parte della sequenza sismica del Centro Italia.

#### 2.5.4 CLASSIFICAZIONE SISMICA SECONDO NORMATIVA NAZIONALE

L'Ordinanza del Presidente del C.d.M. n. 3274 del 20/3/2003 ha introdotto la nuova classificazione sismica del territorio italiano che viene diviso in 4 zone sismiche, ciascuna caratterizzata da un diverso valore del parametro  $a_g$  (accelerazione massima convenzionale su suolo di categoria A).

Con le Norme Tecniche per le Costruzioni del settembre 2005 è stato specificato che per le zone 1, 2 e 3 è possibile una suddivisione in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto a quelli citati e intervallati da valori non minori di 0.025.

La Gazzetta Ufficiale del 11/5/2006 ha pubblicato l'Ordinanza del PdCM del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (Ordinanza n. 3519) con la quale sono approvati i criteri generali e la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale. Le valutazioni di  $a_g$  sono calcolate su un numero sufficiente di punti (griglia non inferiore a  $0.05^\circ$ ), corredate da stime dell'incertezza. I valori di  $a_g$  sulle griglie suddette sono stati pubblicati sul sito web dell'INGV. La documentazione di interesse è riportata nella mappa seguente (Figura 11). I valori di pericolosità sismica riportati sono espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s).

Osservando la mappa si evince che il Comune di Amatrice ricade in zona sismica 1 con valori di  $a_g$  compresi fra 0.250 e 0.275 g.

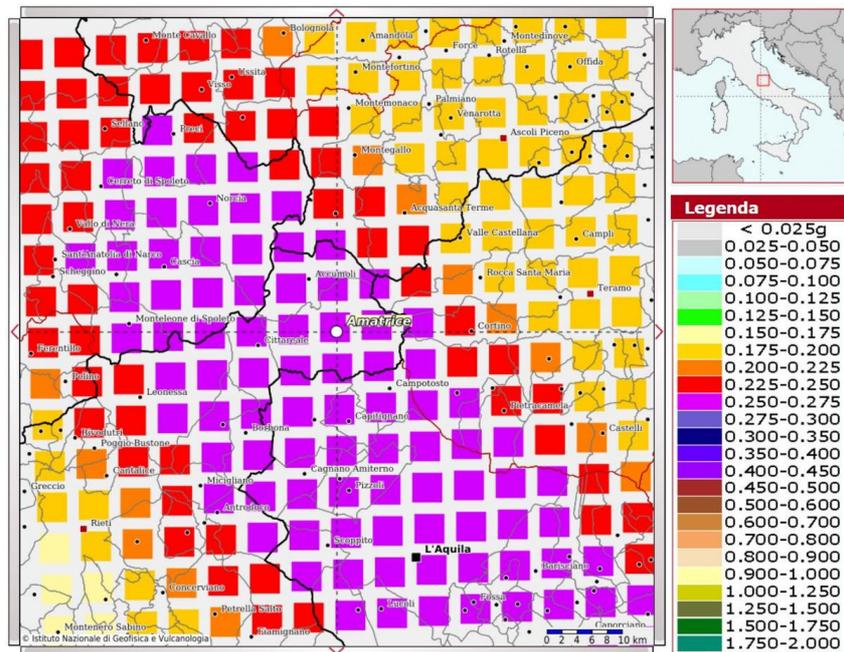


Figura 11: Mappa di pericolosità sismica (MPS04-S1); estratto dal sito dell'INGV

### 3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

#### 3.1 INDAGINI PREGRESSE

Per una valutazione delle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni affioranti nell'area di progetto, in fase di PFTE sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- n. 11 sondaggi a carotaggio continuo della profondità variabile da 30.00m a 50.00m;
- n.80 prove in foro di tipo SPT, 8 per ciascun sondaggio ad eccezione dei sondaggi S9 e S5 bis nei quali ne sono state eseguite rispettivamente 5 e 3;
- n. 3 allestimenti dei fori di sondaggio a piezometro (S7, S9, S5 bis);
- prelievo di n.49 campioni totali, 42 indisturbati e 7 rimaneggiati;
- n. 5 allestimenti per prove Down-Hole con tubo in PVC e successiva esecuzione di n. 5 indagini sismiche in foro (S2, S4, S5, S7 e S9);
- n. 2 allestimenti dei fori di sondaggio S3 e S6 a tubo inclinometrico;
- n. 2 profili sismici a rifrazione con ricostruzione tomografica;
- n. 4 profili sismici di superficie con metodologia MASW per il calcolo delle Vs, eq;
- n. 8 misure di rumore ambientale, sismica HVSR.

Nella Tabella 1 si riporta la profondità dei sondaggi effettuati, la data di esecuzione, la quota, le coordinate e l'attrezzatura relativa ai sondaggi eseguiti. La profondità di prelievo dei campioni rimaneggiati o indisturbati e i risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi, sono riportati, rispettivamente, in Tabella 2 e Tabella 3. In

Tabella 4 vengono riportati i risultati delle prove geofisiche eseguite.

**Tabella 1: Campagna sondaggi Anas 2022**

| SONDAGGIO | PROFONDITA'<br>(m dal p.c.) | DATA<br>ESECUZIONE | Quota<br>(m s.l.m.) | Coordinate GAUSS BOAGA |             | ATTREZZATURA |
|-----------|-----------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------|--------------|
|           |                             |                    |                     | E                      | N           |              |
| S1_L2     | 30 m                        | 4-5/04/2022        | 920.94              | 851912.412             | 4727937.990 | -            |
| S2_L2     | 40 m                        | 5-6/04/2022        | 886.32              | 851792.832             | 4728034.590 | Downhole     |
| S3_L2     | 55 m                        | 15-21/04/2022      | 939.83              | 851779.846             | 4728282.857 | Inclinometro |
| S4_L2     | 50 m                        | 9-14/04/2022       | 943.39              | 851805.342             | 4728256.446 | Downhole     |
| S5_L2     | 40 m                        | 11-12/04/2022      | 904.02              | 849559.188             | 4729926.799 | Downhole     |
| S5 bis_L2 | 40 m                        | 25-27/05/2022      | 901.61              | 851718.128             | 4728190.664 | Piezometro   |

| SONDAGGIO | PROFONDITA'<br>(m dal p.c.) | DATA<br>ESECUZIONE | Quota<br>(m s.l.m.) | Coordinate GAUSS BOAGA |             | ATTREZZATURA        |
|-----------|-----------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------|---------------------|
|           |                             |                    |                     | E                      | N           |                     |
| S6_L2     | 40 m                        | 7-8/04/2022        | 899.57              | 851068.146             | 4729162.352 | Inclinometro        |
| S7_L2     | 40 m                        | 20-27/04/2022      | 870.12              | 851448.406             | 4728330.720 | Piezometro/Downhole |
| S8_L2     | 40 m                        | 5-6/04/2022        | 857.09              | 851434.236             | 4728781.725 | -                   |
| S9_L2     | 40 m                        | 6-7/04/2022        | 853.93              | 851360.658             | 4728881.208 | Piezometro/Downhole |
| S10_L2    | 30 m                        | 2-3/05/2022        | 874.59              | 851372.654             | 4728968.561 | -                   |

Tabella 2: Prelievo campioni nei sondaggi Anas 2022

| Profondità Prova (m dap.c.) | S1_L2 | S2_L2 | S3_L2 | S4_L2 | S5_L2 | S5bis_L2 | S6_L2 | S7_L2 | S8_L1 | S9_L2 | S10L2 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 4.50                        |       |       |       | Ind.  |       |          |       |       |       |       |       |
| 6.0                         |       |       | Ind.  |       |       |          |       |       |       |       |       |
| 7.70                        |       |       |       |       |       |          |       |       |       |       |       |
| 8.50                        |       |       |       |       |       | Rim      |       |       | Ind.  |       |       |
| 9.50                        | Ind.  | Ind.  |       |       |       |          | Ind.  |       |       |       | Ind.  |
| 10.0                        |       |       |       | Ind.  |       |          |       |       |       |       |       |
| 10.50                       |       |       |       |       |       | Ind.     |       |       |       |       |       |
| 12.0                        |       |       |       |       |       |          |       |       |       | Ind.  |       |
| 12.50                       |       |       | Ind.  |       |       |          |       |       |       |       |       |
| 14.0                        | Ind.  |       |       |       |       |          |       |       |       |       |       |
| 15.0                        |       |       |       | Ind.  | Ind.  |          |       | Ind.  |       |       |       |
| 15.80                       |       |       |       |       |       | Rim.     |       |       |       |       |       |
| 16.0                        |       | Ind.  | Ind.  |       |       |          |       |       |       |       |       |
| 17.50                       |       |       |       |       |       |          | Ind.  |       |       |       |       |
| 18.0                        |       |       |       |       |       | Ind.     |       |       |       |       | Ind.  |
| 19.80                       |       |       |       |       |       |          |       |       |       |       |       |
| 20.0                        |       |       |       |       | Ind.  |          |       | Ind.  | Ind.  |       |       |
| 21.50                       | Ind.  |       |       |       |       |          |       |       |       |       |       |
| 26.0                        |       |       | Ind.  |       |       |          |       |       |       | Ind.  |       |

| Profondità Prova (m dap.c.) | S1_L2 | S2_L2 | S3_L2 | S4_L2 | S5_L2 | S5bis_L2 | S6_L2 | S7_L2 | S8_L1 | S9_L2 | S10L2 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 24.0                        |       |       |       |       |       | Rim.     |       |       |       |       |       |
| 25.0                        |       |       |       |       | Ind.  |          |       |       |       |       | Ind.  |
| 27.50                       |       |       |       |       |       |          | Ind.  |       |       |       |       |
| 28.0                        |       | Ind.  |       |       |       |          |       |       | Ind.  |       |       |
| 29.0                        |       |       |       | Ind.  |       |          |       |       |       |       |       |
| 30.0                        |       |       |       |       | Ind.  |          |       | Ind.  |       |       |       |
| 31.8                        |       | Ind.  |       |       |       |          |       |       |       |       |       |
| 32.0                        |       |       |       |       |       |          |       |       | Ind.  |       |       |
| 33.50                       |       |       |       |       |       |          | Ind.  |       |       |       |       |
| 35.0                        |       |       |       |       | Ind.  |          |       | Ind.  |       | Ind.  |       |
| 38.0                        |       |       | Ind.  |       |       |          |       |       |       |       |       |
| 38.50                       |       |       |       |       |       |          | Ind.  |       |       |       |       |

Tabella 3: Valori di Nspt registrati neri sondaggi Anas 2022.

| Profondità Prova (m dap.c.) | S1_L2 (Nspt) | S2_L2 (Nspt) | S3_L2 (Nspt) | S4_L2 (Nspt) | S5_L2 (Nspt) | S5bis_L2 (Nspt) | S6_L2 (Nspt) | S7_L1 (Nspt) | S8_L2 (Nspt) | S9_L2 (Nspt) | S10_L2 (Nspt) |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 2.50                        |              |              |              |              |              |                 |              |              |              |              | 23            |
| 3.50                        | 6            | 16           |              |              |              |                 |              |              |              |              |               |
| 4.0                         |              |              |              |              |              | 28              | 12           |              |              | R            |               |
| 4.50                        |              |              |              |              | 18           |                 |              |              | 14           |              |               |
| 5.0                         | 3            |              |              | 17           |              |                 |              | 33           |              |              |               |
| 6.0                         |              |              |              |              |              | R               |              |              |              |              |               |
| 6.5                         |              |              | 31           |              |              |                 |              |              |              |              | 50            |
| 7.0                         |              |              |              |              |              |                 |              |              | 40           |              |               |
| 7.5                         | 8            |              |              | R            |              |                 |              |              |              |              |               |
| 8.0                         |              | R            | 34           |              |              |                 |              |              |              | R            |               |
| 9.0                         |              |              |              |              |              |                 |              | 53           | 36           |              |               |
| 9.50                        |              |              |              |              | 28           |                 |              |              |              |              |               |
| 10.0                        | 20           |              | R            |              |              |                 | 18           |              |              |              |               |

| Profondità Prova (m dap.c.) | S1_L2 (Nspt) | S2_L2 (Nspt) | S3_L2 (Nspt) | S4_L2 (Nspt) | S5_L2 (Nspt) | S5bis_L2 (Nspt) | S6_L2 (Nspt) | S7_L1 (Nspt) | S8_L2 (Nspt) | S9_L2 (Nspt) | S10_L2 (Nspt) |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 10.50                       |              |              |              | R            |              |                 |              |              |              |              | 43            |
| 11.0                        |              |              |              |              |              | 12              |              |              |              |              |               |
| 12.0                        |              | 28           |              |              |              |                 |              | 23           |              |              |               |
| 12.50                       |              |              |              |              | 42           |                 | 32           |              | R            | R            |               |
| 14.0                        |              |              | R            |              |              |                 |              |              |              |              |               |
| 14.50                       | 25           |              |              |              |              |                 |              |              |              |              | R             |
| 15.50                       |              |              |              |              |              |                 |              | 27           |              |              |               |
| 16.50                       |              | R            |              | R            |              |                 |              |              | R            |              |               |
| 17.0                        |              |              |              |              | R            |                 | 37           |              |              |              |               |
| 17.50                       |              |              | 47           |              |              |                 |              |              |              |              |               |
| 18.50                       |              |              |              |              |              |                 |              |              |              |              | R             |
| 19.0                        |              |              |              | 46           |              |                 |              |              |              |              |               |
| 20.0                        |              | R            | R            |              |              |                 | 47           | 36           |              |              |               |
| 20.50                       |              |              |              |              | 46           |                 |              |              | 41           |              |               |
| 21.0                        |              |              |              | R            |              |                 |              |              |              | R            | R             |
| 22.0                        | R            |              |              |              |              |                 |              |              |              |              |               |
| 24.0                        |              |              |              | R            |              |                 | R            | 53           |              |              |               |
| 24.50                       |              |              |              |              |              |                 |              |              | R            |              |               |
| 25.0                        | 14           | 40           | 54           |              |              |                 |              |              |              |              |               |
| 25.50                       |              |              |              |              |              |                 |              |              |              |              | R             |
| 26.0                        |              |              |              | 51           | R            |                 |              |              |              |              |               |
| 26.50                       |              |              |              |              |              |                 |              |              |              | R            |               |
| 28.0                        |              | R            |              |              |              |                 | R            |              |              |              | R             |
| 28.50                       | R            |              |              |              |              |                 |              |              | R            |              |               |
| 29.0                        |              |              |              |              |              |                 |              | R            |              |              |               |
| 30.0                        |              | R            | 54           |              |              |                 |              |              |              |              |               |
| 30.50                       |              |              |              |              | 49           |                 |              |              |              |              |               |
| 34.0                        |              |              |              |              |              |                 | R            |              |              |              |               |
| 35.50                       |              |              |              |              | R            |                 |              | R            |              |              |               |

Tabella 4: Prove geofisiche campagna di Anas 2022

| PROVA        | DATA       | Coordinate GAUSS BOAGA |             | V <sub>seq</sub> (m/s) | Categoria sottosuolo (NTC 2018) | Frequenza di picco (Hz) |
|--------------|------------|------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|              | ESECUZIONE | E                      | N           |                        |                                 |                         |
| S2 Downhole  | 2022       | 851792.832             | 4728034.590 | 532                    | B                               | -                       |
| S4 Downhole  | 2022       | 851805.342             | 4728256.446 | 541                    | B                               | -                       |
| S5 Downhole  | 2022       | 849559.188             | 4729926.799 | 417                    | B                               | -                       |
| S7 Downhole  | 2022       | 851448.406             | 4728330.720 | 375                    | B                               | -                       |
| S9 Downhole  | 2022       | 851360.658             | 4728881.208 | 664                    | B                               | -                       |
| RIFRAZIONE 1 | 2022       | 13.288942              | 42.626046   | -                      | -                               | -                       |
| RIFRAZIONE 2 | 2022       | 13.288975              | 46.625897   | -                      | -                               | -                       |
| Masw 1       | 2022       | 850661.590             | 4730088.25  | 445                    | B                               | -                       |
| Masw 2       | 2022       | 851811.795             | 4728034.465 | 454                    | B                               | -                       |
| Masw 3       | 2022       | 847324.372             | 4728624.357 | 400                    | B                               | -                       |
| Masw4        | 2022       | 851458.305             | 4728370.843 | 353                    | B                               | -                       |
| Hvsr 1       | 2022       | 851916.770             | 4727930.004 | -                      | -                               | 3.03                    |
| Hvsr 2       | 2022       | 851811.651             | 4728042.141 | -                      | -                               | 13.36                   |
| Hvsr 3       | 2022       | 851717.655             | 4728202.504 | -                      | -                               | 5.91                    |
| Hvsr 4       | 2022       | 851736.9093            | 4728339.890 | -                      | -                               | 2.37                    |
| Hvsr 5       | 2022       | 851432.0842            | 4728346.351 | -                      | -                               | 5.63                    |
| Hvsr 6       | 2022       | 851376.081             | 4728630.020 | -                      | -                               | 0.65                    |
| Hvsr 7       | 2022       | 851426.909             | 4728786.935 | -                      | -                               | 8.36                    |
| Hvsr 8       | 2022       | 851366.1028            | 4728972.481 | -                      | -                               | 2.04                    |

### 3.2 INDAGINI INTEGRATIVE

Ad integrazione delle precedenti indagini, si è ritenuto necessario realizzare una nuova campagna di indagini volta ad integrare e migliorare i dati geologici e geotecnici in un congruo intorno dell'area d'intervento, al fine di elaborare un modello geologico, idrogeologico e geotecnico affidabile, dettagliato ed esteso opportunamente.

Considerando quanto detto pocanzi, le principali tipologie di indagini geotecniche e geofisiche previste includono:

- n. 13 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, spinti a profondità di 40 m.;
- n. 5 perforazioni a distruzione di nucleo spinti a profondità di 15 m.;
- prelievo fino a n.3 campioni indisturbati di tipo Shelby in terreni coesivi per ogni sondaggio a carotaggio continuo. Le profondità di prelievo saranno proposte e concordate con il Progettista. Il numero di campioni prelevati è indicativo e potrà variare a seguito dell'accertamento della stratigrafia.;
- esecuzione di n. 8 prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (S.P.T.) per foro di sondaggio, con frequenza minima di 3 m.;
- n. 3 prove pressiometriche MPT su terra per ogni foro di sondaggio realizzato a carotaggio continuo;
- installazione di n. 13 piezometri di lunghezza 15m. Il tipo di piezometro verrà deciso in corso d'opera in funzione dell'effettiva stratigrafia e della potenziale presenza di falde sovrapposte.;
- installazione di n. 5 inclinometri di lunghezza 40m per il monitoraggio dei movimenti franosi;
- n. 5 profili sismici MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la misura della velocità delle onde di taglio  $V_s$ . Al fine di indagare una profondità minima di 30 metri, lo stendimento dovrà essere almeno il doppio di questa lunghezza, ovvero 60m;
- n. 9 linee sismiche a rifrazione con stendimenti di lunghezza variabile tra 80 e 145 metri. Le prove dovranno essere eseguite mediante tecnica della doppia energizzazione in onde P e in onde S. L'acquisizione andrà fatta con tecnica tomografica, con almeno 48 canali di acquisizione, interdistanza dei geofoni pari a 2 – 3m e comunque non superiore a 5m e profondità di indagine non inferiore a 30m;
- tipo e quantità delle prove di laboratorio potranno essere decise dopo l'accertamento della stratigrafia e delle caratteristiche dei campioni prelevati.

Si prevede inoltre di eseguire il monitoraggio del livello piezometrico e della strumentazione inclinometrica con cadenza mensile, e per almeno 6 mesi. Il monitoraggio andrà esteso a piezometri ed inclinometri installati durante la fase di PFTE, le cui misurazioni potranno essere fatte in concomitanza con le misurazioni della nuova strumentazione.

Si precisa tuttavia, che tale specifica campagna di indagini e monitoraggio è stata avviata ma è ancora in corso. Una volta ottenute le risultanze complete si potranno fornire elementi quantitativi, oltre che di profondità, ad integrazione degli elementi necessariamente qualitativi e di superficie che vengono rappresentati in questo studio.

Le risultanze di queste indagini saranno pertanto oggetto di specifiche valutazioni in sede di progetto esecutivo.

#### 4 INTERFERENZE ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ CON IL TRACCIATO

Per valutare la compatibilità dell'opera in oggetto con l'assetto geologico e geomorfologico dei luoghi, sono stati consultati diversi cataloghi e database a scala nazionale, come il PAI e l'IFFI, e studi redatti a scala comunale (carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – MZS 3 livello) riportanti aree perimetrate a diversa tipologia di pericolosità.

I dati raccolti sono stati opportunamente controllati tramite fotointerpretazione e rilevamento geologico-geomorfologico di campo da cui sono scaturite mappature in certi casi diverse da quelle dei database precedentemente elencati.

Dopo aver perimetrato le aree ritenute suscettibili di instabilità si sono riportate le interferenze fra queste e il tracciato del viadotto di progetto e le opere a questo connesse. Perciò, una volta aver identificato le opere di progetto ricadenti all'interno di aree suscettibili di instabilità si è proceduto a realizzare uno studio geologico-geomorfologico di dettaglio di tali luoghi e successivamente una spiegazione degli interventi di progetto necessari a garantire la stabilità e la sicurezza delle aree e delle opere di progetto.

##### 4.1 STUDIO DELLE DIVERSE CARTOGRAFIE DI RIFERIMENTO

L'Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (AdB) pubblica i piani stralcio di assetto idrogeologico con le relative cartografie tematiche. Per l'AdB dell'Appennino Centrale il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto (PAI) è stato approvato con Delibera del Consiglio Regionale del Lazio n.21 del 20/06/2012. Le cartografie del Piano sono disponibili nel sito web istituzionale.

Confrontando il tracciato di progetto con la cartografia PAI della suddetta Autorità di Bacino emerge l'interferenza di tre frane identificate in Tabella 5.

**Tabella 5: Interferenze fra il viadotto di progetto e i movimenti gravitativi segnalati dal PAI Fiume Tronto**

| Identificativo frana | Progressive d'interferenza | Indice di pericolosità | Classe di rischio | Indice di rischio |
|----------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| 2258                 | 1+010.5 – 1+087.5          | H2                     | medio             | R2                |
| 2256                 | 0+816 – 0+846              | H1                     | medio             | R2                |
| 2204                 | 0+380 – 0+440              | H3                     | elevato           | R3                |

Per una più corretta analisi è stata sovrapposta la perimetrazione PAI alla cartografia di progetto georeferenziata in cui è riportato anche il tracciato. I risultati di questa sovrapposizione sono illustrati nella Figura 12.

AREE A RISCHIO FRANA

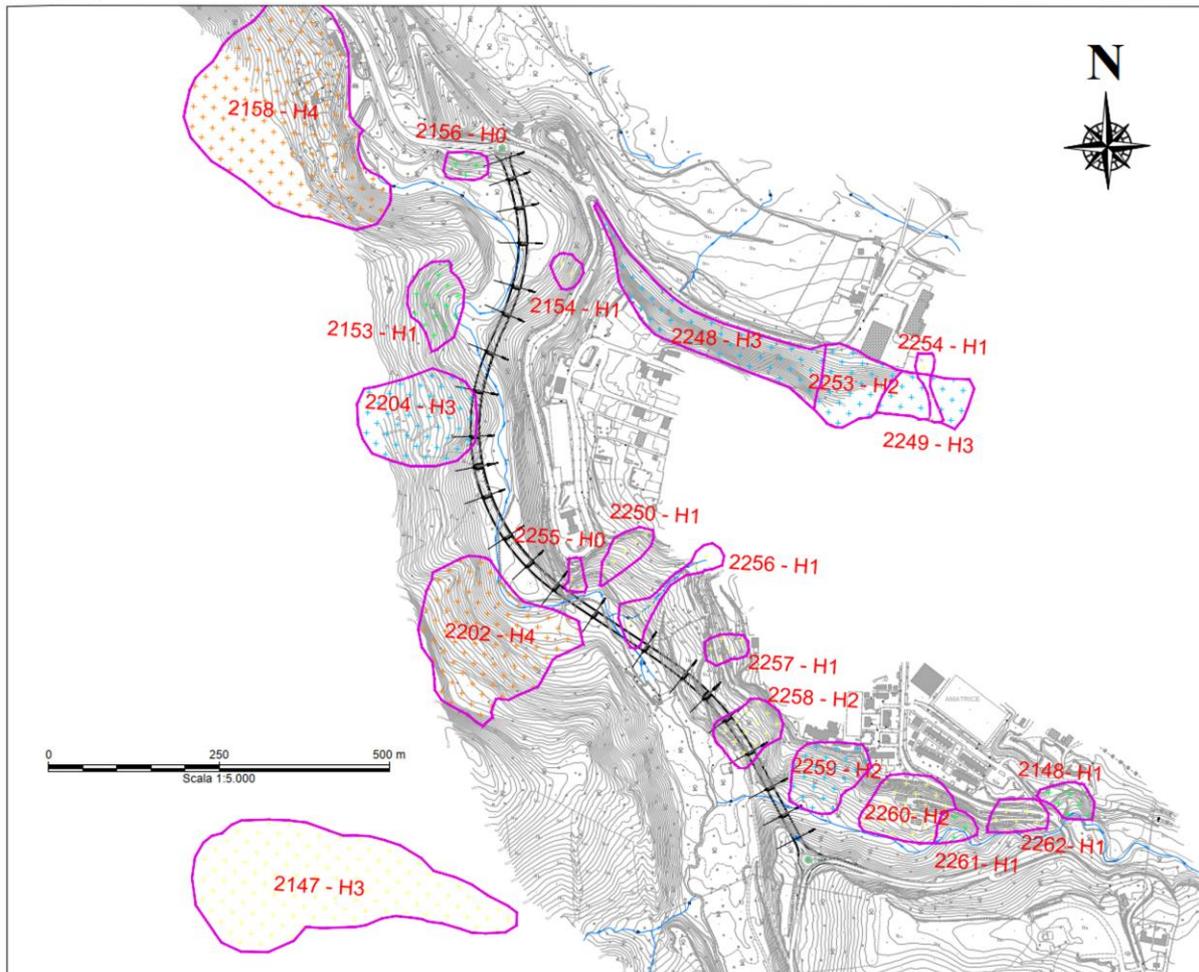
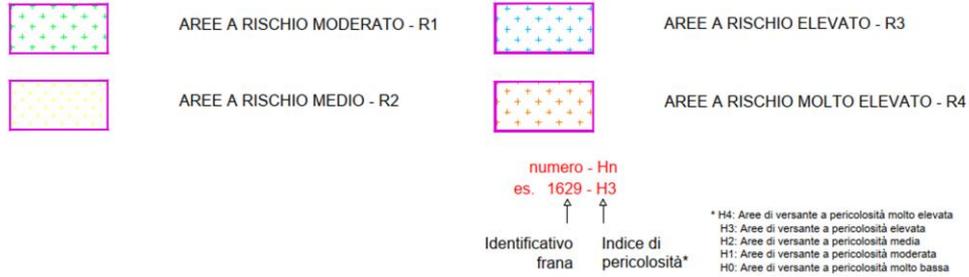


Figura 12: Mappa del rischio Frana - PAI Fiume Tronto

Come prima analisi si evidenzia come, a differenza delle altre due frane segnalate in Tabella 5, l'area di frana ID 2256 è scavalcata interamente dal viadotto di progetto e non interferisce con le pile di sostegno dello stesso. Per tale motivo questo movimento gravitativo non interagisce direttamente con l'opera; inoltre, il rilevamento condotto sul terreno non ha mostrato forme ascrivibili ad un fenomeno franoso in tale porzione di versante, la forma cartografata dal PAI è piuttosto legata alla presenza di un impluvio a media pendenza. Pertanto, tale areale ritenuto a medio rischio non crea criticità progettuali.

Dall'analisi della cartografia delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di terzo livello del comune di Amatrice, redatta ai sensi dell'Ordinanza 24 del Commissario Straordinario al Sisma 2017 registrata il 15 maggio 2017 al n° 1065, come previsto dall'articolo 1 del D.L. n°8 del 9/02/2017, convertito con modificazioni dalla L. 7/04/2017 n°45, si evidenzia come le uniche zone rappresentate come suscettibili di instabilità, cioè quelle aree suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma, sono le aree di attenzione per instabilità di versante. Per il comune di Amatrice e per l'area oggetto di studio, non vengono pertanto segnalate nessun'area instabile legata a *faglie attive e/o capaci, cedimenti differenziali e liquefazioni*; pertanto, queste non saranno considerate come possibili criticità.

Da una più attenta osservazione delle zone di attenzione per instabilità di versante, mostrate in Figura 13, si evince come queste ricalchino a grandi linee le are definite a rischio frana dal PAI.

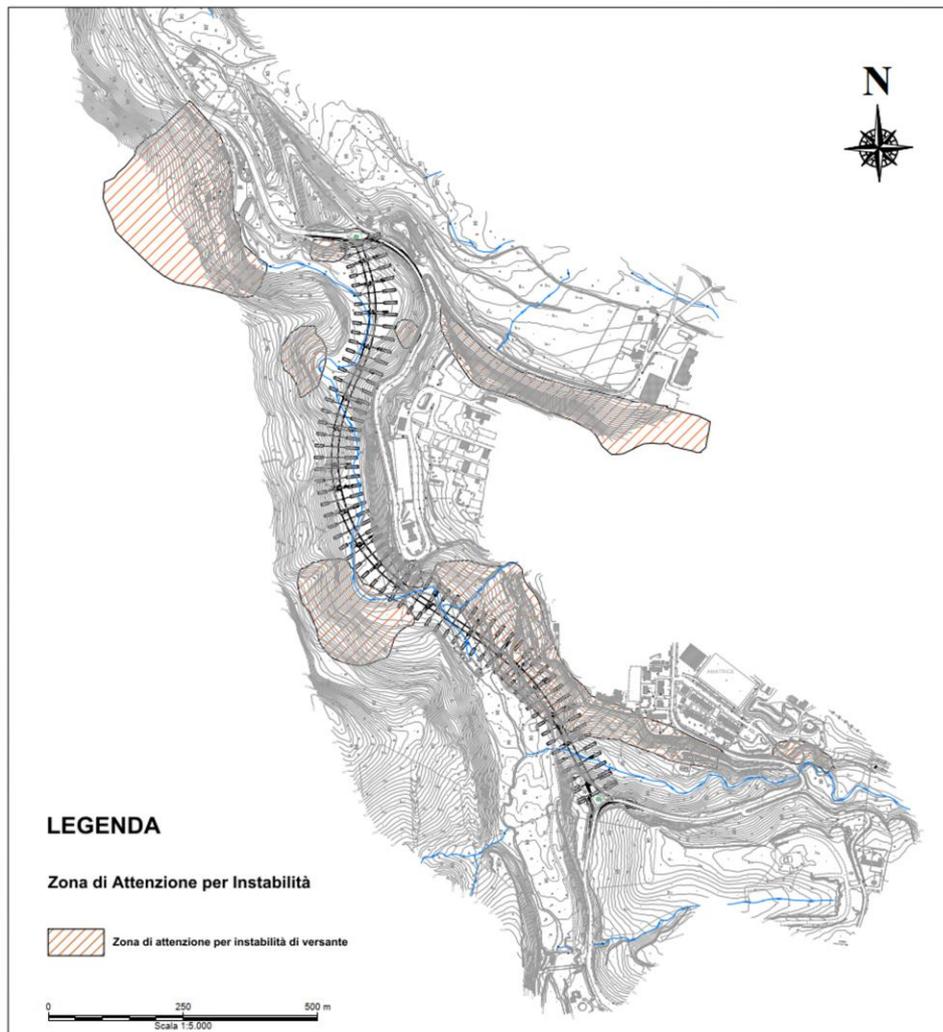


Figura 13: Mappa delle MOPS – MZS 3 livello del Comune di Amatrice

Confrontando il tracciato di progetto con la mappa pocanzi mostrata si nota una sola interferenza posta lungo il versante meridionale su cui sorge l'abitato di Amatrice. Tale area instabile interferisce con il tracciato dalla progressiva 0+880 a 1+103.5, coinvolgendo in tal modo 4 pile del viadotto. Tuttavia, tale cartografia, essendo

stata realizzata dal comune di Amatrice precedentemente all'ultima versione della cartografia PAI (ottobre 2022), riporta come aree suscettibili di instabilità le zone instabili cartografate nel vecchio aggiornamento del PAI (ottobre 2021) come mostrato chiaramente nella Figura 14.



Figura 14: a) stralcio della Figura 13 raffigurante l'area ad instabilità di versante posta alla base del versante a sud dell'abitato di Amatrice; b) stralcio della cartografia PAI AdB del Fiume Tronto (agg. ottobre 2021); c) stralcio della cartografia PAI AdB del Fiume Tronto (agg. ottobre 2022).

Pertanto, il presente studio di compatibilità, non farà riferimento alla perimetrazione di area instabile riportata dalla MZS di livello 3 del comune di Amatrice, poiché superata, ma prenderà come base di riferimento solamente la perimetrazione delle aree segnalate dall'ultimo aggiornamento del PAI di ottobre 2022.

Le restanti porzioni del tracciato di progetto ricadono in aree prive di criticità a carattere geologico. Per tale motivo queste non saranno prese in considerazione nel presente studio di compatibilità geologica-geomorfologica a supporto e corredo del progetto.

## 5 ANALISI GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA DELLE AREE PERIMETRATE

Una volta analizzate le cartografie di riferimento, al fine di verificare la potenziale presenza e migliorare la perimetrazione dei dissesti gravitativi presenti lungo il tracciato di progetto, si è effettuato un rilievo geomorfologico di dettaglio.

Attraverso i dati raccolti sul terreno, opportunamente controllati tramite fotointerpretazione, sono scaturite mappature in certi casi parzialmente diverse da quelle PAI. Ogni interferenza tra tracciato del viadotto di progetto e le aree in frana è stata ricostruita in pianta su base topografica ed è mostrata in Figura 15.

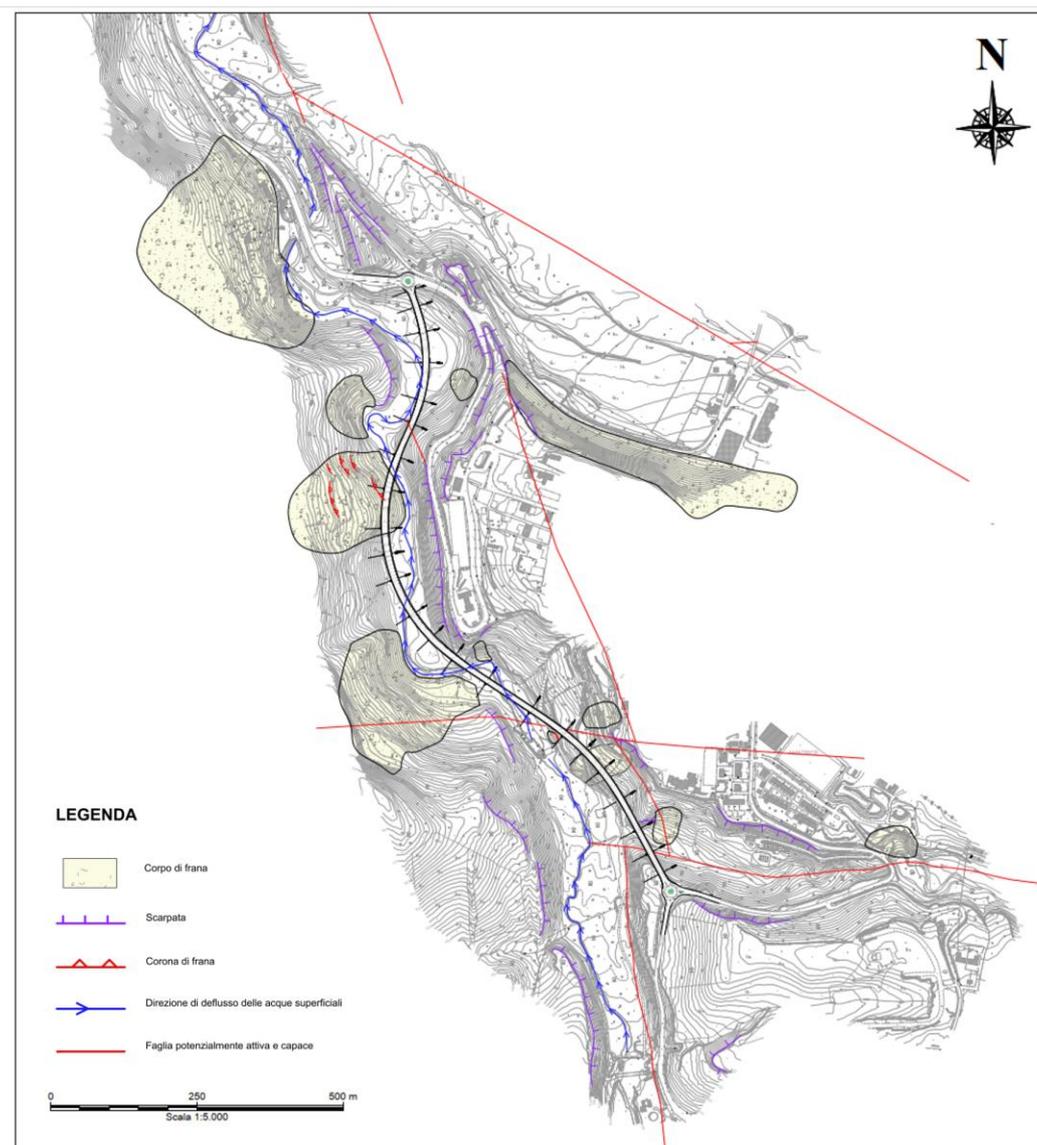


Figura 15: Carta Geomorfologica dell'area di studio

Dal rilevamento condotto sul terreno si sono evidenziati alcuni dissesti gravitativi che coinvolgono porzioni dei versanti che bordano l'alveo del Torrente Castellano.

Di questi corpi franosi cartografati, solamente due interessano le opere di progetto; in particolare tali corpi sono gli stessi cartografati dall'ultimo aggiornamento PAI (ID: 2204 e 2258) ma i rilievi eseguiti hanno portato ed individuare perimetri parzialmente differenti e talvolta più cautelativi rispetto a quelli cartografati nel PAI stesso.

Di seguito verranno analizzate in dettaglio le interferenze fra i due corpi franosi cartografati e le opere di progetto.

## **5.1 AREA IN FRANA CODICE PAI - 2258**

### **5.1.1 CONDIZIONI DI TRACCIATO**

Il tracciato planimetrico interseca l'area, identificata dal PAI del Fiume Tronto, a pericolosità media H2 dalla progressiva 1+010.5 circa alla progressiva 1+087.5 circa. Dalla perimetrazione effettuata per il presente studio, riportata in Figura 15, l'area in frana coinvolge il tracciato planimetrico dalla progressiva 0+973 circa alla progressiva 1+032.5 circa.

All'interno di questa porzione di tracciato, il progetto prevede un viadotto il quale, tuttavia, non consente lo scavalco dell'intera area frana. Pertanto, la pila 18 è contenuta nell'area instabile.

### **5.1.2 CONDIZIONI GEOLOGICHE**

Il versante coinvolto dal movimento gravitativo è composto, alla sua base, dall'unità flyshoide SFALS, la quale è caratterizzata da strati pelitici e pelitico arenacei intercalati da livelli decimetrici schiettamente arenacei, mentre nella porzione alta è presente l'unità SM. Questa, poggia in discordanza angolare sul basamento flyshoide ed è costituita da sabbie con locali intervalli di ghiaie grossolane al suo interno.

Tale assetto geologico è stato ricostruito mediante il rilevamento di terreno e tramite i sondaggi della precedente fase progettuale posti in aree adiacenti al versante in frana.

### **5.1.3 CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE**

Per la totalità del corpo di frana, classificato come un colamento, il rilievo ha mostrato solamente diversi rigonfiamenti del pendio, i quali indicano come tale versante sia stato oggetto di processi gravitativi. Tuttavia, non sono state rilevate forme sul terreno che facciano ipotizzare che tale frana sia attiva o si sia attivata recentemente. Per tale motivazione tale corpo franoso è da ritenersi inattivo in stato di quiescenza.

Con i pochi dati attualmente a disposizione (la campagna di indagini geognostica di PD non è stata ancora terminata) non è stato possibile ricostruire lo spessore di terreno rimaneggiato coinvolto per la suddetta frana. Tuttavia, si è cercato, dal rilevamento di terreno, di comprendere sommariamente il volume di terreno coinvolto; pertanto, dalle osservazioni condotte sul campo, si può affermare che tale movimento sia presumibilmente superficiale e coinvolga i primi metri di terreno.

Una miglior comprensione e definizione del movimento franoso si avrà una volta ottenute le risultanze delle indagini integrative di PD.

#### **5.1.4** *CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE*

Non avendo ancora realizzato le indagini integrative e potendo considerare i soli tre piezometri installati nella precedente fase progettuale, la profondità della falda, per questa porzione di versante, è stata ricostruita mediante l'utilizzo del sondaggio S5\_bis posizionato poco a NE del versante oggetto di studio.

Le misure piezometriche hanno indicato la presenza di una falda contenuta nel substrato arenaceo pelitico a profondità di circa 12 m dal p.c.

#### **5.1.5** *CRITICITÀ PROGETTUALI E SOLUZIONI ADOTTATE*

Per stabilizzare il movimento franoso, possibilmente riattivabile a seguito dello scavo di fondazione della pila 18, il progetto definitivo prevede la realizzazione di interventi come paratie, tiranti e drenaggi atti a garantire la protezione della fondazione della pila 18 e la stabilità dell'opera.

### **5.2** *AREA IN FRANA CODICE PAI - 2204*

#### **5.2.1** *CONDIZIONI DI TRACCIATO*

Il tracciato planimetrico interseca l'area, identificata dal PAI del Fiume Tronto, a pericolosità elevata H3 dalla progressiva 0+380 circa alla progressiva 0+440 circa. Dalla perimetrazione effettuata per il presente studio, l'area in frana coinvolge il tracciato planimetrico dalla progressiva 0+337.5 circa alla progressiva 0+442.5 circa. All'interno di questa porzione di tracciato, la frana coinvolge due pile del viadotto, la 7 e la 8.

#### **5.2.2** *CONDIZIONI GEOLOGICHE*

Il versante coinvolto dal movimento gravitativo è composto nella sua interezza dall'unità flyshoide SFGRS, la quale è caratterizzata da strati e bancate arenacee intervallate da livelli pelitico arenacei di spessore variabile. Tale formazione, assieme alla precedentemente citata SFALS, costituiscono il substrato dell'intera area di progetto.

Tale assetto geologico è stato ricostruito mediante l'utilizzo di dati bibliografici e dal rilevamento condotto sul terreno. Non è stato possibile utilizzare indagini geognostiche poiché, in tale porzione di versante non sono presenti sondaggi realizzati nella precedente fase progettuale.

#### **5.2.3** *CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE*

Il rilevamento condotto sul terreno ha evidenziato per tale corpo franoso numerosi elementi diagnostici di movimenti in atto o recenti come scarpate di frana, terrazzi di frana, fratture nel terreno, rigonfiamenti e pali della rete elettrica inclinati. La perimetrazione effettuata in tale fase progettuale mostra come il corpo di frana sia più esteso di quello cartografato dal PAI.

Il fenomeno franoso è di tipo complesso e grazie alle evidenze riscontrate durante i rilievi di campo, risulta essere:

- Attivo (sono stati riconosciuti elementi geomorfologici di movimenti verificatisi negli ultimi anni).
- Con uno stile di attività composito (caratterizzato dalla combinazione di due o più tipi di movimenti, simultaneamente, in parti diverse della massa spostata).

- Con una distribuzione di attività in avanzamento (con la superficie di rottura che si estende nella direzione del movimento).

Per la ricostruzione dello spessore di terreno rimaneggiato coinvolto dalla frana, non avendo ancora a disposizione i sondaggi integrativi, si sono utilizzate le risultanze della campagna geofisica realizzata per la presente fase progettuale.

Le indagini geofisiche realizzate per tale area hanno previsto 3 stendimenti di tomografia di sismica a rifrazione 2D in onde P ed S (S.R.T.) per la caratterizzazione sismo-stratigrafica del terreno; la loro ubicazione è riportata in Figura 16.

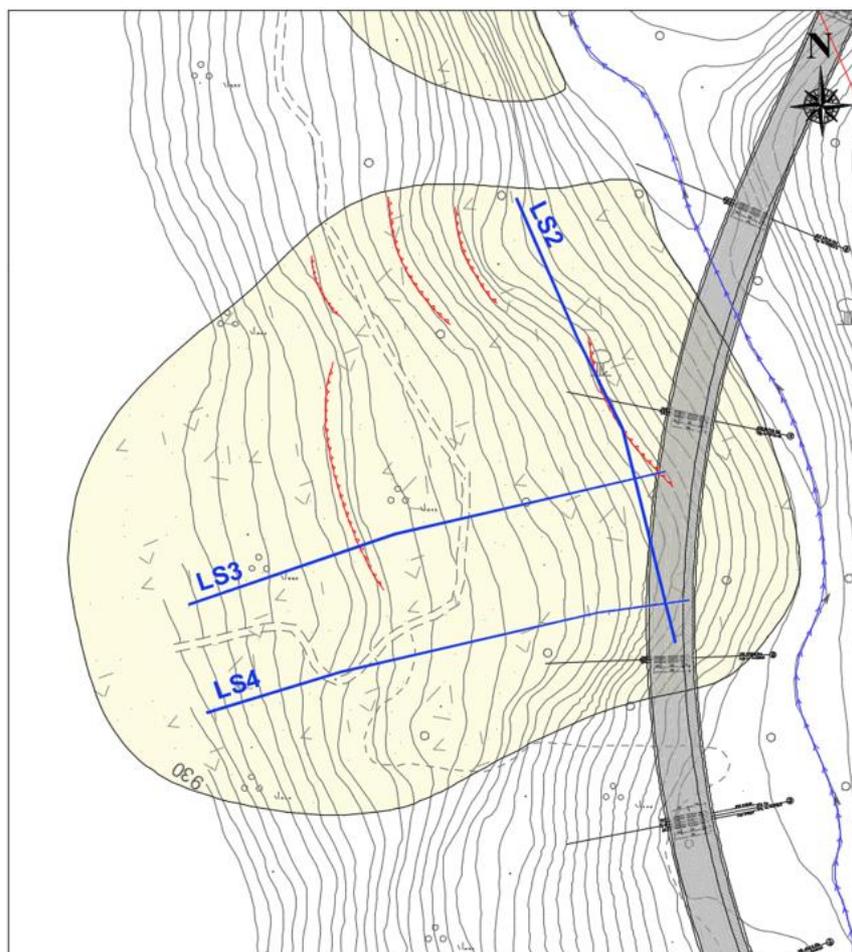


Figura 16: Stralcio della carta geomorfologica dell'area di studio raffigurante l'area di frana. In blu sono raffigurate le stese sismiche realizzate.

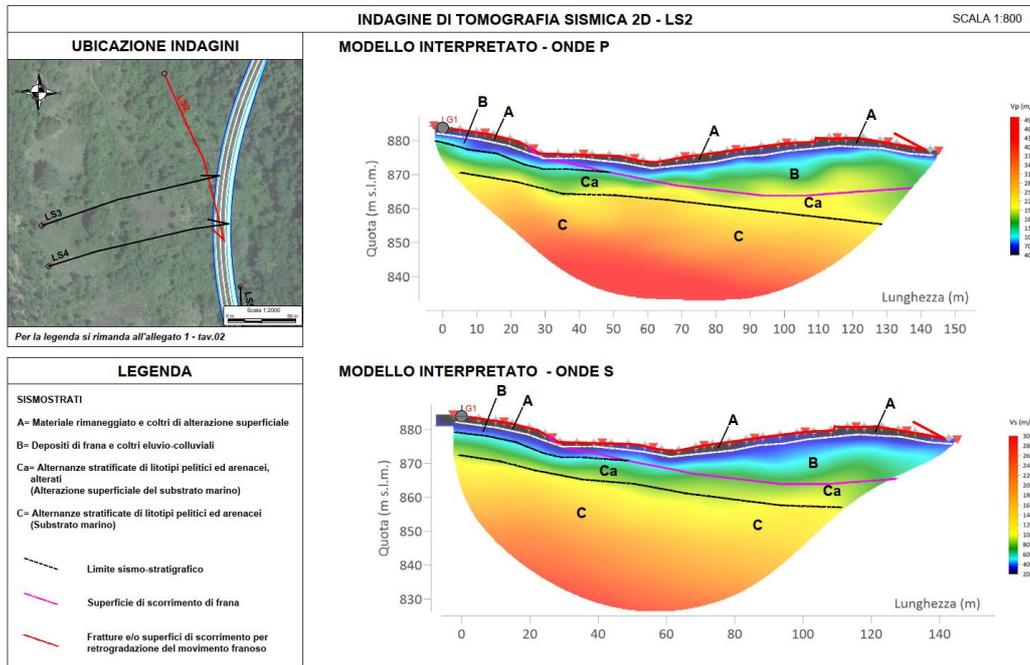


Figura 17: Indagine sismica a rifrazione LS2

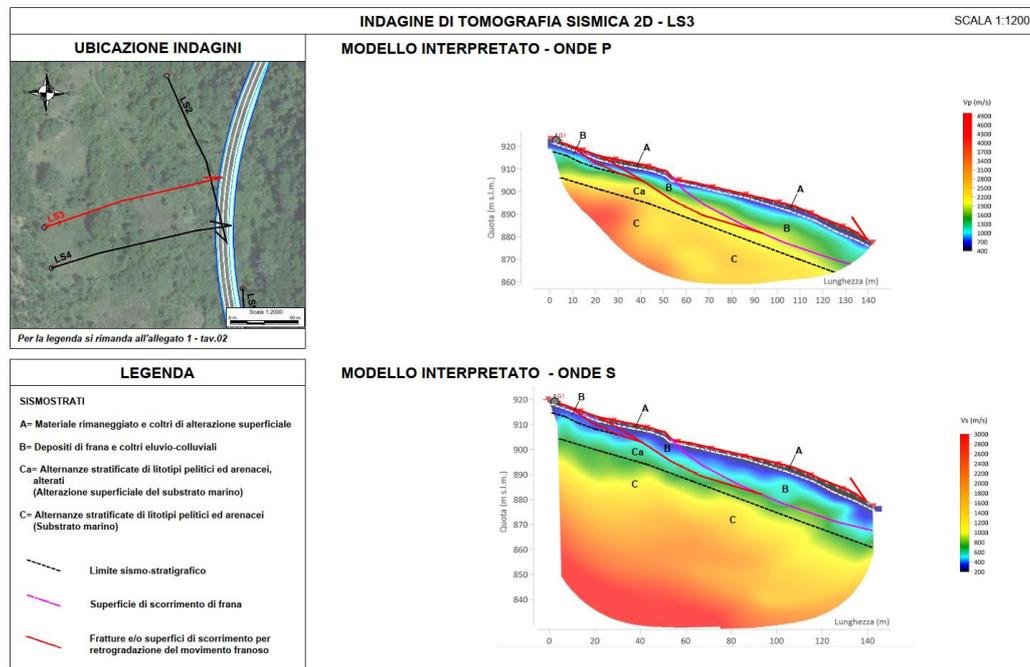


Figura 18: Indagine sismica a rifrazione LS3

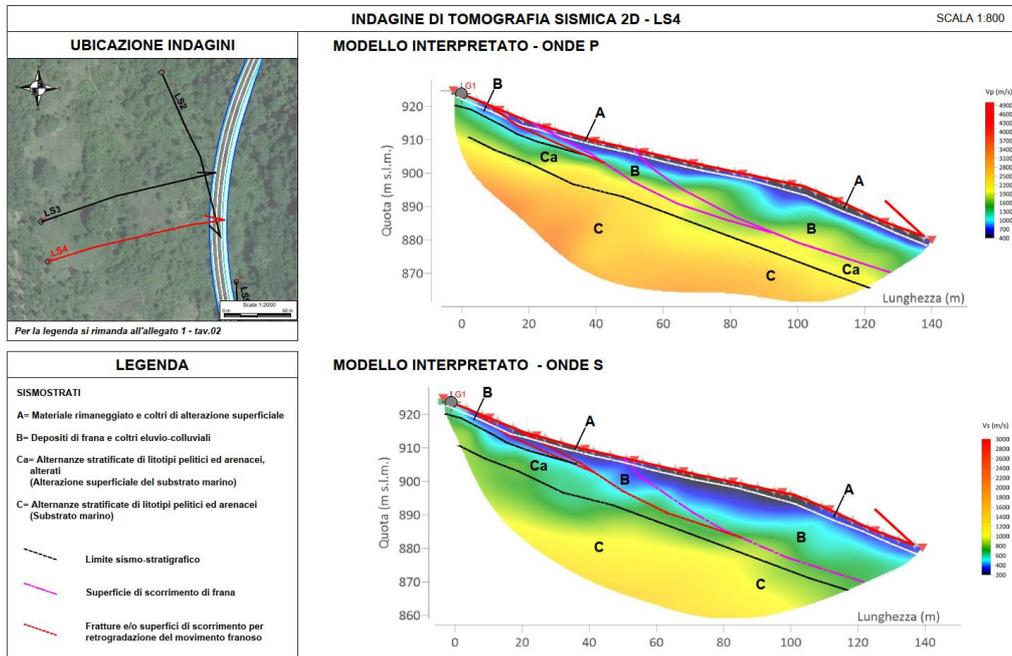


Figura 19: Indagine sismica a rifrazione LS4

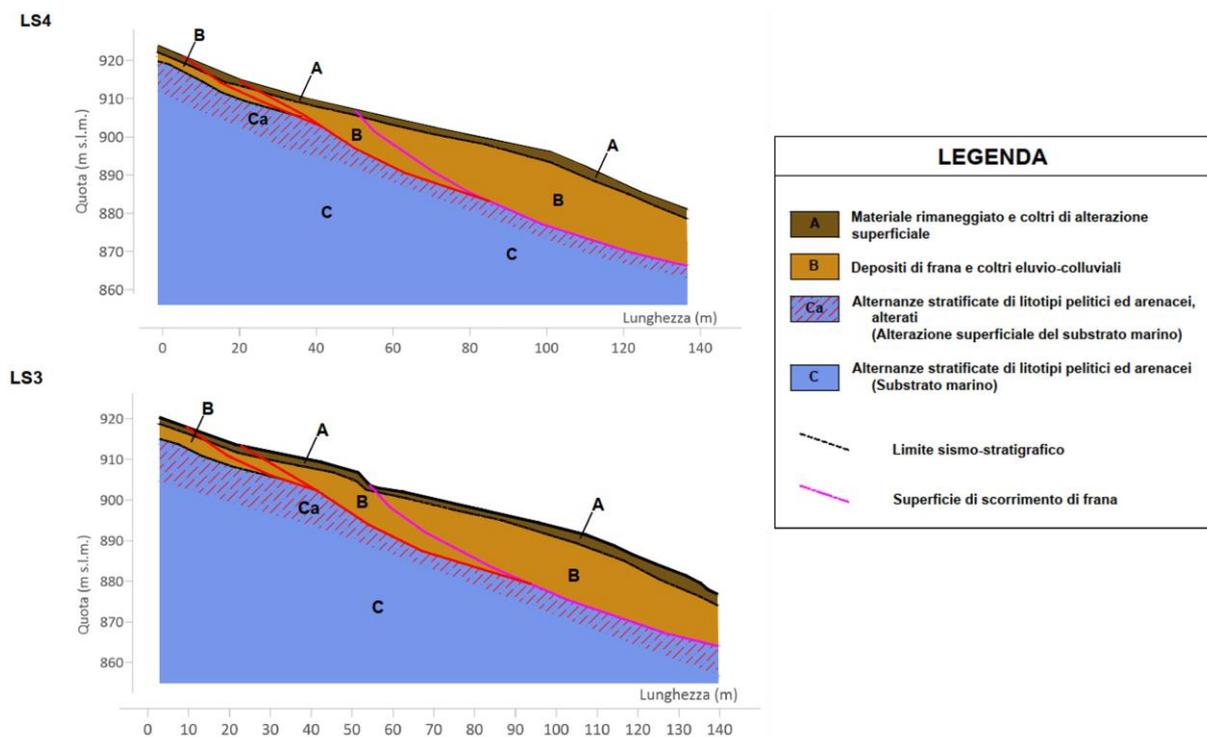


Figura 20: Modelli geologici interpretativi delle stese sismiche LS3 ed LS4.

Dall'analisi delle tomografie sismiche (Figura 17, Figura 18 e Figura 19) è stato realizzato un modello geologico interpretativo, riportato in Figura 20, il quale mostra come lo spessore di terreno rimaneggiato, possibilmente coinvolto dal movimento franoso, è compreso fra i 5 ed i 20 m. Si specifica che le indagini geofisiche possono

individuare solo porzioni di terreno di peggiori caratteristiche geotecniche che potrebbero essere associabili o potenzialmente associabili a movimenti franosi. Non si può tuttavia individuare lo spessore dell'effettivo movimento franoso e se soprattutto questa frana sia in uno stato di attività o di quiescenza.

Un'analisi definitiva e di maggiore dettaglio potrà essere effettuata una volta acquisiti i dati di indagine e monitoraggio avviati con la nuova campagna integrativa.

---

#### **5.2.4** *CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE*

Per quanto concerne la soggiacenza della falda e le condizioni idrogeologiche dell'intero versante, non avendo a disposizione né i piezometri realizzati nella precedente fase progettuale (poiché non previsti in quest'area) né i piezometri integrativi previsti in questa fase (poiché ancora da realizzare) non è possibile, allo stato attuale delle conoscenze, determinare un assetto idrogeologico locale.

---

#### **5.2.5** *CRITICITÀ PROGETTUALI E SOLUZIONI ADOTTATE*

Al fine di garantire la stabilità e la sicurezza delle aree e delle opere, il progetto definitivo prevede la realizzazione di una cuffia di pali, diametro 1200 mm, a protezione delle fondazioni sia della pila 7 che della 8.

Con tale opera si garantirà la stabilizzazione del terreno senza che questo interagisca con le fondazioni del viadotto.

## 6 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FAGLIAZIONE SUPERFICIALE

Per effettuare una corretta valutazione quantitativa della pericolosità da fagliazione superficiale delle aree prossime alle faglie potenzialmente attive e capaci (FPAC) riportate nella Carta Geologica (cod. elaborato TO0GE00GEOCG01A) si è proceduto nell'effettuare inizialmente una ricerca bibliografica più approfondita riguardo all'assetto tettonico dell'area di studio e successivamente si è effettuata una rivalutazione critica delle strutture tettoniche cartografate.

Dalla consultazione di articoli scientifici inerenti l'evoluzione tettono-stratigrafica del bacino di Amatrice (Vignaroli et al., 2019 e Vignaroli et al., 2020) si evince come l'assetto tettonico riportato nella carta Geologica di PD sia concorde e conforme con quanto riportato dagli autori (Figura 21).

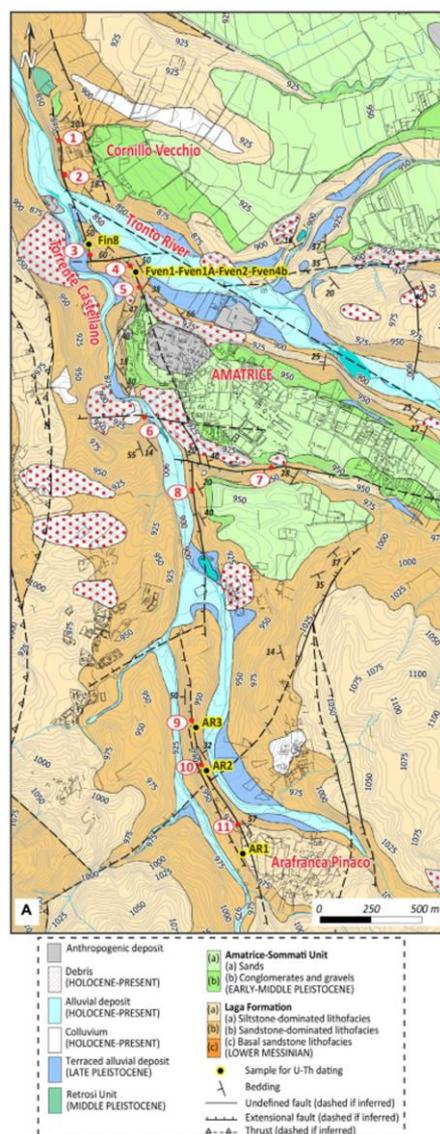


Figura 21: Carta geologico strutturale del sistema di faglia di Amatrice (Vignaroli et al., 2020)

Vignaroli et al., considerano il sistema di faglia di Amatrice come una struttura minore che ha accomodato la deformazione tettonica al tetto del sistema di faglia principale dei Monti della Laga. Gli autori propongono un modello di evoluzione del sistema di faglia di Amatrice, in un periodo che coinvolge l'intero Pleistocene. Gli autori non escludono tuttavia, che durante l'Olocene tale sistema di faglia possa aver subito delle piccole riattivazioni. Tali studi, pertanto, non risultano essere conclusivi e completamente esaustivi riguardo alla definizione dell'attività tardo quaternaria-recente del sistema di faglia di Amatrice.

Tuttavia, dall'analisi della Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica di terzo livello del Comune di Amatrice, Figura 22, si deduce non solo come il sistema di faglie cartografato sia concorde con quanto riportato in letteratura (Vignaroli et al., 2019 e 2020) e nella carta geologica di PD ma anche la definizione dell'attività di ogni singolo elemento tettonico mappato.

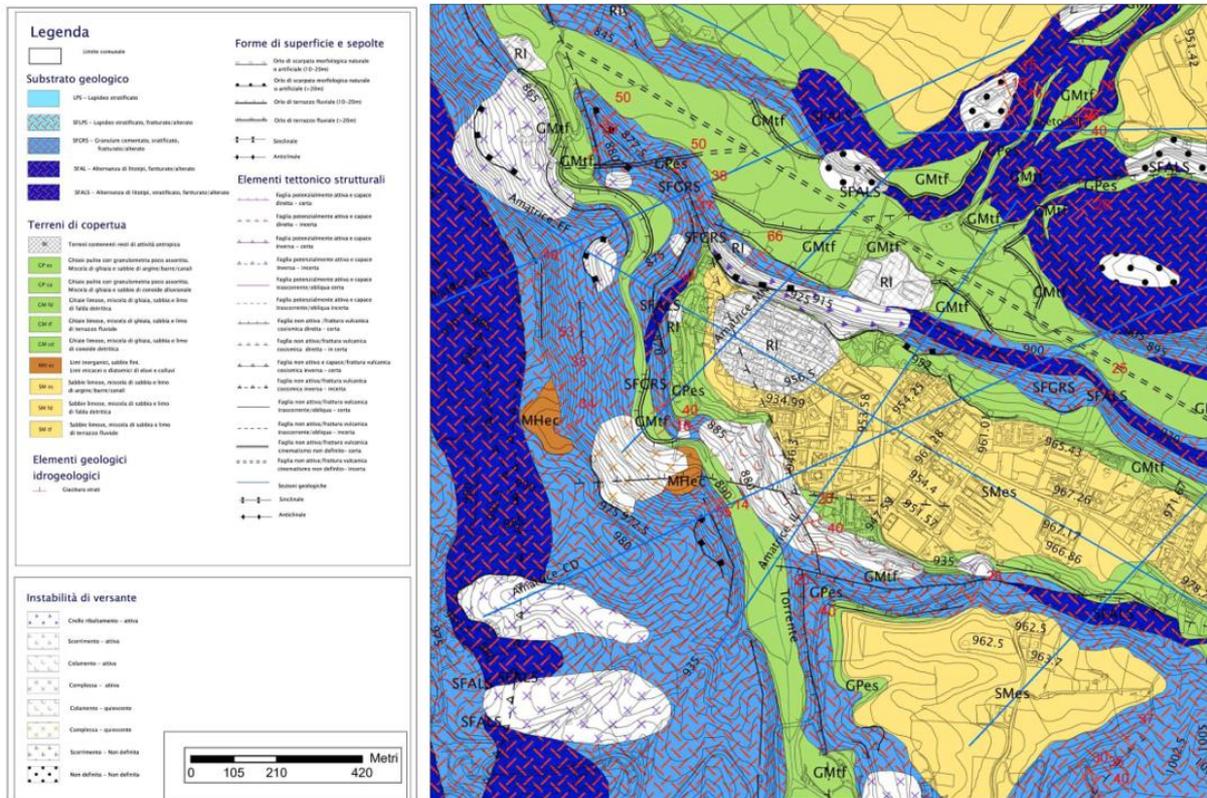


Figura 22: Carta Geologico Tecnica - MZS 3 livello del Comune di Amatrice

Da come riportato in tale cartografia ufficiale, tutti gli elementi tettonici interferenti con l'area di studio risultano essere inattivi.

Pertanto, le faglie caratterizzate nella carta geologica (cod. elaborato T00GE00GEOCG01A) come FPAC, ovvero faglie per le quali gli studi dimostrano un coinvolgimento dei terreni del Pleistocene medio-superiore, ma non necessariamente di depositi più recenti di 40.000 anni, dovranno essere declassate a faglie non attive.

Perciò, data la loro non attività, queste non costituiranno criticità geologiche ai fini dello studio di compatibilità dell'opera.

## **7 VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA**

Il presente capitolo intende formulare una valutazione di compatibilità dell'intervento in progetto con il quadro geologico-territoriale ricavabile dagli strumenti di pianificazione territoriale, e dalle relative norme di attuazione, con particolare riferimento ai seguenti documenti consultati:

- Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Tronto (Legge n. 183 del 18.05.1989, e s.m.i) – Norme Tecniche di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Tronto (2007);
- Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Tronto. Carta del dissesto e delle aree esondabili. Tavola 10/43 (2022);
- Comune di Amatrice (RI) – Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (El. 2.3.2) e Carta Geologico Tecnica (El. 2.3.4) allegate allo Studio di Microzonazione Sismica di terzo livello del territorio comunale (2020);
- Dipartimento della Protezione Civile – Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC). (2015).

Per quanto riguarda gli aspetti inerenti le criticità geologico-geomorfologiche interferenti con l'opera di progetto, il rilievo di terreno assieme alla fotointerpretazione e all'analisi critica dei lavori presenti in letteratura ha evidenziato un contesto geologico-geomorfologico generale dell'area di studio relativamente stabile, sebbene siano presenti due evidenze di fenomeni gravitativi, uno quiescente ed uno attivo, interferenti con le opere di progetto.

Pertanto, sulla scorta di quanto sopra descritto, per valutare la compatibilità del viadotto di progetto con le due aree instabili, è stato effettuato per ciascuna interferenza un rilievo geologico-geomorfologico in scala di dettaglio per ciascuna area perimetrata dal PAI e per ciascun movimento franoso riconosciuto.

Per quanto fin qui esposto si ritiene che gli interventi di progetto siano compatibili con le condizioni geomorfologiche locali e con le disposizioni delle NtA del PAI; in quanto saranno necessari a garantire la stabilità e la sicurezza delle aree e delle opere in progetto e non concorreranno ad aumentare il rischio da frana.