AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DELL'AQUILA

SETTORE VIABILITA'

Via Saragat Loc. Campo di Pile, 67100 L'Aquila

DIRIGENTE DEL SETTORE Ing. Nicolino D'Amico

COESIONE ITALIA 21-27 ABRUZZO

ACCORDO PER LA COESIONE 2021-2027

FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione

Fondo di Sviluppo e Coesione 2021-2027 *Delibera CIPESS n. 15 del 23/04/2024 - Accordo per la Coesione Governo - Regione Abruzzo.* **INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLE STRADE PROVINCIALI.**

CUP : F37H24000030001

I Progettisti :

BRANDI SOCIETÀ D'INGEGNERIA
(mandataria)
Ing. Roberto Brandi

INGEGNERIA GEOLOGIA AMBIENTE TECNOSOIL ENGINEERING s.r.l.
(mandante)
Geol. Eustachio Pietromartire

GEOCART PROFESSIONAL SERVICE S.R.L.
(mandante)
Geom. Nicola Mantini

LIMES SOCIETA' COOPERATIVA
(mandante)
Archeol. Hermann Borghesi

STUDIO TECNICO ING. TARABORRELLI B.
(mandante)
Ing. Taraborrelli Bellafronte Angelo

STUDIO TECNICO AGRONOMICO DOTT. NICOLA TAVANO *(mandante)*
Dott. Nicola Tavano

"ORANGES & DI CARMINE ASSOCIATI"
(mandante)
Arch. Maurizio Oranges

SGAI S.R.L. di E. Forlani & C.
(ausiliaria)
Ing. Andrea Forlani

Il Responsabile del Progetto:
Ing. Ghizzoni Angela

Approvazioni:

PROGETTO ESECUTIVO (D.Lgs. 36/2023 - All. I-7)

C - ELABORATI SPECIALISTICI

SUB-INTERVENTO 1.1 - SP86 DEL VASTO

Tavola/Allegato	*C2*	**Relazione geologica**			
Codice commessa	*T2502*	*Data di emissione* *Dicembre 2025*	*Rev* *01*	*Scala*	*Formato* *doc*
Codice elaborato	*ES2*	*Redatto* *Pietromartire E.*	*Controllato* *Pietromartire L.*	*Approvato* *Brandi R.*	

Dicembre 2025	*Brandi R.*	*Revisione*
Novembre 2025	*Brandi R.*	*Emissione Progetto Esecutivo*
Data	*Operatore*	*Descrizione*

I N D I C E

I N D I C E 1
1. INTRODUZIONE 2
2. METODOLOGIA D'INDAGINE 5
3. INQUARAMENTO GEOGRAFICO 6
4. CARATTERI GEOLOGICI 8
5. ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO 15
6. CARATTERI IDROLOGICI ED IDROGEOLOLOGICI 19
7. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA 22
8. SISMICITA' DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE 24
8.1 SISMICITA' STORICA 24
8.2 LA CRISI SISMICA DEL 6 APRILE 2009 24
8.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO REGIONALE 25
9. CONCLUSIONI 30

ALLEGATI

- CARTA TOPOGRAFICA (SCALA 1:50.000)
- CARTA COROGRAFICA (SCALA 1:5.000)
- CARTA GEOLOGICA (CARG, SCALA 1:50.000)
- CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO (SCALA 1:2.000)
- CARTA GEOMORFOLOGICA (PAI, SCALA 1:5.000)
- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PAI, SCALA 1:5.000)
- CARTA DEL RISCHIO (PAI, SCALA 1:5.000)
- CARTA DI LOCALIZZAZIONE DEI PERICOLI DA VALANGA (C.L.P.V)
- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (PSDA, FUORI SCALA)
- CARTA DELLE PENDENZE
- RAPPORTO DI INDAGINE
- RILIEVO GEOSTRUTTURALE
- SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico, geomorfologico, geologico-tecnico, idrogeologico e sismico a supporto del progetto di: **"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLE STRADE PROVINCIALI –INTERVENTO FUNZIONALE 1: SUB-INTERVENTO 1.1-SP86 DEL VASTO"** Commissionato dalla Provincia dell'Aquila.

La SP86 è ubicata nel territorio comunale dell'Aquila, nella porzione nord-orientale come da stralcio di carta satellitare di seguito riportato:



Figura 1:Ubicazione aree intervento funzionale 1: sub-intervento 1.1-SP86.

Lungo la SP86 sono state riscontrate criticità puntuali riconducibili in prima istanza alla loro collocazione geografica in corrispondenza dell'area montuosa del massiccio del Gran Sasso.

In particolare, visto il contesto montuoso caratterizzato da elevate escursioni termiche, le aree sono soggette ad effetti criologici che si riflettono sull'ammasso

roccioso provocando allentamenti dei giunti di strato e delle fratturazioni la cui evoluzione può causare crolli di blocchi rocciosi anche di grandi volumi.

Secondo quanto riportato nella relazione tecnica entrambi l'asse viario presenta un rischio molto elevato per quanto riguarda l'evoluzione dei fenomeni valanghivi e sono state rilevate criticità inerenti l'inadeguatezza di alcune barriere stradali. In particolare il primo chilometro della SP86 è stato interessato da fenomeni di rilevante entità.

Pertanto, a fronte delle problematiche riscontrate, al fine di definire puntualmente l'assetto stratigrafico e definire le caratteristiche fisico meccaniche dei depositi presenti è stata pianificata una campagna di indagine sito specifica che prevedrà l'esecuzione delle attività di seguito brevemente elencate:

SP86

- n.1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a -20.0 m da p .c.
- n. 1 indagine sismica di tipo MASW;
- Esecuzione di n.1 stop di rilievo geomeccanico finalizzato alla caratterizzazione delle condizioni geologiche e strutturali degli ammassi rocciosi ed alla valutazione del comportamento meccanico.

Le indagini così pianificate consentiranno la definizione del modello geologico-tecnico finalizzato alla pianificazione degli interventi di messa in sicurezza delle aree interessate dalla problematiche sopra brevemente descritte.

La normativa nazionale e regionale di riferimento è la seguente:

- *D.M. 11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*
- G.U. n. 29 del 04 febbraio 2008;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori *Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"* (Gazzetta Ufficiale del 26.02.2009 n. 47, supplemento ordinario n. 27).

- D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni.

- *L.R. 26 Ottobre 1992 N°93 "Norme per lo snellimento di procedure per gli interventi di costruzione riparazione, sopraelevazione e ampliamento nelle zone dichiarate sismiche ai sensi della legge 2 febbraio 1974, n.64."*

- Legge Regionale 11 Agosto 2011, n. 28 – Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche.

- *D.M. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";*

- *O.P.C.M. 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".*

- *O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 "criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G.U. n.108 del 11/05/2006).*

- *O.P.C.M. 13 novembre 2010, n.3907 pubblicata nella G.U. 1° dicembre 2010, n.281, S.O.*

- *Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture "Norme tecniche per le costruzioni" (GU n.29 del 04/02/2008).*

- *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geognostiche e geotecniche (A.G.I., 1977).*

- *L.R. 16.09.1998 n.81 e L.R. 24.08.2001 n.43 – Servizio Difesa del Suolo – Autorità dei Bacini Regionali – "piano di stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale abruzzesi e del bacino interregionale del fiume Sangro - Fenomeni gravitativi e processi erosivi e Difesa alluvioni*

- *Delibera Regione Abruzzo del 05.11.2007 n. 1049, in particolar modo a quanto contenuto nell'Allegato F "Specifiche tecniche in materia di scarpate" richiamato nell'art. 20 delle misure di salvaguardia parte integrante della deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità dei Bacini di rilievo regionale n. 8 del 31.07.2007 pubblicato nel BURA n. 66 23.11.2007.*

- *UNI EN 1997 – 1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali*.

- *UNI EN 1998 – 5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.*

2. METODOLOGIA D'INDAGINE

Per acquisire le conoscenze anticipate in premessa, ricostruire l'assetto geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, litostratigrafico e sismico si è predisposta una metodologia di lavoro per step successivi, propedeutici e consequenziali. Lo studio è stato quindi condotto attraverso le seguenti fasi:

- Sopralluoghi preliminari;
- Reperimento di materiale bibliografico (*cartografia topografica in scala 1:25.000 e 1:5.000, geologica da varie fonti e dal Servizio Geologico d'Italia, geomorfologica e pubblicazioni scientifiche*);
- Ricerca, presso i nostri archivi, di indagini geologiche, studi e rilievi geologici - geomorfologici svolti in precedenza nella stessa zona e in aree limitrofe;
- Rilevamento geologico e geomorfologico;
- Campagna di indagine geognostica e geofisica;
- Realizzazione di cartografia georeferenziata;
- Elaborazione e interpretazione dei dati bibliografici, di rilevamento e della campagna di indagine;
- Redazione dello studio.

Pertanto al fine di avere un quadro esaustivo dell'assetto litostratigrafico dell'area in esame, come anticipato in premessa, è stata pianificata e sarà eseguita una campagna di indagine sito specifica in corrispondenza della SP86.

L'indagine geognostica è stata articolata in modo tale da rilevare la successione dei terreni e definire i parametri geotecnici occorrenti per la progettazione degli interventi.

3. INQUARAMENTO GEOGRAFICO

L'area in oggetto ricade all'interno della parte più montuosa del territorio abruzzese. Essa si individua nel complesso dominio dell'Appennino centrale, in corrispondenza delle propaggini sud occidentali del massiccio del Gran Sasso d'Italia avente direzione E-W.



Figura 2- Inquadramento geografico dell'area di studio, immagine da Google Earth.

Nella cartografia regionale la SP86 è inserita nel foglio n. 349 Ovest in scala 1:25.000 (Regione Abruzzo, 2000) ed in riferimento alla Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5.000, il sito di progetto è individuato nell' elemento n. 349144.

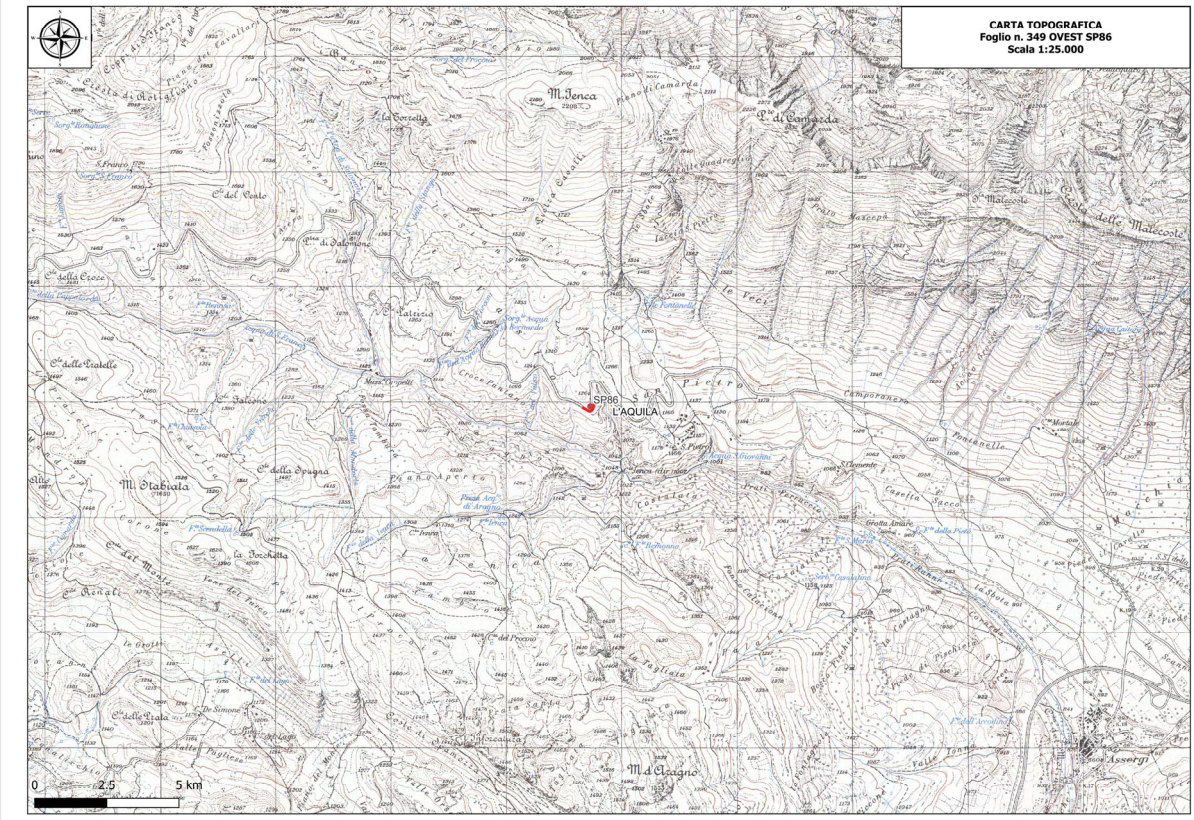


Figura 3-Stralcio carta topografica in scala 1:25.000 SP86.

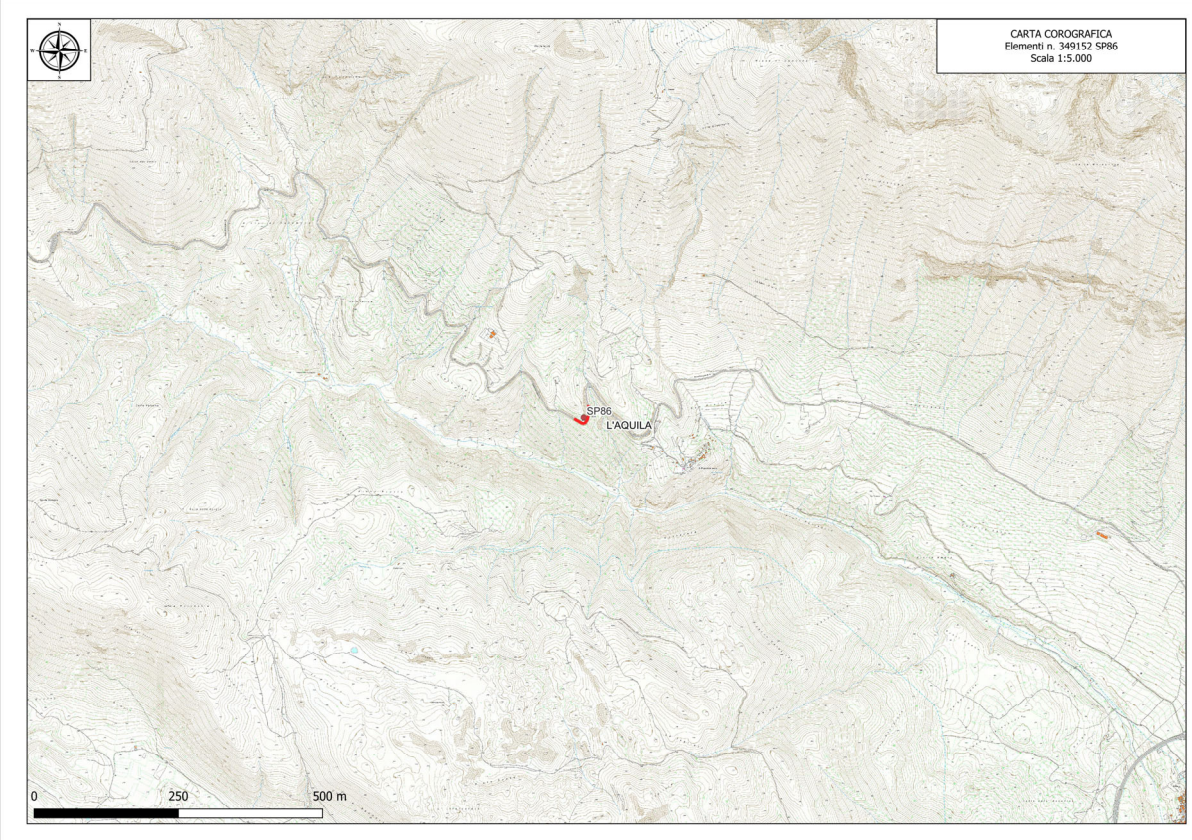


Figura 4: Stralcio cartografico CTR 5.000 riferita alla SP86.

4. CARATTERI GEOLOGICI

L'area de L'Aquila fa parte del settore a crosta continentale del blocco Adriatico ad affinità africana, e più in particolare del segmento più esterno dell'Appennino centrale, di cui rispecchia le caratteristiche geologiche ed il trend evolutivo paleogeografico e tettonico.

Il comune dell'Aquila comprende il fondovalle Aterno e le pendici meridionali del Gran Sasso e dei Monti di Assergi, Camarda e Aragno.

Tale settore si è strutturato in un edificio a thrust, costituito dalla sovrapposizione tettonica di unità appartenenti a diversi domini paleogeografici, su cui successivamente si sono impostati bacini satelliti, discordanti sul substrato deformato e spesso a loro volta successivamente inglobati nel dominio di catena.

Le successioni affioranti dell'Unità di M.Cefalone sono costituite prevalentemente da litofacies mesozoche del Giurassico superiore-Cretaceo di piattaforma carbonatica. Queste sono riferibili in genere ad un ambiente di piattaforma interna ed affiorano in tutto il settore centro-settentrionale ed orientale, mentre verso nord e nord-ovest si sviluppano facies da marginali a scarpata prossimale. Caratteristica delle aree più interne è la presenza di depositi bauxitici e della estesa "lacuna paleogenica".

Dopo la lacuna paleogenica, a dimostrazione di una continua evoluzione strutturale dell'area, la sedimentazione riprende, nel Miocene inferiore, con depositi carbonatici da piattaforma aperta a rampa distale, che poggiano, in evidente discordanza, sui diversi termini della successione cretacica.

Il settore viene inglobato nel dominio di avanfossa nel Messiniano inferiore con la sedimentazione di torbiditi silicoclastiche.

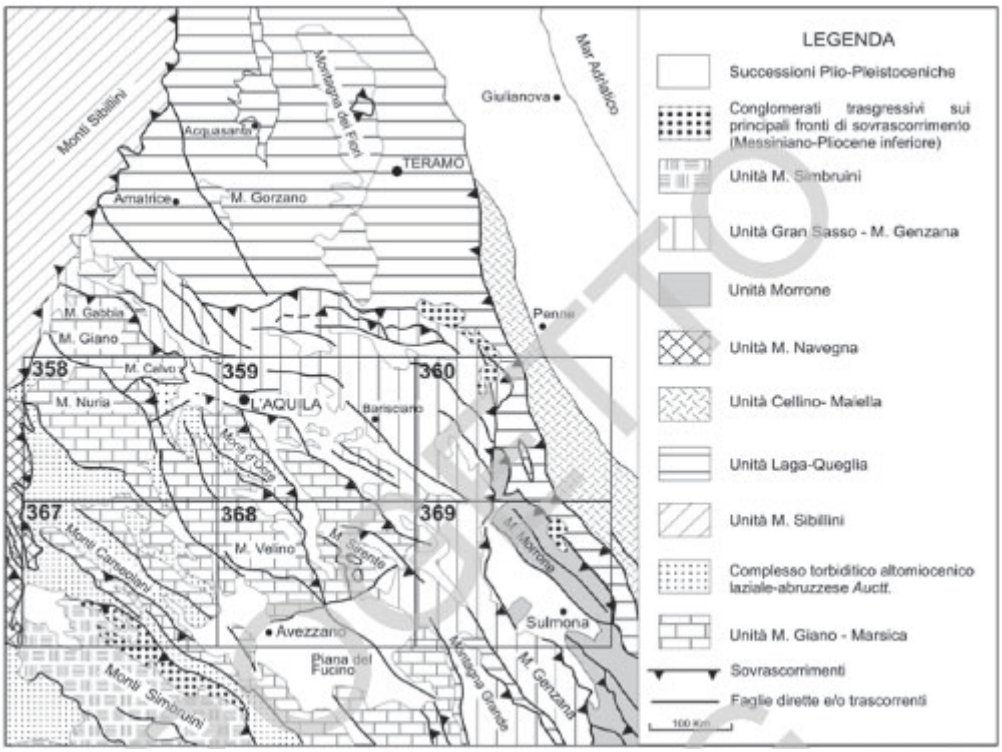


Figura5 – Schema della unità strutturali dell'Appennino Centrale.

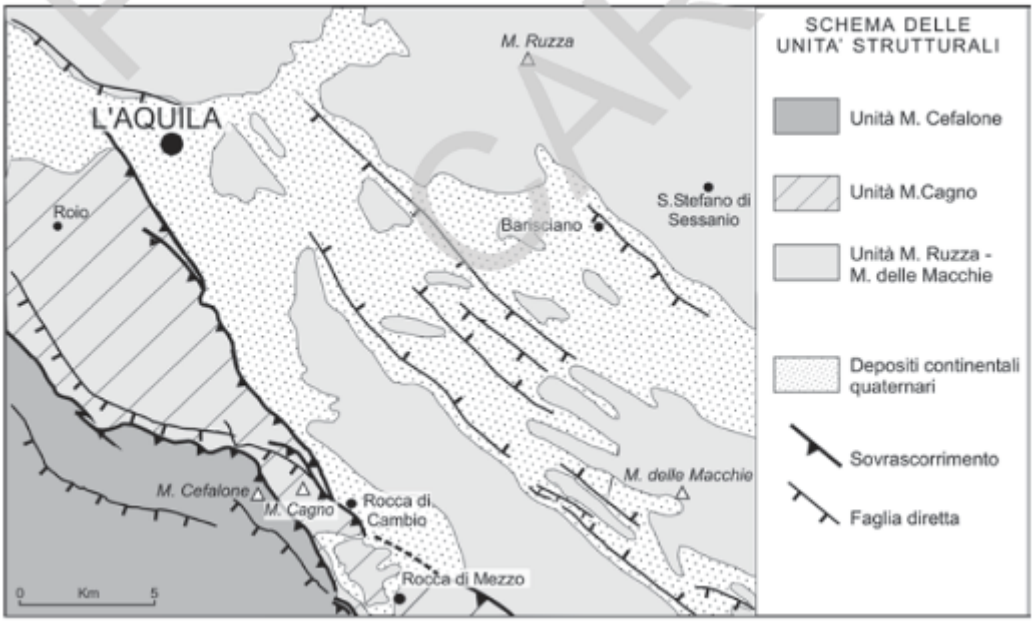


Figura 6 - Schema delle unità strutturali.

L'Unità di M. Cagno è caratterizzata da termini cretacici di piattaforma sui quali poggiano, in leggera discordanza angolare, i litotipi medio-miocenici delle calcareniti a briozoi.

L'unità M.Ruzza- M.delle Macchie, dove sono inserite la SR17BIS e la SP86, è costituita invece da un insieme di successioni che evidenziano un'organizzazione spazio temporale dei paleoambienti sedimentari assai più variabile e che riflette gli effetti della tettonica sin sedimentaria di questo settore.

Nella porzione centro-meridionale dell'unità affiorano depositi mesozoici di piattaforma carbonatica, con facies da interne a marginali mentre nell'estrema porzione centro-settentionale si sviluppa, già dal Lias medio, una successione di bacino pelagico. Nella fascia compresa tra le due aree, invece, a depositi mesozoici di piattaforma carbonatica, prevalentemente marginali, si sovrappongono facies paleogenico-mioceniche da rampa a scarpata prossimale. Le numerose discordanze rinvenute all'interno di quest'ultima successione, con depositi da scarpata sovrapposti a termini più antichi, chiaramente basculati ed erosi, mettono nettamente in evidenza una notevole articolazione strutturale dell'area durante il Paleogene-Miocene. Anche questo settore viene inglobato nel dominio di avanfossa durante il Messiniano basale, con la deposizione di torbiditi silicoclastiche nella parte alta delle calcareniti di M.Fiore. Il coinvolgimento in catena nel Messiniano superiore è evidenziato invece dalla deposizione dei conglomerati di M.Coppe depostisi in un bacino al di sopra di un settore che ha subito una prima e notevole deformazione a pieghe e sovrascorrimenti.

Nello specifico l' area in studio è inserita nelle propaggini meridionali del Gran Sasso e ricadono entrambi nel Foglio 349 "Gran Sasso" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Progetto CARG).

Di seguito si riporta una breve descrizione dei depositi presenti, dal più recente al più antico, rispettivamente presenti in corrispondenza dei due tratti di strada.

SP86

SINTEMA DI VALLE MAJELAMA (AVM)

Nell'area sono presenti depositi detritici di falda tipici depositi alla base di ripidi versanti calcarei. Si tratta di brecce eterometriche con clasti da angolari a sub-angolari con contenuto variabile di matrice sabbioso-siltosa bruno-rossastra, più o meno stratificate e cementate. (**AVM_{a3}**) Pleisto*cene*

MARNE CON CERROGNA (CRR)

Costituita da marne, marne-calcaree grigie e grigio-avana, e marne argillose a foraminiferi planctonici, con intercalazioni di calcareniti in strati medi. (Langhiano-Tortoniano)

UNITÀ SPONGIOLITICA (SPT)

Costituita da strati e banchi di calcareniti grigio-verdastre ed avvana con liste e noduli. (Aquitano-Burdigaliano)

SCAGLIA ROSSA (SAA3)

Costituita da calcari micritici con intercalazioni di calcareniti fini. (Turoniano-Luteziano).

SCAGLIA DETRITICA (SCZ)-MEMBRO CALCARENITICO-CALCIRUDITICO

Nell'area è presente il membro basale della scaglia detritica **SCZ_3** rappresentata da strati medio/spessi di packstone e rudstone bianchi, dolomitizzati e dall'aspetto cristallino, talvolta amalgamati in banconi decimetrici. La litologia dominante è rappresentata da calcareniti e calciruditi bianche, con grossi frammenti di rudiste, pebbly mudstone e rara selce bruna in noduli e frammenti. *Cenomaniano*

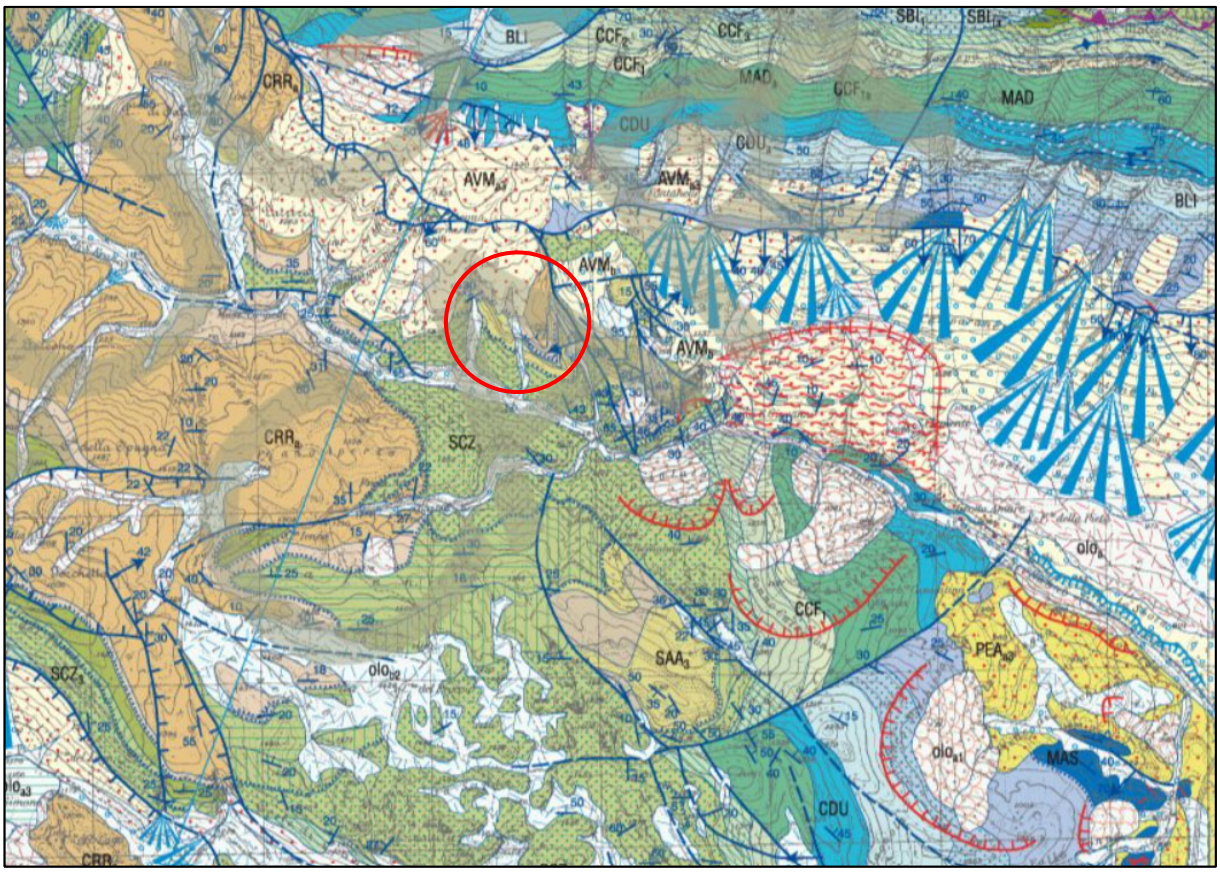


Figura 7: Stralcio Carta Geologica Progetto CARG-Foglio n. 349 "Gran Sasso". Intervento 1 SP86.

a3 detrito di falda

SINTEMA DI VALLE MAIELAMA

Depositi di versante (a) e detriti di falda (a_3) generalmente stratificati e cementati costituiti da ghiaie e brecce con clasti angolosi e subangolosi, poligenici, eterometrici, prevalentemente calcarei o arenacei in base alle litologie dominanti e locali intercalazioni di livelli sabbioso-siltosi e paleosuoli di colore da nero a bruno-giallastro o con forti caratteri andici dove sono presenti livelli piroclastici. Spessori fino a 150 m.

AVM

Depositi di conoide alluvionale o fluvioglaciale ghiaioso sabbioso, con dimensioni dai blocchi alle sabbie grossolane, da massivi a stratificati con strati da molto spessi a sottili e stratificazioni incrociate planari e a truogolo, associati a depositi glaciali, e depositi di piana alluvionale composti da ghiaie, sabbie e silt, con stratificazione incrociata planare e a truogolo o massive. Le ghiaie hanno clasti da arrotondati a sub-angolosi di dimensioni da centimetriche a decimetriche nelle piane alluvionali e fino alle dimensioni dei blocchi nelle conoidi alluvionali, cementazione variabile (generalmente alta nei settori montani)(b). Spessore massimo 20 m.

Till indifferenziato costituito da depositi eterometrici massivi o grossolanamente stratificati, con dimensioni dai blocchi alle ghiaie fini, clasti da angolosi a sub-arrotondati, comunemente molto cementati (c_1). Spessore fino a 30 m. Giacciono in discordanza sul sintema più antico e talora su un paleosuolo fersiallitico (suolo Eemiano).

PLEISTOCENE sup.

MARNE CON CERROGNA



Marne, marne-calcaree grigie e grigio-avana, e marne-argillose a foraminiferi planctonici, con intercalazioni di calcareniti in strati medi a granulometria da molto fine a media (CRR$_a$). Calcareniti e calciruditi flussotorbiditiche in strati e banchi, di colore grigio e nocciola, con resti spongolitici e glauconite rimaneggiata, e marne calcaree di colore grigio (CRR$_b$) si intercalano nella serie. Verso il basso è presente un intervallo di prevalenti calcareniti massicce a pectinidi, lamellibranchi e ostreidi. Lo spessore varia da un minimo di 90 m ad un massimo di 750 metri. L'ambiente di deposizione è di rampa distale - avampaese.
LANGHIANO - TORTONIANO p.p.

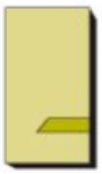
UNITA' SPONGOLITICA



Strati e banchi di calcareniti grigio-verdastre ed avana tipo *grainstone*, talora *rudstone* (SPT$_a$), con liste e noduli di selce avana e talvolta nera, localmente sono prevalenti litologie calcareo marnose o livelli spongolitici. Abbondanti granuli glauconitici. Lo spessore della formazione varia da pochi metri a circa 150 m. L'ambiente è di rampa distale. Dalla biozona SBZ24 alla biozona SBZ25.
AQUITANIANO - BURDIGALIANO

SCAGLIA ROSSA

Calcari micritici generalmente rossi o con intercalazioni di fini calcareniti. Verso l'alto aumenta la componente marnosa. Abbondante selce rossa o bruna. Lo spessore varia da pochi metri a circa 350 metri. L'ambiente è di base di scarpata-bacino, rampa distale. Comprende la biozona a *M. sigali* e *D. primitiva* fino alla biozona P11 a *Gtk. subconglobata*.
TURONIANO p.p. – LUTEZIANO p.p.



membro superiore (SAA$_3$)
Livelli di micriti rosse con selce rossa in strati decimetrici, cui si intercalano livelli decimetrici di calcareniti con frammenti di rudiste e macroforaminiferi (discocycline e nummuliti). Al suo interno possono intercalarsi livelli di brecce spessi alcuni metri e a geometria lenticolare (SAA$_{3a}$). A Rio Arno, il membro contiene il passaggio Cretacico -Terziario in continuità di



membro calcarenitico-calciruditico a frammenti di rudiste (SCZ$_3$)
Strati medio/spessi di *packstone* e *rudstone* bianchi, dolomitizzati e dall'aspetto cristallino, talvolta amalgamati in banconi decametrici (SCZ$_{3a}$). La litologia dominante è caratterizzata da calcareniti e calciruditi bianche, con grossi frammenti di rudiste, *pebbly mudstone* e rara selce bruna in noduli e frammenti.
Parte sommitale della biozona a *Rotalipora* e *Orbitolina* di CHIOCCHINI *et alii* (2006).
CENOMANIANO p.p.

LINEAMENTI TETTONICI

L'area viene indicata con il toponimo "Conca dell'Aquila" che rappresenta una estesa depressione di origine tettonica racc hiusa tra alti rilievi di rocce carbonatiche di età meso-cenozoiche riferibili a vari paleoambienti sedimentari (facies) della piattaforma carbonatica laziale-abbruzzese, al "Bacino prossimale" ed a rocce terrigene arenaceo-marnose.

Nel settore occidentale della Conca, al margine NE, il perimetro è delimitato a nord dalla dorsale Torretta e Monte Soffiavento, allungati in direzione est-ovest e formati da calcari micritici e calcari marnosi cenozoici suddivisi in strati immergenti a nord-est. L'importante massa rocciosa di M.Pettino, dislocata per effetto di un'importante faglia diretta a direzione NW-SE che ha interessato i calcari micritici e le calciruditi cretaciche, costituisce, insieme a M. Castelvecchio e Colle S. Onofrio il fianco orientale della piana che ad occidente è chiusa dalle pendici dei rilievi di Sella di Corno dove affiorano i calcari marnosi miocenici. La faglia di Monte Pettini, attiva e capace presenta un rateo di movimento verticale secondo vari autori (Galadini e Galli n.d.r.) stimabile tra 0.47-0.86 mm annui.

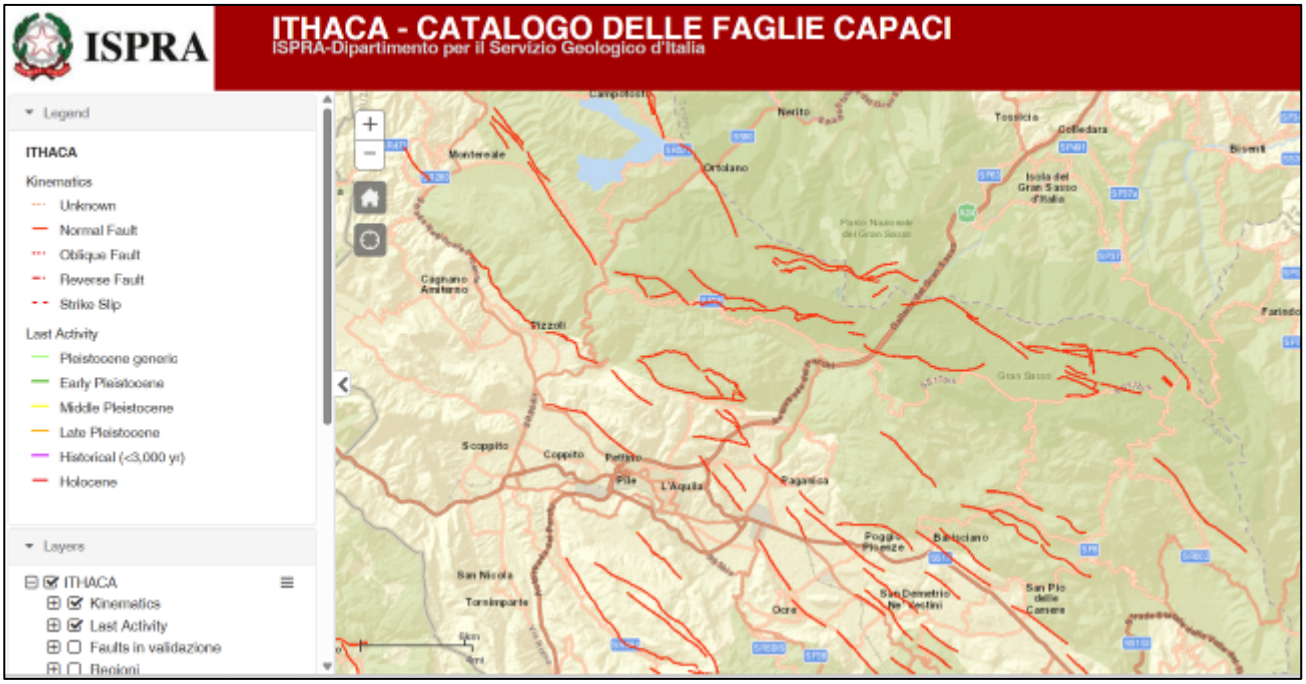


Figura 8: Schematizzazione del sistema di faglie presenti nelle aree in studio. Tratto dal catalogo delle faglie attive e capaci dell'ISPRA.

5. ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'aspetto morfologico della zona risulta condizionato direttamente dall'assetto geologico-strutturale e dal grado di erodibilità dei litotipi. Difatti la diversa natura dei litotipi affioranti si riflette sulle forme morfologiche a testimonianza di una risposta differenziata all'azione di modellamento degli agenti esogeni. A zone erte ed accidentate a marcata acclività, con pareti sub-verticali, sviluppate in corrispondenza delle dorsali calcaree, si contrappongono aree decisamente più dolci in corrispondenza degli affioramenti o depositi terrigeni.

Infatti la geomorfologia delle pendici meridionali del Gran Sasso è il risultato dell'interazione tra litologia, tettonica attiva e modellamento climatico (soprattutto glaciale e carsico). Si tratta di una zona estremamente varia e spettacolare, che scende verso la conca aquilana e presenta forme legate a processi tettonici, carsici, gravitativi e fluviali.

La SP86 è ubicata in un'area montuosa e quote altimetriche pari a circa 1220 m s.l.m. caratterizzata da elevate pendenze come visibile dallo stralcio cartografico di seguito riportato:

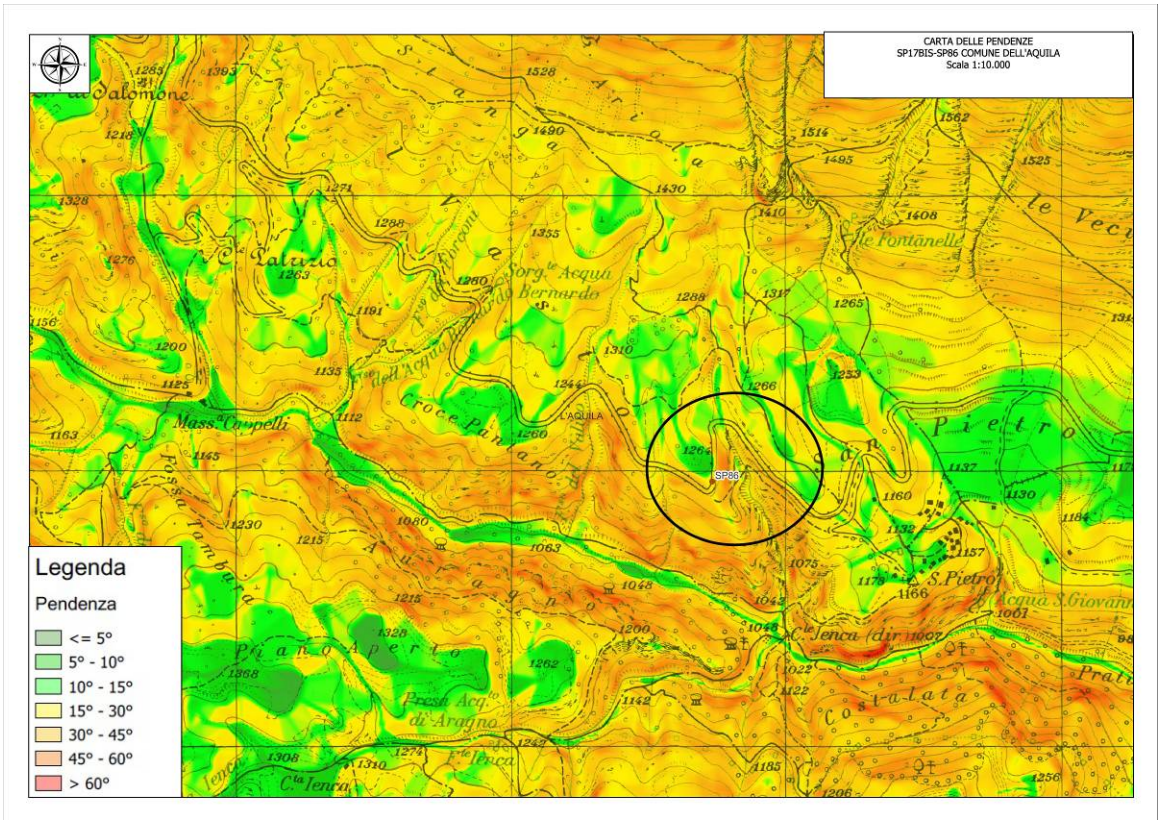


Figura 9: Stracio carta delle pendenze con evidenziata la SP86.

Data dunque la collocazione geografica e morfologica e l'assetto geologico puntuale la SP86 presenta criticità riconducibili a frane, smottamenti, crolli di rocce e valanghe che possono riversarsi sulle careggiate stradali creando non pochi disagi ed in particolare mettendo a rischio la pubblica e privata incolumità.

Dalla consultazione delle carte tematiche del Piano Stralcio di Bacino della Regione Abruzzo (AUBAC dell'Appennino Centrale) emerge che in corrispondenza della SP86 sono presenti solchi di ruscellamento concentrato attivi come visibile dagli stralci cartografici di seguito riportati:

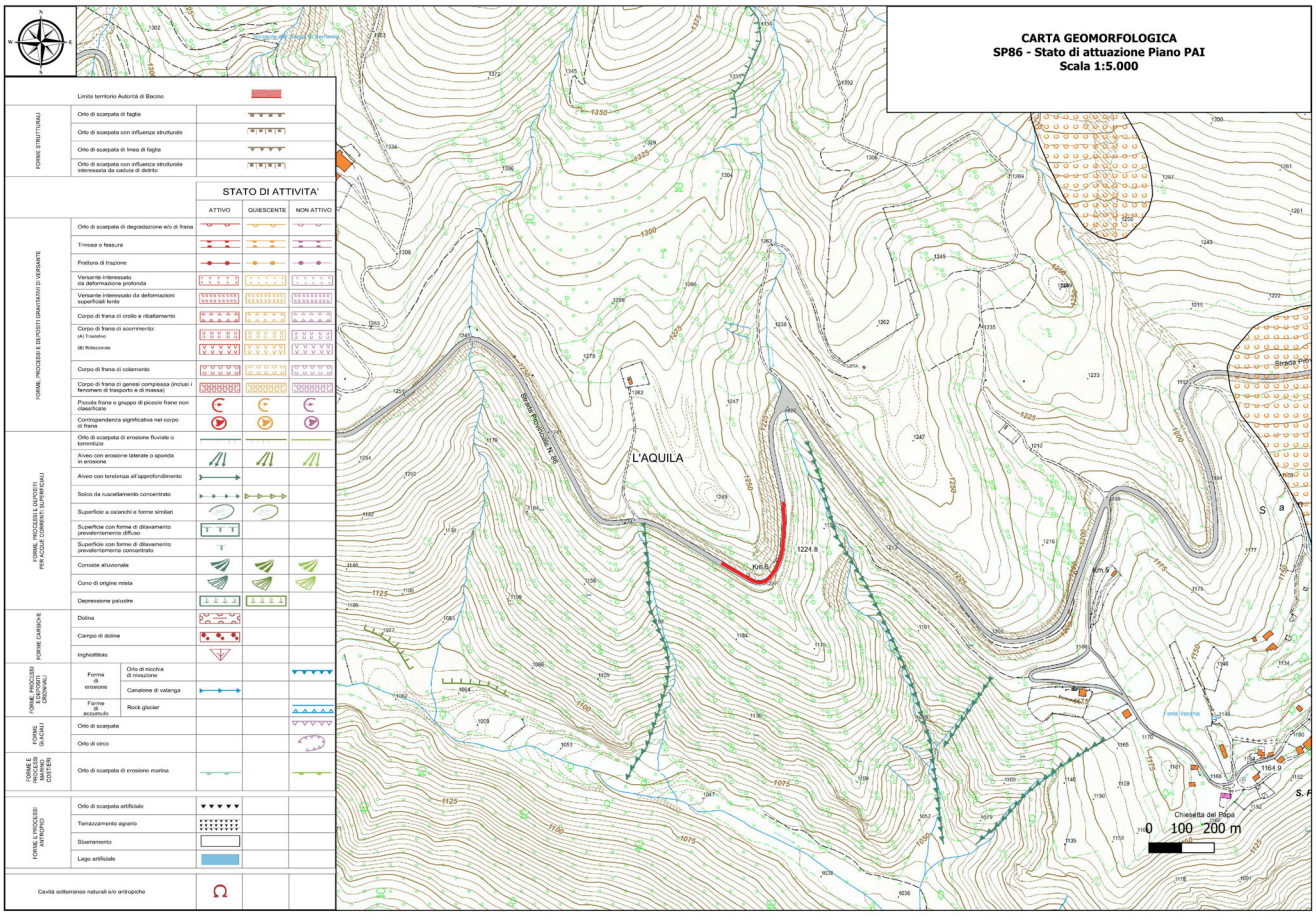


Figura 10: Stralcio Carta geomorfologica PAI. SP86

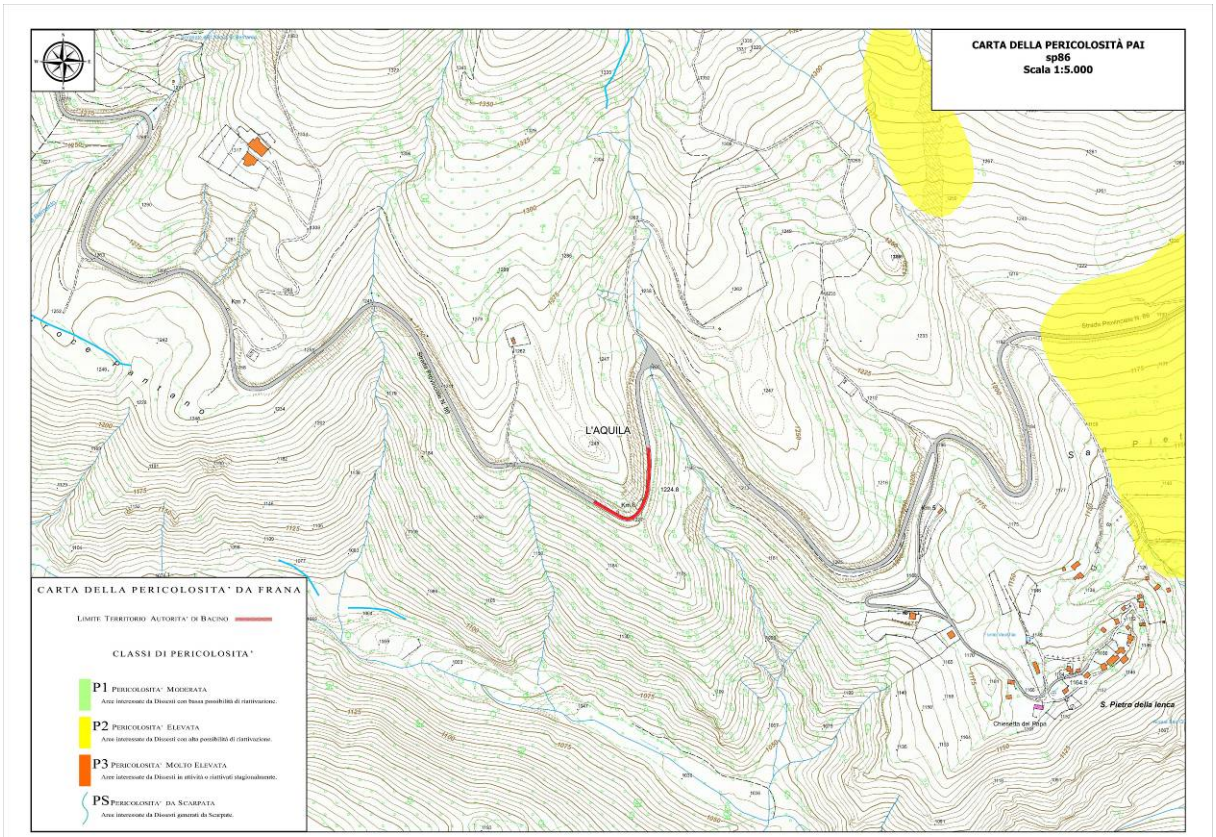


Figura 11: Stralcio carta delle pericolosità PAI. SP86.

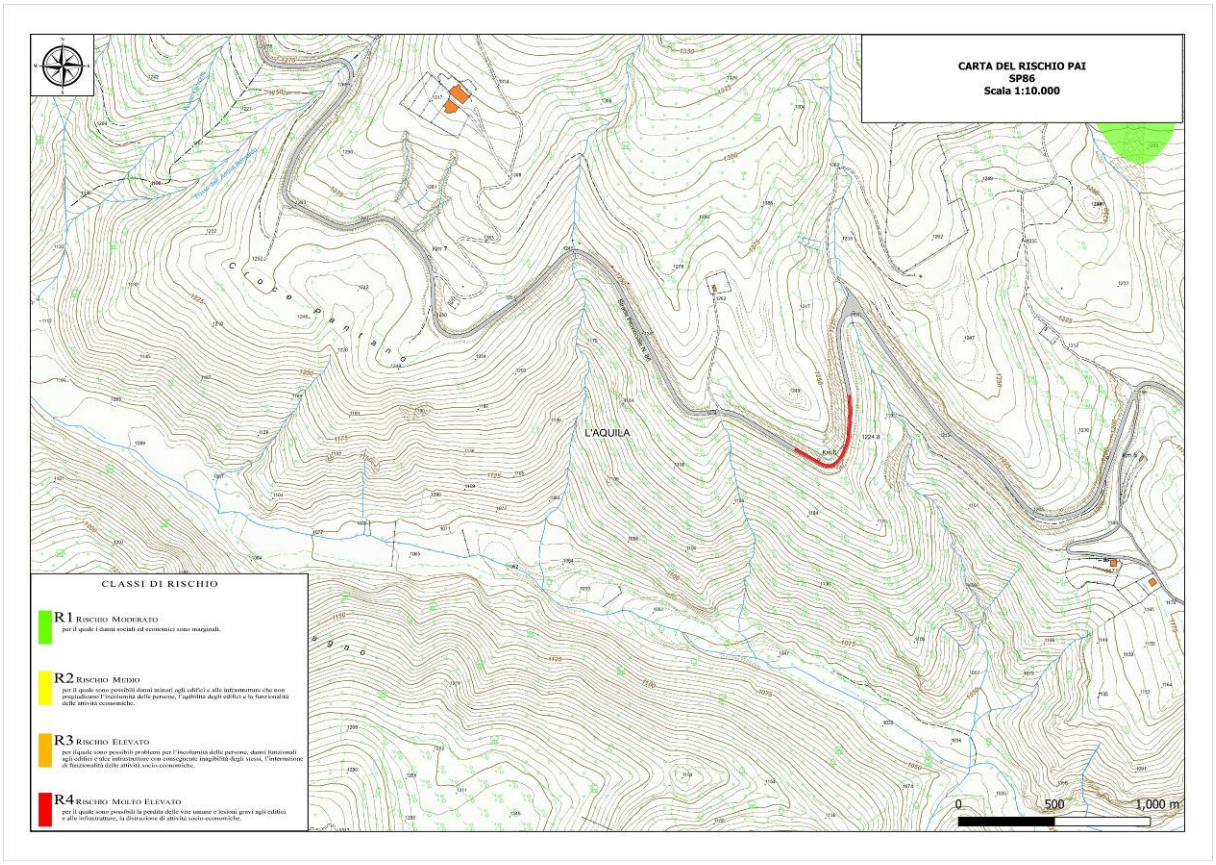


Figura 12: Stralcio carta del rischio PAI. SP86.

Con D.G.R n. 559 del 13.09.2021, è stata approvata dalla Giunta Regionale la Carta di Localizzazione dei Pericoli da Valanga (C.L.P.V.) in scala 1:25.000, per i comuni con superficie a quota superiore a 1000 metri s.l.m. e con pendenza non inferiore a 25°. La Carta è stata elaborata in due successive fasi, corrispondenti alla fotointerpretazione condotta su fotografie aeree (cartografata con il colore arancio) ed alla successiva indagine diretta sul terreno alla ricerca di tracce oggettive lasciate dal passaggio delle valanghe (cartografata con il colore viola). Queste due fasi sono state avvalorate/integrate con indagini d'archivio e testimonianze dirette degli eventi occorsi.

N.B. La Carta contiene solo quanto conosciuto al momento della sua redazione e non fornisce indicazioni sulla frequenza e sull'intensità dei fenomeni: essa è un prodotto cartografico destinato unicamente alla perimetrazione delle aree potenzialmente pericolose e non è in alcun modo un documento destinato alla previsione del grado di rischio valanghivo.

Dalla consultazione della Carta di Localizzazione dei pericoli da Valanga (C.L.P.V.) si evince che poco più a valle della SP86 è presente un'area perimetrata come pericolosa. Di seguito gli stralci cartografici di interesse:

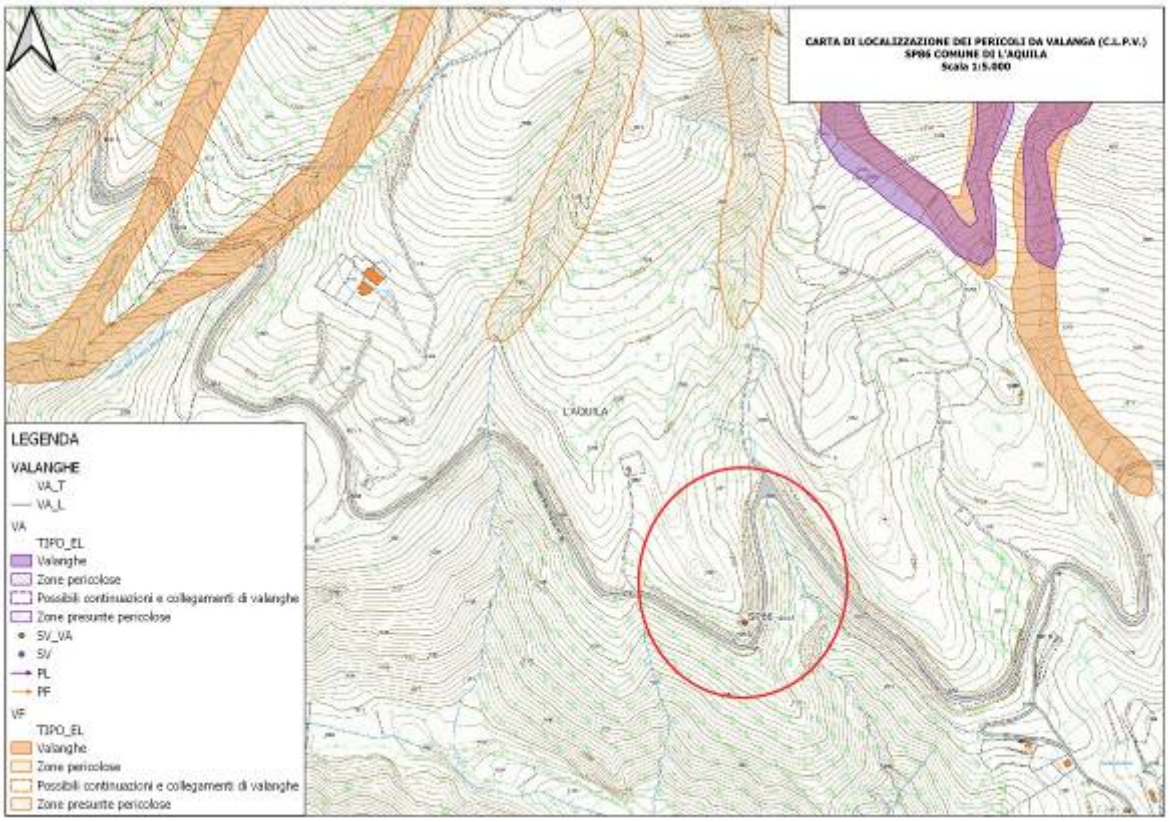


Figura 13: Stralcio Carta C.L.P.V. Regione Abruzzo per la SP86.

6. CARATTERI IDROLOGICI ED IDROGEOLOLOGICI

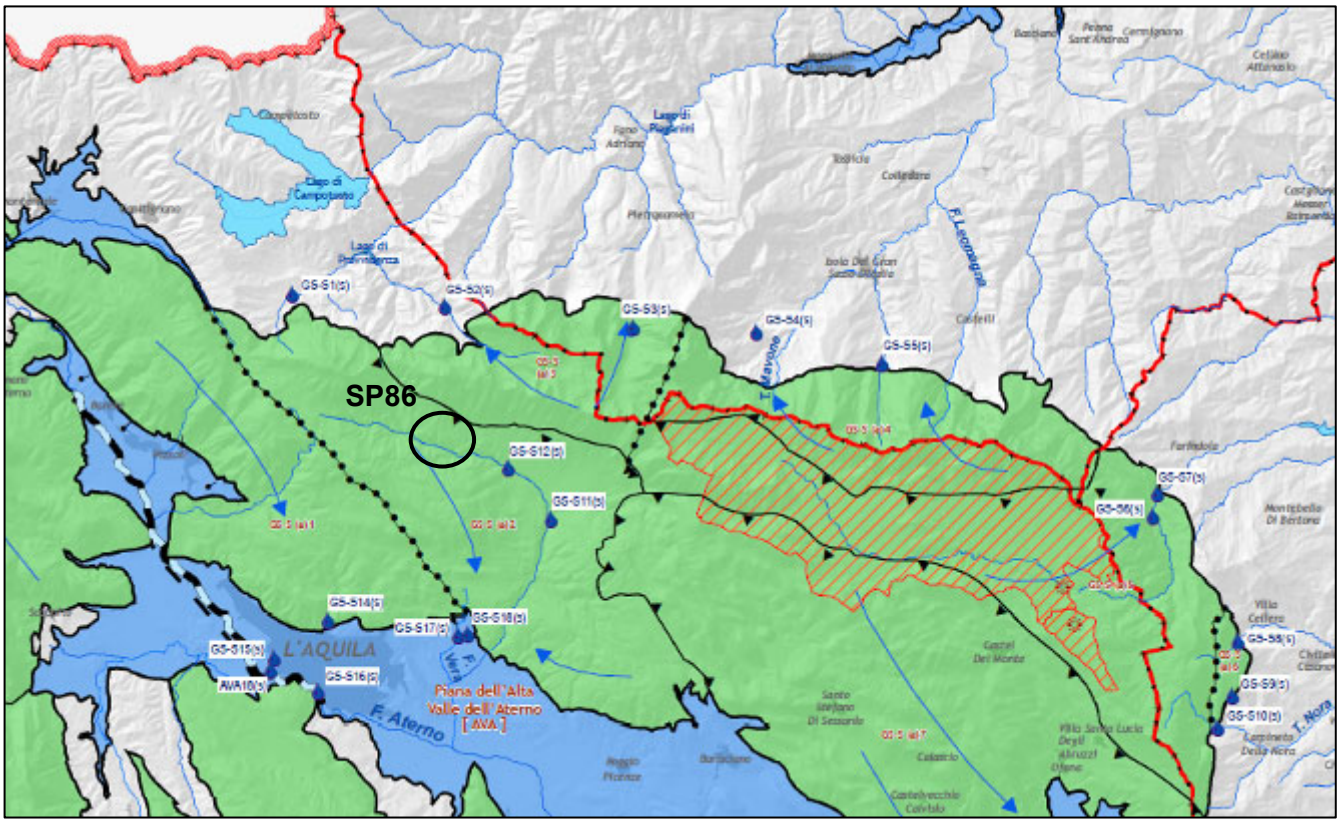
L'idrogeologia del versante meridionale del Gran Sasso d'Italia, una delle principali catene montuose dell'Appennino centrale, è particolarmente complessa e interessante per via della sua struttura geologica, morfologia e del ruolo fondamentale che svolge nell'alimentazione delle risorse idriche della regione.

Geologicamente, la zona è dominata da rocce carbonatiche mesozoiche (calcareniti, calciruditi, scaglia) molto fratturate, che costituiscono un grande acquifero carsico.

Le unità impermeabili (flysch e marne) affiorano nei settori più bassi, costituendo il fondo e i margini dell'acquifero.

Si tratta principalmente di un acquifero carsico fratturato, con una forte permeabilità secondaria dovuta a fratturazione e carsismo. Inoltre, la presenza di faglie e lineamenti tettonici influenza notevolmente i flussi idrico sotterraneo. L'acquifero alimenta così le numerose sorgenti poste a quote inferiori, spesso localizzate lungo contatti litologici o linee di faglia.

L'idrografia della porzione meridionale del Gran Sasso è caratterizzata da una rete idrica discontinua con torrenti a regime stagionale, e da una forte interazione tra superficie e sottosuolo dovuta alla litologia carbonatica e carsica del massiccio. Questa zona comprende bacini fluviali montani, sorgenti, e aree di impluvio che drenano verso la Conca Aquilana e il Fiume Aterno come visibile dalla carta dell'idrografia superficiale riportata nelle successive pagine.



LEGENDA

- Limiti regionali
- Limite regionale - Regione Abruzzo
- Limiti provinciali
- Localita'
- Reticolo fluviale
- Laghi

Corpo idrico sotterraneo principale significativo in successioni carbonatiche

Litologia prevalente

- Calcari
- Calcari, calcari dolomitici e dolomie
- Calcari e calcari marnosi
- Calcari marnosi, marne e calcari con selce
- Calcari e calcari selciferi
- Calcari, calcari con selce e calcari marnosi

Corpo idrico sotterraneo principale significativo in successioni fluvio-lacustri

Corpi idrico sotterraneo secondario significativo

Corpo idrico sotterraneo di interesse

- Corpo idrico sotterraneo di interesse in successioni calcareo-marnoso-argillose
- Corpo idrico sotterraneo di interesse in successioni fluvio-lacustri

Limiti idrogeologici

- Limiti di tamponamento (tratteggiati se presunti e/o sepolti): sono nulli o trascurabili gli interscambi idrici con i corpi idrici sotterranei adiacenti
- Limiti di alimentazione: esiste undeflusso principale delle acque della falda idrica sotterranea nel verso indicato dalle frecce
- Spartiacque sotterranei "chiusi": sono nulli o trascurabili gli interscambi idrici con corpi idrici sotterranei secondari adiacenti
- Spartiacque sotterranei "aperti": esistono interscambi idrici con corpi idrici sotterranei secondari adiacenti nel verso indicato dalle frecce
- Direzioni principali del deflusso della falda idrica sotterranea
- Corso d'acqua alimentato dalla falda idrica sotterranea proveniente dalla sinistra orografica
- Corso d'acqua alimentato dalla falda idrica sotterranea proveniente da sinisra e destra orografica
- Principali sorgenti
- Principali conche endoreiche
- Principali inghiottitoi

Figura 14:Stralcio Carta Idrogeologica dell' Abruzzo. Tratta dal PTA della Regione Abruzzo. Con il cerchio roso è indicata l' area in studio.

La SP86 attraversa versanti montuosi frammentati da fratture e lineamenti tettonici su rocce carbonatiche e con depositi impermeabili inferiori.

Questa conformazione, coadiuvata dalle elevate pendenze caratteristiche delle zone in studio, favorisce fenomeni di scorrimento rapido ed esfiltrazioni sotterranee con elevata vulnerabilità alla saturazione durante gli eventi pluviometrici intensi.

In tali condizioni possono generarsi, caduta massi nelle porzioni rocciose esposte e maggiormente fratturate, trasporto di detriti superficiali che rappresentano, insieme alle valanghe, i fattori di rischio a cui è esposto il tratto viario in studio.

7. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

La situazione litostratigrafica locale, come accennato in premessa, è stata ricostruita attraverso i risultati emersi nel corso del rilievo geologico strutturale e dall'analisi di quanto emerso dal sondaggio geognostico a carotaggio continuo.

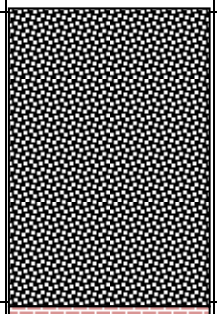
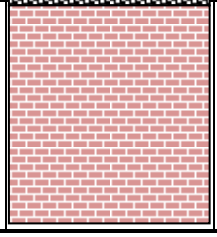
In particolare nell'area in studio sono presenti, lungo il versante depositi calcarei appartenenti alle formazioni delle Marne con Cerrogna ed all'Unità Spongiolitica generalmente costituiti da calcareniti e calciruditi in strati e banchi mentre, in corrispondenza della sede stradale del tratto in curva, in contatto stratigrafico inconforme, affiorano i depositi della scaglia rossa costituiti da calcari micritici con intercalazioni di calcareniti fini.

Sotto il profilo della pericolosità geologica, assume particolare rilevanza il contatto discordante tra le calcareniti e calciruditi e i livelli di Scaglia Rossa, costituiti da calcari micritici e calcareniti finemente stratificati. Le due litologie presentano comportamenti meccanici contrastanti: le prime, più competenti, si contrappongono alla Scaglia, litotipo caratterizzato da una minore competenza meccanica e da una maggiore deformabilità. L'elevato grado di fratturazione che interessa l'unità calcarea superiore agevola la percolazione delle acque meteoriche verso i depositi della scaglia rossa (meno permeabile) che subisce, nel periodo invernale, processi di gelività che comportano disgregazione fisica legata al crioclastismo.

Tali aspetti sono la causa dell'ammaloramento della sede stradale nel tratto in curva che sarà interessato da interventi di consolidamento.

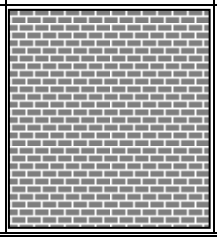
Le due unità presenti nell'area hanno comportamenti meccanici differenti pertanto di seguito saranno riportati due modelli geologico-tecnici riferiti rispettivamente al versante ed al tratto della sede stradale in studio:

MODELLO GEOLOGICO TECNICO SEDE STRADALE SP86

PROFONDITÀ (M DAL P.C.)	PROFILO STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE	PARAMETRI GEOTECNICI
~3,50		Materiale di riporto costituito da frammenti calcarei in matrice limosa-sabbiosa.	γ= 18,14 KN/m^3 ϕ= 23 ° c' = 0,0 KPa Cu= 0,0 KPa E'= 5.000 kPa
>30.0		Formazione della Scaglia Rossa costituita da calcari micritici generalmente rosati con intercalazioni di fini calcareniti, molto fratturati.	γ= 22,50 KN/m^3 ϕ= 28 ° c' = 50,0 KPa Cu= 0,0 KPa E'= 39.000 kPa

Dove:
γ = peso di volume; ϕ = angolo di attrito; c' = coesione efficace; Cu = coesione non drenata; E'= modulo elastico.

MODELLO GEOLOGICO TECNICO VERSANTE SP86

PROFONDITÀ (M DAL P.C.)	PROFILO STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE	PARAMETRI GEOTECNICI
		Calcareniti e calciruditi in strati e banchi, di colore grigio e nocciola, estremamente fratturati	γ= 24,50 KN/m^3 ϕ= 35° c' = 150,0 KPa Cu= 0,0 KPa E'= 80.000 kPa

Dove:
γ = peso di volume; ϕ = angolo di attrito; c' = coesione efficace; Cu = coesione non drenata; E'= modulo elastico.

8. SISMICITA' DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

8.1 SISMICITA' STORICA

L'attività geologica e dinamica dell'area di studio è tutt'ora in atto, come dimostra l'intensa sismicità regionale. Tutto il settore aquilano, è stato colpito da numerosi eventi sismici in epoca storica che hanno provocato numerosi danni a persone e cose, fino alla recente crisi sismica culminata nel terremoto del 6 aprile 2009. Di essi si ha riscontro certo a partire dal 1300.

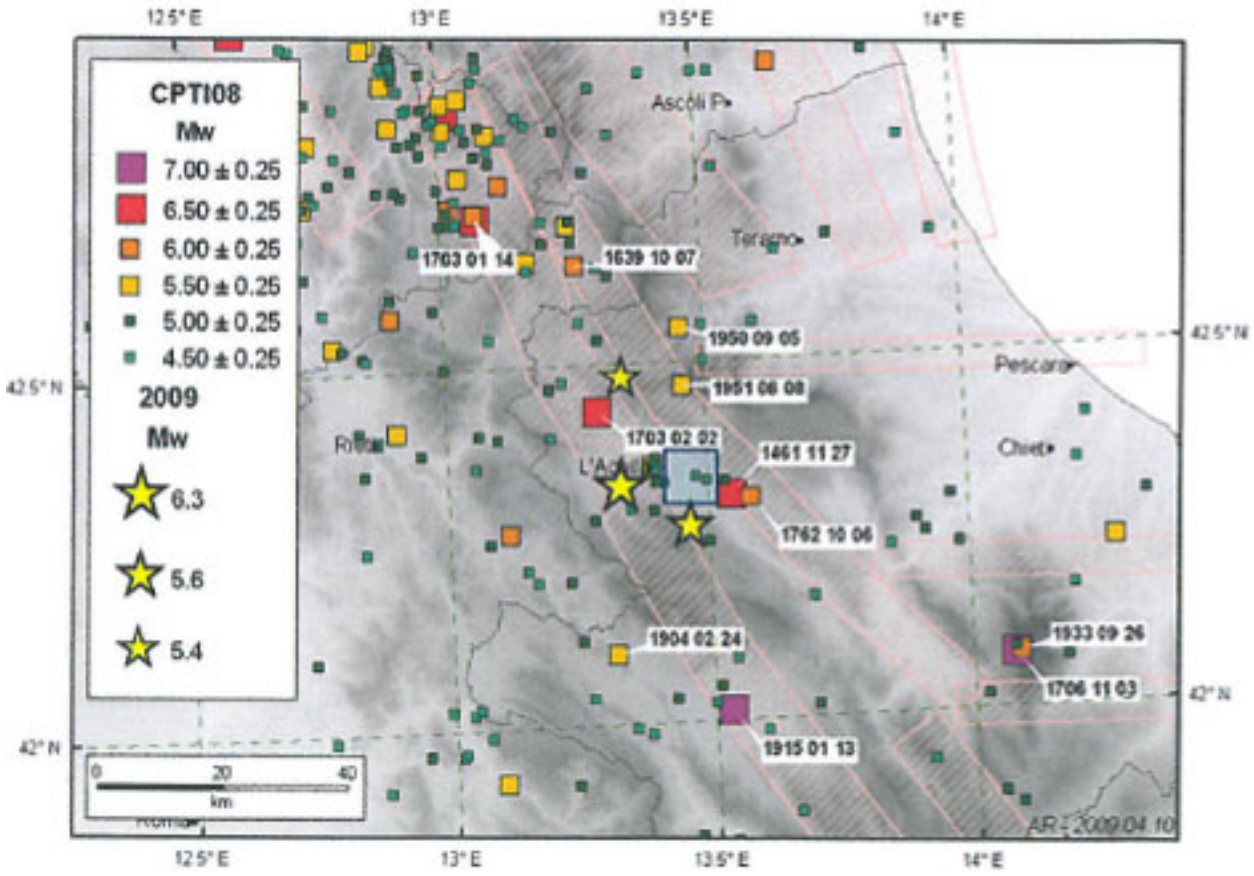


Figura 15– Principali eventi sismici fino al 2008.

8.2 LA CRISI SISMICA DEL 6 APRILE 2009

Il 6 Aprile 2009 alle ore 3:32 la zona di L'Aquila è stata colpita da un forte terremoto di magnitudo M pari a 5,8 della scala Richter, corrispondente a 6,3 della scala Mercalli. Tre eventi di M>5 si sono avuti il 6 aprile (5.8), il 7 aprile (5.3) e il 9 aprile (5.1). i terremoti di magnitudo compresa tra 3,5 e 5 sono stati in totale 31, ma complessivamente le scosse

conteggiate sono state oltre 20.000. la distribuzione superficiale degli epicentri ha delineato l'area coinvolta, che si estende per oltre 30 Km in direzione NW – SE, parallelamente all'asse della catena appenninica e all'allungamento della conca dell'Aquila. I terremoti della sequenza sono avvenuti principalmente nella crosta superiore, entro 10 – 12 Km di profondità. I dati raccolti concordano nell'identificare la struttura responsabile della scossa principale come una faglia con movimento diretto che si estende per circa 15 Km in direzione NO – SE ed immersione SO e la cui estensione in superficie si localizza in corrispondenza della faglia di Paganica, che ha manifestato, infatti, il verificarsi di effetti cosismici di superficie.

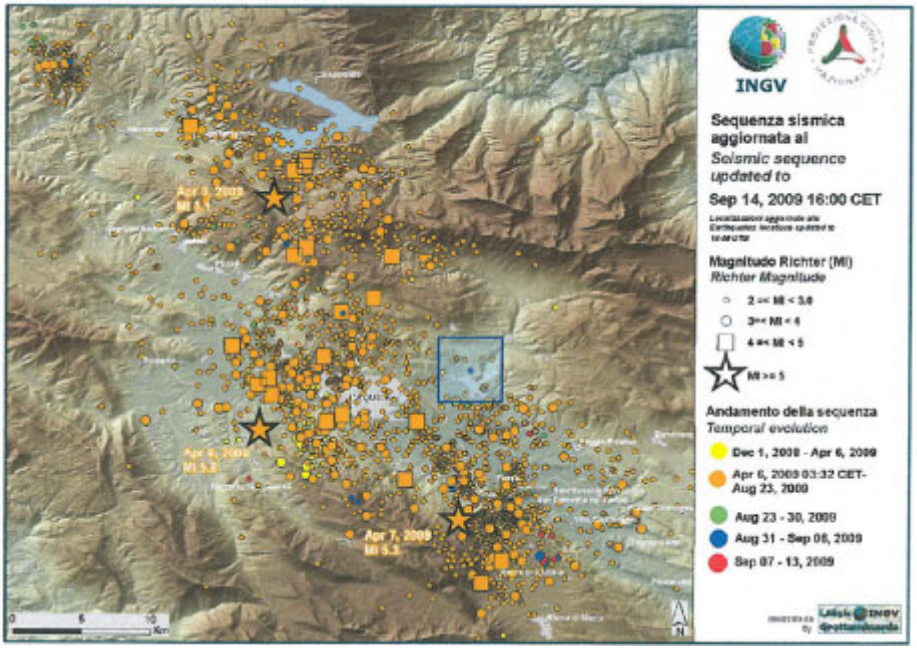


Figura 16 – Sequenza sismica terremoti relativi all'area di L'Aquila.

8.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO REGIONALE

In seguito al ripetersi di eventi sismici calamitosi che hanno investito anche zone ritenute e classificate con la 64/74 non sismiche, per una ridefinizione del rischio sismico, è stata emanata, in data 20 Marzo 2003, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" pubblicata sulla G.U. n. 105 del 8.5.2003. Alla stessa è allegata la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, articolata in quattro zone, a sismicità alta, media e bassa. 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. In base alla riclassificazione sismica del territorio, il Comune dell'Aquila è classificato come **Zona 1**.

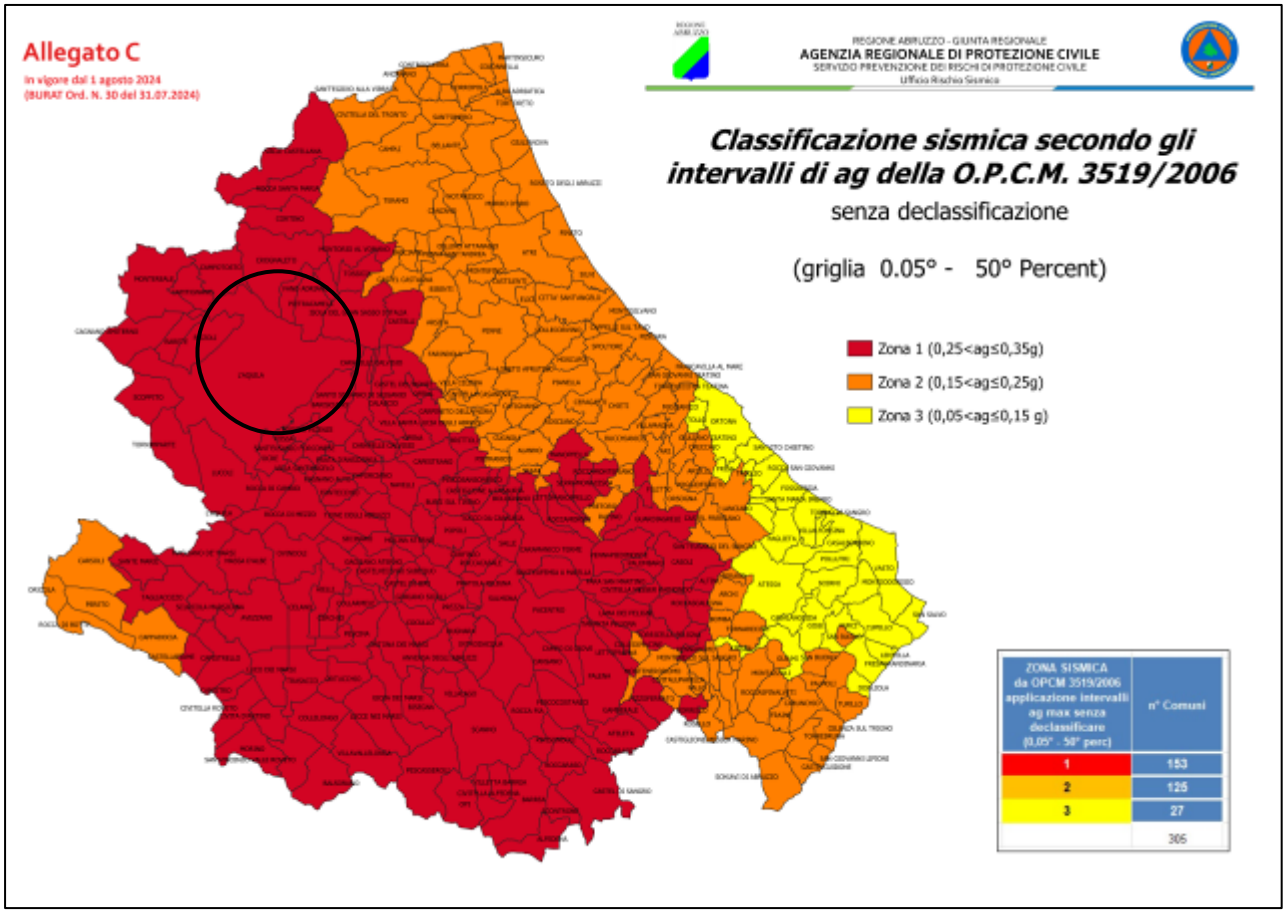


Figura 17: :Mappa della classificazione sismica della Regione Abruzzo.

Il Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni" raccoglie in modo unitario le norme nazionali che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire la criteri univoci di sicurezza e pubblica incolumità. Come indicato nel Decreto le azioni sismiche di progetto sono definite sulla base della "pericolosità sismica di base", caratteristica del sito di costruzione, funzione di diversi parametri:

- accelerazione orizzontale massima del sito a_g
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Il concetto di pericolosità sismica di un sito, fa riferimento alla probabilità che in un fissato lasso di tempo in detto sito, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Allo stato attuale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la normativa definisce le seguenti categorie di sottosuolo a cui si può fare riferimento per valutare la risposta sismica locale:

A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3,0 m.

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 e 800 m/s.

C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.

D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categoria C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 metri.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propogazione delle onde di taglio, Vs,eq (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

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

Nell'area in studio dall'elaborazione dell'indagine sismica di tipo MASW è emerso un valore di **Vseq** pari a **534 m/s** pertanto è possibile assegnale la **categoria di sottosuolo B**.

L'andamento dello spettro di risposta elastico, oltre che dalla litologia, è anche influenzato dalle condizioni topografiche del sito in esame. Queste ultime sono definite e classificate come mostrato nella tabella seguente.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante,pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Nel caso specifico i siti di progetto rientrano in una categoria topografica **T4.**

Ai fini della pianificazione del territorio e per la ricostruzione del centro abitato nella fase post-sisma, è stato svolto un piano di microzonazione sismica del territorio aquilano, come stabilito dall'ordinanza n. 3772. Lo studio di Microzonazione Sismica ha

consentito di caratterizzare il territorio in prospettiva sismica, individuando e delimitando le aree a comportamento omogeneo, distinguendo tra zone stabili, zone stabili suscettibili di amplificazione locale e zone soggette a instabilità, quali frane, fratturazioni superficiali e liquefazioni del terreno.

Tuttavia l' area in studio, ubicata in località montuosa, non è stata oggetto di tali studi e pertanto non si riportano gli stralci cartografici.

9. CONCLUSIONI

Nella presente relazione si sono esposti i risultati di uno studio geologico, geomorfologico, geologico-tecnico, idrogeologico e sismico eseguito nel territorio comunale de L'Aquila a supporto del progetto di **" INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLE STRADE PROVINCIALI – INTERVENTO FUNZIONALE 1: SUB-INTERVENTO 1.1-SP86 DEL VASTO**".

Lungo la SP86 sono state riscontrate criticità puntuali riconducibili in prima istanza alla loro collocazione geografica in corrispondenza dell'area montuosa del massiccio del Gran Sasso.

Secondo quanto riportato nella relazione tecnica l'asse stradale presenta un rischio molto elevato per quanto riguarda l'evoluzione dei fenomeni valanghivi e sono state rilevate criticità inerenti l'inadeguatezza di alcune barriere stradali. In particolare il primo chilometro della SP86 è stato interessato da fenomeni di rilevante entità. Pertanto, a fronte delle problematiche riscontrate, al fine di definire puntualmente l'assetto stratigrafico e definire le caratteristiche fisico meccaniche dei depositi presenti è stata pianificata una campagna di indagine sito specifica che ha previsto l'esecuzione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a -20.0 m dal p.c., nel corso del quale sono state eseguite in avanzamento prove S.P.T., ed è stata eseguita un'indagine sismica di tipo MASW. Inoltre, data la presenza di depositi litoidi è stato eseguito un rilievo geomeccanico di dettaglio le cui risultanze sono riportate in allegato.

L'analisi delle risultanze delle indagini congiuntamente al rilievo in sito consentiranno la definizione dei modelli geologico-tecnico di riferimento riportato in relazione al paragrafo 7.0.

La SP86 è inserita in un contesto montano caratterizzato da pendenze variabili dai 45°ai 60° e quote altimetriche pari a circa 1220 m s.l.m. che definisce criticità riconducibili a frane, smottamenti, crolli di rocce e valanghe che possono riversarsi sulle careggiate stradali creando non pochi disagi .

In particolare nell'area in studio sono presenti, lungo il versante depositi calcarei appartenenti alle formazioni delle Marne con Cerrogna ed all'Unità Spongiolitica generalmente costituiti da calcareniti e calciruditi in strati e banchi mentre, in corrispondenza della sede stradale del tratto in curva, in contatto stratigrafico inconforme, affiorano i depositi della scaglia rossa costituiti da calcari micritici con intercalazioni di calcareniti fini.

Sotto il profilo della pericolosità geologica, assume particolare rilevanza il contatto discordante tra le calcareniti e calciruditi e i livelli di Scaglia Rossa, costituiti da calcari micritici e calcareniti finemente stratificati. Le due litologie presentano comportamenti meccanici contrastanti: le prime, più competenti, si contrappongono alla Scaglia, litotipo caratterizzato da una minore competenza meccanica e da una maggiore deformabilità. L'elevato grado di fratturazione che interessa l'unità calcarea superiore agevola la percolazione delle acque meteoriche verso i depositi della scaglia rossa (meno permeabile) che subisce, nel periodo invernale, processi di gelività che comportano disgregazione fisica legata al crioclastismo.

Dalla consultazione delle carte tematiche del Piano Stralcio di Bacino della Regione Abruzzo (AUBAC dell'Appennino Centrale) emerge che il tratto stradale di interesse non è direttamente interessato da perimetrazioni. Tuttavia è bene precisare che in corrispondenza la presenza di solchi di ruscellamento concentrato attivi.

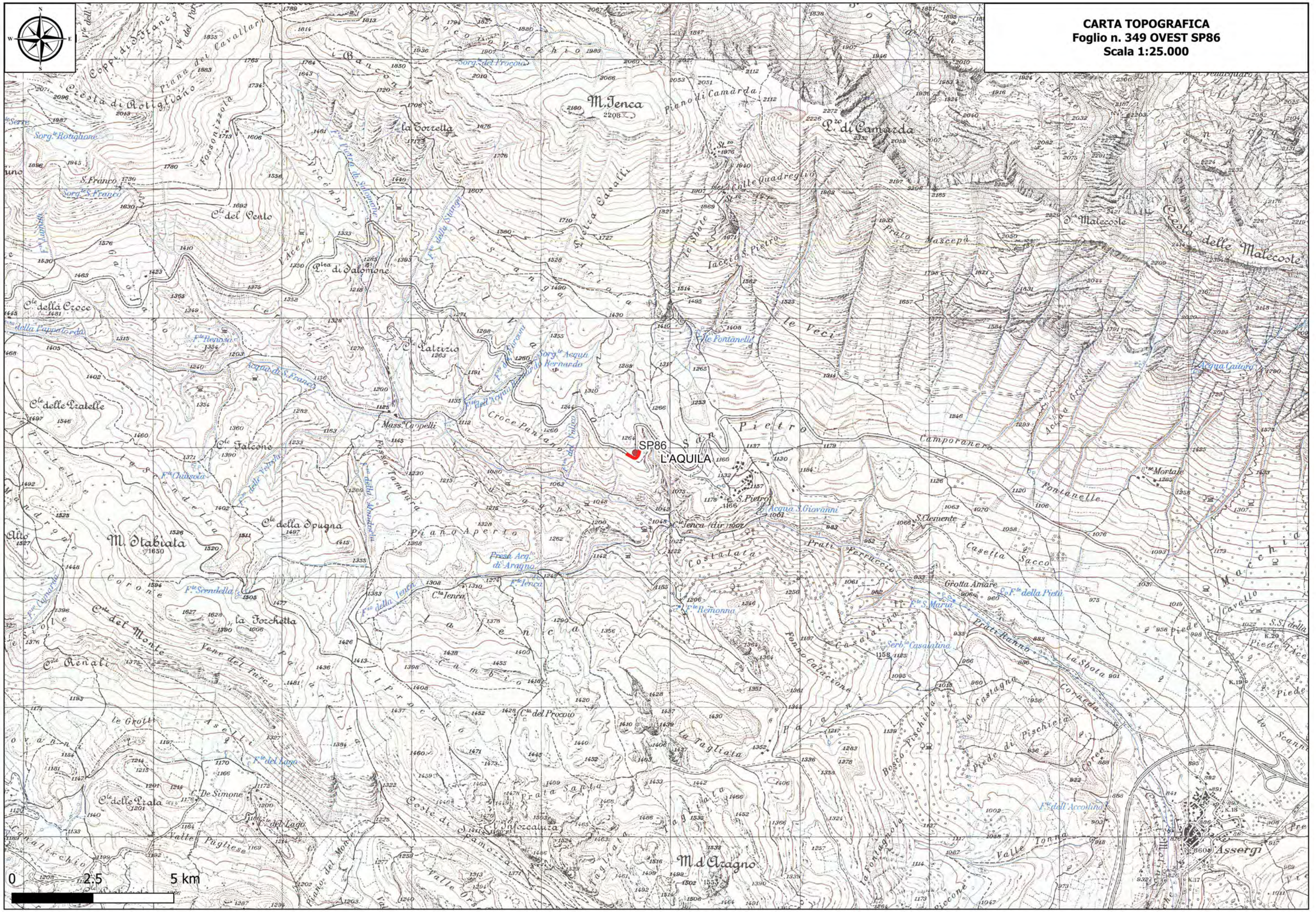
Inoltre, dalla consultazione della Carta di Localizzazione dei pericoli da Valanga (C.L.P.V.) si evince che poco più a valle della SP86 è presente un'area perimetrata come pericolosa.

L'area di L'Aquila è individuata quale zona sismica 1 e dall'elaborazione dell'indagine sismica di tipo MASW è emerso un valore di **Vseq pari a 534 m/s** e pertanto possibile assegnare una **categoria di sottosuolo B** e, vista la carta delle pendenze, una **categoria topografica T4**.

ALLEGATI

- CARTA TOPOGRAFICA (SCALA 1:50.000)
- CARTA COROGRAFICA (SCALA 1:5.000)
- CARTA GEOLOGICA (CARG, SCALA 1:50.000)
- CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO (SCALA 1:2.000)
- CARTA GEOMORFOLOGICA (PAI, SCALA 1:5.000)
- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PAI, SCALA 1:5.000)
- CARTA DEL RISCHIO (PAI, SCALA 1:5.000)
- CARTA DI LOCALIZZAZIONE DEI PERICOLI DA VALANGA (C.L.P.V)
- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (PSDA, FUORI SCALA)
- CARTA DELLE PENDENZE
- RAPPORTO DI INDAGINE
- RILIEVO GEOSTRUTTURALE
- SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

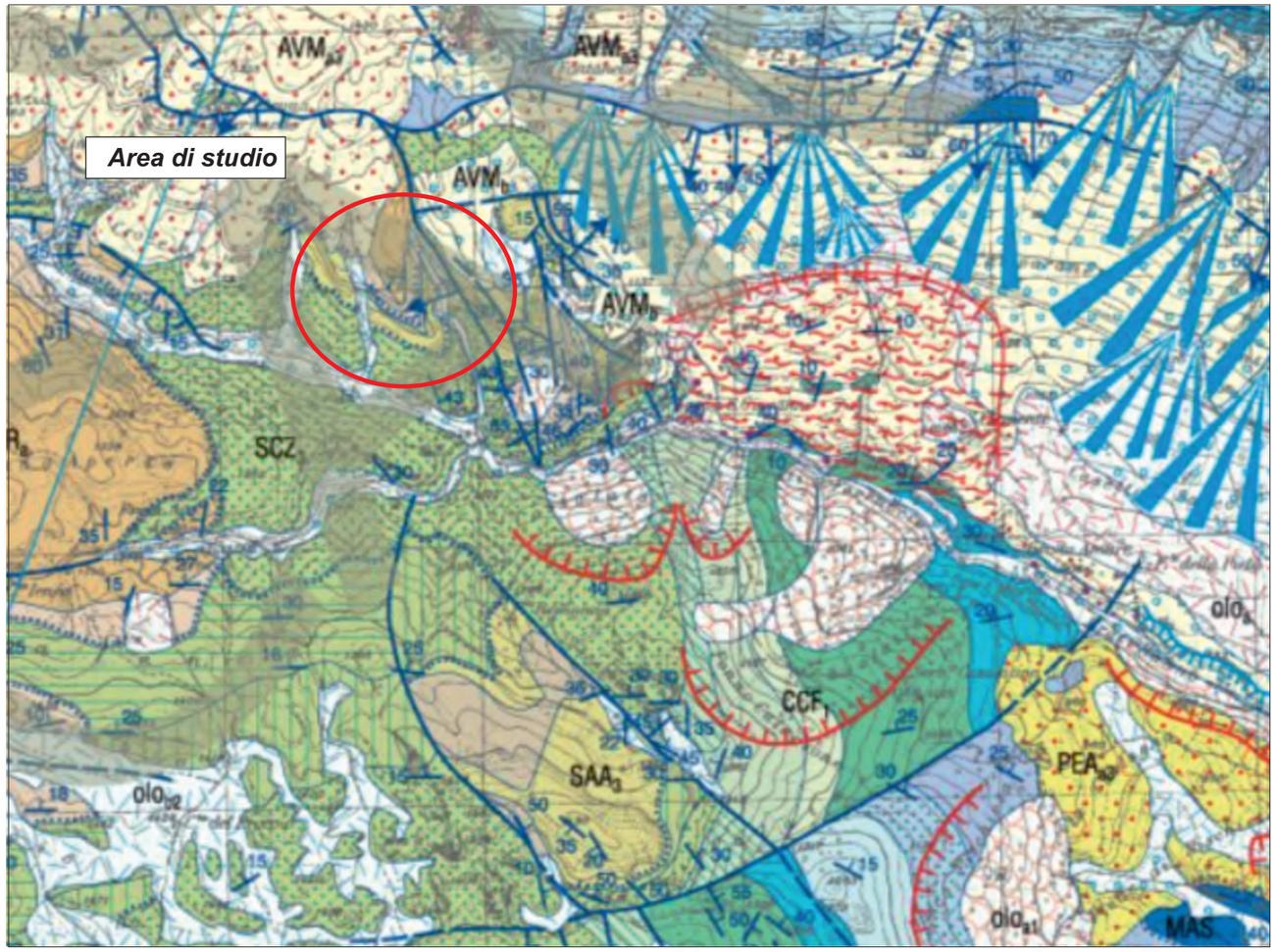
CARTA TOPOGRAFICA
Foglio n. 349 OVEST SP86
Scala 1:25.000

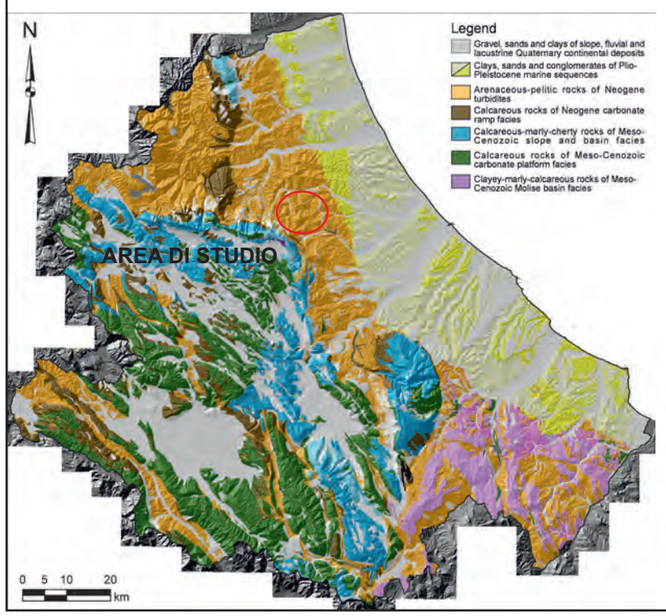

SP86
L'AQUILA
M. Tenca
2208
M. Stabiata
1650
M. d'Aragno
P.zo di Camarda
Colle Quadreglio
Piano di Camarda
Prato Mascepà
Costa delle Malecoste
Costa Casalina
Costa Ferrata
Costa Ferruccio
Costa Tagliata
Costa Corvara
Costa Macchia
Costa Piccone
Costa Valle Torrita
Costa Valle Orsa
Costa di Spamozza
Costa Pischiera
Costa Corea
Costa Scannapecora
Costa Camporanero
Costa Fontanelle
Costa Casetta Sacco
Costa Prati Rannò
Costa Prati Ferruccio
Costa Costalata
Costa Piano Aperto
Costa Piano Tamburo
Costa Piano Cavallo
Costa Piano Grande
Costa Piano Pratale
Costa Piano Pratelle
Costa Piano Pratelle della Selva
Costa Piano Pratelle della Valle
Costa Piano Pratelle della Corona
Costa Piano Pratelle Selvotte
Costa Piano Pratelle Aselli
Costa Piano Pratelle Valle Pugliese
Costa Piano Pratelle Valle Orsa
Costa Piano Pratelle Valle Torrita
Costa Piano Pratelle Valle Tonna
Costa Piano Pratelle Valle Tonna
Costa Piano Pratelle Valle Tonna

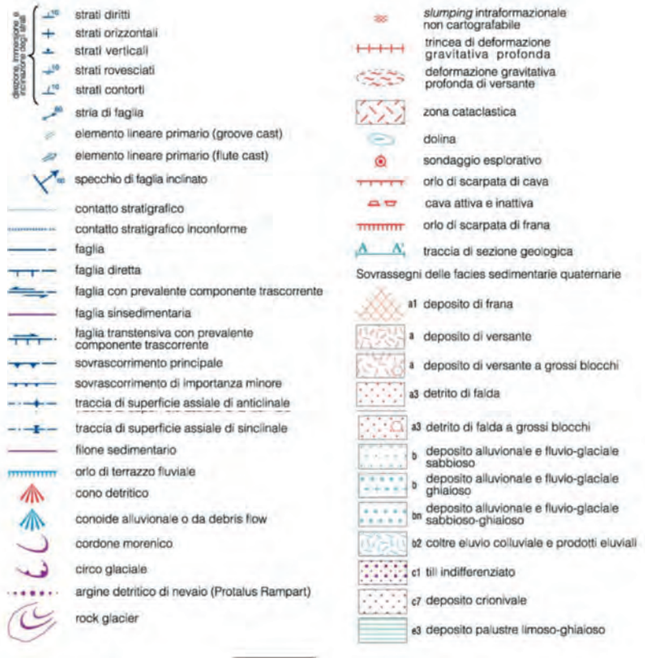
CARTA COROGRAFICA
Elementi n. 349152 SP86
Scala 1:5.000

SP86
L'AQUILA

0 250 500 m







CARTA GEOLOGICA
(Stralcio Foglio 349 "Gran Sasso" Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000) Comune dell'Aquila -SP86

LEGENDA

SINTEMA DI VALLE MAIELAMA

Depositi di versante (a) e detriti di falda (a_b) generalmente stratificati e cementati costituiti da ghiaie e brecce con clasti angolosi e subangolosi, poligenici, eterometrici, prevalentemente calcarei o arenacei in base alle litologie dominanti e locali intercalazioni di livelli sabbioso-siltosi e paleosuoli di colore da nero a bruno-giallastro o con forti caratteri andici dove sono presenti livelli piroclastici. Spessori fino a 150 m.

AVM

Depositi di conoide alluvionale o fluvioglaciale ghiaioso sabbioso, con dimensioni dai blocchi alle sabbie grossolane, da massivi a stratificati con strati da molto spessi a sottili e stratificazioni incrociate planari e a truogolo, associati a depositi glaciali, e depositi di piana alluvionale composti da ghiaie, sabbie e silt, con stratificazione incrociata planare e a truogolo o massive. Le ghiaie hanno clasti da arrotondati a sub-angolosi di dimensioni da centimetriche a decimetriche nelle piane alluvionali e fino alle dimensioni dei blocchi nelle conoidi alluvionali, cementazione variabile (generalmente alta nei settori montani)(b). Spessore massimo 20 m.

Till indifferenziato costituito da depositi eterometrici massivi o grossolanamente stratificati, con dimensioni dai blocchi alle ghiaie fini, clasti da angolosi a sub-arrotondati, comunemente molto cementati (c_c). Spessore fino a 30 m. Giacciono in discordanza sul sintema più antico e talora su un paleosuolo fersiallitico (suolo Eemiano).

PLEISTOCENE sup.

MARNE CON CERROGNA

CRR_a

CRR_b

Marne, marne-calcaree grigie e grigio-avana, e marne-argillose a foraminiferi planctonici, con intercalazioni di calcareniti in strati medi a granulometria da molto fine a media (CRR_a). Calcareniti e calciruditi flussotorbiditiche in strati e banchi, di colore grigio e nocciola, con resti spongolitici e glauconite rimaneggiata, e marne calcaree di colore grigio (CRR_b) si intercalano nella serie. Verso il basso è presente un intervallo di prevalenti calcareniti massicce a pectinidi, lamellibranchi e ostreidi. Lo spessore varia da un minimo di 90 m ad un massimo di 750 metri. L'ambiente di deposizione è di rampa distale - avampaese.

LANGHIANO - TORTONIANO p.p.

SCAGLIA DETRITICA

SCZ_s

SCZ_{ss}

membro micritico con selce nera (SCZ_s)

Micriti bianche in strati centimetrici con globotruncane e livelli di selce scura (nerastra-rossiccia) e livelli calcarenitici (*grainstone-packstone*) bioclastici (SCZ_{ss}), con frammenti di echinidi, bivalvi, coralli e rudiste, di colore bianco/verdino. Dalla parte sommitale della biozona a *Rotalipora* e *Orbitolina* a parte della biozona a *Whiteinella* e *Radiolitidae* di Chiocchini et *alii* (2006).

CENOMANIANO p.p. - TURONIANO p.p

CALCARENITI E CALCIRUDITI A FUCOIDI

Fenomeni di *slumping, pebbly mudstone* e zonazioni più detritiche, calcareniti bianche con orbitoline caratterizzano tutta la successione. Lo spessore è variabile tra i 60 e i 160 metri. L'ambiente di formazione è di base di scarpata dalla biozona a *Murichoedbergella planispira* a parte della biozona a *Dicarinella algeriana*, secondo gli schemi di Premoli Silva & Verga (2004); da parte della biozona a *Hedbergella* e *Orbitolina* alla biozona a *Rotalipora* e *Orbitolina*, secondo gli schemi di Chiocchini et *alii* (2006).

ALBIANO p.p. CENOMANIANO p.p.

CCF_3

membro superiore (CCF_3)

Calcareniti e calciruditi bioclastiche da fini a grossolane, di colore chiaro, in strati decimetrici con abbondanti frammenti di rudiste e orbitoline . Al passaggio con la formazione della scaglia, diminuisce la componente detritica a vantaggio di *wackestone* grigi, con screziature rosso/brunastre, in strati medi e fini alternati a livelli sottili di selce nera, spesso accompagnate da clasti rossi e bioclasti. Da un intervallo compreso tra la biozona a *Rotalipora globotruncanoides* e la biozona a *Rotalipora greenhornensis* a un intervallo compreso all'interno della biozona a *Dicarinella algeriana* degli schemi di Premoli Silva & Verga (2004). Parte superiore della biozona a *Rotalipora* e *Orbitolina*, secondo gli schemi di Chiocchini *et alii* (2006).

CENOMANIANO p.p.

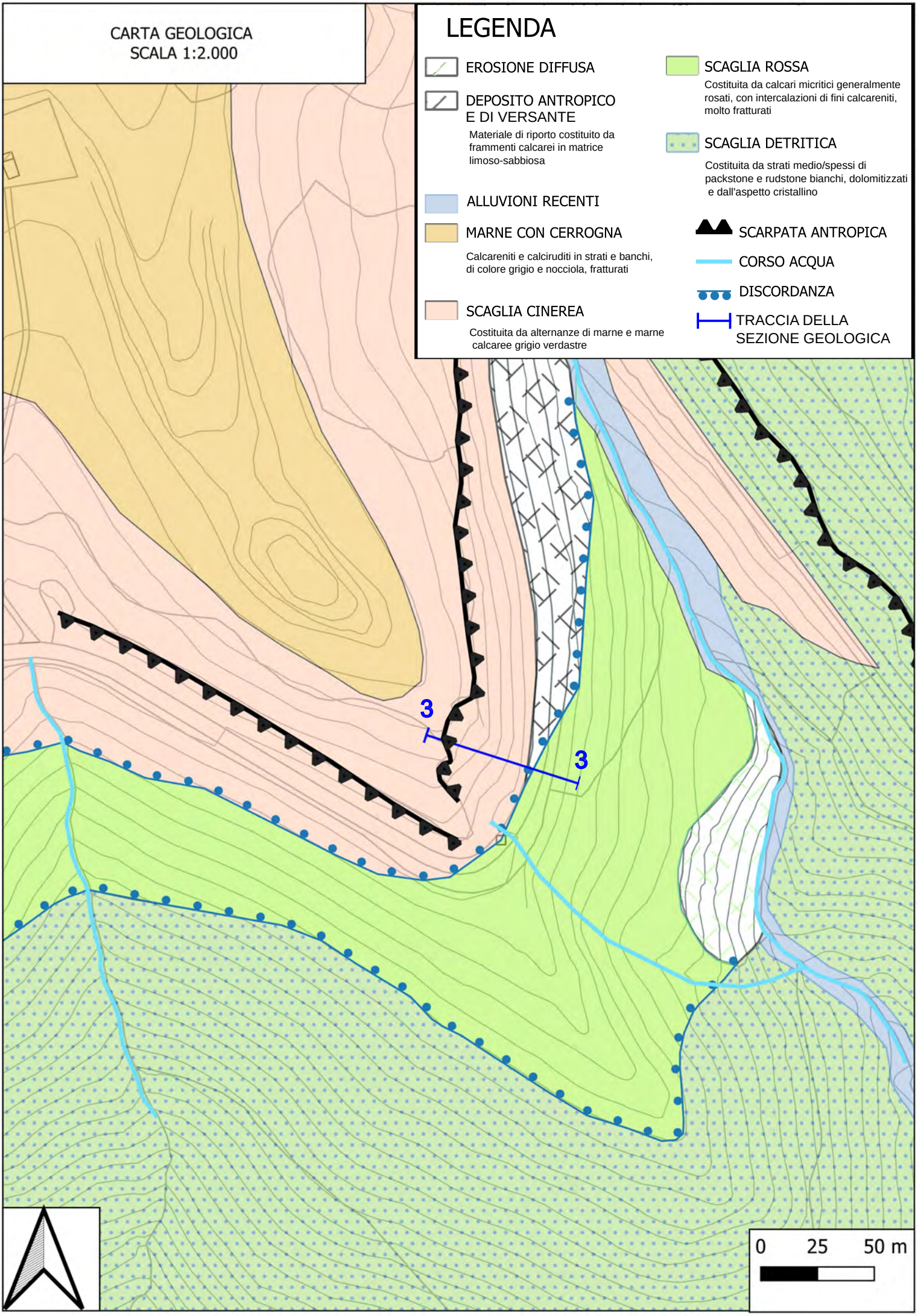
CCF_2

membro intermedio (CCF_2)

Packstone calcarenitici e calciruditici, pulverulenti, a matrice marnosa verdastra con frammenti di molluschi e di rudiste e calcari marnosi fogliettati con bioturbazioni e tracce di limivori (fucoidi). Dalla biozona a *Rotalipora appenninica* ad un intervallo compreso tra la biozona a *Rotalipora globotruncanoides* e la biozona a *Rotalipora greenhornensis*, degli schemi di Premoli Silva & Verga (2004). Dalla parte superiore della biozona a *Hedbergella* e *Orbitolina* alla parte media della biozona a *Rotalipora* e *Orbitolina*, secondo gli schemi di Chiocchini *et alii* (2006).

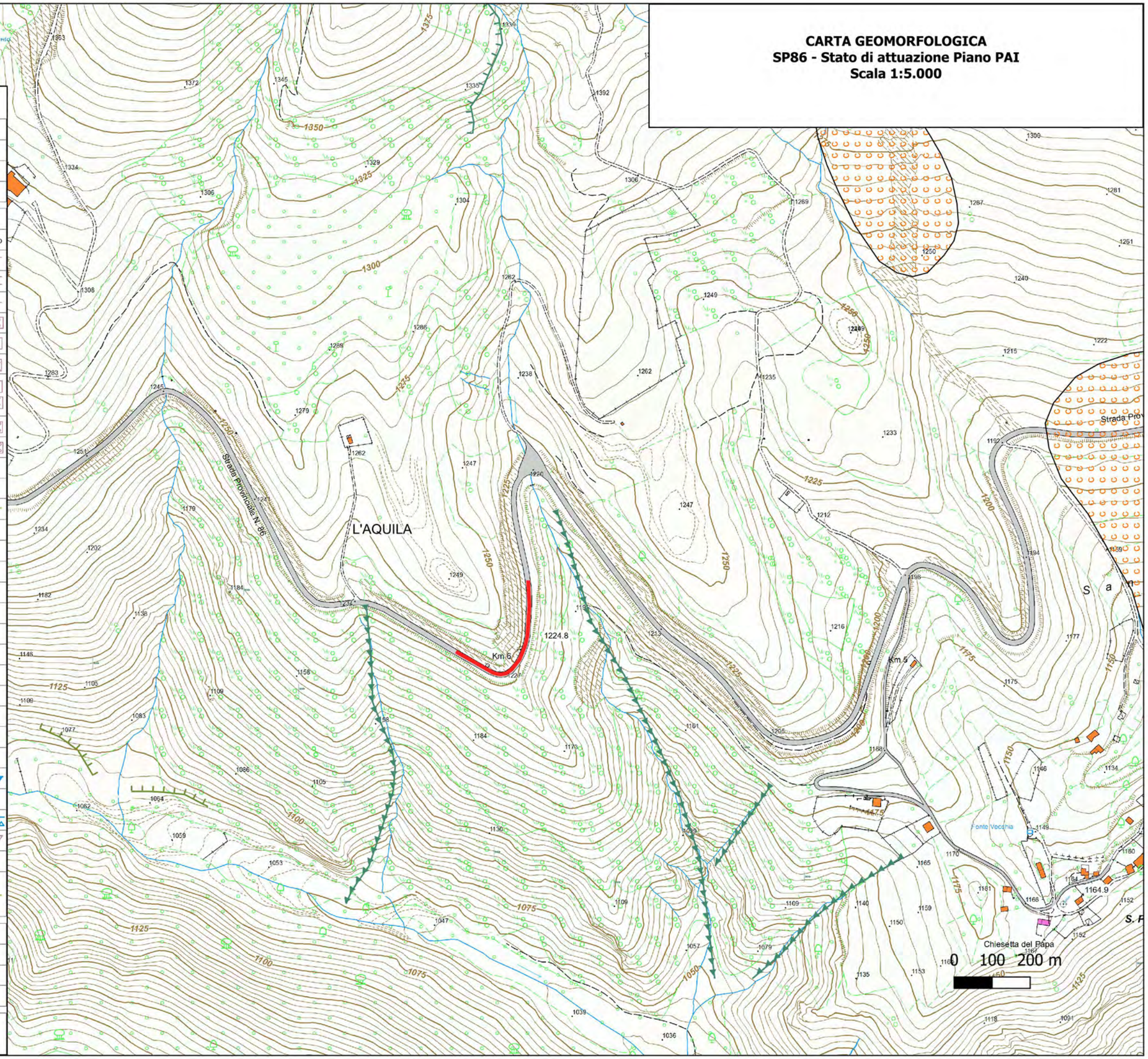
CCF_1

ALBIANO p.p. - CENOMANIANO p.p.


CARTA GEOLOGICA
SCALA 1:2.000
LEGENDA
EROSIONE DIFFUSA
DEPOSITO ANTROPICO E DI VERSANTE
Materiale di riporto costituito da frammenti calcarei in matrice limoso-sabbiosa
ALLUVIONI RECENTI
MARNE CON CERROGNA
Calcareniti e calciruditi in strati e banchi, di colore grigio e nocciola, fratturati
SCAGLIA CINEREA
Costituita da alternanze di marne e marne calcaree grigio verdastre
SCAGLIA ROSSA
Costituita da calcari micritici generalmente rosati, con intercalazioni di fini calcareniti, molto fratturati
SCAGLIA DETRITICA
Costituita da strati medio/spessi di packstone e rudstone bianchi, dolomitizzati e dall'aspetto cristallino
SCARPATA ANTROPICA
CORSO ACQUA
DISCORDANZA
TRACCIA DELLA SEZIONE GEOLOGICA
3
3
0
25
50 m

CARTA GEOMORFOLOGICA
SP86 - Stato di attuazione Piano PAI
Scala 1:5.000

	Limite territorio Autorità di Bacino			
FORME STRUTTURALI	Orlo di scarpata di faglia			
	Orlo di scarpata con influenza strutturale			
	Orlo di scarpata di linea di faglia			
	Orlo di scarpata con influenza strutturale interessata da caduta di detrito			
		STATO DI ATTIVITA'		
		ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO
FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE	Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana			
	Trincea o fessura			
	Frattura di trazione			
	Versante interessato da deformazione profonda			
	Versante interessato da deformazioni superficiali lente			
	Corpo di frana di crollo e ribaltamento			
	Corpo di frana di scorrimento: (A) Traslativo			
	(B) Rotazionale			
	Corpo di frana di colamento			
	Corpo di frana di genesi complessa (inclusi i fenomeni di trasporto e di massa)			
	Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate			
	Contropendenza significativa nel corpo di frana			
FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia			
	Alveo con erosione laterale o sponda in erosione			
	Alveo con tendenza all'approfondimento			
	Solco da ruscellamento concentrato			
	Superficie a calanchi e forme similari			
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente diffuso			
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato			
	Conoide alluvionale			
	Cono di origine mista			
	Depressione palustre			
FORME CARSICHE	Dolina			
	Campo di doline			
	Inghiottitoio			
FORME, PROCESSI E DEPOSITI CRIONIVALI	Forme di erosione: Orlo di nicchia di nivazione			
	Forme di erosione: Canalone di valanga			
	Forme di accumulo: Rock glacier			
FORME GLACIALI	Orlo di scarpata			
	Orlo di circo			
FORME E PROCESSI MARINO COSTIERI	Orlo di scarpata di erosione marina			
FORME E PROCESSI ANTROPICI	Orlo di scarpata artificiale			
	Terrazzamento agrario			
	Sbarramento			
	Lago artificiale			
	Cavità sotterranee naturali e/o antropiche			



CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PAI
sp86
Scala 1:5.000

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA

LIMITE TERRITORIO AUTORITA' DI BACINO

CLASSI DI PERICOLOSITA'

P1 PERICOLOSITA' MODERATA
Aree interessate da Dissesti con bassa possibilità di riattivazione.

P2 PERICOLOSITA' ELEVATA
Aree interessate da Dissesti con alta possibilità di riattivazione.

P3 PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
Aree interessate da Dissesti in attività o riattivati stagionalmente.

PS PERICOLOSITA' DA SCARPATA
Aree interessate da Dissesti generati da Scarpate.

Sorgente dell'Acqua S. Bernardo

Fonte Vecchia

Strada Provinciale N. 86

L'AQUILA

Km 6

Km 5

Km 7

1224.8

1164.9

S. Pietro della Ienca

Chiesetta del Papa

CARTA DEL RISCHIO PAI
SP86
Scala 1:10.000

L'AQUILA

Km 7

Km 6

Km 5

1224.8

Strada Provinciale N. 86

Fosso dell'Acqua Bernardo

Rosso Fanone

C r o c e p a n t a n o

a g n o

0 500 1,000 m

CLASSI DI RISCHIO

R1 RISCHIO MODERATO
per il quale i danni sociali ed economici sono marginali.

R2 RISCHIO MEDIO
per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

R3 RISCHIO ELEVATO
per ilquale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alce infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche.

R4 RISCHIO MOLTO ELEVATO
per il quale sono possibili la perdita delle vite umane e lesioni gravi agli edifici e alle infrastrutture, la distruzione di attività socio-economiche.

CARTA DI LOCALIZZAZIONE DEI PERICOLI DA VALANGA (C.L.P.V.)
SP86 COMUNE DI L'AQUILA
Scala 1:5.000

LEGENDA

VALANGHE
- VA_T
- VA_L

VA
- TIPO_EL
- Valanghe
- Zone pericolose
- Possibili continuazioni e collegamenti di valanghe
- Zone presunte pericolose
- SV_VA
- SV
- PL
- PF

VF
- TIPO_EL
- Valanghe
- Zone pericolose
- Possibili continuazioni e collegamenti di valanghe
- Zone presunte pericolose

L'AQUILA
SP86 1224.8
Km 8
Km 7
Km 6
Km 5
Strada Provinciale N.86
Fosso Fontecchie
Fosso dell'Acqua Bernardo
Fonte Vecchia

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI (PSDA9
Scala 1:50.000

PIZZOLI

L'AQUILA

Legenda

Classi di pericolosità idraulica [Q50 - Q100 - Q200] (*)

Pericolosità molto elevata h50 > 1m v50 > 1m/s	Reticolo idrografico
Pericolosità elevata 1m > h50 > 0.5 m h100 > 1m v100 > 1m/s	
Pericolosità media h100 > 0m	
Pericolosità moderata h200 > 0m	

(*) Pericolosità idraulica. Per ogni riga il verificarsi di almeno una delle condizioni riportate, in assenza delle condizioni delle righe immediatamente superiori, sancisce l'appartenenza alla classe di pericolosità idraulica

CARTA DELLE PENDENZE
SP17BIS-SP86 COMUNE DELL'AQUILA
Scala 1:10.000

L'AQUILA

SP86

Legenda

Pendenza

- <= 5°
- 5° - 10°
- 10° - 15°
- 15° - 30°
- 30° - 45°
- 45° - 60°
- > 60°

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DELL'AQUILA

- SETTORE VIABILITÀ -

INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLE STRADE PROVINCIALI

CUP: F37H24000030001 CIG: B7C5D453D0

SUB-INTERVENTO 1.1 – SP86 DEL VASTO

agosto 2025

RAPPORTO D'INDAGINE



GEO L'AQUILA s.r.l. – via Casella n.14 - 67100 L'Aquila

Sede operativa: Via San Clemente – Fossa (AQ) - 0862 755102

Nel presente rapporto sono riportati i risultati dell'indagine geognostica e sismica eseguita per conto dell'***Amministrazione Provinciale Dell'Aquila - Settore Viabilità*** propedeutica al *Sub-intervento 1.1* nell'ambito degli "I*nterventi di messa in sicurezza e di adeguamento funzionale delle strade provinciali"* lungo la S.P. 86 Del Vasto.

L'indagine, condotta con la direzione tecnica del professionista incaricato dalla committenza, è consistita nell'esecuzione di n.1 sondaggio a carotaggio continuo spinto alla profondità di 20 m, n.5 prove SPT in foro e n.1 prova sismica tipo MASW (Multichannel Analisys of Surface Wawes).

Il sondaggio è stato eseguito con perforatrice idraulica a rotazione tipo CMV MK900. Per la perforazione sono stati utilizzati carotieri Ø 101 mm e tubazioni di rivestimento provvisorio Ø 127 mm.

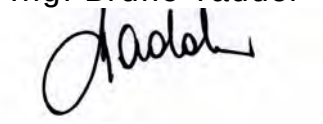
Il materiale campionato è stato sistemato in cassette catalogatrici in PVC con l'indicazione delle profondità di prelievo.

Le prove SPT (Standard Penetration Test), i cui risultati sono riportati nei profili stratigrafici dei sondaggi, sono state eseguite utilizzando il campionatore standard tipo Raymond con punta conica e il maglio standard a sganciamento automatico (massa battente 63.5 kg e altezza di caduta 76 cm).

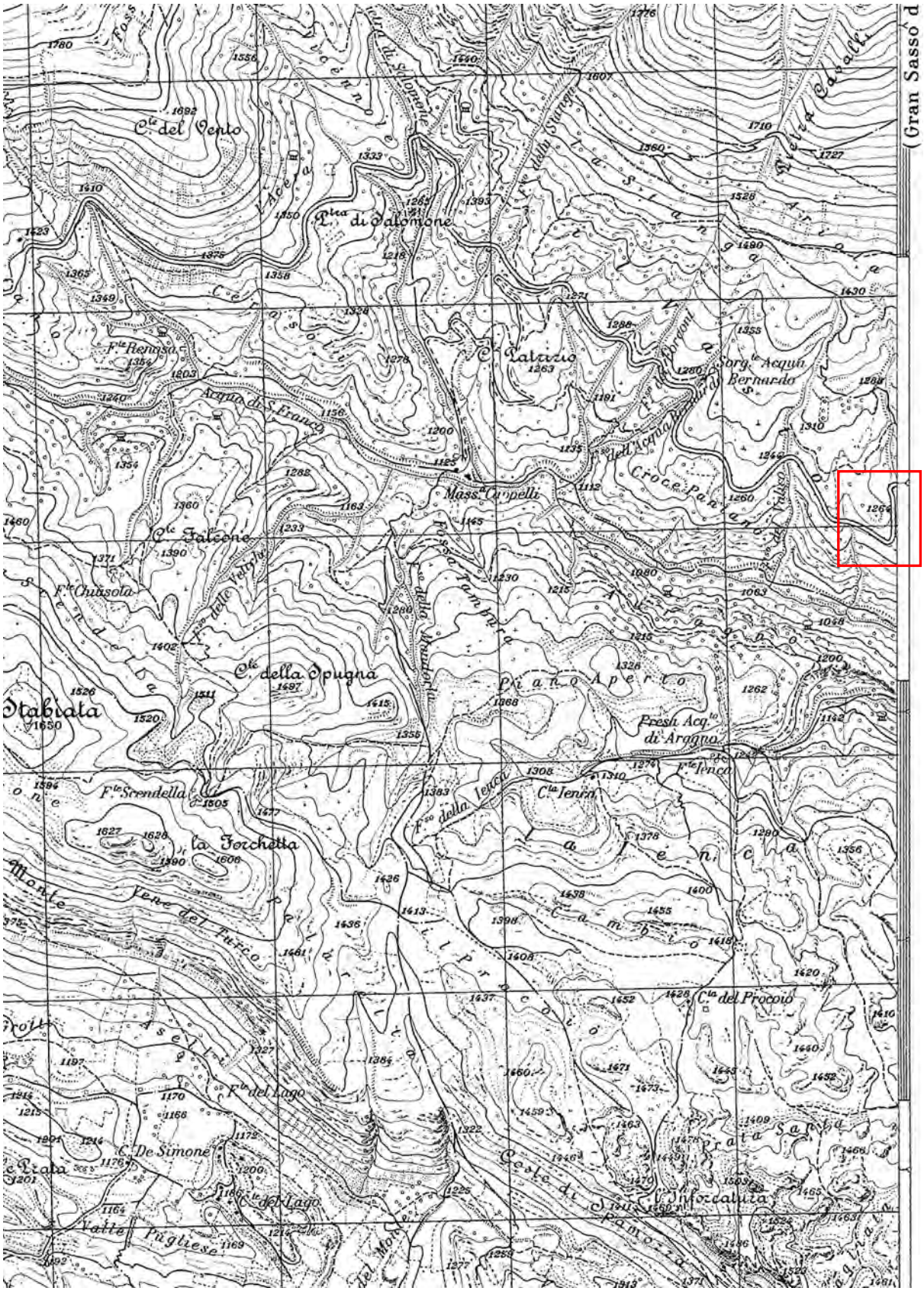
Nel seguito sono riportati:

- stralcio della Carta Topografica Regionale in scala 1:25.000;
- foto aerea con l'ubicazione delle prove;
- profilo stratigrafico con i risultati delle prove SPT;
- risultati prova MASW;
- documentazione fotografica.

Ing. Bruno Taddei



STRALCIO DELLA CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE (1:25.000)




A'
A
sondaggio

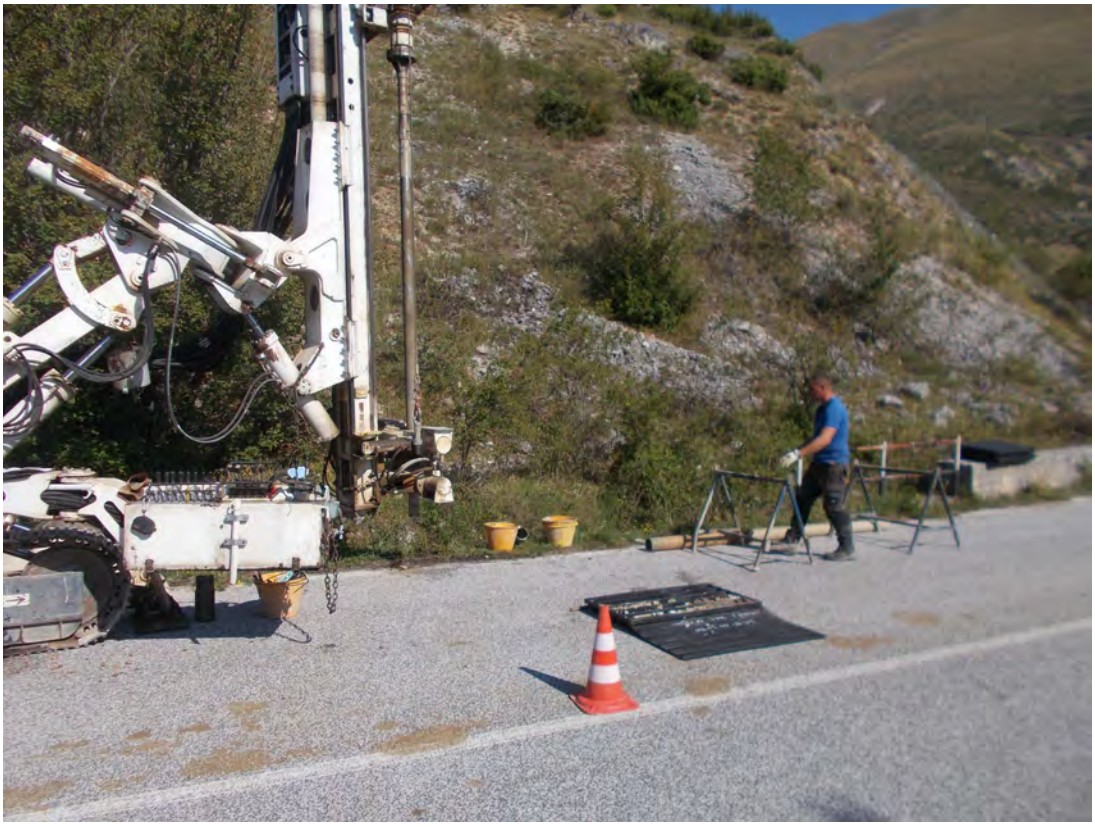
GEO L'AQUILA s.r.l.

via Casella n. 14 - 67100 L'Aquila - tel. 0862 755102 - e.mail info@geolaquila.it

Committente	Sondaggio	Tipo Sonda	Pagina
Provincia dell'Aquila	s1	CMV MK900	1/1
Opera	**Profondità raggiunta**	**Tipo Carotaggio**	**Allestimento Foro**
SP86 - Intervento 1.1	20 m	Continuo d 101 mm	
Località		**Inizio/Fine Esecuzione**	
SP86 km 5+940		agosto 2025	

Profondità (mt)	Litologia	Descrizione	Spessore strati (mt)	%Carotaggio	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Falda
		Pavimentazione in conglomerato bituminoso e sottofondo	0.60	%C=100			
1.0		Frammenti calcarei eterometrici (Dmax=7-8cm) in matrice limoso-sabbiosa di colore marrone a tratti quasi del tutto assente	2.30	%C=90			
2.0					7-12-16 3.00 PC		
3.0		Limi argillosi debolmente sabbiosi di colore marrone bruno con inclusi frammenti calcarei eterometrici	0.60	%C=100			
4.0		Frammenti calcarei eterometrici (Dmax>10cm) prevalentemente privi di matrice. Presenti livelli decimetrici con scarsa matrice sabbiosa	16.50	%C=80			
5.0							
6.0					9-16-32 6.00 PC		
7.0							
8.0							
9.0					Rifiuto 9.00 PC		
10.0							
11.0							
12.0					21-45-R 12.00 PC		
13.0							
14.0							
15.0					Rifiuto 15.00 PC		
16.0							
17.0							
18.0							
19.0							
20.0							

Note





Sondaggio s1: postazione



Sondaggio s1: il materiale campionato da 0 a 5 m



Sondaggio s1: il materiale campionato da 5 a 10 m



Sondaggio s1: il materiale campionato da 10 a 15 m



Sondaggio s1: il materiale campionato da 15 a 20 m

PROVA M.A.S.W.

PREMESSA

La prova M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) consente la misurazione in sito delle velocità delle onde superficiali a diverse frequenze.

Nel metodo in esame si analizzano le sole onde di Rayleigh, trascurando gli effetti dovuti alle onde P e S, in quanto le prime trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente e subiscono un'attenuazione geometrica inferiore alle P e S, dovuta al fatto che si propagano su fronti d'onda cilindrici e non sferici.

Una volta noto il profilo di velocità delle onde di taglio lungo la verticale di indagine, risulta immediata la determinazione del parametro $\mathbf{V_{s,eq}}$ e la valutazione della **categoria di sottosuolo** ai sensi del D.M.17-01-2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

Inoltre, accettando l'assunzione che il materiale indagato sia un mezzo omogeneo, isotropo e con comportamento elastico, è possibile calcolare i valori dinamici medi di parametri meccanici quali modulo di Young, di taglio, di compressibilità e coefficiente di Poisson. Tali valori sono propri, data la natura della prova, di stati di deformazione molto contenuti, bene al di sotto della soglia elastica lineare del materiale.

La metodologia della prospezione sismica M.A.S.W. presenta, tra gli altri, il vantaggio di conservare la sua attendibilità anche in presenza di stratificazioni caratterizzate da velocità delle onde di taglio decrescenti con la profondità.

ACQUISIZIONE DATI

Le prove sono state condotte approntando tre stendimenti rettilinei di 24 geofoni ad interasse costante pari a 2,0 m per lunghezze complessiva di 46,0 m. In seguito si effettua una serie di energizzazioni superficiali in onde P su ogni estremità degli stendimenti ad una distanza di 2,0 m dal primo e dall'ultimo geofono.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

- Sismografo Ambrogeo ECHO 24/2002 Seismic UNIT a 24 canali

Number of channels	24
Sampler interval	0,296 msec
A/D Conversion	16 bit
Amplifiers	
Input impedance	1 KOhm
Gain	10 dB - 100 dB, step 1 dB
Saturation tension	+/- 2,3 V
Saturation level	100 dB
Distorsion	0,01%
Sampler	25 msec (191 points) 50 msec (383 points) 100 msec (756 points) 200 msec (1530 points) 400 msec (3060 points) 800 msec (6121 points)
Sampling	130 micro/sec
Record lenght	25-50 -10 -20 -400-800 millisec
Filter low pass	from 50 to 950 Hz, step1 Hz
Digital Filter (Fir) low pass	1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz
Digital Filter (Fir) high pass	0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz
Frequency response	7-950 Hz, filter at 950 Hz
Dynamic range	93 dB
Noise	0,66 uV rms, gain = 55 dB
Crosstalk	52 dB, gain = 55 dB
Power	12 V



- Geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio pari a 4,5 Hz



- Trigger: sistema elettronico che, nell'istante dell'energizzazione, invia un impulso al sismografo che a sua volta lo interpreta come inizio della registrazione delle onde.
- Apparato energizzante: mazza battente rispettivamente su di una piastra di alluminio in senso verticale, come sorgente di onde P.



- Notebook collegato al sismografo e dotato di software di acquisizione e di elaborazione dati.

ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione dei dati della **prova M.A.S.W.**, effettuata con il software Easy MASW, consiste dapprima nell'individuare la curva di dispersione apparente sperimentale, frutto dell'interazione tra tutti i modi di Rayleigh, e poi nel cercare la curva di dispersione apparente numerica, a partire da un modello sintetico di sottosuolo, che meglio approssimi quella sperimentale. Tanto più è piccolo lo scarto relativo tra le due curve e maggiore è la probabilità che il profilo delle velocità delle onde di taglio sia quello più realistico.

Una volta noto il profilo delle suddette onde di taglio è immediato il calcolo del parametro $\mathbf{V_{s,eq}}$ e la valutazione della **categoria di sottosuolo** ai sensi del D.M.17-01-2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

MODULI ELASTO-DINAMICI

$$E_d = \rho \cdot V_S{}^2 \cdot \frac{3V_P{}^2 - 4V_S{}^2}{V_P{}^2 - V_S{}^2}$$ Modulo di Young dinamico

$$G_d = \rho \cdot V_S{}^2$$ Modulo di taglio dinamico

$$Kd = \rho \cdot \left(V_P{}^2 - \frac{4}{3} V_S{}^2 \right)$$ Modulo di compressibilità dinamico

$$\nu = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\frac{V_P}{V_S} \right)^2 - 2}{\left(\frac{V_P}{V_S} \right)^2 - 1}$$ Coefficiente di Poisson dinamico

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO
paragrafo 3.2.2 del D.M. 17-01-2018 – NTC

Premesso che l'azione sismica relativa al sito di riferimento rigido differisce da quella effettiva che interessa l'opera, si rende necessario tenere conto, oltre che di altri fattori, delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera medesima. Queste infatti tendono a modificare l'azione sismica in superficie, rispetto a quella attesa su un sito rigido, in ampiezza, durata e spettro di frequenze. La stima di queste modifiche è parte fondante dello studio della **risposta sismica locale**.

Essa può essere definita come l'azione sismica quale emerge "in superficie" a seguito delle suddette modifiche subite trasmettendosi dal substrato rigido. In tal senso un ruolo molto importante è giocato dai cosiddetti **effetti stratigrafici**, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido ed i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno.

Gli effetti della **risposta sismica locale** possono essere valutati con specifiche analisi, di non immediata applicazione, oppure con metodi semplificati, basati sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Quest'ultimi, a rigore, possono essere impiegati solo se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima oppure dallo spettro elastico di risposta: non se ne può fare uso qualora tale azione sia descritta mediante accelerogrammi. Secondo tali approcci semplificati si attribuisce il sito ad una delle categorie di sottosuolo definite nella tabella 1. In particolare la valutazione della risposta sismica locale consiste nella modifica dello spettro di risposta in accelerazione del moto sismico di riferimento, relativo all'affioramento della formazione rocciosa (categoria di suolo A) su superficie orizzontale.

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, è fortemente raccomandato che la classificazione si effettui in base ai valori della velocità equivalente $\mathbf{V_{s,eq}}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi trenta metri di profondità, riferita al piano di imposta, qualora si tratti di fondazioni superficiali, oppure alla testa dei pali, qualora si tratti di fondazioni profonde, oppure alla sommità di opere di sostegno di terreni naturali oppure ancora al piano d'imposta della fondazione di muri di sostegno di terrapieni.

Categoria	Descrizione
A	**Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi** caratterizzati da valori di velocità di onde di taglio superiori a 800 m s^{-1}, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	**Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti**, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 360 m s^{-1} e 800 m s^{-1}.
C	**Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti**, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 180 m s^{-1} e 360 m s^{-1}.
D	**Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti**, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 100 m s^{-1} e 180 m s^{-1}.
E	**Terreni caratteristiche e valori di $V_{s,eq}$ riconducibili a quelle definite per le categorie C o D**, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 1 (Tabella 3.2.II del D.M. 17-01-2018)

La velocità equivalente **$V_{s,eq}$** di propagazione delle onde di taglio è definita dalla seguente espressione:

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

con

i – i-esimo strato;

h_i (m) – spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ (ms^{-1}) – velocità di propagazione delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N – numero di strati;

H – profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 ms^{-1}.

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

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalle suddette analisi è stato possibile determinare che il valore del parametro $\mathbf{V_{s,eq}}$, calcolate rispetto al piano campagna dello stendimento di geofoni, risulta pari a **534,3 $\mathbf{ms^{-1}}$**.

Di seguito è allegata la tabella con il profilo delle velocità ed i relativi grafici.

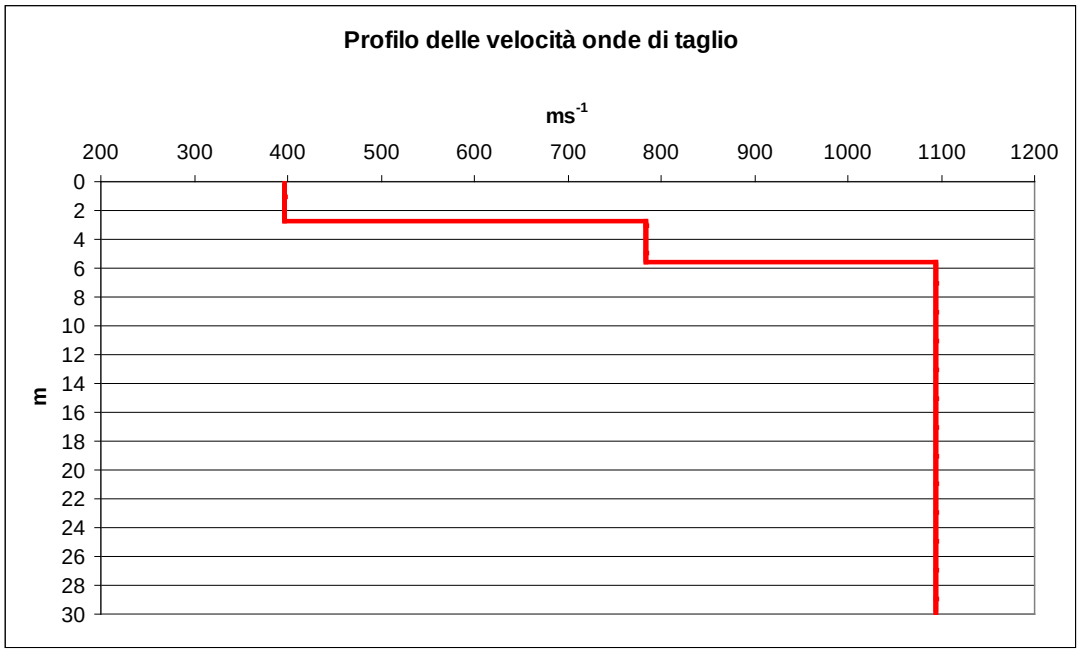
Profilo delle onde di taglio A-A'

Profondità sismostrato [m]	Spessore sismostrato [m]	Velocità onde di taglio Vs [m s^{-1}]
2,68	2,68	396
5,62	2,94	784
30,00	24,38	1094

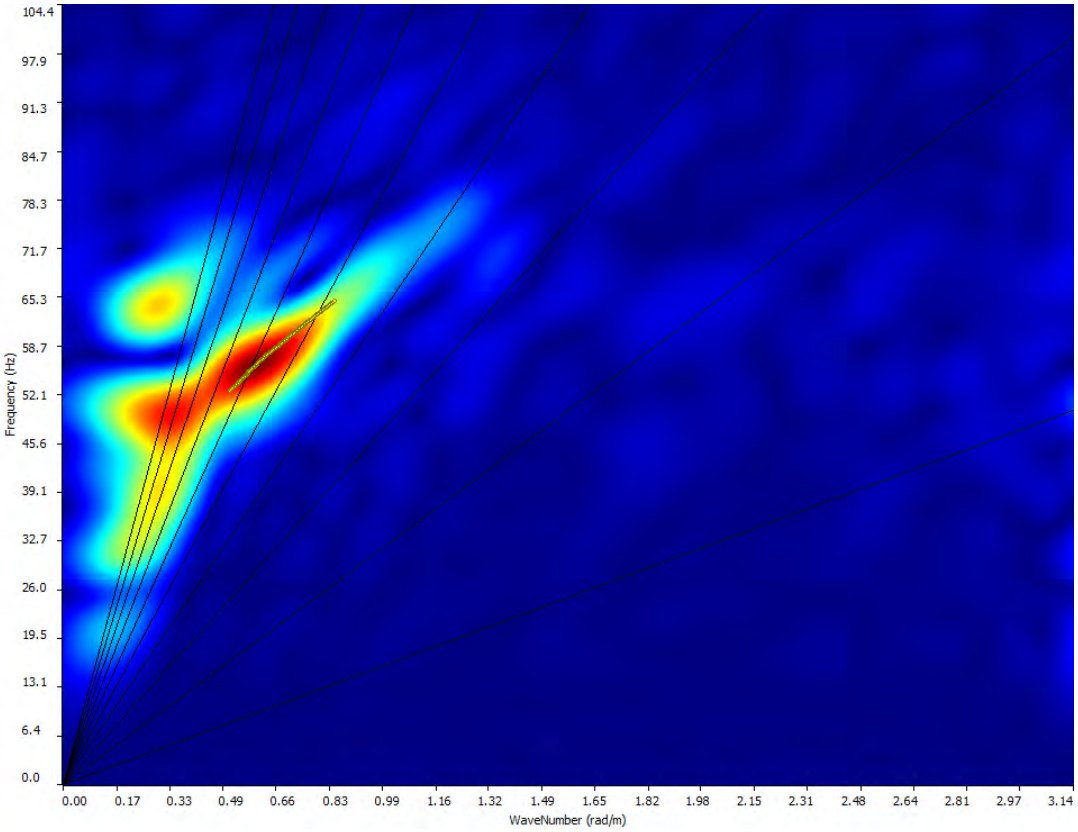
$$V_{s,eq} = 534,3\ ms^{-1}$$

ALLEGATI

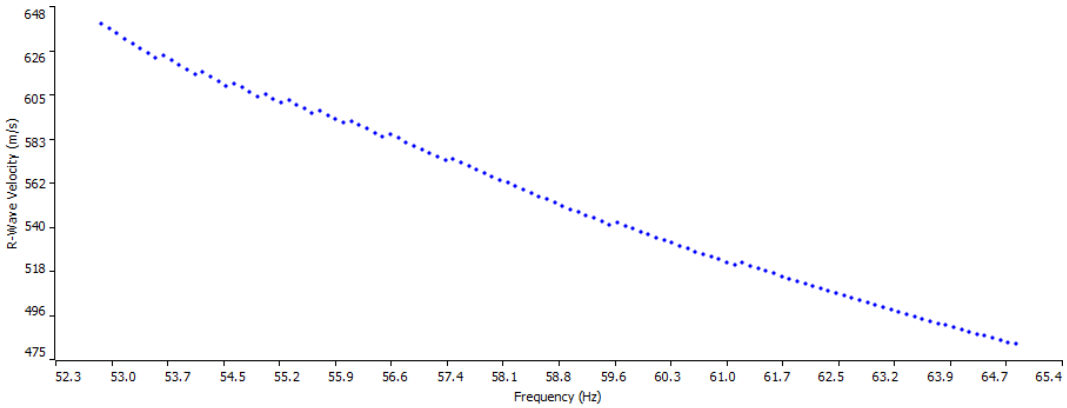
Stendimento A-A'



Profilo delle velocità delle onde di taglio



Spettro FK



Curva di dispersione



Esecuzione della prova M.A.S.W.: stendimento A-A'

COMMITTENTE:

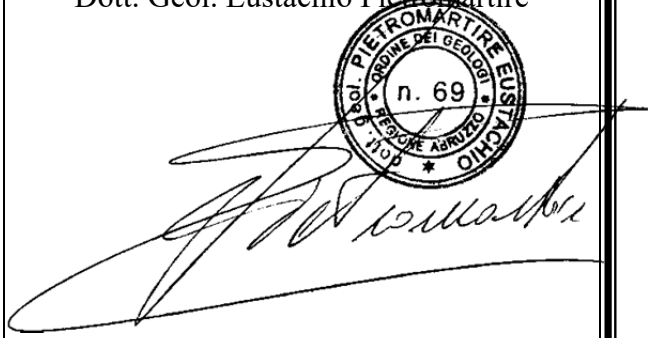
PROVINCIA DELL'AQUILA

OGGETTO:

RILIEVO GEOMECCANICO SP86

TECNOSOIL
ENGINEERING s.r.l.

Il Relatore
Dott. Geol. Eustachio Pietromartire



SOMMARIO

1.0 RILEVAMENTO GEOSTRUTTURALE 2

1.1 Martello di Schmidt 5

1.2 Bussola di Brunton com – pro 5008 5

1.3 Pettine di Burton 6

1.4 Point Load Test 6

2.0 LA CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO 7

2.1 SCHEDA RILEVAMENTO GEOMECCANICO – STOP 01-SP86 DEL VASTO 14

3.0 CONCLUSIONI 19

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

1.0 RILEVAMENTO GEOSTRUTTURALE

Nell'ambito dello studio geologico al fine di valutare la stabilità dei versanti lungo la SP86-Del Vasto, è stato eseguito un rilievo geomeccanico dettagliato, in corrispondenza delle aree maggiormente sensibili a fenomeni di instabilità, al fine di caratterizzare le condizioni geologiche, strutturali e meccaniche degli ammassi rocciosi affioranti in prossimità del tracciato stradale.

L'attività di rilievo ha previsto l'ispezione visiva e l'analisi diretta degli affioramenti rocciosi presenti lungo i versanti interessati, con particolare attenzione alle discontinuità geologiche (fratture, diaclasi, piani di stratificazione e/o scistosità), al fine di:

- Individuare e classificare i principali sistemi di discontinuità presenti;
- Rilevare orientamento (direzione e immersione), spaziatura, continuità, apertura, presenza di riempimenti e condizioni di alterazione delle superfici;
- Valutare la qualità dell'ammasso roccioso attraverso l'applicazione di metodi di classificazione geomeccanica (es. RMR – Rock Mass Rating, GSI – Geological Strength Index, ecc.);
- Identificare eventuali cinematismi di instabilità attivi o potenziali, sia di tipo planare che cuneiforme o toppling;
- Supportare la progettazione di interventi di consolidamento o messa in sicurezza laddove necessario.

I rilievi geomeccanici sono stati dunque effettuati per la caratterizzazione della matrice rocciosa e dei principali sistemi di discontinuità, dove per discontinuità si intende una qualsiasi interruzione di continuità (fratture, piani di stratificazione, piani di scistosità ecc.) che può determinare una modificazione della resistenza di un ammasso roccioso. I parametri si possono distinguere in due principali categorie, ovvero geometrici e meccanici.

Di seguito vengono riportati i principali parametri e indici geometrici previsti per la caratterizzazione geomeccanica di un ammasso roccioso secondo le indicazioni I.S.R.M. (1978, 1985, 1993):

- **Orientazione**: è la posizione della discontinuità nello spazio. Viene descritta dalla direzione di immersione e dall'inclinazione della linea di massima pendenza del piano di discontinuità.
- **Spaziatura**: è la distanza tra discontinuità adiacenti misurata in direzione ortogonale alle discontinuità stesse.
- **Persistenza**: è la lunghezza della traccia della discontinuità osservata in affioramento. Le discontinuità si distinguono in funzione della loro terminazione: discontinuità che si

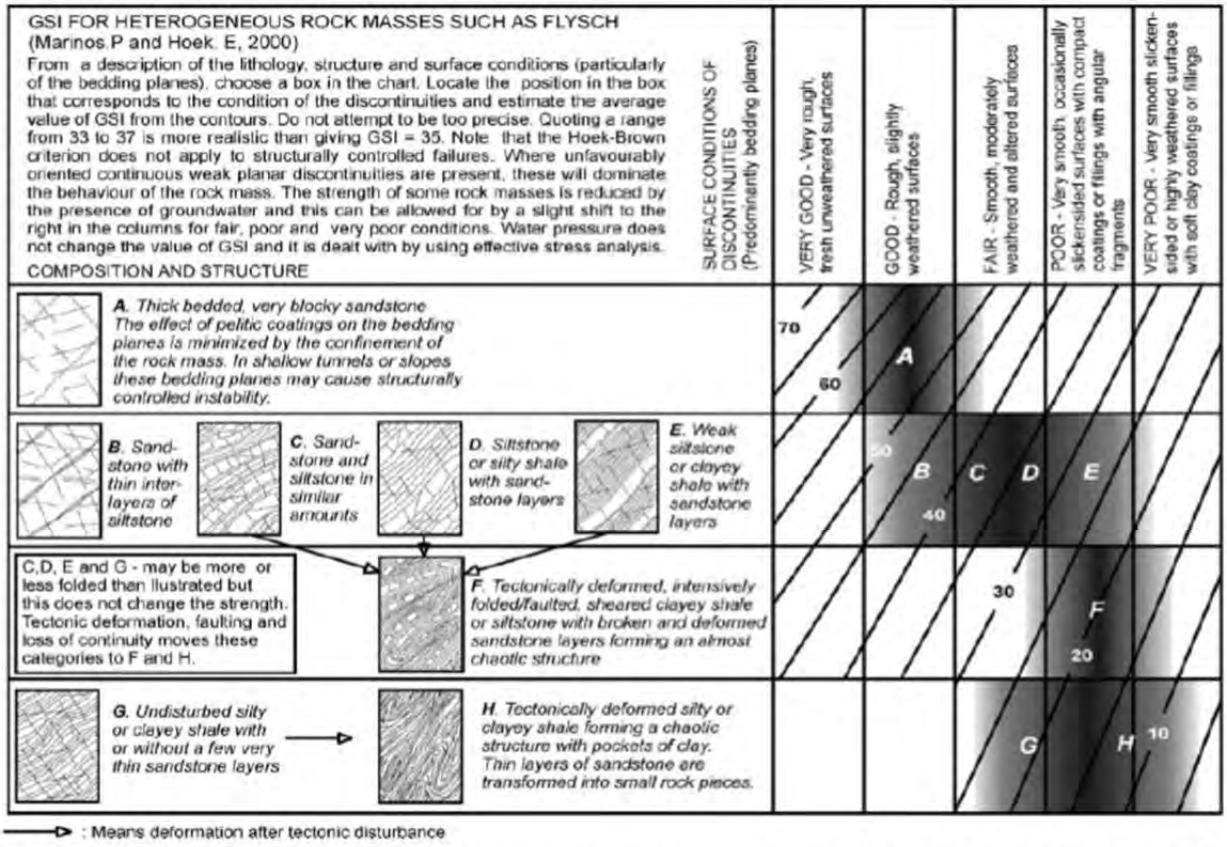
Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

estendono al di fuori della roccia esposta (X), discontinuità che terminano nella roccia esposta (R) e discontinuità che terminano contro altre discontinuità (D).

- **Scabrezza**: è la rugosità e l'ondulazione delle superfici di una discontinuità relativamente al piano medio delle discontinuità. La rugosità e il suo andamento morfologico contribuiscono alla resistenza di taglio.
- **Apertura**: è la distanza perpendicolare che separa le pareti di una discontinuità aperta il cui spazio è riempito da aria o da acqua.
- **Ampiezza**: è la distanza perpendicolare che separa le pareti di una discontinuità aperta il cui spazio è riempito di materiale localmente dilavato.
- **Riempimento**: è il materiale che separa le pareti adiacenti di una discontinuità e che solitamente presenta caratteristiche meccaniche differenti rispetto all'ammasso principale.
- **Alterazione**: indica il grado di alterazione delle discontinuità che talvolta possono essere decomposte o disgregate.
- **Condizioni idriche**: indica la presenza di un flusso d'acqua o di abbondante umidità visibili nelle singole discontinuità o nella massa rocciosa nel suo insieme.
- **Indice della dimensione dei blocchi I_b**: è un indice che rappresenta le dimensioni medie dei blocchi tipo misurate sull'affioramento.
- **Numero volumetrico delle discontinuità Jv**: è un parametro che rappresenta il numero totale delle discontinuità che intercettano un'unità di volume (1 m3) dell'ammasso roccioso.

A partire dai dati geostrutturali è poi possibile associare ad ogni affioramento un valore di GSI (Geological Strenght Index), ovvero un indice che valuta la riduzione di resistenza di un ammasso in differenti condizioni geologiche. Il GSI viene valutato attraverso un grafico (Tab. 1) dove i caratteri strutturali dell'ammasso in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico sono intercorrelati con le caratteristiche della superficie delle discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento della frattura (Hoek e Brown, 1997).

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it



Tab. 1 - GSI per ammassi rocciosi eterogenei come flysch (da Marinos e Hoek, 2001).

Di seguito vengono riportati invece i principali parametri meccanici previsti dalle indicazioni I.S.R.M. (1978, 1985, 1993):

- **Resistenza delle pareti delle discontinuità:** è la resistenza a compressione equivalente dei lembi affacciati di una discontinuità. Può essere minore della resistenza della matrice rocciosa per l'esposizione agli agenti atmosferici e per l'alterazione delle pareti. Quando non sono applicabili le prove convenzionali (es. sclerometro di Schmidt) si effettuano prove di indice manuale che permettono di saggiare un gran numero di discontinuità fornendo una descrizione più rappresentativa delle condizioni delle pareti.
- **Resistenza della matrice rocciosa:** è il valore corrispondente allo sforzo di rottura per un campione di roccia sottoposto a compressione monoassiale senza confinamento. La resistenza a compressione semplice viene stimata mediante indici ottenuti in campagna con la prova di carico puntuale Point Load Test (PLT).

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

CLASSE	DESCRIZIONE	IDENTIFICAZIONE	U.C.S. (MPa)
R0	ROCCIA ESTREM. DEBOLE	Scalfita dall'unghia	0,25 - 1 MPa
R1	ROCCIA MOLTO DEBOLE	Si sbriciola sotto i colpi della punta del martello; si graffia col coltello	1 - 5 MPa
R2	ROCCIA DEBOLE	Graffiata con difficoltà dal coltello; piccole scalfiture provocate da colpi con la punta del martello	5 - 25 MPa
R3	ROCCIA MED. RESISTENTE	La roccia si frattura con un colpo di martello	25 - 50 MPa
R4	ROCCIA RESISTENTE	Richiede più di un colpo di martello per fratturarsi	50 - 100 MPa
R5	ROCCIA MOLTO RESISTENTE	Richiede molti colpi di martello per fratturarsi	100 - 200 MPa
R6	ROCCIA ESTR. RESISTENTE	Si scheggia solamente col martello	> 200 MPa

Tabella standard ISRM (1978) per la valutazione della resistenza a compressione uniassiale.

Molti dei parametri ed indici sopra descritti sono stati ricavati attraverso un'analisi geostrutturale di campagna mediante l'ausilio della seguente strumentazione:

1.1 Martello di Schmidt

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la resistenza dell'ammasso roccioso. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza a compressione uniassiale (Su) mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_u = 0{,}775\ R + 21{,}3$$

1.2 Bussola di Brunton com – pro 5008

- Singolo magnete Nd Fe B, più resistente alla smagnetizzazione di un qualsiasi altro magnete; Precisione azimuth: ±½ con gradazioni da 1°; Precisione angolo verticale: ±½ con gradazioni da 1° e lettura da 10 minuti; Misura angolo verticale: da ±90° o 100% gradi; Scala graduata percentuale con incrementi del 5%; Ago di precisione per misure rapide ed accurate; Cuscinetto allo zaffiro per maggiore sensibilità ai piccoli movimenti dell'ago.

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

1.3 Pettine di Burton

Il pettine di Burton, detto anche profilometro, viene utilizzato per determinare il profilo di rugosità dei giunti, ricavato appoggiandolo sulla superficie della discontinuità, e confrontato poi con alcuni profili standard proposti da Barton & Choubey (1977). Visto che la lunghezza dei profili standard è pari a 10 cm, l'indice JRC fornisce indicazione sulle asperità a scala millimetrica.

1.4 Point Load Test

Per meglio caratterizzare l'ammasso roccioso sono stati prelevati blocchi e frammenti di roccia da inviare al laboratorio geotecnico per effettuare prove di carico puntuale (Point Load Test). Da queste ultime, unitamente ai risultati ottenuti dall'esecuzione della prova di Schmidt, è

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

2.0 LA CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Nel quadro delle indagini geotecniche e geomeccaniche eseguite lungo un tratto selezionato della **Strada provinciale SP86-"Del VAsto"**, è stato effettuato un **rilievo geomeccanico in situ** finalizzato alla caratterizzazione degli ammassi rocciosi affioranti e alla **valutazione della stabilità dei versanti**. L'analisi è stata condotta attraverso la **classificazione geomeccanica RMR** (Rock Mass Rating), nella formulazione proposta da **Z.T. Bieniawski (1989)**.

L'obiettivo del rilievo è stato quello di classificare la qualità dell'ammasso roccioso ai fini della valutazione della stabilità naturale e della progettazione di eventuali opere di consolidamento o protezione. La metodologia RMR "*Rock Mass Rating* (BIENIAWSKI, 1973-1989) impiegata, consente di formulare un giudizio non solo qualitativo ma anche quantitativo sulle caratteristiche globali di un ammasso roccioso mediante l'attribuzione di un punteggio complessivo sulla base di **sei parametri principali**, rilevati direttamente sul campo:

I seguenti parametri sono stati valutati per ciascun punto significativo di rilievo:

1. **Resistenza uniaxiale della roccia (UCS)**
   - Determinata indirettamente mediante martinetti Schmidt (martello di Schmidt, tipo N) e confrontata con letteratura per la litologia affiorante (ad es. calcari compatti, marne, o flysch).
   - Classi RMR da >250 MPa (eccellente) a <1 MPa (molto scarsa).
2. **RQD – Rock Quality Designation**
   - Stimata su base visiva e con l'ausilio di rilievi di scanline nei tratti accessibili.
   - Valori compresi generalmente tra 50% e 90%.
3. **Spaziatura delle discontinuità**
   - Rilevata mediante misurazione diretta su superfici esposte e con approccio statistico nei tratti con sufficiente esposizione.
   - Frequenze da molto ravvicinate (<60 mm) a distanziate (>2 m).
4. **Condizioni delle discontinuità**
   - Valutate su base visiva secondo i sottoparametri: rugosità, apertura, alterazione delle superfici, presenza di riempimenti (argille, calcite, ossidi).
   - Descrizione dettagliata secondo scheda RMR standard.
5. **Condizioni dell'acqua**
   - Presenza o assenza di umidità, stillicidio o flussi d'acqua nelle fratture o tra i letti rocciosi.
   - In linea generale, si sono riscontrate condizioni asciutte o localmente umide.
6. **Orientazione delle discontinuità rispetto al versante** (correzione dell'RMR)
   - Analisi cinematica effettuata con software stereografico (es. DIPS) per identificare geometrie favorevoli a instabilità planari, cuneiformi o ribaltamenti.
   - Correzione negativa dell'RMR nei casi di orientazioni sfavorevoli.

L'analisi geomeccanica è stata eseguita in corrispondenza di tratti in cui si evidenziano morfologie acclivi e condizioni litostratigrafiche potenzialmente critiche, spesso aggravate da

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

fenomeni di disgregazione superficiale, alterazione delle rocce e presenza di sistemi di fratture ben sviluppati. L'obiettivo principale del rilievo è stato quello di fornire un quadro tecnico dettagliato delle caratteristiche geomeccaniche dell' ammasso, utile sia per l'interpretazione dei fenomeni d'instabilità in atto o potenziali, sia per la progettazione di eventuali interventi di consolidamento o protezione.

La SP86-Del Vasto collega l'altopiano delle Tocche con la piana del Fucino ed attraversa aree montuose di alto pregio naturalistico caratterizzate da una notevole fragilità geologica. In particolare il suo tracciato attraversa i versanti montuosi del massiccio del Monte Velino sviluppandosi su litotipi prevalentemente carbonatici mesozoici caratterizzati da un elevato grado di fratturazione. I versanti, caratterizzati da elevate pendenze con superfici esposte per la scarsa copertura vegetale, sono soggetti ad una intensa azione meteorica e di gelivazione che si ripercuote sulla stabilità degli stessi.

La sensibilità geologica nel tratto viario maggiormente critico, compreso tra le progressive chilometriche 6+000 e 6+250, è marcata dalla successione stratigrafica costituita, nella porzione topograficamente più elevata, da calcareniti e calciruditi dell'Aquitano-Burdaliano che sono caratterizzati da un elevato grado di fratturazione e poggiano, in discordanza angolare, con la sottostante scaglia rossa costituita da calcari micritici e calcareniti. Tale assetto è indice di un complesso assetto strutturale che si ripercuote sulla stabilità del versante. Infatti l'elevato grado di fratturazione dei depositi favorisce l'infiltrazione di acqua che in contesti montuosi, come quello in studio, facilita i fenomeni di gelivazione che destabilizza il già precario stato di equilibrio dell'ammasso roccioso. Inoltre, la scaglia, sulla quale poggiano i depositi calcarenitici, ha spesso un comportamento plastico e deformabile e può agire come piano di scivolamento per i blocchi superiori dei calcari.

Nel tratto in studio è stato possibile raccogliere dati significativi sulle caratteristiche litologiche, sulle discontinuità principali, sull'orientazione degli elementi strutturali (giunti, fratture, piani di stratificazione), nonché sul grado di alterazione della roccia e sulla presenza di eventuali segni di instabilità. I dati acquisiti sono stati integrati con osservazioni morfologiche di contesto e con l'analisi di immagini satellitari e ortofotocarte, al fine di fornire un quadro il più possibile rappresentativo delle condizioni geomeccaniche dell'area.

In particolare, le formazioni intercettate nel corso del rilievo geomeccanico risultano costituite da calcareniti e calciruditi sovrastanti depositi di scaglia a (*scaglia rossa*).

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

Di seguito si riporta la planimetria indicante lo STOP di rilievo geomeccanico eseguito lungo la SP86-DEL VASTO:



Figura 1: Ubicazione STOP di rilievo geomeccanico lungo la SP86-DEL VASTO.

L'utilizzo della classificazione RMR ha consentito di:

- Quantificare oggettivamente la qualità geomeccanica dell'ammasso roccioso;
- Fornire parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso;
- Guidare la scelta e la progettazione degli interventi di mitigazione del rischio.

I risultati ottenuti in corrispondenza degli stop eseguiti lungo la SP12-Frentana sono di seguito riassunti.

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

RILIEVO GEO-STRUTTURALE SP 86- DEL VASTO

STOP	TIPO	DIP DIR	DIP	SPAZIATURA	APERTURA	RUGOSITA'	JRC	ALTERAZIONE	H2O	PERSISTENZA	RIEMPIMENTO	S.HAMMER	JCS
		°	°	cm	mm	Beniawski		Beniawski		m			Sc Mpa
	COORDINATE: 42°26'23,65"N - 13°27'07,36" E												
STOP 1	STRATO	46	35	10_20	2	LISCIA	8_10	ALTERATA	ASSENTE	0,1	LIMO ARGILLOSO	48	58
	JOINT	238	80	8_15	1	LISCIA	8_10	ALTERATA	ASSENTE	0,3	LIMO ARGILLOSO	50	60
	JOINT	194	60	10_20	2	LEGGERMENTE RUGOSA	8_10	ALTERATA	ASSENTE	0,5	LIMO ARGILLOSO	52	62
	JOINT	76	84	10_20	2	LISCIA	8_10	MEDIAMENTE ALTERATA	ASSENTE	0,6	LIMO ARGILLOSO	45	56
	JOINT	174	79	10_20	1	RUGOSA	8_10	MEDIAMENTE ALTERATA	ASSENTE	0,5	LIMO ARGILLOSO	44	55
	JOINT	42	25	10_20	2	LISCIA	8_10	MEDIAMENTE ALTERATA	ASSENTE	0,4	LIMO ARGILLOSO	43	54

Figura 2: Tabella riassuntiva di rilievo geomeccanico eseguito lungo la SP86-DEL VASTO

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it



Figura 2: Panoramica affioramento lungo la SP86.



Figura 3: Affioramento di calcareniti e calciruditi.

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it



Figura 4: Affioramento della scaglia rossa costituita da calcari micritici al di sotto dei depositi dei calcari micritici lungo la SP86.



Figura 3: Fasi del rilievo geomeccanico.

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it



Figura 4: Fasi del rilievo geomeccanico.

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

2.1 SCHEDA RILEVAMENTO GEOMECCANICO – STOP 01-SP86 DEL VASTO

In corrispondenza dello stop in corrispondenza del tratto maggiormente critico della SP86 così come indicato nella planimetria sopra riportata è stato eseguito un rilievo geomeccanico del quale di seguito si riportano gli stereogrammi e la relativa analisi cinematica:

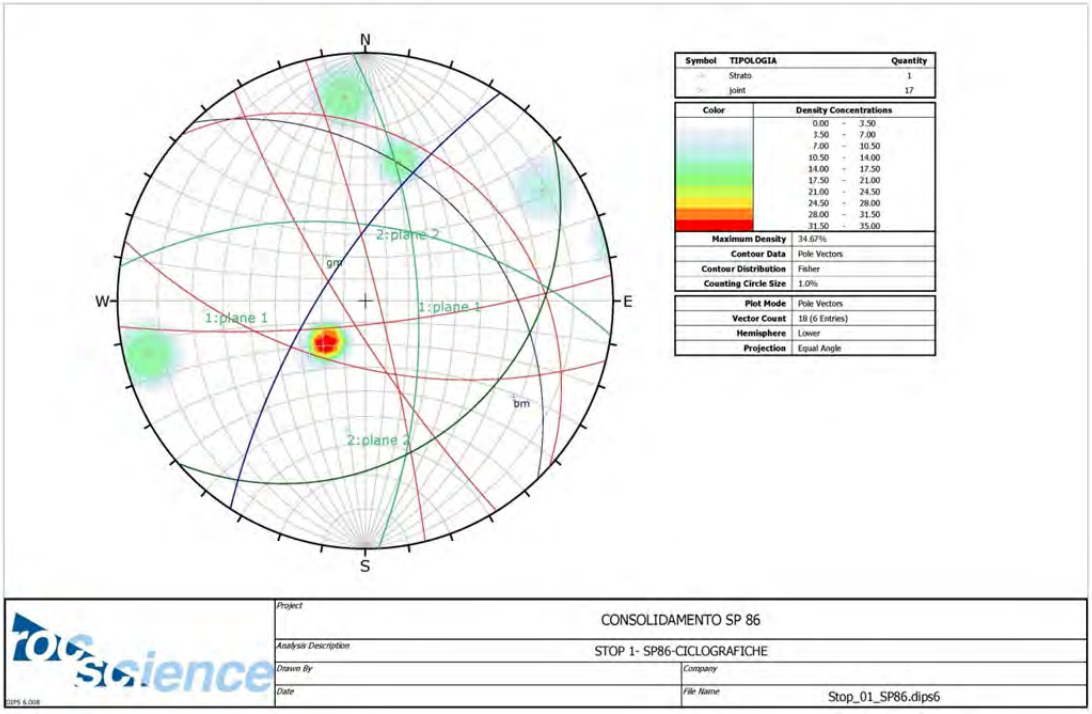


Figura 5: Ciclografiche STOP SP 86.

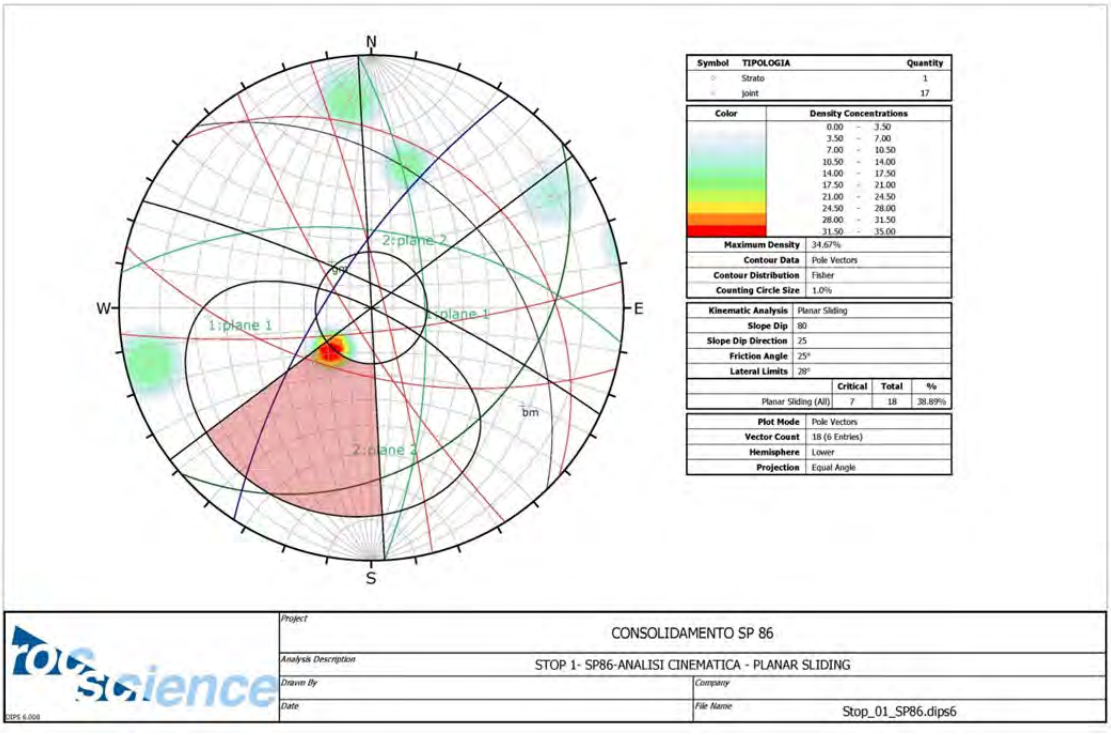


Figura 6: SP86-Analisi cinematica per lo scivolamento planare.

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

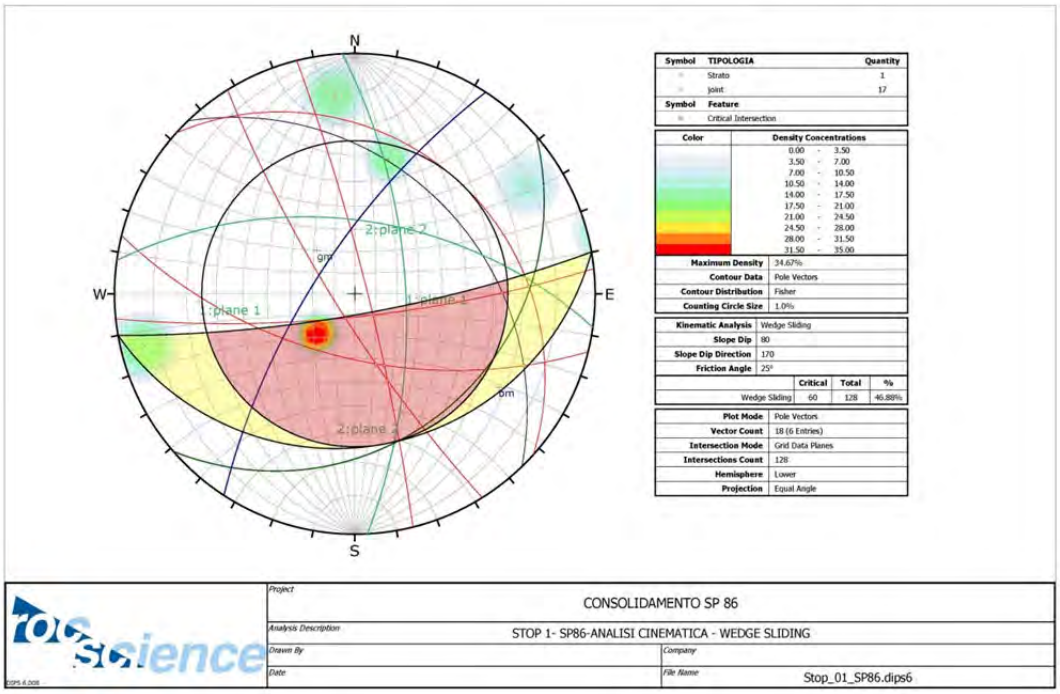


Figura 7: SP86-STOP1-Analisi cinematica per lo scivolamento a cuneo.

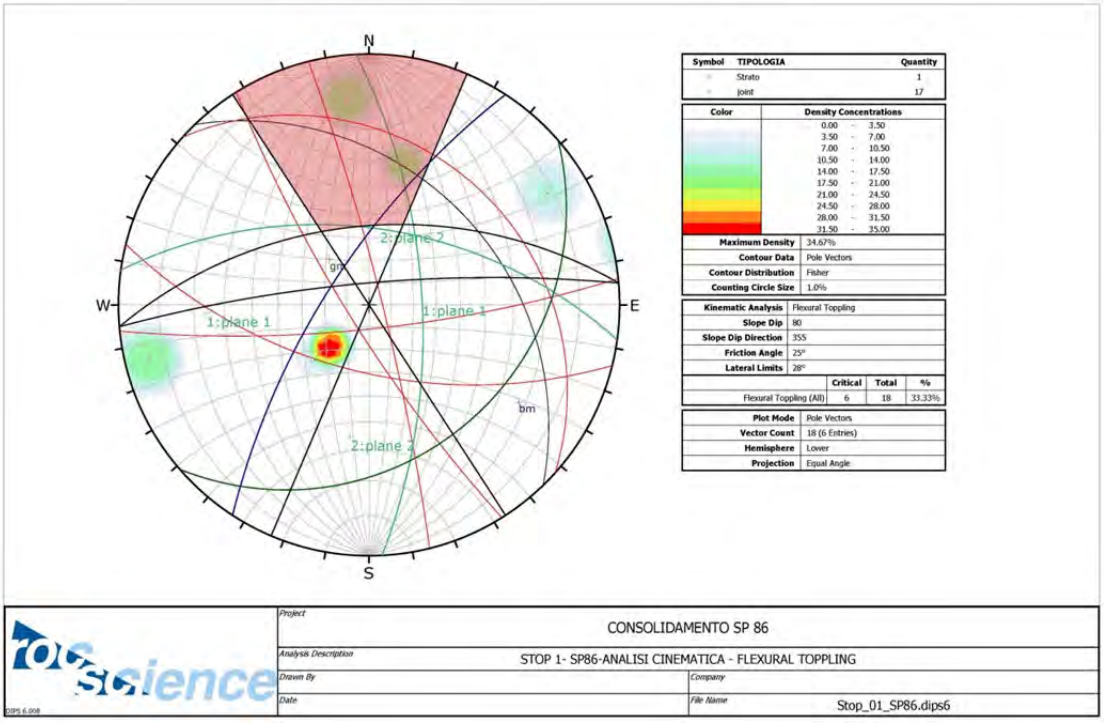


Figura 8: SP86-STOP1-Analisi cinematica per il ribaltamento flessurale.

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

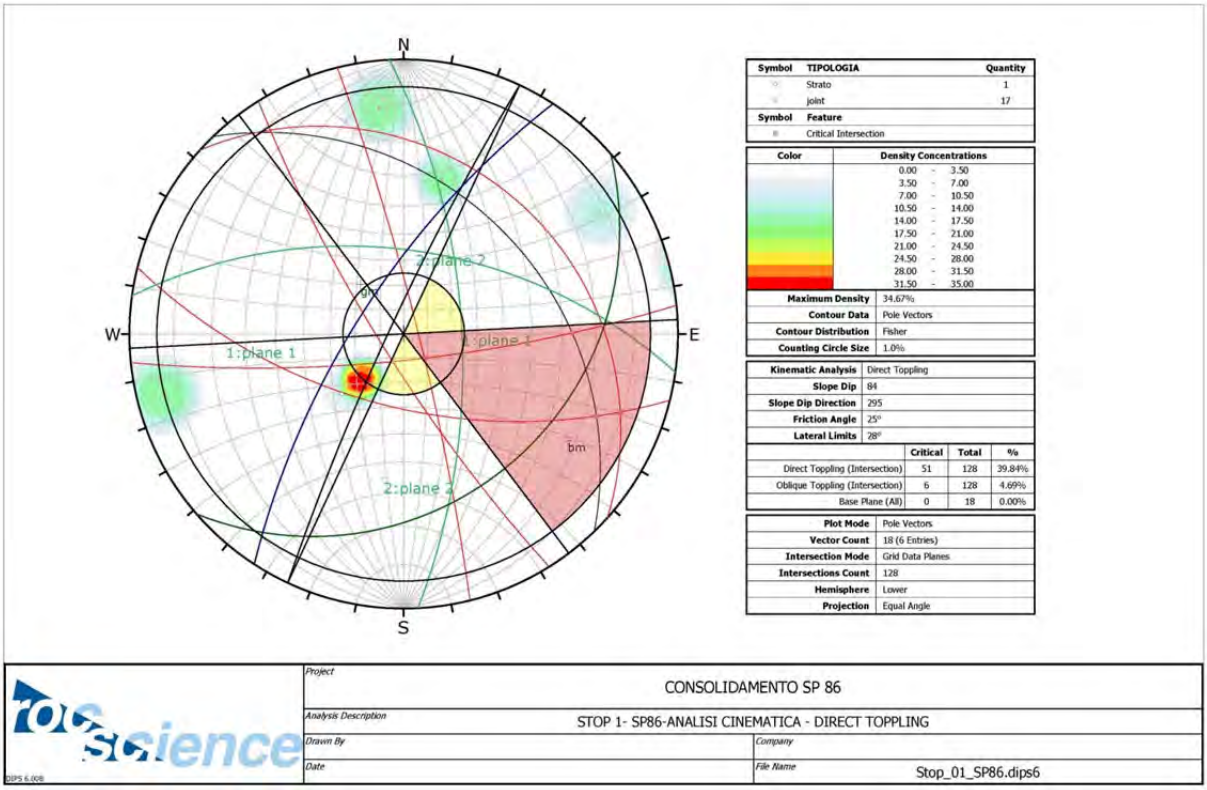


Figura 9: SP86-STOP1-Analisi cinematica per il ribaltamento di blocchi.

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

Di seguito si riportano i valori assegnati allo STOP 1 per il calcolo dell'RMR secondo la tabella del Sistema di Calssificazione di Bieniawsky (1989) nel quale sono indicati in rosso i valori assegnati all'ammasso roccioso in studio

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS									
Parameter			Range of values						
A1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
A2	Drill core Quality RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
A3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 . m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
A4	Condition of discontinuities (See E)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
A5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Joint water press)/ (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1, - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)						
Strike and dip orientations		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable
Ratings	Tunnels & mines	0	-2	-5	-10	-12
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25
	Slopes	0	-5	-25	-50	

C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS						
Rating		100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21
Class number		I	II	III	IV	V
Description		Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock
D. MEANING OF ROCK CLASSES						
Class number		I	II	III	IV	V
Average stand-up time		20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span
Cohesion of rock mass (kPa)		> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Friction angle of rock mass (deg)		> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15
E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions						
Discontinuity length (persistence)		< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Rating		6	4	2	1	0
Separation (aperture)		None	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Rating		6	5	4	1	0
Roughness		Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided
Rating		6	5	3	1	0
Infilling (gouge)		None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm
Rating		6	4	2	2	0
Weathering		Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed
Ratings		6	5	3	1	0

F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**			
(A) Strike perpendicular to tunnel axis		(B) Strike parallel to tunnel axis	
Drive with dip - Dip 45 - 90°	Drive with dip - Dip 20 - 45°	Dip 45 - 90°	Dip 20 - 45°
Very favourable	Favourable	Very unfavourable	Fair
Drive against dip - Dip 45-90°	Drive against dip - Dip 20-45°	Dip 0-20 - Irrespective of strike°	
Fair	Unfavourable	Fair	

* Some conditions are mutually exclusive . For example, if infilling is present, the roughness of the surface will be overshadowed by the influence of the gouge. In such cases use A.4 directly.
** Modified after Wickham et al (1972).

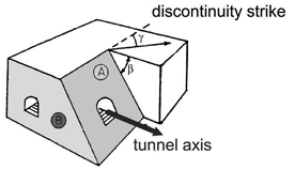


Figura 5.3 Valori dei parametri A1-A5 (*rating*) della Classificazione RMR, classi e correzioni per la giacitura delle discontinuità; da BIENIAWSKI (1989).

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

Sulla base di tale classificazione è emerso un valore di **RMR** pari a **35 corrispondente ad una classe IV SCADENTE**, pertanto è possibile assegnare un valore stimato della coesione e dell'angolo di attrito dell'ammasso roccioso come da tabelle di seguito riportate riferite a Bieniawski, 1989 e C.S.I.R –Rock Mass Rating Bieniawski 1976:

INDICE RMR	100÷81	80÷61	60÷41	40÷21	<20
CLASSE	I	II	III	IV	V
qualità roccia	ottima	buona	mediocre	scadente	molto scadente

CLASSE	I	II	III	IV	V
Coesione (kPa)	>400	400÷300	300÷200	200÷100	<100
Angolo attrito interno	>45°	45°÷35°	35°÷25°	25°÷15°	<15°
tempo medio autoostentamento	20 anni	1 anno	1 settimana	10 ore	30 minuti

Figura 20: Bieniawski, 1989

Classe	RMR	c (kg/cmq)	ϕ (°)
I Ottima	100 – 81	> 3	> 45
II Buona	80 – 61	2 ÷ 3	40 : 45
III Discreta	60 – 41	1.5 ÷ 2	35 : 40
IV Scadente	40 – 21	1 ÷ 1.5	30 : 35
V Molto Scadente	< 20	< 1	< 30

Figura 21: C.S.I.R –Rock Mass Rating Bieniawski 1976

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

L'analisi geostrutturale ha evidenziato una qualità della roccia scadente dovuta ad una struttura fortemente discontinua per la presenza di famiglie di discontinutità orientate in modo tale da consentire molteplici meccanismi di instabilità. In particolare le analisi cinematiche confermano la presenza di discontinuità favorevoli ad instabilità multiple, particolarmente favorevoli per scivolamenti a cuneo che costituiscono una seria minaccia per la sicurezza della viabilità.

3.0 CONCLUSIONI

Sulla base del rilievo geomeccanico eseguito lungo la SP86-DEL VASTO è emerso che l'ammasso roccioso in esame, costituito da depositi calcareniti poggianti, in discordanza angolare, sulla scaglia rossa è di qualità scadente, con orientazione delle discontinuità che favoriscono prevalentemente cinematismi di scorrimento a cuneo con disgaggio di poliedi di dimensioni variabili a alcuni cm^3 a massimo 1 m^3 e secondariamente di ribaltamento diretto.

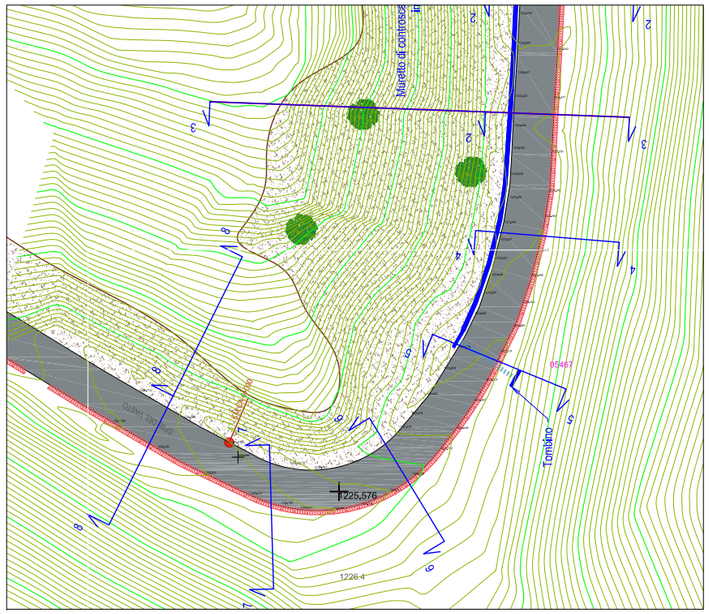
Tali cinematismi sono favoriti dal contesto orografico e dal particolare assetto geologico strutturale che mette in discordanza angolare i depositi calcarei micritici più competenti sopra i depositi della scaglia meno competenti che possono fungere da "lubrificante" allo scorrimento dei depositi calcarei sovrastanti nonché generare cedimenti differenziali.

I fenomeni sopra descritti sono favoriti dalla forte acclività che caratterizza il versante, dalle piogge intense, dalla permanenza del manto nevoso dato il contesto montuoso in cui si inserisce la strada provinciale e da eventi tellurici.

Via SPOLTORE (PESCARA) - Via Fontevecchia n°4 - tel./fax 085/412875 - P.IVA 00929310688 - email info@tecnosoil.it

SP86-SUB-INTERVENTO 1.1
SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA N. 3

Scala 1:200



Legenda

- Terreno di riporto.
- Detrito eterometrico costituito da clasti e ciottoli calcarei.
- Calcareniti e calciruditi in strati e banchi. Il deposito si presenta estremaente fratturato.
- Scaglia rossa costituita da calcari micritici con intercalcazioni di calcareniti fini, molto fratturata.
- Blocchi calcarei in equilibrio precario lungo il versante.

