



strada dei
PARCHIspa
A24 autostrade A25

AUTOSTRADE A24/A25
ROMA - L'AQUILA - TERAMO / TORANO - PESCARA

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO E
MESSA IN SICUREZZA URGENTE (M.I.S.U.)
DELLE AUTOSTRADE A24 E A25
ART. 1 COMMA 183 LEGGE 228/2012**

PROGETTO DEFINITIVO

'B': VIADOTTI - INTERVENTI SPECIFICI PER L'ADEGUAMENTO SISMICO
VIADOTTO RAMPA DI SVINCOLO DI TORNIMPARTE
GEOLOGIA E GEOTECNICA

GEOLOGIA
RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA	FASE	MACRO OPERA	AMBITO/OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROGR.	REV.	SCALA
242	D	A24	IV005	GEO	RE	002	A	

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A	Marzo 2018	Emissione	G. Anibaldi	G. Furlanetto	M. Orlandini

File: 242DA24IV005GEORE002A.DWG

PROJECT MANAGER: Ing. Stefano Ventura

PROGETTAZIONE:



IL DIRETTORE TECNICO
(Ing. Marco Orlandini)

IL PROGETTISTA
(Ing. Guido Furlanetto)



COMMITTENTE:
LA SOCIETA' CONCESSIONARIA



strada dei
PARCHIspa
A24 autostrade A25

IL PROCURATORE SPECIALE
(Ing. Gabriele Nati)



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, I SISTEMI INFORMATIVI E STATISTICI
DIREZIONE GENERALE PER LA VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

AUTOSTRADA A24
AUTOSTRADA A24 –ADEGUAMENTO SISMICO DEL VIADOTTO
RAMPA DI TORNIMPARTE

RELAZIONE GEOLOGICA

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORME E RIFERIMENTI	7
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	8
4	GEOLOGIA DELL'AREA: ANALISI BIBLIOGRAFICA.....	11
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	11
4.2	ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME.....	16
4.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	18
4.4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	24
4.5	INQUADRAMENTO SISMICO	27
4.5.1	SISMICITÀ STORICA	27
4.5.2	SORGENTI SISMOGENETICHE	33
5	MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL SOTTOSUOLO	38
5.1	CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO.....	38
5.1.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE	38
5.1.2	INDAGINI GEOFISICHE	40
5.1.3	PRELIEVO DI CAMPIONI IN ROCCIA.....	41
5.2	RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE	43
5.2.1	STAZIONE GEOMECCANICA 1.....	46
5.2.2	STAZIONE GEOMECCANICA 2.....	52
5.2.3	STAZIONE GEOMECCANICA 3.....	60
5.2.4	STAZIONE GEOMECCANICA 4.....	70
5.2.5	STAZIONE GEOMECCANICA 5.....	78
6	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	84
7	CONCLUSIONI	85
8	BIBLIOGRAFIA.....	86
9	ALLEGATI	88

1 PREMESSA

La presente relazione geologica fa parte del progetto di l'adeguamento sismico del viadotto rampa di svincolo di Tornimparte, alla progressiva km 85 dell'autostrada A24 Roma – L'Aquila – Teramo. Più precisamente l'adeguamento avverrà rimpiazzando l'attuale rampa in viadotto con una nuova rampa, in posizione traslata, realizzata su rilevato. Tale approccio consente di ottenere alcuni benefici aggiuntivi oltre all'adeguamento sismico del tratto stradale, ovvero: miglioramento di alcuni elementi di tracciato stradale dello svincolo (corsie di accelerazione e decelerazione, rispettivamente in entrata e uscita sulla via sinistra dell'autostrada) con conseguente beneficio per la sicurezza degli utenti; maggiore economicità dell'intervento; riduzione dell'impatto paesaggistico dell'infrastruttura autostradale mediante la sostituzione di un manufatto fortemente impattante con una rimodellazione inverdita meglio inserita nel contesto ambientale. Quest'opera interseca a livelli sfalsati il viadotto S.Onofrio, strutturalmente separato e indipendente, oggetto anch'esso di adeguamento sismico tramite altra progettazione.

L'intervento prevede la completa sostituzione dell'attuale viadotto di svincolo con un nuovo rilevato a sostegno della rampa bidirezionale collocata in posizione traslata rispetto a quella attuale. Per quanto esposto in premessa tale scopo è articolato nei seguenti argomenti principali e nella conseguente struttura di scomposizione del lavoro (WBS):

- 1) adeguamento del viadotto rampa di svincolo di Tornimparte, inclusi elementi strutturali verticali.
- 2) Trattamento delle acque meteoriche che interessano la piattaforma dello svincolo. Tale obiettivo viene raggiunto mediante l'allacciamento all'impianto già previsto a servizio del viadotto S.Onofrio ed oggetto di altra progettazione.

Più in particolare:

- 1) Adeguamento del viadotto rampa di svincolo di Tornimparte: La strategia scelta per l'adeguamento sismico dell'opera esistente mira alla completa sostituzione dell'opera strutturale in c.a. e c.a.p. con un'opera in terra realizzata secondo una nuova configurazione. Con la realizzazione della nuova configurazione di svincolo si mira ad ottenere ulteriori benefici aggiuntivi: allungamento della corsia di decelerazione per Tornimparte provenendo dall'Aquila, allargamento della corsia di accelerazione in direzione Roma provenendo da Tornimparte, realizzazione di un'opera di minore costo e con limitati costi di manutenzione, sostituzione di un manufatto in cemento molto impattante da un punto di vista paesaggistico con un'opera rinverdita meglio inserita nel contesto ambientale. Per ottenere i suddetti obiettivi si prevedono i seguenti interventi, individuati secondo i seguenti capitoli:
 - a. demolizione del viadotto esistente e conseguente ripristino ambientale della zona di spicco delle elevazione mediante rimodellazione (A001, A002 e A003) e demolizione della parte di canna artificiale della via SX, imbocco lato L'Aquila, della galleria S. Rocco.
 - b. Completa ricostruzione dei rami di svincolo verso Roma e dall'Aquila (rampe B e A rispettivamente) e del tratto bidirezionale dello svincolo in una nuova posizione planimetrica che consenta l'allungamento della corsia di decelerazione e l'ampliamento della corsia di accelerazione sulla carreggiata sinistra della A24. La ricostruzione delle rampe avviene realizzando un nuovo corpo stradale su rilevato e in parte in trincea (B001), una nuova

- pavimentazione (B002), nuove barriere (B003), nuova segnaletica (B004) e nuovi elementi di margine (B005).
- c. Per la realizzazione delle nuove rampe di svincolo sono necessarie le seguenti opere minori: sottovia scatolare per l'attraversamento dell'autostrada in prossimità della spalla RM del viadotto S.Onofrio (C001); deviazione del rio che attraversa l'autostrada in tombino in corrispondenza dell'attuale bypass esterno della galleria S.Rocco (C002); paratia (C004) necessaria all'esecuzione dell'opera C001 e muro (C005) di approccio allo stesso sottovia;
- d. Impianti necessari all'adattamento dell'imbocco lato L'Aquila della canna sinistra della galleria S. Rocco per causa della demolizione del tratto in artificiale (riposizionamento di tutti gli impianti interni, installazione di nuovi ventilatori antifumo necessari a scongiurare il ricircolo dei fumi tra canne adiacenti), impianti necessari all'illuminazione dello svincolo, impianti necessari a ripristinare la continuità delle linee dorsali di connessione dati. In aggiunta si considerano in questo pacchetto di lavoro le attività necessarie a raccogliere le acque di piattaforma e a recapitarle alla rete di raccolta e trattamento prevista con altra progettazione.
- 2) Impianto di trattamento acque (oggetto di altra progettazione): le acque di piattaforma provenienti dalle rampe e dai viadotti raccolte nelle nuove caditoie, vengono convogliate tutte in un unico punto di trattamento mediante un sistema di condotte. L'impianto di trattamento delle acque si trova ai piedi del fabbricato di stazione in un'area di proprietà Strada dei Parchi ed è facilmente accessibile per manutenzione dalla viabilità esistente. Tale impianto è in grado di trattare l'acqua di prima pioggia depurandola prima dello scarico nei fossi e consente di raccogliere in una vasca separata un'eventuale "onda nera" in caso di sversamenti accidentali in autostrada. L'impianto è collegato alla rete di alimentazione e alla rete dati del Gestore tramite allaccio alla stazione di esazione.

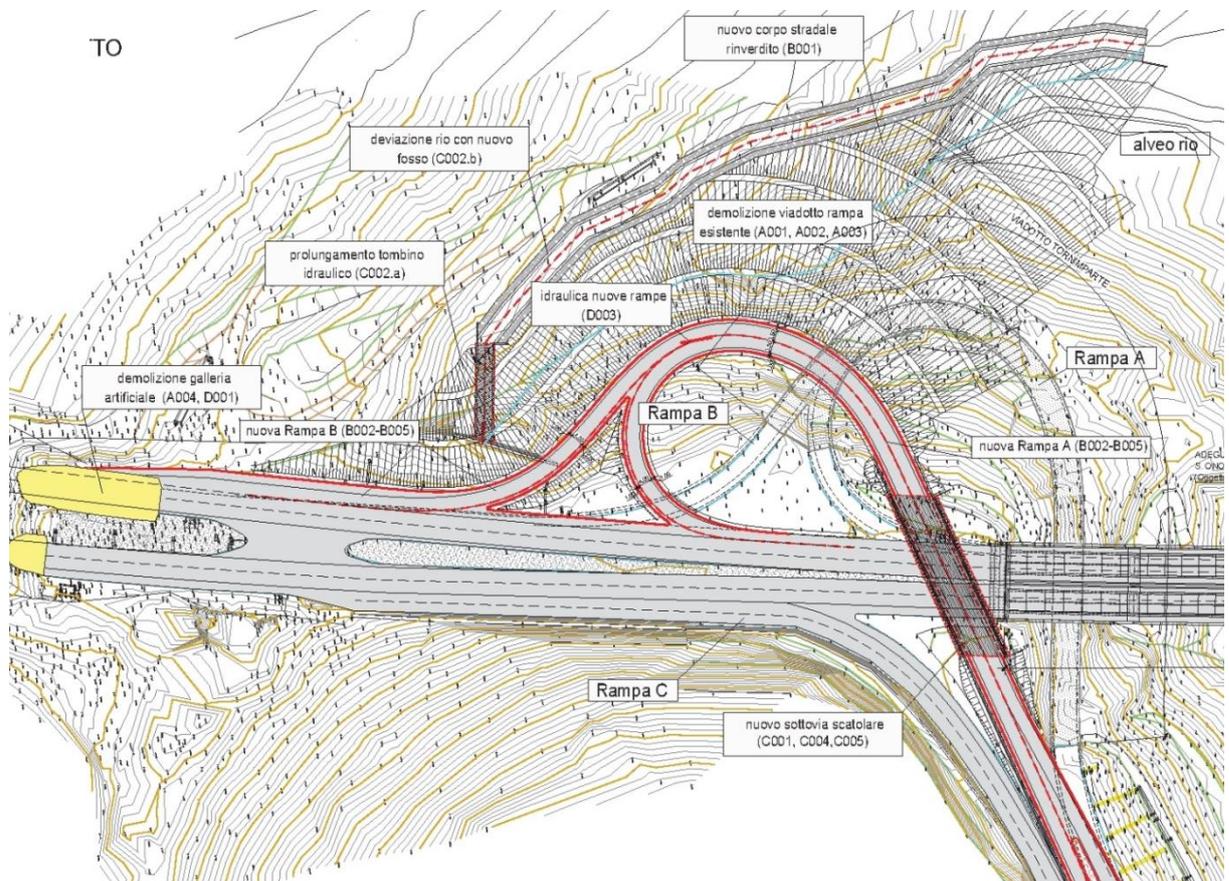


Figura 1: planimetria generale di progetto con denominazione WBS

2 NORME E RIFERIMENTI

- D. M. 11/3/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle opere di fondazione;
- Circolare Min. LL. PP. 24/9/1988 n. 30483: Istruzioni 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - Giugno 1977;
- Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - Gennaio 1994;
- Ordinanza del 20/03/2003 n. 3274 e s.m.i. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- D.M. 14/01/2008 - Norme tecniche per le costruzioni;
- Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A) - D.P.R. n.380/2001 – art. 89;
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Viadotto Svincolo di Tornimparte si sviluppa in prossimità della spalla lato Roma del Viadotto S. Onofrio e consente il collegamento alla viabilità locale del traffico sulla carreggiata sinistra, direzione Roma.

L'area di studio si colloca a nord del valico di S. Rocco ed il Viadotto S. Onofrio attraversa una stretta depressione valliva orientata circa W-E, con quote comprese tra 1050 e 1100 m s.l.m.



Figura 2. Viadotti S. Onofrio e Svincolo di Tornimparte. Vista panoramica.

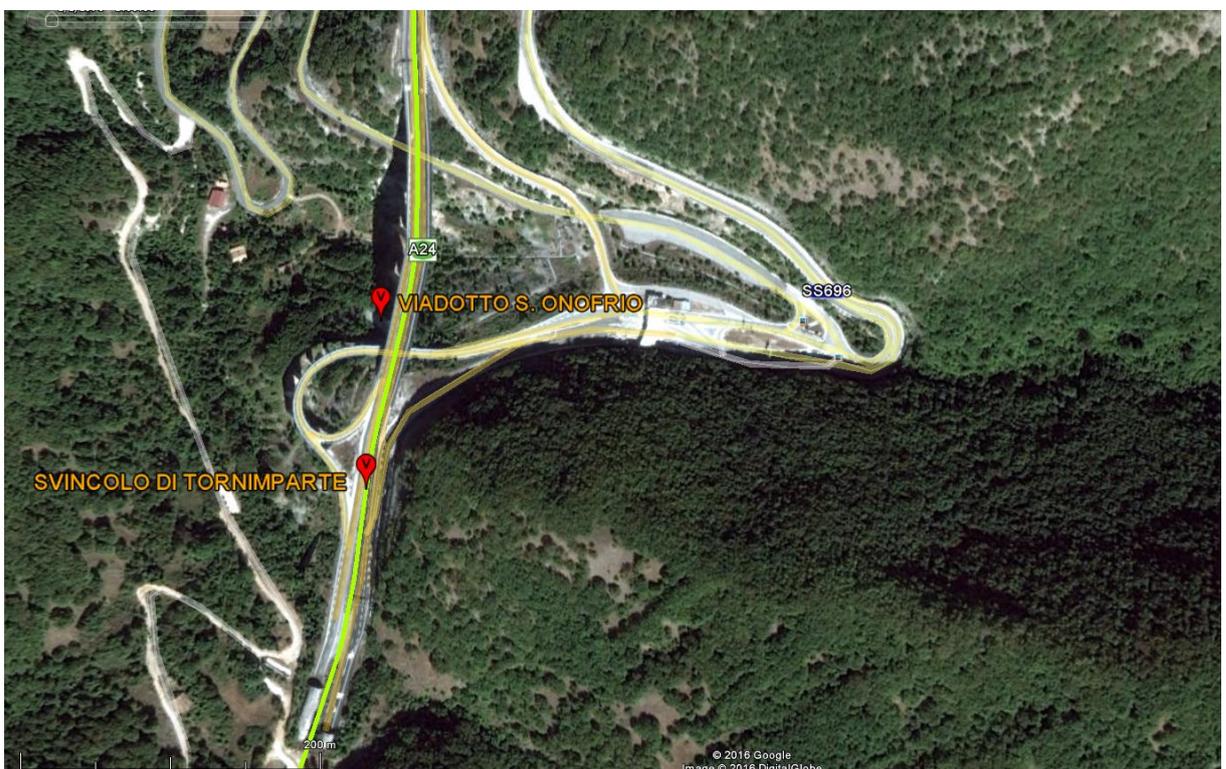
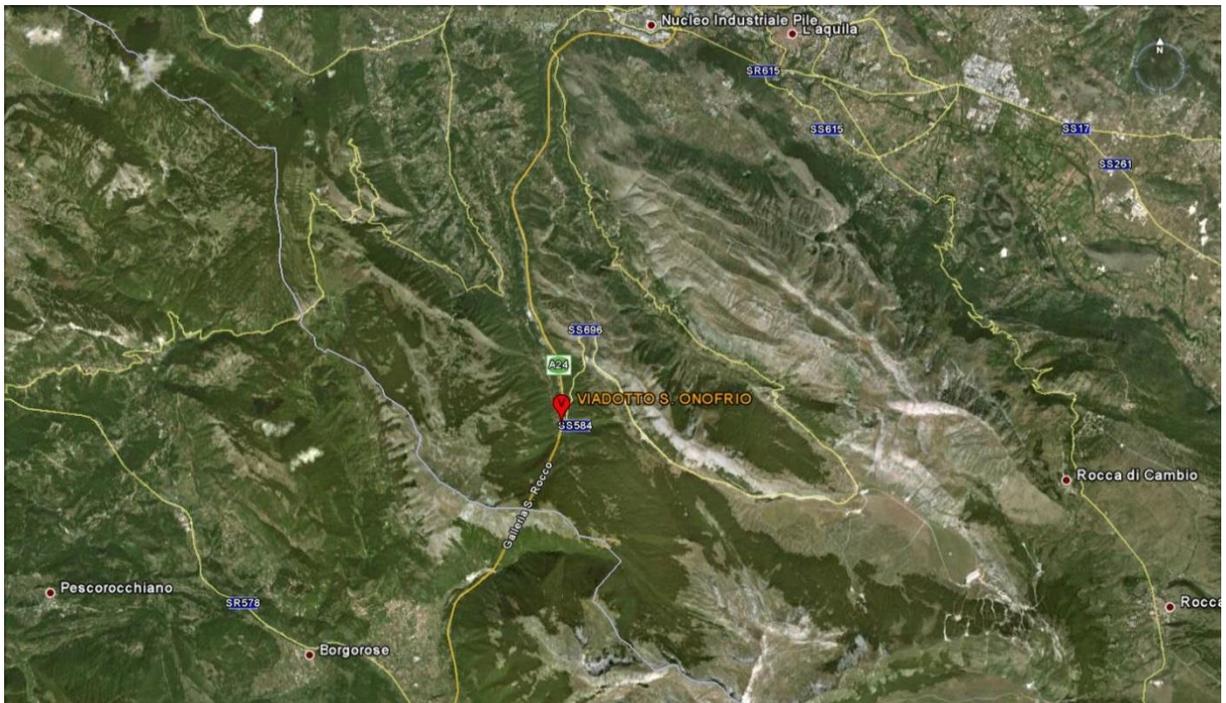


Figura 3. Ubicazione geografica dell'area in esame, immagine google earth.

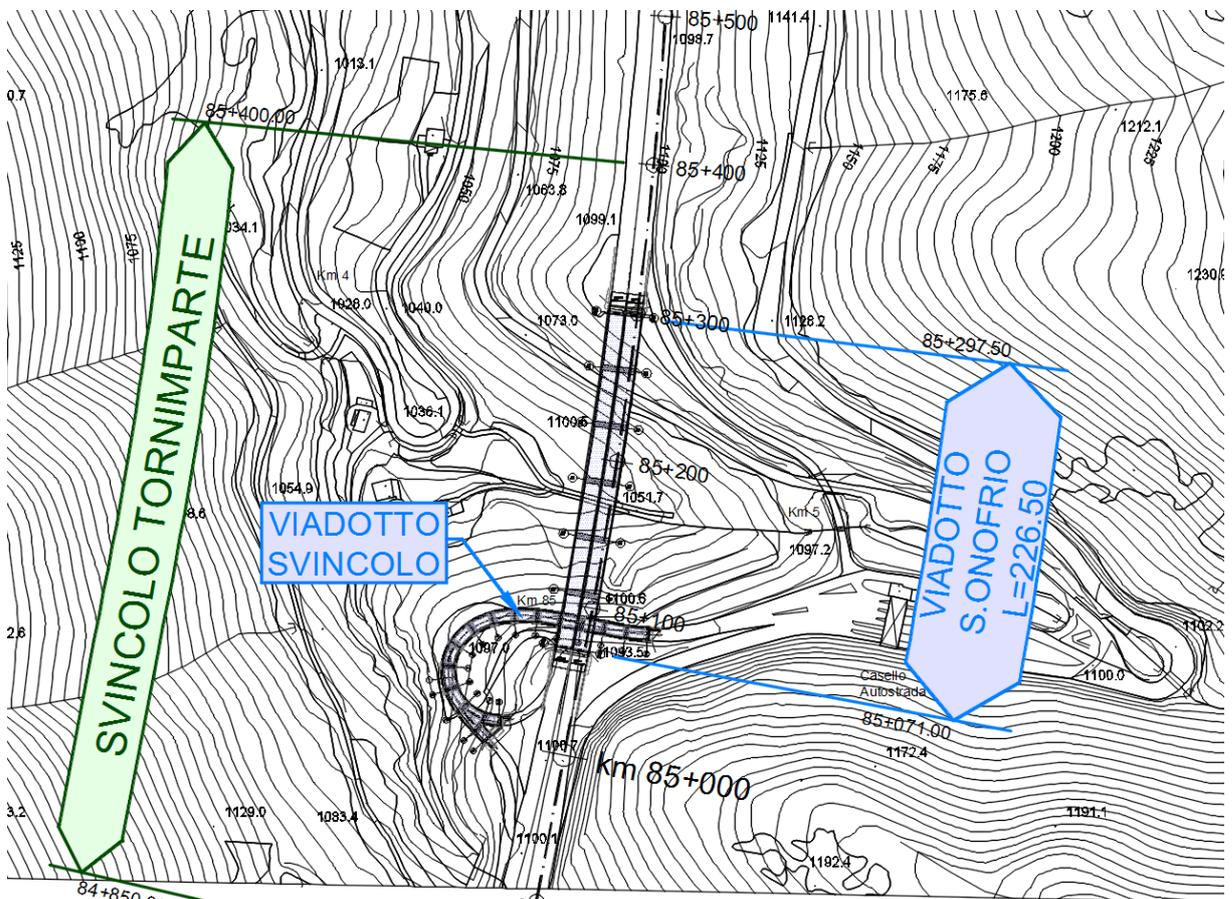


Figura 4. Inquadramento delle opere esistenti su CTR 1:5000, tavola 358122.

4 GEOLOGIA DELL'AREA: ANALISI BIBLIOGRAFICA

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

(Dalle Note Illustrative del Foglio 358 "Pescorocchiano" della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000)

Il settore in esame è ubicato situato nel settore sudorientale marginale del Foglio 358 "Pescorocchiano" della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000. Quest'ultimo fa parte della cosiddetta "zona di incontro" tra l'estremo settore nordorientale del dominio neritico laziale-abruzzese, quello pelagico umbro-marchigiano-sabino e la fascia di transizione tra piattaforma e bacino (Figura 5). Essa è attraversata per un certo tratto da un importante elemento tettonico, a carattere regionale, il *sovrascorrimento dei M.ti Reatini*, che rappresenta un segmento della più estesa rampa transpressiva impostata sulla fascia di deformazione della *master fault* liassica, la *linea Anzio-Ancona Auct.*, che costituisce il confine tra Appennino Settentrionale e Appennino Centrale.

L'evoluzione geologica dell'area in esame riflette gli effetti di una intensa tettonica polifasica, che dalle fasi distensive legate al *rifting* mesogeo si è ulteriormente sviluppata durante il regime di avampaese, articolando sempre più il settore, controllandone progressivamente la paleogeografia, fino alla costruzione di un edificio a pieghe e sovrascorrimenti, dislocato successivamente in seguito allo sviluppo di una intensa tettonica distensiva associata al sollevamento regionale.

In base a proprie caratteristiche litostratigrafiche, strutturali o per una particolare evoluzione tettonico-sedimentaria, sono state distinte nell'area sei unità tettoniche principali. Dalla più interna e geometricamente più sollevata, alla più esterna e più bassa, esse sono: *Unità M.ti Reatini*, *Unità M.te Navegna*; *Unità Salto*; *Unità M.te Nuria-M.te S. Rocco*; *Unità M.te Calvo – M.te della Rocca*; *Unità M.te La Torretta*, (Figura 6).

L'*Unità M.ti Reatini*, (Figura 6) fa parte dell'unità più estesa che comprende anche i Monti Sibillini ed è costituita dalla successione pelagica *umbro-marchigiano-sabina*, che si è individuata e sviluppata dopo la fase del *rifting* tetideo del Lias Medio a NW della linea Anzio-Ancona. Essa è ampiamente sovrascorsa sia sull'*Unità M.te Navegna* sia sull'*Unità M.te Nuria*.

L'*Unità M.te Navegna* è localizzata al letto del sovrascorrimento dei M.ti Reatini, ed è costituita, nell'area in esame, dalla successione: unità spongolitica, calcari a briozoi e litotamni, entrambi di rampa carbonatica, del Miocene inferiore-medio, unità argilloso-marnosa del Miocene medio-superiore. Nelle aree adiacenti e in quelle più meridionali, dove la successione è completa, affiorano anche depositi di rampa carbonatica, equivalenti alla F.ne S. Spirito del Paleogene e le calcareniti a macroforaminiferi oligomioceniche.

Al di sotto di queste formazioni sono segnalati depositi cretacici di ambiente marginale (M.te Cervia: F° 367 "Tagliacozzo", Comp agnoni et alii, 1992; Rocca di Cave: Corrado, 1995).

Si può quindi ipotizzare che le successioni dell'*Unità Navegna* siano di pertinenza del dominio laziale-abruzzese piuttosto che del dominio umbro-marchigiano-sabino.

L'*Unità M.te Navegna* rappresenterebbe pertanto l'estremo lembo nordoccidentale del dominio laziale-abruzzese, con caratteri marginali nel Cretaceo e di gradino ribassato in un ambiente di rampa carbonatica dal Cretaceo superiore-Paleogene al Miocene medio. L'*Unità M.te Navegna* si accavalla sull'antistante *Unità Salto* tramite un sovrascorrimento sviluppatosi lungo la linea Olevano-Antrodoco Auct.. Quest'ultima si sarebbe impostata sulla fascia di deformazione di un sistema di

faglie normali immergenti ad W, che avrebbe svincolato tra il Cretaceo e il Miocene il settore marginale e di rampa Navegna-Rocca di Cave da quello del Salto. La linea Anzio-Ancona e la linea Olevano-AnTRODOCO rappresentano perciò due elementi strutturali ben distinti tra loro sviluppatasi su fasce di deformazione a diversa orientazione e attivatesi in tempi differenti su domini paleogeografici diversi.

La linea Olevano-AnTRODOCO, impostatasi all'interno del settore nord-occidentale del dominio laziale-abruzzese, a direzione circa N-S, va a confluire nei pressi di Micciani con la linea Anzio-Ancona, a direzione NNE-SSW sviluppatasi sulla fascia di deformazione della master fault liassica che aveva separato il dominio neritico da quello pelagico. Per questo motivo sembrerebbe più corretta una nuova denominazione linea Olevano-Micciani.

L'Unità M.te Navegna nel Messiniano inferiore è coinvolta nel dominio di avanfossa con la deposizione delle torbiditi silicoclastiche del complesso torbiditico alto miocenico laziale-abruzzese Auct. pars.

L'Unità Salto, l'Unità M.te Nuria-M.te S. Rocco e l'Unità M.te Calvo-M. te della Rocca fanno tutte parte di una unità più estesa regionalmente, l'Unità M.te Giano-Marsica . L'Unità Salto rappresenta la porzione settentrionale di una unità che si estende oltre l'area esaminata, dai M.ti Carseolani alla dorsale M.te Faito-M.te S. Nicola fino ai M.ti della Maddalena (F° 367 "Tagliacozzo). Essa è costituita quasi esclusivamente da una successione carbonatica mesozoica di laguna interna, cui si sovrappongono, dopo l'estesa lacuna paleogenica, depositi di rampa da prossimale a distale del Miocene inferiore-medio. Questi ultimi poggiano a luoghi su vari termini della successione cretacea e presentano al loro interno numerose variazioni laterali di facies. La successione è chiusa dalle torbiditi silicoclastiche di avanfossa del Messiniano inferiore. Questa successione affiora anche nei *klippen* di Ara dei Sorci e di Castello Reale, che rappresentano il settore più orientale dell'unità in esame, sovrascorsa sull'unità M.te Nuria-M.te S. Rocco.

L'Unità M.te Nuria-M.te S. Rocco, localizzata al letto dell'Unità Salto e dell'Unità M.ti Reatini, è costituita inferiormente da una potente successione mesozoica di piattaforma, al di sopra della quale si rinvengono, nelle parti periferiche, limitati lembi di una successione di rampa carbonatica del Cretaceo superiore-Paleogene-Miocene inferiore, di modesto spessore e caratterizzata da lacune e discordanze. Tale successione è legata ad un progressivo annegamento della piattaforma, la cui successione si chiude con torbiditi distali di avanfossa del Messiniano inferiore.

L'Unità M.te Calvo-M.te della Rocca rappresenta l'estremo margine nord-orientale del dominio laziale-abruzzese ed è costituita in prevalenza da depositi mesozoici di margine o di rampa prossimale che prevalgono nel settore settentrionale dove passano superiormente a depositi di rampa distale dal Paleogene al Miocene inferiore.

Nelle aree meridionali dell'unità affiorano facies di piattaforma interna mesozoiche, sulle quali si depositano, dopo la lacuna paleogenica, litofacies di rampa del Miocene. Anche questa unità viene coinvolta nel Messiniano inferiore nel dominio di avanfossa con la deposizione di torbiditi.

L'Unità M.te La Torretta fa parte della più estesa Unità Gran Sasso-Genzana e rappresenta l'elemento strutturale più esterno e ribassato su cui si accavalla l'Unità M.te Calvo-M.te della Rocca. Essa è costituita da una successione pelagica mesozoico-paleogenico-miocenica inferiore-media, caratterizzata da abbondanti risedimenti carbonatici, tipici di un bacino prossimale.

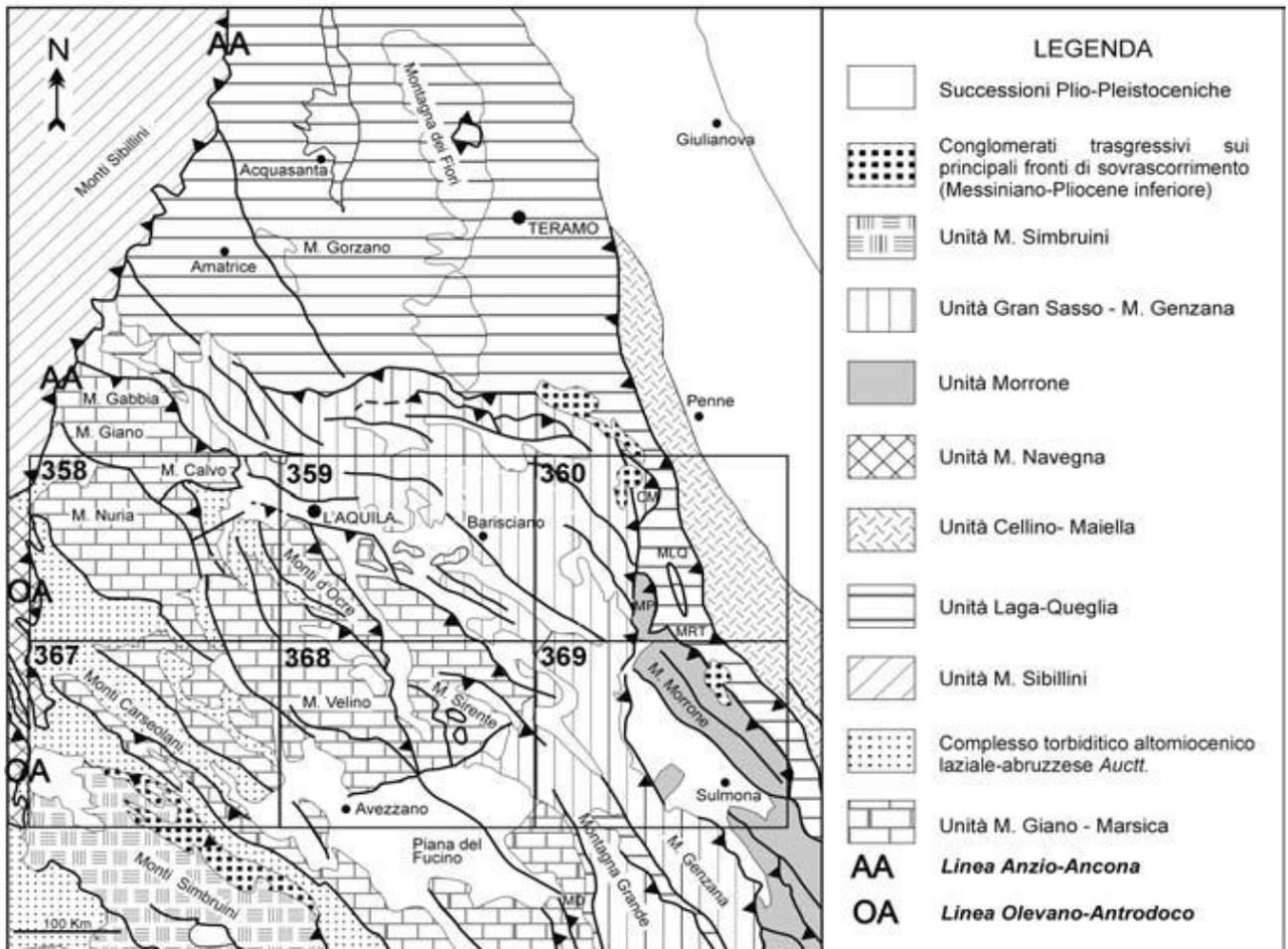


Figura 5. Schema delle Unità strutturali dell'Appennino Centrale.

Il coinvolgimento di questa ultima unità nel dominio di avanfossa è evidenziato dalla deposizione delle torbiditi silicoclastiche appartenenti al membro pre-evaporitico della Formazione della Laga. Tutte le unità suddette sono state coinvolte nella strutturazione della catena in un intervallo di tempo compreso tra il Messiniano superiore e la base del Pliocene, secondo una sequenza normale da ovest verso est; tuttavia sono documentate anche riattivazioni fuori sequenza di alcuni dei principali sovrascorrimenti (ad es. la linea Olevano-AnTRODoco secondo Cipollari & Cosentino, 1992). Dopo la strutturazione della catena, o addirittura durante le prime fasi di questa, nell'area in esame si sono deposte estese coperture continentali. Per la massima parte queste sono rappresentate da depositi di ambiente lacustre o fluvio- lacustre (limi, sabbie, ghiaie, conglomerati e travertini) che nel Pleistocene inferiore hanno colmato le depressioni tettoniche; sui versanti si rinvergono detriti stratificati, brecce e talora depositi di paleofrane.

Tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene superiore si sono verificate ripetutamente nell'area condizioni climatiche freddo-aride in concomitanza delle quali si osserva la deposizione di diversi sintemi.

L'area compresa nel F° 358 "Pescorocchiano" fa parte della catena centro-appenninica, impostatasi durante la fase di strutturazione neogenica come un complesso edificio a pieghe e sovrascorrimenti.

Al suo interno sono state distinte, in base ai principali fronti di accavallamento, al diverso stile deformativo, alle successioni affioranti e ai domini paleogeografici di appartenenza, sei unità tettoniche che da W verso E sono: Unità M.ti Reatini; Unità M.te Navegna; Unità Salto; Unità M.te Nuria-M.te S. Rocco; Unità M.te Calvo-M.te della Rocca; Unità M.te La Torretta (Figura 6).

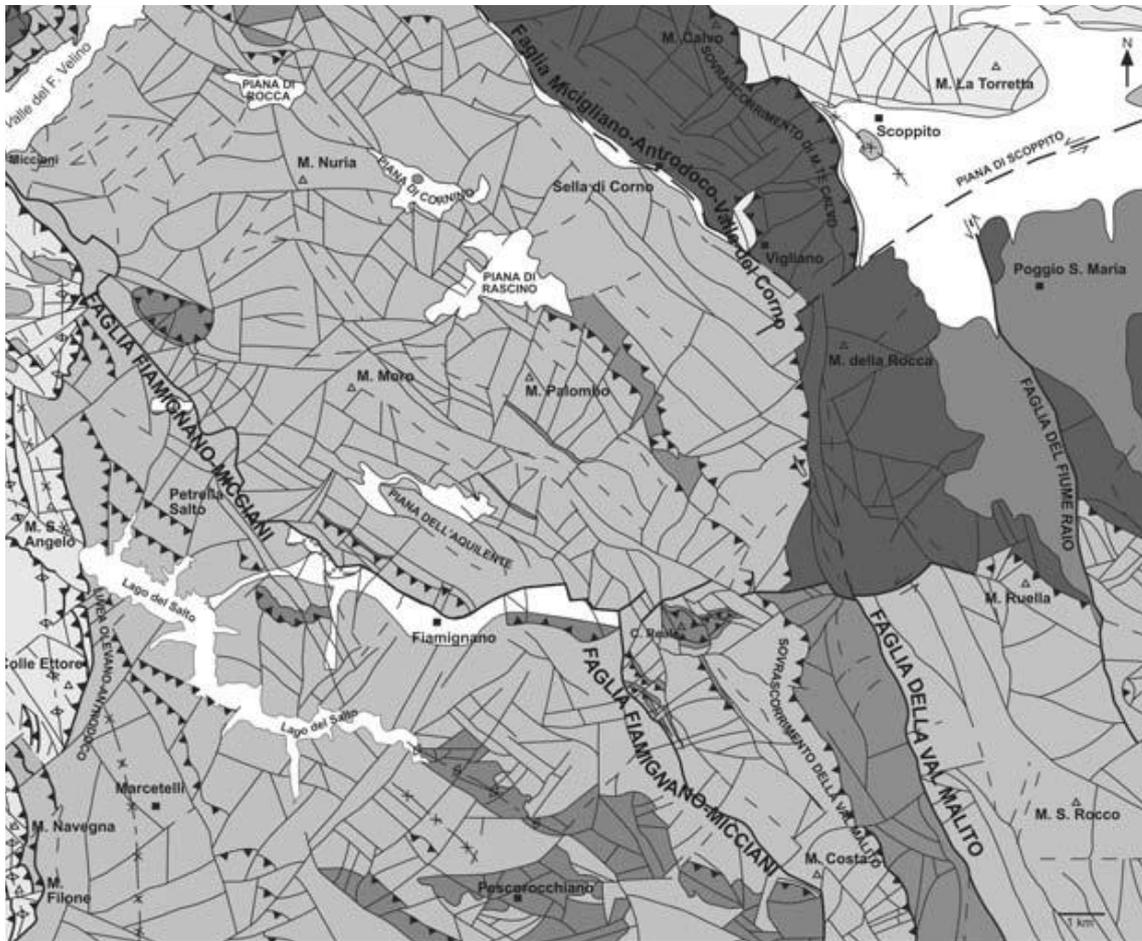
Tali unità sono separate tra loro da elementi tettonici principali, alcuni dei quali di importanza regionale, quali: il sovrascorrimento dei M.ti Reatini, che rappresenta un segmento del più importante elemento regionale che sovrappone le unità ad affinità umbro-marchigiana su quelle poste ad oriente, la linea Ancona-Anzio, che si è sviluppata all'interno della fascia deformativa della master fault liassica; la linea Olevano-AnTRODOCO Auct.; la faglia Fiamignano-Micciani; la faglia Micigliano-AnTRODOCO-Valle del Corno; il sovrascorrimento Colle Saraceno-Riotorto-M.te Ruella; il sovrascorrimento di M.te Calvo. Gli elementi strutturali localizzati nella porzione orientale e in quella occidentale del foglio hanno direzione media da NE-SW a NS, mentre gli elementi che ricadono nel settore centrale presentano direzione appenninica; tutti sono caratterizzati da vergenza orientale.

La strutturazione di questa porzione dell'Appennino centrale si è sviluppata tra il Messiniano inferiore e il Pliocene inferiore basale, quando il settore è stato dapprima coinvolto nel dominio di avanfossa, con la deposizione delle arenarie del complesso torbiditico alto-miocenico laziale-abruzzese, equivalenti alla formazione argilloso-marnosa di Cipollari & Cosentino (1992) e Cipollari et alii (1993) e successivamente nel dominio di catena, nelle cui fasi precoci si sono depositate le sabbie di Piagge.

I sovrascorrimenti si sono propagati sostanzialmente da W verso E, (Figura 6) generalmente in sequenza tipo *piggy back* (Butler, 1988), ma sono state anche riconosciute, da diversi Autori, chiare evidenze di sovrascorrimenti "fuori sequenza", come nel caso della linea Olevano-AnTRODOCO Auct., che, sviluppata nel Messiniano superiore, si è riattivata nel Pliocene inferiore.

L'assetto strutturale dell'area appare ulteriormente complicato dalla tettonica distensiva post-orogena (Demangeot, 1965) che ha agito contemporaneamente al sollevamento generalizzato dell'Appennino centrale (Dramis, 1993), iniziato già nel Pliocene superiore e intensificatosi nel Pleistocene inferiore.

La distensione ha agito tramite faglie di neoformazione e la riattivazione di strutture preesistenti, con l'articolazione dell'area in blocchi a movimenti verticali differenziati e la conseguente formazione di conche e depressioni colmate dai depositi quaternari (Conca di S. Vittorino, Conca di Scoppito ecc.).


LEGENDA

 Depositi quaternari	Unità M.ti Reatini	 Unità M.te Navegna
 Paleofrane	 Successione carbonatica pelagica (Lias - Oligocene)	 Depositi torbiditici silicoclastici (Messiniano inferiore)
 Sovrascorrimenti principali	 Unità Salto	 Depositi carbonatici di rampa/piattaforma aperta (Miocene)
 Sovrascorrimenti	 Depositi torbiditici silicoclastici (Messiniano inferiore)	 Unità M.te Nuria-M.te S. Rocco
 Faglie principali	 Depositi carbonatici di piattaforma/rampa (Cretacico - Miocene)	 Depositi carbonatici di piattaforma/rampa (Giurassico - Miocene)
 Faglie	 Unità M.te Calvo-M.te della Rocca	 Unità M.te La Torretta
 Assi di pieghe	 Depositi torbiditici silicoclastici (Messiniano inferiore)	 Depositi torbiditici silicoclastici (Messiniano inferiore)
	 Depositi carbonatici di piattaforma/annegamento/rampa (Giurassico - Miocene)	 Successione carbonatica pelagica (Lias - Miocene)

Figura 6. Schema strutturale del F° 358 "Pescorocchiano".

4.2 ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

Nell'area di sedime delle opere in progetto di adeguamento, ricadente nel Foglio 358 "Pescorocchiano" della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000 (stralcio in Figura 7), affiorano unità calcaree di età cretacea. Il viadotto attraversa trasversalmente una valle tettonica determinata da una faglia ad alto angolo; le unità principali, rappresentate dai Calcari e marne a Salpingoporella dinarica e charophite (CMS) e dai Calcari ciclotemici a requienie (CIR), sono in contatto tramite tale elemento tettonico. Le indagini geognostiche in corrispondenza dell'asse vallivo hanno permesso di rilevare depositi costituiti da detriti centimetrici a spigoli vivi di natura calcarea derivanti fondamentalmente dal disfacimento del substrato sul quale poggiano in discordanza.

- Calcari e marne a Salpingoporella dinarica e charophite (**CMS**). L'unità è costituita da prevalenti calcari, mudstones-wackestones avana e nocciola, con intercalazioni di orizzonti centimetrici o decimetrici di argille e marne verdi. Al tetto dei litotipi calcarei sono presenti di frequente mud-cracks, fenestrae ed esili orizzonti arrossati. Le intercalazioni marnoso-argillose sono localmente caratterizzate dalla presenza di oogoni di charophite e piccoli gasteropodi. Abbondante, e caratteristica dell'unità, è la presenza di alghe dasicladacee (Salpingoporella dinarica Radoicic). Alla base dell'unità sono quasi ovunque presenti breccie eterometriche ed eterogenee con clasti di dimensioni da centimetriche a decimetriche, appartenenti ai litotipi delle successioni sottostanti. Gli spessori dei corpi brecciati sono difficilmente valutabili ma sembrano comunque essere compresi tra 2 e 15 metri. Procedendo verso i margini della piattaforma le variazioni laterali dell'unità, nel suo insieme, sono rappresentate dalla scomparsa delle breccie basali probabilmente sostituite da orizzonti intensamente arrossati, localmente con piccole sacche bauxitiche, presenti a nord di Colle Raponaglia e dall'intercalazione di orizzonti biodetritici ad orbitoline e caprotine. Le facies micritiche riducono progressivamente il loro spessore fino ad azzerarsi all'interno dell'unità dei calcari a rudiste ed orbitoline (**RDO**). APTIANO inferiore p.p..
- Calcari ciclotemici a requienie (**CIR**). L'unità è costituita da calcari, prevalentemente mudstones-wackestones bianchi, avana e nocciola, localmente dolomitizzati, ben stratificati in strati da medi a spessi, con rare intercalazioni di packstones-grainstones bioclastici ad orbitoline e di grainstones-rudstones ad orbitoline e frammenti di rudiste (caprotine, caprine e radiolitidi), presenti soprattutto verso la base dell'unità. Gli strati mostrano sovente un'organizzazione ciclica con facies inter-sopratidali rappresentate da stromatoliti, strutture da disseccamento e brecciole a clasti neri, direttamente sovrapposte alle facies subtidali fango o granulo sostenute. Fasi di esposizione subaerea più o meno prolungate sono testimoniate da paleocarsismo e/o esili e discontinui livelli argillosi verdi. Nella porzione medio-alta dell'unità, nel settore del M.te Nuria, compaiono mudstones da grigi a neri, bituminosi, fittamente stratificati, in eteropia laterale con mudstones ad ostracodi stratificati in strati da sottili a medi (10-30 cm). Alla sommità delle facies bituminose è localmente presente (strada Piscignola- Valle del Corno) un esile livello arrossato al di sopra del quale compaiono le litofacies a Sellialveolina viallii rappresentanti la base dei calcari intrabauxitici (**IBX**). Tale livello arrossato risulta, quindi paragonabile con l'orizzonte bauxitico che marca il tetto dell'unità (1° orizzonte bauxitico). In analogia con i coevi termini delle altre successioni

appenniniche la componente faunistica risulta tipicamente scarsa. APTIANO superiore –
ALBIANO inferiore

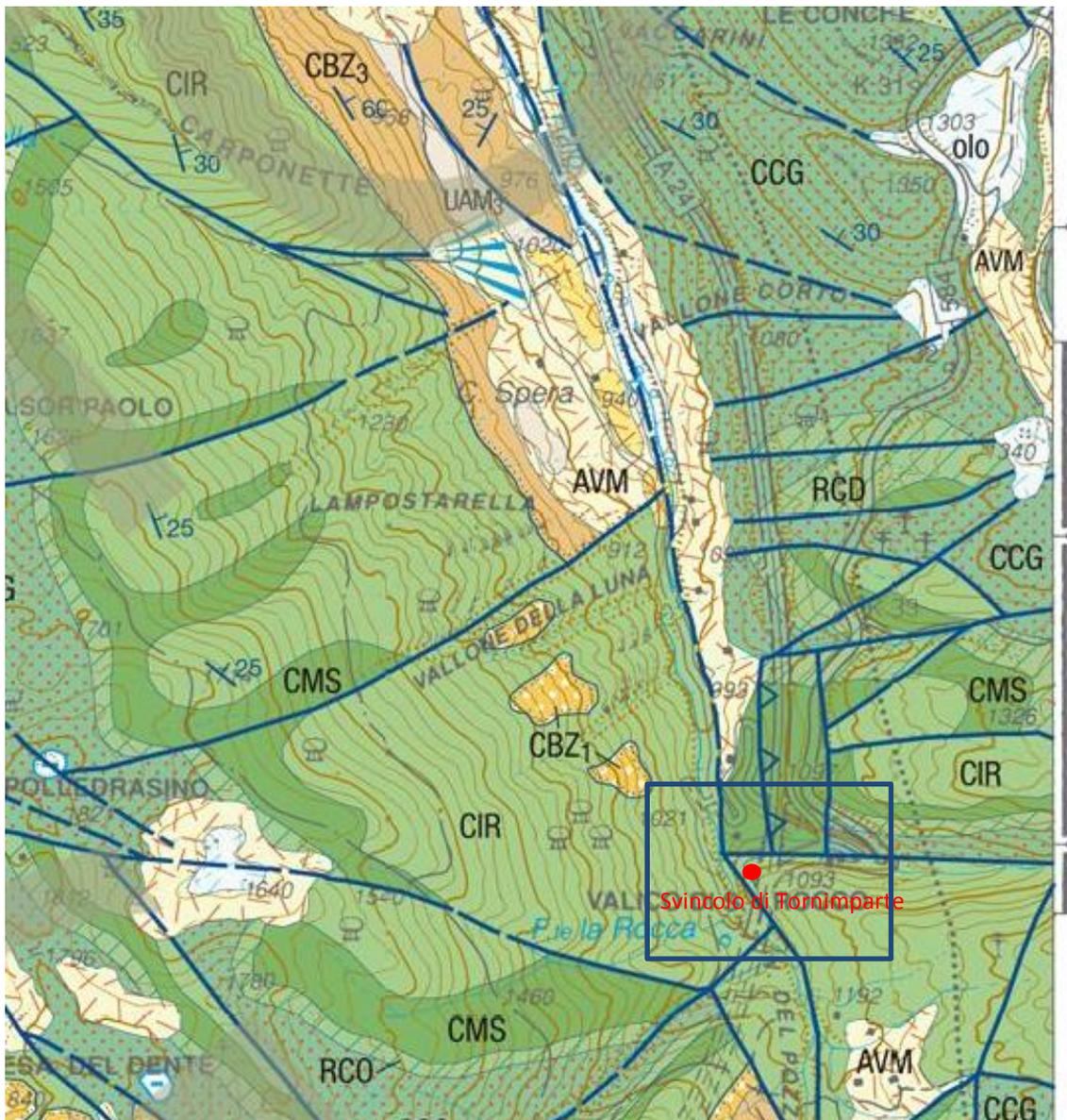


Figura 7. Stralcio della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000, Foglio 358 "Pescorocchiano".

4.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'attuale assetto morfostrutturale dell'area oggetto di studio è caratterizzato da un pattern a blocchi, a movimenti verticali differenziati, separati da depressioni tettoniche ad andamento longitudinale e trasversale, tra le quali spiccano la Conca di Scoppito, la Conca di Corvaro, la Depressione del Salto, la Piana di S. Vittorino e l'ampia Valle del Corno. L'area oggetto di studio ricade a nord dell'elemento orografico M.te Nuria-M.te S. Rocco-M.ti D'Ocre, costituito da una dorsale montuosa carbonatica ad andamento NE-SW le cui quote variano dai 1300 m ai 1900 m (M.te S. Rocco, 1915 m).

In corrispondenza delle dorsali si rinvengono forme glaciali e crionivali più o meno rimodellate (circhi, soglie, depositi morenici) ed evidenti forme carsiche (campi di doline, uvala, polje, campi solcati), versanti regolarizzati, falde di detrito ai piedi dei rilievi, prodotte da fenomeni di gelifrazione sulle dorsali prive di copertura vegetale.

Il reticolo idrografico presenta un *pattern* dendritico o sub-parallelo, con direzione preferenziale delle aste principali NW-SE (Valle del Pazzillo).

Così come avviene in tutto l'Appennino l'approfondimento delle valli fluviali è stato determinato dal sollevamento tettonico rapido e generalizzato che ha interessato la catena a partire dal Pleistocene inferiore. Durante le fasi fredde pleistoceniche diffusi fenomeni di gelifrazione sui versanti calcarei, denudati della copertura vegetale, hanno contribuito ripetutamente alla produzione di ingenti quantità di detrito, che accumulandosi nei fondovalle e sovraccaricando i corsi d'acqua, causavano la genesi di estesi conoidi e ampi letti fluviali di tipo braided. I depositi così accumulati venivano successivamente incisi durante le fasi di miglioramento climatico post-glaciali. L'alternarsi di condizioni fredde e temperate nel corso del sollevamento ha dato così origine a più ordini di terrazzi alluvionali posti a quote diverse sul fondovalle.

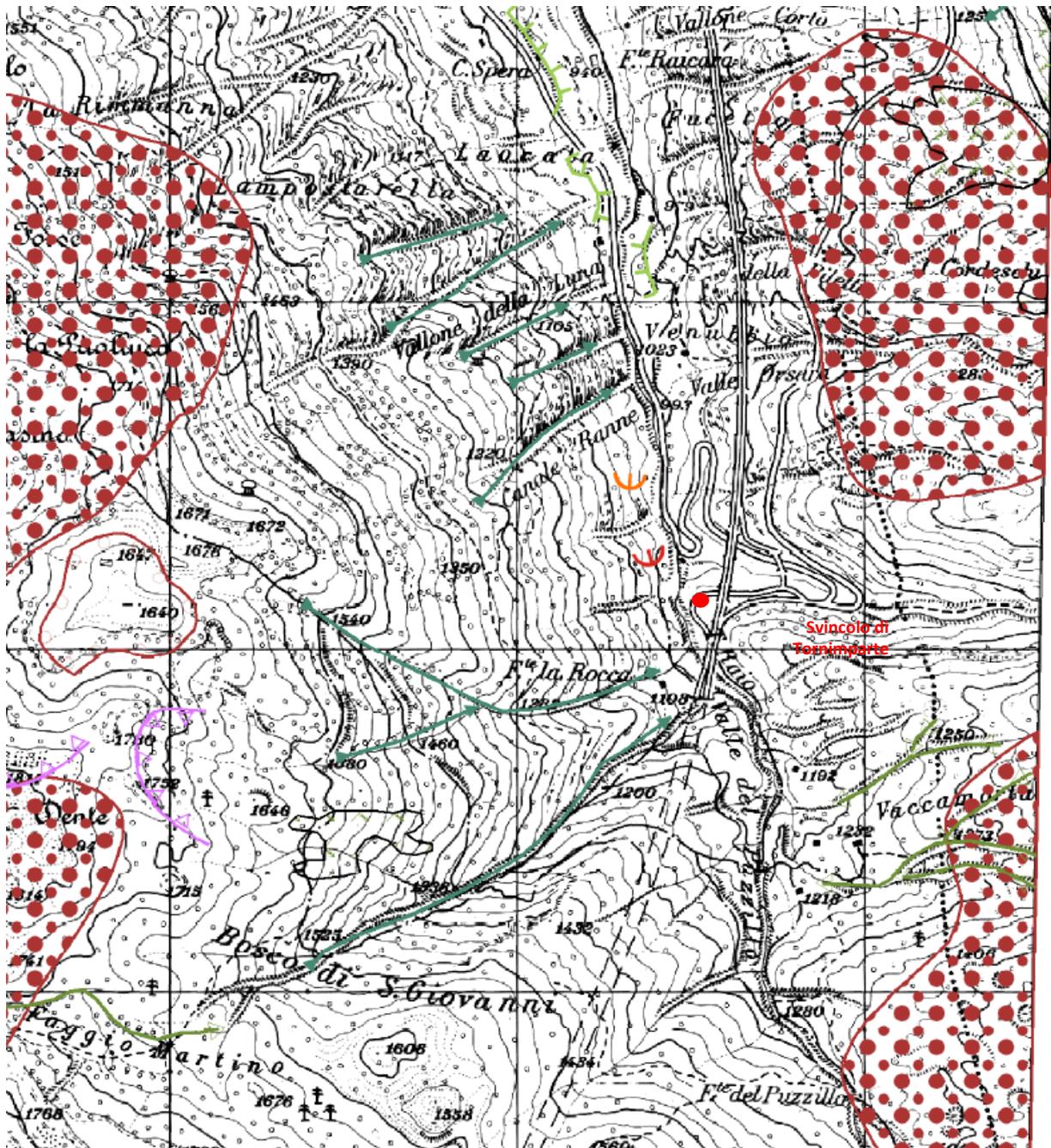
L'area interessata dall'opera d'arte è caratterizzata da una serie di dorsali allineate in direzione NNO-SSE separate da stretti valli occupate da depositi terrigeni di età messiniana, con versanti che presentano un'alta energia del rilievo. Il sito si sviluppa lungo uno di questi valloni su di un versante in destra idrografica del Torrente Raio, quest'ultima delimitata a NE dalla dorsale carbonatica di M.te Orsello (2043 m s.l.m.) e a SW da M.te Rotondo (2060 m s.l.m.). Il versante nel tratto in questione presenta pendenza medie di circa 15°.

Il pattern di drenaggio è di tipo parallelo ed i corsi d'acqua secondari presentano corsi poco sviluppati vista la vicinanza tra gli spartiacque ed il livello di base rappresentato dal Torrente Raio.

Nel fondo valle si rileva una coltre detritica derivante dal disfacimento termoclastico delle formazioni calcaree che costituiscono i rilievi, con permeabilità da media a buona poggiante su ammassi rocciosi mesozoici permeabili.

Lo stralcio di carta geomorfologica di Figura 8, tratta dal Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico "fenomeni gravitativi e "processi erosivi", consultabile sul sito della Regione Abruzzo, mostra che nel settore occupato dai Viadotti oggetto di adeguamento non sono presenti forme prodotte da processi di instabilità correlabili all'azione della gravità o delle acque di scorrimento superficiale. Si riscontra la presenza di "solchi da ruscellamento concentrato" attivi, agenti sul versante opposto rispetto a quello dove è fondato il viadotto in esame.

Dall'analisi del Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI) foglio 358E, edito dalla Regione Abruzzo, risulta che l'area di sedime dei Viadotti non ricade in un'area a Pericolosità e Rischio da frana, come evidenziato dagli stralci di Figura 9 e Figura 10.



		STATO DI ATTIVITA'		
		ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO
FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE	Orlo di scarpata di degradazione ero 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 ribatamento			
	Corpo di frana di scorrimento: (A) Translativo			
	(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 canali 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			
LE CARSTICHE	Dolina			
	Campo di doline			

Figura 8. Stralcio della carta geomorfologica alla scala 1:25000, Foglio 358E, e relativa legenda.

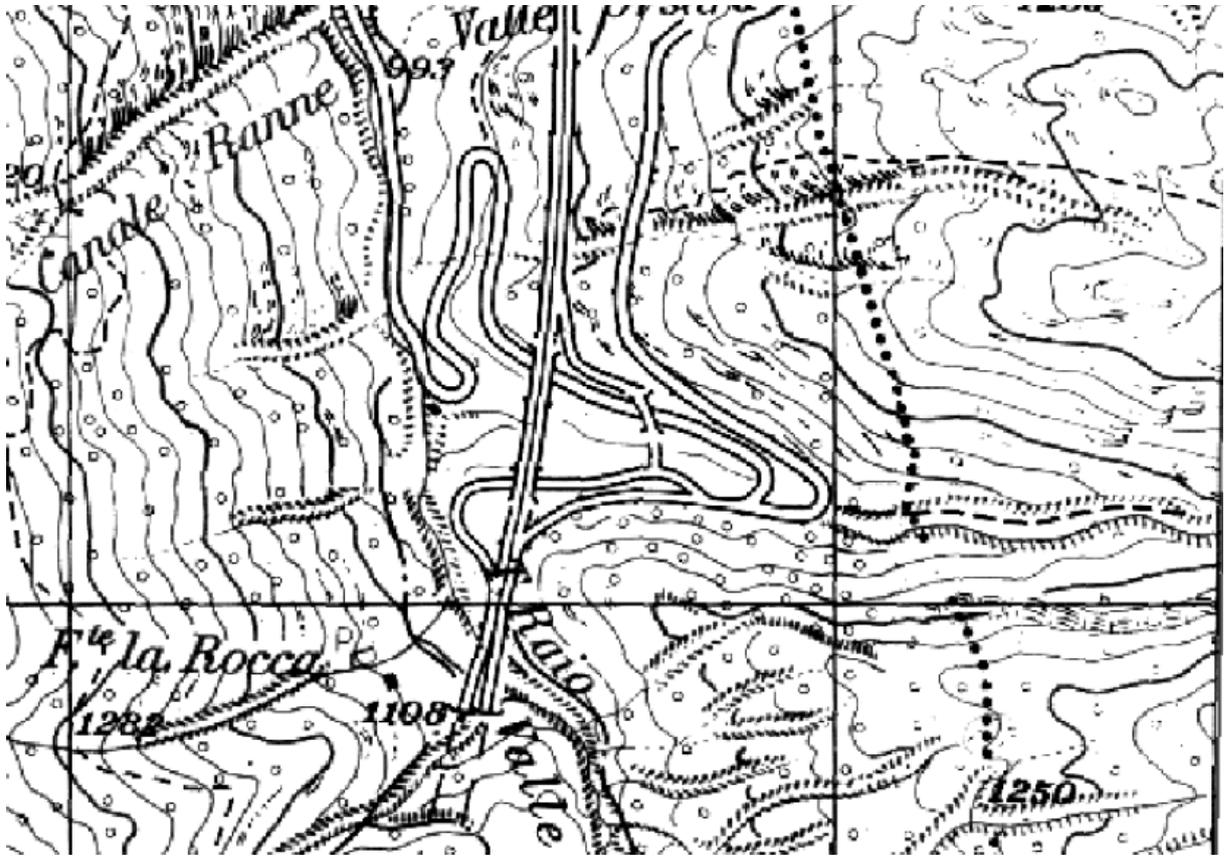


Figura 9. Stralcio della “Carta della pericolosità da frana” e relativa legenda, Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI), Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi, Foglio 358 E.

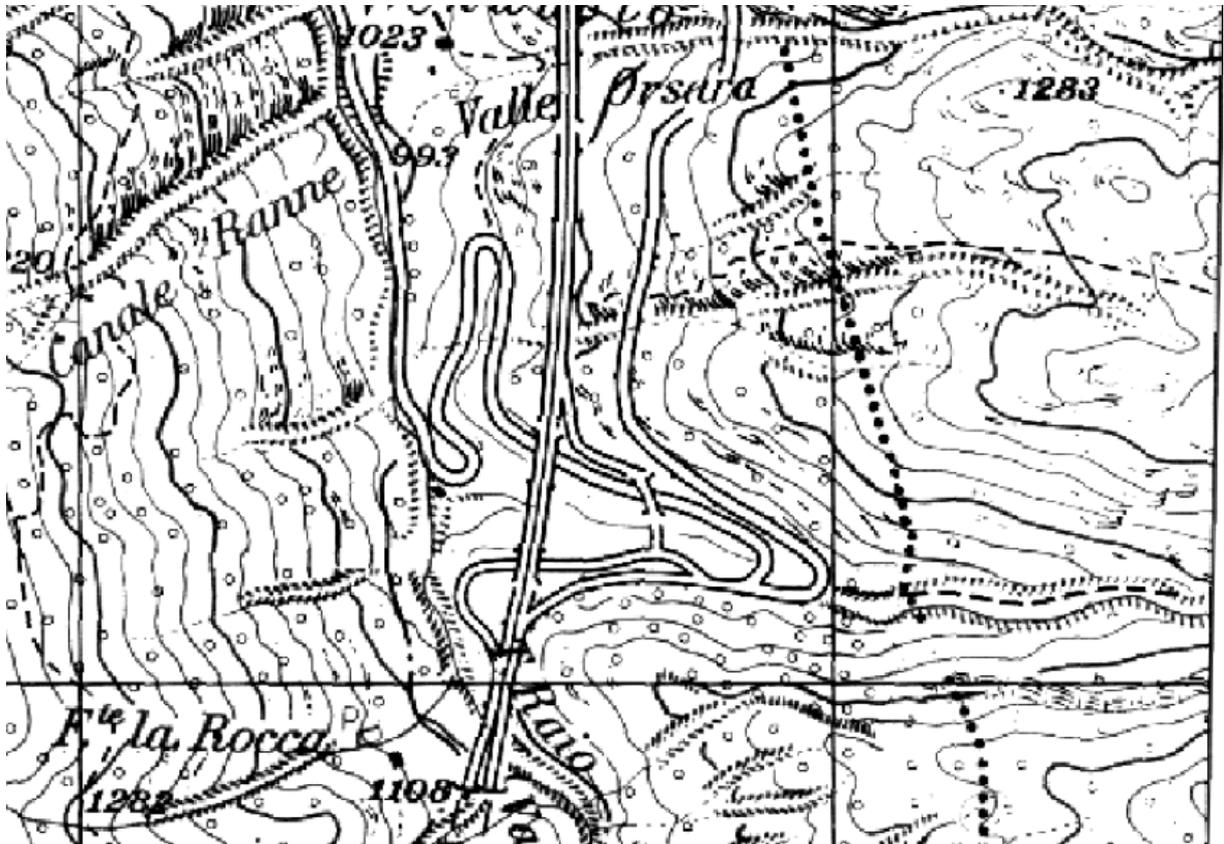


Figura 10. Stralcio della “Carta del Rischio da frana” e relativa legenda, Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI), Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi Foglio 358 E.

4.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le sequenze carbonatiche costituenti le dorsali montuose affioranti nel settore oggetto di analisi costituiscono estesi acquiferi, la cui permeabilità è molto elevata per fratturazione e carsismo. L'effetto del carsismo si esplica soprattutto nelle aree di ricarica, all'interno dei rilievi, laddove sono presenti anche aree endoreiche di estensione notevole.

Questi importanti acquiferi, estesi in genere per diverse centinaia di chilometri quadrati, vanno ad alimentare sorgenti basali di portata elevata, poste alla periferia dei massicci, a quote topograficamente depresse, dove l'acquifero viene tamponato da sedimenti a permeabilità limitata. I limiti di permeabilità sono costituiti da depositi terrigeni flyschoidi tardomiocenici o da sedimenti plio-quadernari, di riempimento delle valli fluviali o delle depressioni intramontane, originatesi per tettonica distensiva. I sedimenti che hanno riempito tali depressioni (le cosiddette "conche intramontane"), costituiti da depositi di versante, alluvioni fluviali e sedimenti lacustri e/o palustri, presentano una permeabilità variabile in funzione della granulometria e della cementazione, generalmente inferiore a quella degli acquiferi carbonatici.

L'area in esame è caratterizzata prevalentemente dalle dorsali montuose carbonatiche che costituiscono l'area di ricarica degli acquiferi regionali, con valori di infiltrazione efficace anche superiori ad 800 mm/anno, per precipitazioni medie maggiori di 1000 mm/anno. Il rilievo di M.te S. Rocco fa parte del sistema idrogeologico dei M.ti Giano-Nuria-Velino, esteso in totale per oltre 1000 km². Questa estesa area di ricarica va ad alimentare una falda regionale drenata quasi totalmente (con l'eccezione di un modesto settore del massiccio del M.te Velino prossimo alla piana del Fucino) nella valle del Fiume Velino, tra Antrodoco e Cittaducale, alimentando sorgenti puntuali e lineari per un totale di oltre 30 m³/s. L'area principale di recapito di questo acquifero è rappresentata dalla Piana di S.Vittorino, ubicata al limite nord-occidentale del foglio Pescorocchiano, nel quale ricade per circa metà della sua estensione (zona Castel S. Angelo).

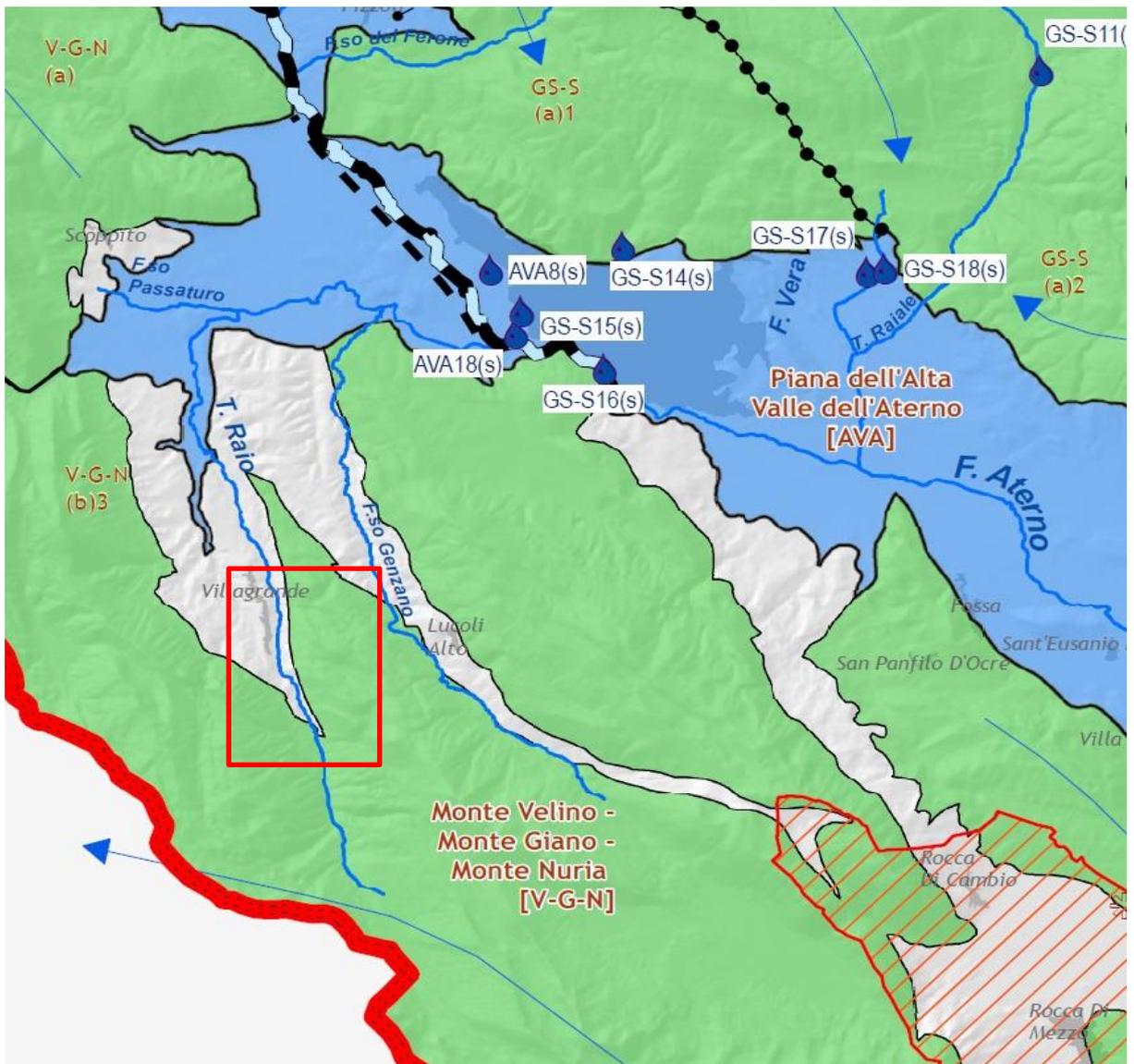
La principale emergenza di acque sotterranee della valle del Velino è quella delle sorgenti del Peschiera, la cui portata media di circa 18 m³/s viene parzialmente captata per le esigenze di approvvigionamento idropotabile della città di Roma (9 m³/s). Oltre alle sorgenti del Peschiera, nel settore appartenente al Foglio Pescorocchiano sono presenti anche altre sorgenti appartenenti allo stesso gruppo, ma soprattutto un altro sistema sorgivo ubicato sul margine settentrionale della Piana di S.Vittorino, comprendente le acque di Canetra, Vasche-Paterno, Terme di Cotilia e S.Vittorino (quest'ultima fuori carta), per un totale di oltre 7 m³/s. Questo importante gruppo sorgivo viene in parte alimentato dallo stesso sistema idrogeologico dei M.ti Giano-Nuria-Velino, mentre in parte è connesso ad un'unità idrogeologica di minore estensione costituita da depositi carbonatici, affioranti tra M.te Paterno e la valle del Fiume Velino, appartenenti all'estremo settore occidentale dell'Unità M.te Nuria, al di sotto dell'Unità M.ti Reatini.

Studi idrogeologici attualmente in corso stanno tentando di chiarire ulteriormente la provenienza delle acque sotterranee di alcune di queste sorgenti, come quelle di Canetra, ubicate proprio nella zona di contatto tra il sistema idrogeologico principale e l'unità idrogeologica sopra citata.

Tale assetto idrogeologico è reso ancora più complesso dalla presenza di sorgenti mineralizzate a blando termalismo (gruppo Terme di Cotilia e altre minori), dove è presente un mixing tra acque circolanti negli acquiferi carbonatici, acque presenti negli orizzonti più permeabili della serie fluvio-lacustre di riempimento della conca e fluidi profondi (principalmente CO₂ e SO₄) risalenti lungo discontinuità tettoniche recenti. Tale situazione, inoltre, rappresenta una causa primaria dei

fenomeni di instabilità riscontrati nella Piana di S.Vittorino (*sinkholes*), anch'essi oggetto di specifici studi attualmente in corso.

Nel complesso, l'area della valle del Fiume Velino e in particolare della Piana di S.Vittorino rappresenta una zona di recapito degli acquiferi carbonatici appenninici, che dà luogo ad uno dei gruppi sorgivi più importanti d'Europa (circa 31 m³/s), caratterizzato da una notevole stabilità del regime di portata raramente osservabile al di fuori dell'Appennino Centrale.



LEGENDA

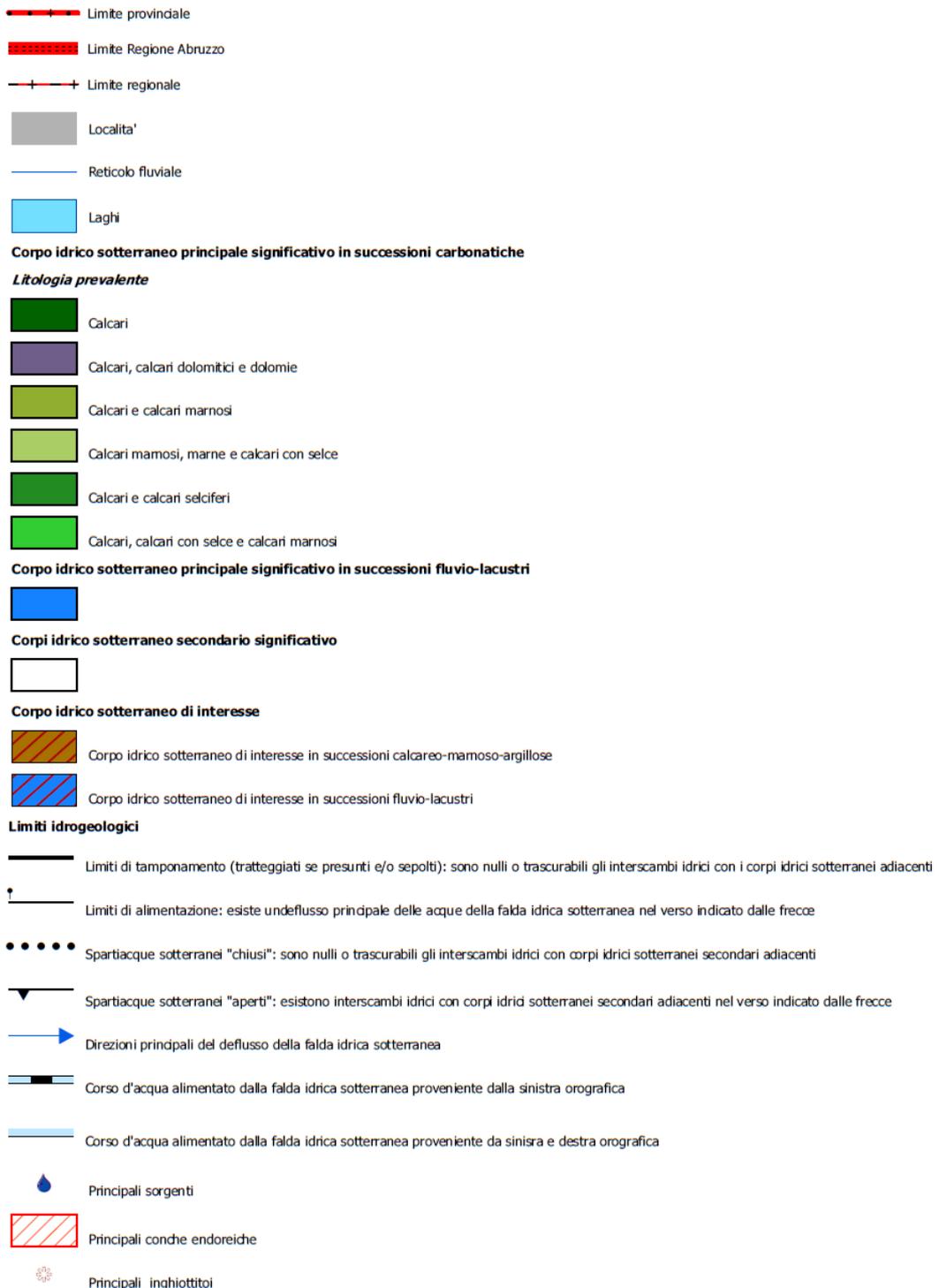


Figura 11. Stralcio della Carta idrogeologica della Regione Abruzzo e relativa legenda, scala 1:250000; Piano di tutela delle acque.

4.5 INQUADRAMENTO SISMICO

4.5.1 SISMICITÀ STORICA

Dall'analisi del Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 - <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) è possibile ottenere un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti, relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

Per il Comune di Tornimparte si ottiene una storia sismica costituita da 33 eventi (Figura 12) con magnitudo momento M_w compresa tra 3.47 (Monti della Laga, 1994) e 7.08 (Marsica, 1915).

In particolare il terremoto della Marsica, la cui intensità macrosismica viene considerata pari a 11 in zona epicentrale, nel comune di Tornimparte ha determinato effetti compatibili con l'intensità macrosismica di grado 8 (Figura 12).

La sequenza sismica che ha colpito l'Aquilano nel 2009 ($M_w=6.3$, $I=9-10$) ha determinato nel comune di Tornimparte un'intensità macrosismica pari a 5-6, mentre la sequenza sismica iniziata il 24 agosto 2016 non ha determinato particolari effetti di sito.

Nel complesso nella valle intramontana di Tornimparte sia la sismicità storica che strumentale sono molto limitate. L'unico terremoto significativo accaduto è quello del 13/01/1920.

Seismic history of	Tornimparte (Villagrande)				
PlaceID	IT_56431				
Coordinates (lat, lon)	42.290, 13.301				
Municipality (ISTAT 2015)	Tornimparte				
Province	L'Aquila				
Region	Abruzzo				
No. of reported earthqua	33				
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
8-9	1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10	6.67
3	1887 01 27 02 45	Aquilano	30	5	4.17
4-5	1908 01 16 10 27	Aquilano	11	4-5	4.12
8	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
4	1915 12 04 01 02	Marsica	27	5-6	4.47
6-7	1916 04 22 04 33	Aquilano	9	6-7	5.09
4	1917 01 03 01 35	Marsica	57		
5-6	1920 01 13 10 35 45.00	Tornimparte	3	4-5	3.93
5	1923 05 13 14 30 59.00	Valle del Salto	21	5	4.33
4	1957 04 11 16 19	Valle del Salto	46	6	4.94
3	1961 10 31 13 37	Reatino	84	8	5.09
5-6	1985 05 20 10 00 28.35	Aquilano	29	5-6	4.51
5	1985 05 23 01 04 16.81	Aquilano	7	5	4.11
NF	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
3	1992 08 25 02 25 48.38	Aquilano	63	5	4.11
3	1994 01 05 08 49 28.40	Monti della Laga	23	4-5	3.47
4	1994 06 02 16 41 23.61	Aquilano	60	4-5	3.99
NF	1994 06 02 17 38 13.82	Aquilano	106	5	4.21
NF	1994 08 07 06 31 12.68	Val Roveto	103	5-6	4.25
3	1996 10 20 19 06 55.57	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4.36
4	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
3-4	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
3-4	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
3-4	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
3-4	1998 08 15 05 18 08.89	Reatino	233	5-6	4.42
NF	1999 10 10 15 35 51.91	Alto Reatino	79	4-5	4.21
NF	2000 03 11 10 35 27.49	Valle dell'Aniene	214	6	4.25
NF	2000 06 27 07 32 31.75	Valle dell'Aniene	138	6	4.24
NF	2000 11 15 21 33 23.18	Aquilano	8	5	3.22
NF	2004 12 09 02 44 25.29	Teramano	213	5	4.09
NF	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	350	5	4.14
5-6	2009 04 06 01 32 40.40	Aquilano	316	9-10	6.29

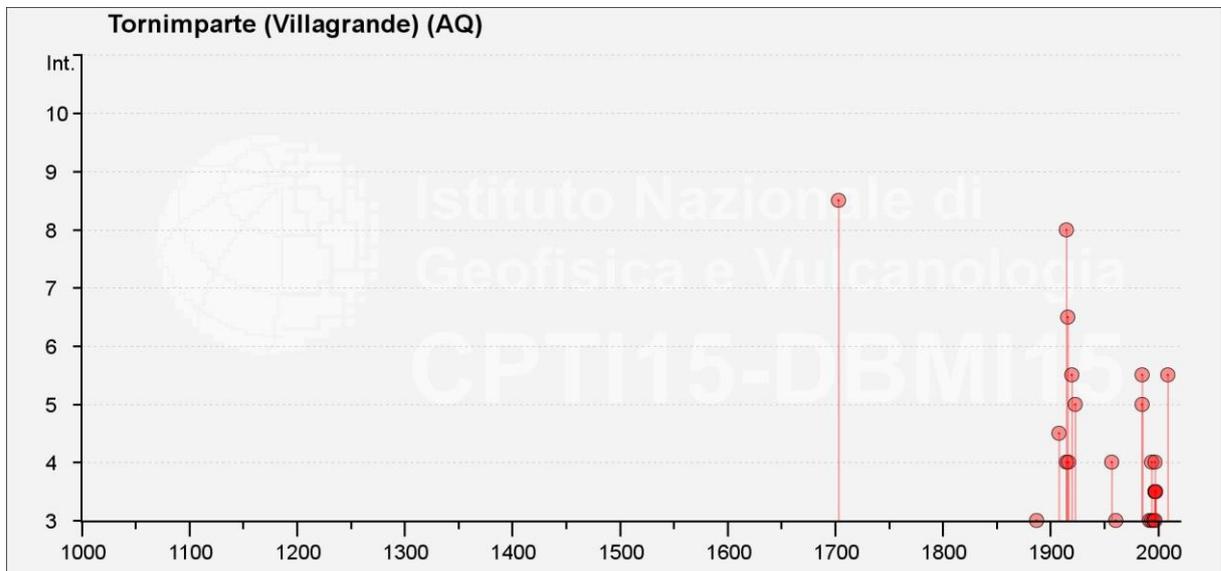


Figura 12. DBMI15: Set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 nella finestra temporale 1000-2014 per il Comune di Tornimparte.

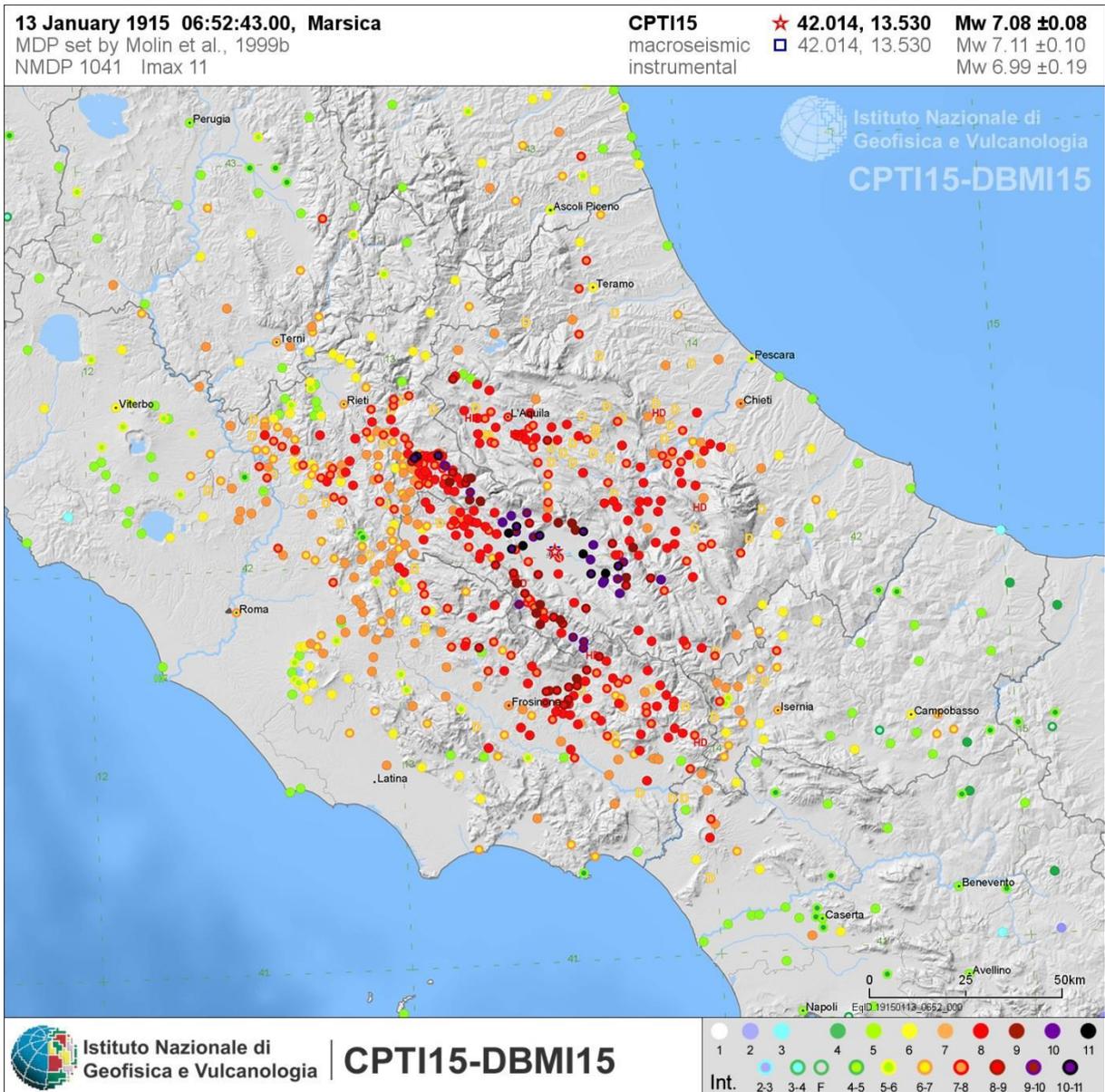


Figura 13. Intensità macrosismiche rilevate in seguito al terremoto della Marsica 1915, per il quale è stata calcolata una magnitudo momento maggiore (Mw=7.08).

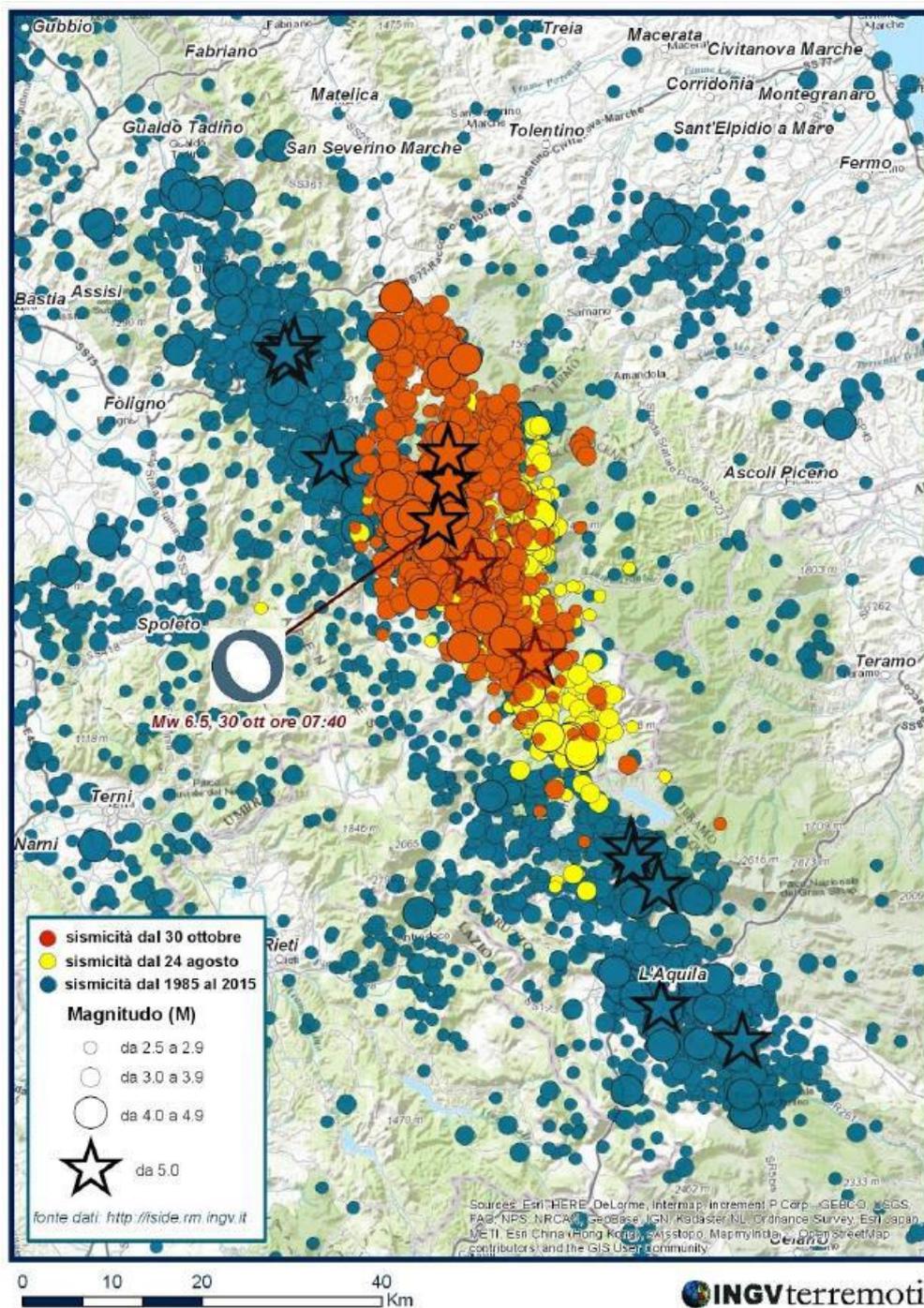


Figura 14. Mappa della sismicità della regione dal 1985 ad oggi: blu epicentri 1985-2016 (luglio), giallo epicentri 24 agosto-25 ottobre 2016, rosso 26 ottobre 2016 - 3 novembre. Le stelle sono gli eventi con magnitudo sopra a 5.0.

Data e Ora (UTC) 	Magnitudo 	Provincia/Zona 	Profondità 	Latitudine	Longitudine
2017-01-18 13:33:36	5.0	L'Aquila	10	42.48	13.28
2017-01-18 10:25:23	5.4	L'Aquila	9	42.49	13.31
2017-01-18 10:16:39	4.6	L'Aquila	11	42.55	13.28
2017-01-18 10:15:33	4.7	L'Aquila	10	42.53	13.29
2017-01-18 10:14:09	5.5	L'Aquila	9	42.53	13.28
2017-01-18 09:25:40	5.1	L'Aquila	9	42.55	13.26
2016-12-09 12:56:59	4.5	Costa Croata meridionale (CROAZIA)	7	43.43	16.33
2016-11-03 00:35:01	4.7	Macerata	8	43.03	13.05
2016-11-01 07:56:39	4.8	Macerata	10	43.00	13.16
2016-10-30 12:07:00	4.5	Perugia	10	42.84	13.08
2016-10-30 07:13:05	4.5	Rieti	11	42.69	13.23
2016-10-30 06:44:30	4.6	Perugia	8	42.86	13.09
2016-10-30 06:40:17	6.5	Perugia	9	42.83	13.11
2016-10-28 20:02:43	5.8	Tirreno Meridionale (MARE)	481	39.27	13.55
2016-10-26 21:42:01	4.5	Macerata	10	42.86	13.12
2016-10-26 19:18:05	5.9	Macerata	8	42.91	13.13
2016-10-26 17:10:36	5.4	Macerata	9	42.88	13.13
2016-08-26 04:28:25	4.8	Rieti	9	42.61	13.29
2016-08-24 11:50:30	4.5	Perugia	10	42.82	13.16
2016-08-24 02:33:28	5.4	Perugia	8	42.79	13.15
2016-08-24 01:37:26	4.5	Rieti	9	42.71	13.25
2016-08-24 01:36:32	6.0	Rieti	8	42.70	13.23

Figura 15. Sequenza sismica con $M_w \geq 4.5$ verificata dal 24 Agosto 2016 in Italia.

4.5.2 SORGENTI SISMOGENETICHE

Studi paleosismologici hanno consentito di caratterizzare le faglie responsabili di molti di questi terremoti, dimostrando che dislocazioni tardo pleistoceniche-oloceniche hanno interessato molte strutture considerate in passato completamente inattive.

La stima della pericolosità legata ai terremoti, in particolare alla fagliazione superficiale che spesso l'accompagna per magnitudo ≥ 6 , è un tema molto importante, specialmente in aree densamente popolate ed industrializzate come il territorio italiano. Di conseguenza, la conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie attive, in special modo di quelle stimate in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci), assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio.

A questo scopo, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults - <http://sgi1.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/ithaca.page>), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano.

Dall'analisi dello stesso risulta che l'area di sedime dell'opera oggetto di adeguamento non è interessata da faglie considerate attive e capaci.

Il Catalogo INGV DISS (Database of Individual Seismogenic Sources - <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/>) mostra che la Piana di Campo Felice, situata ad E del settore in esame è delimitata dalla Faglia attiva di M.te Cefalone, parte della Sorgente sismogenetica ITCS025 (Figura 20).

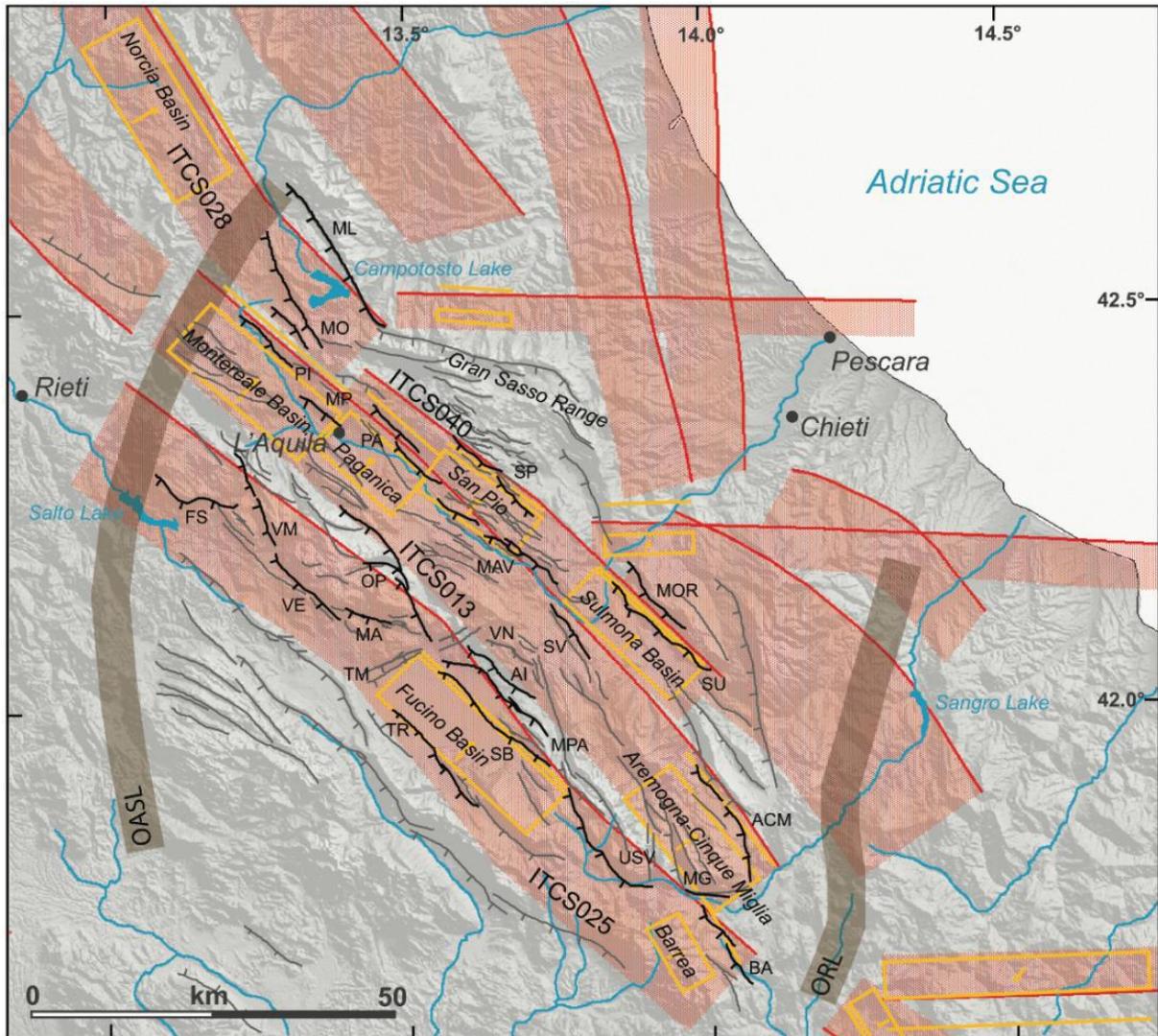


Fig. 3 - Seismotectonic setting of the Central Apennines. Yellow box: Individual Seismogenic Source (ISS) projection onto the ground surface; yellow line: up-dip projection of the ISS onto the surface; red polygon: Composite Seismogenic Source (CSS) projection on the ground surface; red line: upper edge of the CSS (DISS WORKING GROUP, 2010); black line: active faults mentioned in tab. 3; grey line: other faults. KEY TO FAULT NAMES: PI: Pizzoli; MP: Mt. Pettino; PA: Paganica; MAV: Middle Aterno Valley; SV: Subequana Valley; ACM: Aremogna-Cinque Miglia; FS: Fiamignano-Salto; VM: Val di Malito; VE: Velino; MA: Magnola; OP: Ovindoli-Pezza; TM: Tre Monti; SB: San Benedetto-Gioia dei Marsi; MPA: Monte Parasano; AI: Aielli; TR: Trasacco; VN: Ventrino; USV: Upper Sangro Valley; MG: Monte Greco; BA: Barrea; SP: San Pio delle Camere; SU: Sulmona; MOR: Morrone; MO: Montereale; ML: Monti della Laga. OASL: Olevano-Antrodoto-Sibillini Line; ORL: Ortona-Roccamonfina Line.

Figura 16. Quadro sismotettonico di sintesi dell'Abruzzo (da Vannoli et al., 2012).

Fault System	Composite Seismogenic Source - ITCSSXX	Bosi, 1975	ITHACA*	BAGNAIA, et alii, 1989	CELLO et alii, 1997	PICCARDI et alii, 1999	MOREWOOD & ROBERTS, 2000	GALADINI et alii, 2000	GALADINI & GALLI, 2000	Pizzi et alii, 2002	BONCIO et alii, 2004	ROBERTS & MICHETTI, 2004	GALADINI, 2006	PIZZI & GALADINI, 2009	VEZZANI et alii, 2009	SCHLAGENHAUF et alii, 2011	FALCUCCI et alii, 2011
PI	013	Yes	Yes	Yes	Yes	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
MP	013	Yes	Yes	Yes	Yes	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
PA	013	No	Yes	Yes	n/a	n/a	No	No	No	Yes	Yes ⁷	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
MAV	013	Yes	Yes ²	Yes	n/a	n/a	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
SV	013	Yes ¹	No	Yes	n/a	n/a	No	No	No	Yes	No	No	No	Yes	No	Yes	Yes
ACM	013	Yes	Yes	n/a	n/a	n/a	n/a	Yes	Yes	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
FS	025	Yes	Yes	n/a	n/a	n/a	Yes	Yes ⁵	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes ³	No
VM	025	Yes	No	n/a	n/a	n/a	Yes ⁴	No	No	Yes	No	No	Yes	No	Yes	Yes	No
VE	025	Yes	Yes	n/a	n/a	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	No
MA	025	Yes	Yes	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
OP	025	Yes	Yes	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
TM	–	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No
SB	025	Yes ¹	Yes	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
MPA	025	Yes	Yes	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
AI	025	No	No	n/a	No	Yes ³	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	No
TR	025	Yes	Yes ²	n/a	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
VN	–	Yes	No	n/a	No	Yes	Yes	No	No	No	No	Yes	No	No	No	Yes ³	No
USV	025	Yes	Yes ²	n/a	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
MG	025	Yes	Yes ²	n/a	n/a	n/a	n/a	Yes ⁶	Yes	n/a	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
BA	025	Yes	Yes ²	n/a	n/a	n/a	n/a	No	No	n/a	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	n/a
SP	040	Yes	Yes	Yes	n/a	n/a	Yes	No	No	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	No	No
SU	040	Yes	Yes	n/a	n/a	n/a	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
MOR	040	Yes	Yes	n/a	n/a	n/a	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
MO	028	Yes ¹	Yes	No	Yes	n/a	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
ML	028	n/a	Yes	n/a	Yes	n/a	n/a	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

TABLE 3

Synoptic view of the active faults or active fault systems reported in regional tectonic overviews. Notice the diversity of views concerning the degree of activity of any given fault system. Fault systems for which there is consensus across the various research groups are highlighted in bold. The active faults are labelled in fig. 3.

KEY TO FAULT NAMES: PI: Pizzoli; MP: M. Pettino; PA: Paganica; MAV: Middle Aterno Valley; SV: Subequana Valley; ACM: Aremogna-Cinque Miglia; FS: Fiamignano-Salto; VM: Val di Malito; VE: Velino; MA: Magnola; OP: Ovindoli-Pezza; TM: Tre Monti; SB: San Benedetto-Gioia dei Marsi; MPA: Monte Parasano; AI: Aielli; TR: Trasacco; VN: Ventrino; USV: Upper Sangro Valley; MG: Monte Greco; BA: Barrea; SP: San Pio delle Camere; SU: Sulmona; MOR: Morrone; MO: Montereale; ML: Monti della Laga. Key to fault properties: 1) possible; 2) subordinate; 3) secondary; 4) inferred; 5) no consensus; 6) Quaternary faults for which no evidence of Upper Pleistocene-Holocene activity is available; 7) doubtful longitudinal continuity and/or seismogenic role. *ITHACA database: www.apat.gov.it/site/en-GB/Projects/ITHACA_ITaly_HAzards_from_CApable_faults/default.html.

Figura 17. Tabella riassuntiva delle faglie attive dell'Abruzzo (da Vannoli et al., 2012).

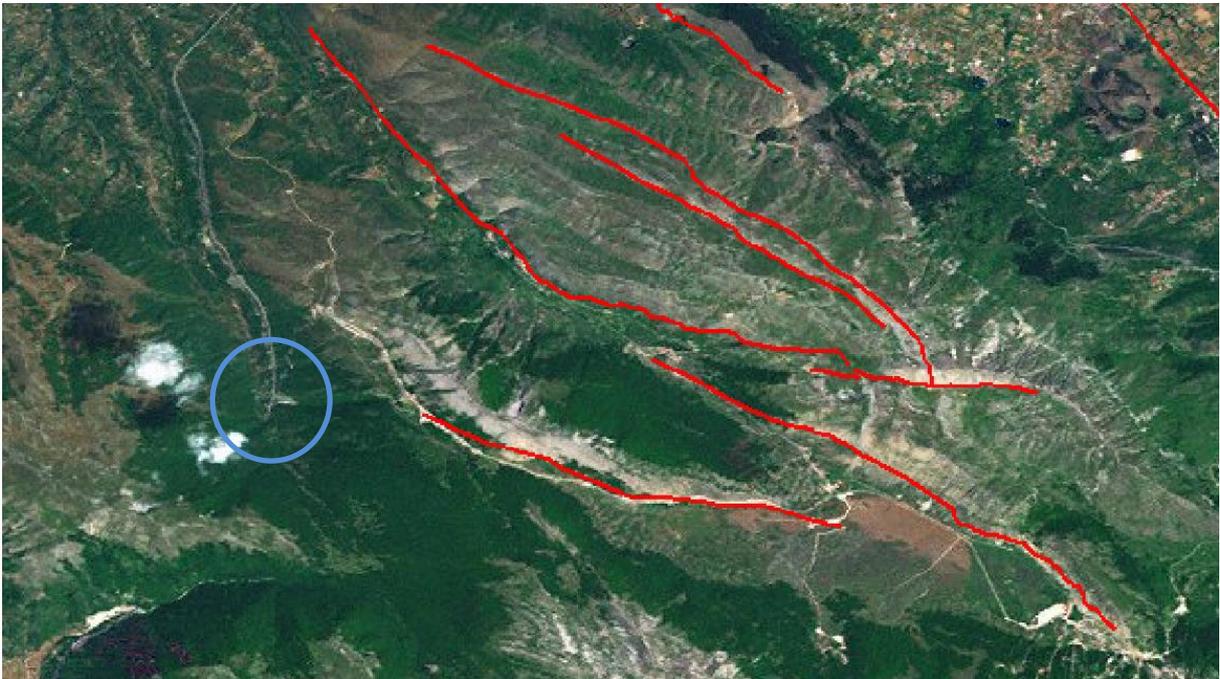


Figura 18. Catalogo ITHACA, faglie attive e capaci in prossimità dell'area di studio (in blu).

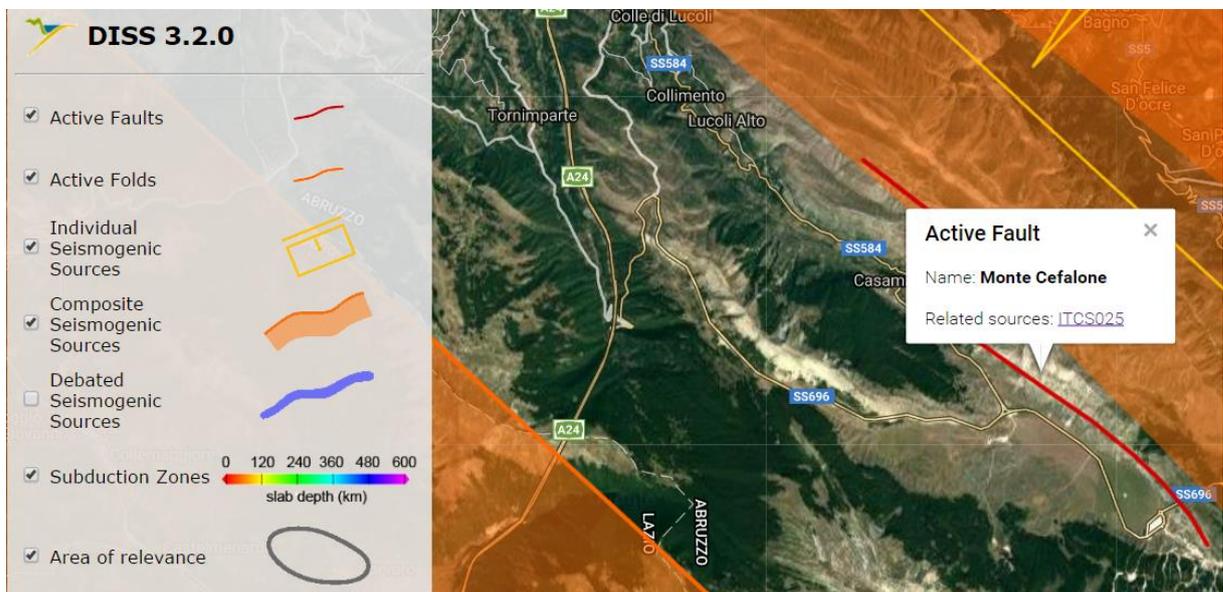


Figura 19. Catalogo DISS (INGV): Sorgenti sismogenetiche e faglie attive in prossimità dell'area di studio.

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS025
Name	Salto Lake-Ovindoli-Barrea
Compiler(s)	Barba S.(1), Basili R.(1), Burrato P.(1), Fracassi U.(1), Kastelic V.(1), Tiberti M.M.(1), Valensise G.(1), Vannoli P.(1)
Contributor(s)	Barba S.(1), Basili R.(1), Burrato P.(1), Fracassi U.(1), Kastelic V.(1), Tiberti M.M.(1), Valensise G.(1), Vannoli P.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter		Quality	Evidence		
Min depth [km]	1.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.		
Max depth [km]	14.5	LD	Based on data of instrumental seismicity.		
Strike [deg] min... max	130...150	LD	Based on geological data from various authors.		
Dip [deg] min... max	40...65	LD	Based on geological data from various authors.		
Rake [deg] min... max	260...280	LD	Based on geological data from various authors.		
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.7	LD	Based on paleoseismology and long-term geological markers.		
Max Magnitude [Mw]	6.7	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).		

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP;EJ=EXPERT JUDGEMENT;

ACTIVE FAULTS

Figura 20. Catalogo DISS (INGV): Sorgente sismogenetica individuali ITCS025.

5 MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL SOTTOSUOLO

Nei mesi di Gennaio e Febbraio 2010, nell'ambito del Progetto "Interventi propedeutici all'adeguamento sismico A24_viadotto S.Onofrio - prog. Km 084+839" sono state effettuate indagini di tipo geognostico, geotecnico e geofisico dalla società Geo Service s.r.l. (Figura 21). Le indagini sono state fornite alla scrivente dalla Committente Strada dei Parchi Spa.

Nei mesi di Febbraio e Marzo 2017 sono state effettuate dalla scrivente ulteriori indagini in sito volte ad una migliore caratterizzazione dell'ammasso roccioso affiorante in corrispondenza dell'area di intervento. In corrispondenza di 5 affioramenti ritenuti significativi è stata effettuata una caratterizzazione geologico-strutturale dell'ammasso roccioso (Par. 5.2).

I parametri di resistenza e deformabilità della roccia intatta sono stati desunti da una precedente campagna di indagini, condotta dalla società Dimms Control nel 2015 (Par. 5.1.3).

Per l'ubicazione delle indagini si faccia riferimento all'elaborato progettuale "Carta geologico strutturale con ubicazione delle indagini in sito".

I risultati delle indagini sono contenuti nell'elaborato "Risultati indagini in sito e in laboratorio".

5.1 CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO

5.1.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di caratterizzare da un punto di vista litostratigrafico il sito in esame, sono stati eseguiti 3 sondaggi geognostici. Una coppia di fori (25 m dal p.c.) eseguiti intorno alla pila n. 3 del Viadotto S. Onofrio (SP3_CH) posti ad una distanza di 7,2 m, tra loro sui due lati della pila. In corrispondenza della pila 4 è stato eseguito un altro sondaggio (30 m dal p.c.) posto ad una distanza di 30 m dalla pila (SP4_DH).

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite in foro n. 9 (n. 3 per ogni sondaggio) penetrometriche dinamiche S.P.T. (*Standard Penetration Test*).

La prova è eseguita secondo le normative di riferimento:

- ASTM D 1586-84 (1992) – *Standard Test Method Penetration and Spilt-Barrel Sampling of Soils*.
- AGI (1977) – Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche.

Il dispositivo utilizzato per la prova presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- Peso massa battente: 63,5 Kg
- Altezza di caduta libera: 76 cm
- Diametro punta conica: 51 mm
- Area base punta conica: 20,43 cm²
- Angolo di apertura punta conica: 60°
- Diametro aste: 50 mm.

Pila (n.)	Sigla sondaggio	Profondità (m)	Prove SPT	Campioni shelby	Strumentazione installata	Prova in foro
3 destra	Pila 3 dx-CH1	25	3		tubo in PVC diam. 3''	cross hole
3 destra	Pila 3 dx-CH2	25	3		tubo in PVC diam. 3''	cross hole
4 sinistra	Pila 4 sx-DH	30	3		tubo in PVC diam. 3''	down hole

Figura 21. Schema riassuntivo indagini di tipo geognostico, geotecnico e geofisico realizzate.

Per l'interpretazione dei dati ottenuti e l'analisi geotecnica si rimanda alla relativa Relazione. Nell'ambito dei sondaggi, condotti a carotaggio continuo utilizzando carotiere semplice e corona in widia, sono state rilevate le seguenti stratigrafie.

Sondaggio SP3_CH1:

m 0-5.2 Clasti e blocchi da centimetrici a pluricentrici sub-angolari calcarei in prevalenza, localmente ossidati color marrone scuro e ocra, con scarso limo sabbioso di colore marrone scuro, grigio e avana chiaro.

m 5.2-14.2 Clasti da millimetrici a centimetrici (diam. medio 3 cm con locali clasti con diam. max 7-8 cm) da sub-angolari a sub-arrotondati calcarei in prevalenza, con scarso limo con sabbia di colore giallastro-avana e avana chiaro.

M 14.2-25.0 Clasti da millimetrici a centimetrici da sub-angolari a sub-arrotondati a litologia calcarea di colore biancastro, con locali livelli a scarsa matrice limoso sabbiosa di colore avana chiaro-giallastro.

SPT1 (m 5) 15-23-27

SPT2 (m 7) 19-25-31

SPT3 (m12) 34-50/6cm R

Sondaggio SP3_CH2:

m 0-5.0 Clasti e blocchi da centimetrici a pluricentrici sub-angolari calcarei in prevalenza, localmente ossidati color marrone scuro e ocra, con scarso limo sabbioso di colore grigio chiaro biancastro.

m 5-25.0 Clasti e blocchi da centimetrici a pluricentrici prevalentemente sub-angolari a litologia calcarea, localmente ossidati color ocra, con scarso limo sabbioso di colore avana chiaro-biancastro, giallastro-avana e sporadici livelli giallastro-ocra.

SPT1 (m 5) 27-24-32

SPT2 (m 8) 19-23-25

SPT3 (m12) 22-27-34

Sondaggio SP4_DH:

m 0-5.4 Clasti da millimetrici a centimetrici da sub-angolari a sub-arrotondati calcarei in prevalenza, con scarso limo sabbioso argilloso di colore marrone scuro.

m 5.4-8.5 Clasti da millimetrici a centimetrici da sub-angolari ad arrotondati di colore biancastro a litologia calcarea in limo sabbioso di colore avana chiaro biancastro localmente ossidato color marrone-ocra.

M 8.5-11.1 Limo con argilla debolmente sabbioso a tratti, di colore marrone scuro con inglobati locali clasti centimetrici (diam. max 6-7 cm) sub-angolari calcarei.

m 11.1-30.0 Clasti e blocchi da centimetrici a pluricentimetrici prevalentemente sub-angolari a litologia calcarea, di colore biancastro, con scarso limo sabbioso di colore avana chiaro-biancastro con locali livelli (da 11,1 m a 15,0 m) di colore marrone scuro e avana-giallastro.

SPT1 (m 3) 17-18-20

SPT2 (m 9) 15-16-21

SPT3 (m13) 25-50/7cm R

5.1.2 INDAGINI GEOFISICHE

È stata condotta una prova sismica in foro down hole all'interno del sondaggio Pila 4 sx-DH alla profondità di 27 m dal p.c.. Lo scopo della prospezione geofisica, è stata la caratterizzazione dinamica dei terreni attraverso il parametro della velocità sismica delle onde P, delle onde SH e la definizione del valore delle Vs30, utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla vigente normativa antisismica.

Le finalità delle prospezioni geofisiche eseguite in foro possono così essere sinteticamente riassunte:

- definire la velocità di propagazione delle onde sismiche P e SH nel sottosuolo;
- parametrizzazione dinamica dei terreni attraverso le misure geofisiche;
- definire il valore VS30 per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica.

I fori di sondaggio sono stati attrezzati con tubo in PVC cementando l'intercapedine tra esso ed il terreno. Le registrazioni sismiche, all'interno dei fori, sono state eseguite con un'interdistanza verticale pari a 1,0 metro.

LOCALITA'	SONDAGGIO	PROFONDITA' (m)	OFFSET (m)	FALDA (m)	DATA
Viadotto S. Onofrio	Pila 4 sx-DH	27,00	4,0 m	-	28/04/2010

Figura 22. Schema riassuntivo indagine di tipo down hole effettuata.

5.1.3 PRELIEVO DI CAMPIONI IN ROCCIA

Al fine di caratterizzare meccanicamente la componente litoide dell'ammasso roccioso interessato dal rilevato, sono stati presi in considerazione i campioni prelevati nel 2015 dalla società Dimms Control, in corrispondenza dell'area di sedime di viadotti prossimi a quello in esame (Figura 22), su ammassi rocciosi aventi le stesse caratteristiche geomeccaniche di quelle riscontrate nell'area di sedime del Viadotto di svincolo.

I campioni sono stati sottoposti a prova di compressione uniassiale con rilievo della curva di deformazione, ricavando la tensione di rottura, il modulo secante E_{s50} , il modulo tangente E_{t50} e il coefficiente di poisson (Figura 23). La tabella seguente riporta in dettaglio i risultati delle prove di laboratorio eseguite nel 2015.

Le caratteristiche geotecniche dell'ammasso roccioso sono state valutate cautelativamente assumendo una resistenza a compressione uniassiale pari a 60 MPa, inferiore alla media ottenuta considerando le prove eseguite nel 2015.

La tabella seguente riporta in dettaglio i risultati delle prove di laboratorio eseguite nel 2015 su campioni prelevati in corrispondenza dell'area di sedime di viadotti adiacenti all'area di interesse.

DENOMINAZIONE E QUOTE			γ'	PROVA CELLA TRIASSIALE CID				COMPRESSIONE MONOASSIALE			
CAMPAGNA	VIADOTTO	Camp.		c'	ϕ'	σ_1	σ_3	UCS	cu	E50	v50
(-)	(-)	(-)	(kN/mc)	(kPa)	(°)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(-)
2015	Vaccarini	L1	26,41	18,11	46,40	95,10	1,00				
2015	Vaccarini	L2	26,41	18,11	46,40	101,78	2,00				
2015	Vaccarini	L3	26,55			117,11	5,00	92,88		54446	
2015	Vaccarini	L4	26,41	18,11	46,40	129,25	7,00				
2015	Vaccarini	L5	26,41	18,11	46,40	152,17	10,00				
2015	Vaccarini	L6	26,47					97,42		54856	
2015	Vaccarini	L7	26,31					87,03		48352	
2015	Vaccarini	L8	26,41	18,11	46,40						
2015	Vaccarini	L9	26,63					91,26		52446	
2015	Vaccarini	L10	26,34					98,81		55697	
2015	Le Monache	L1	26,41	19,70	45,80	102,48	1,00				
2015	Le Monache	L2	26,36					92,50		49751	
2015	Le Monache	L3	26,41	19,70	45,80	105,01	2,00				
2015	Le Monache	L4	26,36					85,77		47468	
2015	Le Monache	L5	26,41	19,70	45,80	125,40	5,00				
2015	Le Monache	L6	26,41	19,70	45,80	135,90	7,00				
2015	Le Monache	L7	26,41	19,70	45,80	156,40	10,00				
2015	Le Monache	L8	26,52					94,54		51724	
2015	Le Monache	L9	26,49					85,36		50000	
2015	Le Monache	L10	26,56					97,16		53571	
2015	Le Pastena	L1	26,41	17,30	45,20	87,20	1,00				
2015	Le Pastena	L2	26,56					90,41		50004	
2015	Le Pastena	L3	26,57					96,99		53646	
2015	Le Pastena	L4	26,45					98,37		53523	
2015	Le Pastena	L5	26,41	17,30	45,20	93,57	2,00				
2015	Le Pastena	L6	26,41	17,30	45,20	112,39	5,00				
2015	Le Pastena	L7	26,37					96,20		50366	
2015	Le Pastena	L8	26,51					99,30		58001	
2015	Le Pastena	L9	26,41	17,30	45,20	124,66	7,00				
2015	Le Pastena	L10	26,41	17,30	45,20	142,00	10,00				

DENOMINAZIONE E QUOTE			γ'	PROVA CELLA TRIASSIALE CID				COMPRESSIONE MONOASSIALE			
CAMPAGNA	VIADOTTO	Camp.		c'	φ'	σ_1	σ_3	UCS	cu	E50	v50
(-)	(-)	(-)	(kN/mc)	(kPa)	(°)	(MPa)	(Mpa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(-)
2015	Valle Orsara	Cr1/1	26,56					47,39		44626	
2015	Valle Orsara	Cr1/2	26,67					53,05		50719	
2015	Valle Orsara	Cr1/3	26,60	11,60	42,50	56,73	1,00				
2015	Valle Orsara	Cr1/4	26,60	11,60	42,50	61,54	2,00				
2015	Valle Orsara	Cr1/5	26,60	11,60	42,50	75,97	5,00				
2015	Valle Orsara	Cr1/6	26,60	11,60	42,50	86,58	7,00				
2015	Valle Orsara	Cr1/7	26,60	11,60	42,50	102,57	10,00				
2015	Piletta	Cr1	26,39					69,31		46960	
2015	Piletta	Cr2	26,57					45,94		40869	
2015	Piletta	Cr3	26,59					36,33		42141	
2015	Piletta	Cr4	26,48					37,76		41583	
2015	Piletta	Cr5	26,65					44,81		44810	
2015	Fuggeto	Cr1	26,58					26,47		39990	
2015	Fuggeto	Cr2	26,52					31,12		46035	
2015	Fuggeto	Cr3	26,76					70,25		55058	
2015	Fuggeto	Cr4	26,61					91,04		59191	

DENOMINAZIONE E QUOTE			γ_{sat}	PROVA CELLA TRIASSIALE CID				COMPRESSIONE MONOASSIALE			
CAMPAGNA	VIADOTTO	Camp.		c'	φ'	σ_1	σ_3	UCS	cu	E50	v50
(-)	(-)	(-)	(kN/mc)	(kPa)	(°)	(MPa)	(Mpa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(-)
2015	Cerqueta	Cr1	25,83					73,46		43419	
2015	Cerqueta	Cr2	25,68					45,87		40310	
2015	Monito	Cr1/1	26,37					43,15		41330	
2015	Monito	Cr1/2	26,45					47,25		44243	
2015	Monito	Cr1/3	26,48					44,85		45391	
2015	Monito	Cr1/4	26,36					39,33		39172	
2015	Monito	Cr1/5	26,39					46,97		43409	

Figura 23. Risultati di prove di laboratorio effettuate su campioni prelevati in corrispondenza dell'area di sedime di viadotti adiacenti all'area di interesse.

5.2 RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE

È stato condotto un rilievo geologico strutturale in un'area sufficientemente estesa al fine di valutare l'assetto geologico, idrogeologico e geomorfologico dell'area interessata dalle opere oggetto di adeguamento. Affiorano estesamente i litotipi calcarei riconducibili alle formazioni cretatiche note bibliograficamente (Par. 4.2) rappresentate dai Calcari e marne a Salpingoporella dinarica e charophite (CMS) e dai Calcari ciclotemici a requienie (CIR).

In appoggio sul substrato si rilevano coltri detritiche derivanti del disfacimento crioclastico e gravitativo dello stesso, particolarmente estese alla base delle scarpate e nel fondovalle.

La valle, di natura tettonica, si sviluppa con direzione E-W in destra idrografica della valle del Torrente Raio. In questo settore il Raio ha carattere torrentizio stagionale, raggiungendo portate di alcuni l/s. Idrogeologicamente, considerati i rilievi effettuati e i risultati delle indagini, è possibile considerare il sottosuolo di fondazione delle opere in progetto di adeguamento in assenza di falda; inoltre gli affioramenti rilevati presentano discontinuità asciutte e non si rileva ruscellamento superficiale.

Nell'ambito del rilievo geologico-strutturale, è stata effettuata una caratterizzazione geomeccanica su 5 affioramenti (Par. 5.2.1-5.2.5) mediante l'approccio "Rock Mass Rating" (indice RMR) di Bieniawski (1984, 1989) ed il "Rock tunnelling quality index" (indice Q) di Barton (1974). In Tabella 1 sono riportati i parametri principali con i relativi indici per la classificazione dell'ammasso secondo quanto proposto da Bieniawski (1989).

Nel 1995 Hoek et al. hanno introdotto l'indice GSI (Geological Strength Index) basato sulle caratteristiche geolitologiche e strutturali della formazione e sulle condizioni delle superfici di discontinuità dell'ammasso. Per un ammasso roccioso asciutto in assenza di flusso idrico, dal valore RMR può essere ricavato l'indice GSI utilizzando la seguente espressione:

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

Complessivamente gli ammassi rocciosi studiati sono interessati da almeno 3 principali sistemi di discontinuità:

S1 – piano di stratificazione a basso angolo con direzione circa perpendicolare all'asse vallivo ed immergente verso ovest (giacitura media 260-280/20);

K1 – giunto ad alto angolo con direzione circa perpendicolare all'asse vallivo, e giacitura media 95-100/80;

K2 – giunto ad alto angolo con direzione circa parallela all'asse vallivo, e giacitura media 190/85.

I piani di stratificazione si presentano generalmente aperti con riempimento di natura non coesiva. Le superfici sono piane e rugose. La spaziatura varia tra 200 e 600mm mentre la persistenza tra 10 e 20m.

I giunti verticali si presentano generalmente chiusi, senza riempimento con superfici piane rugose moderatamente alterate,

La spaziatura delle fratture sub verticali è mediamente compresa tra 20 e 200mm, mentre la persistenza è variabile tra 1 e 3m.

PARAMETRI PER LA CLASSIFICAZIONE									
PARAMETRI			CAMPO VALORI						
1	Resistenza a roccia intatta	Carico puntuali	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Non applicabile		
		Compres. unissiale	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
		Indice	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%		
	Indice		20	17	13	8	3		
3	Spaziatura giunti		> 2 m	0.6 - 2 m	200– 600mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Indice		20	15	10	8	5		
4	Condizione giunti		Superfici molto scabre, non continue. Chiusi. Pareti della roccia non alterate	Superfici legg. scabre Apertura < 1 mm Pareti della roccia legg. alterate	Superfici legg. scabre Apertura < 1 mm Pareti della roccia alterate	Superfici lisce o riempimento < 5 mm o apertura 1-5 mm Giunti cont.	Riempimento tenero > 5 mm o Apertura > 5 mm Giunti continui		
	Indice		30	25	20	10	0		
5	Condizioni idrauliche	Afflusso per 10m lung. tunnel	Assente	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(pressione nei giunti) / (soll. Nat. in situ)	0	< 0.1	0.1 – 0.2	0.2 – 0.5	> 0.5		
		Condizioni generali	Completam. asciutto	Umido	Bagnato	Stillicidio	Flusso		
	Indice		15	10	7	4	0		
FATTORI CORRETTIVI FUNZIONE DELL'ORIENTAZIONE DEI GIUNTI									
Direzione e immersione			Molto favorevole	Favorevole		Sfavorevole	Molto sfavorevole		
Indice	Gallerie e miniere		0	-2	-5	-10	-12		
	Fondazioni		0	-2	-7	-15	-25		
	Pendii		0	-5	-25	-50			
CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO									
Indice			100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21		
Classe			I	II	III	IV	V		
Descrizione			Molto buona	Buona	Discreta	Scadente	Molto scadente		

Tabella 1 – Caratterizzazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski (1989).

GENERAL INFORMATION														
Position				Date				Inspector				Location (Roma 40)		
COMUNE DI TORNIMPARTE (AQ)				21 febbraio 2017				GEOL. ANIBALLI				E	N	Z (m.a.s.l.)
												238°15'17.64	4678955.03	1050-1100
LOCATION: AREA DI SEDIME DEI VIADOTTI S. ONOFRIO E TORNIMPARTE - A24 km 85+071														
NATURE AND ORIENTATION OF DISCONTINUITY														
SG	SLOPE (DD/Dip)	Set	Type	Dip (deg)	Dip Direct. (deg)	Persistence	Terminat.	Aperture/Width	Nature of Filling	Strength of Filling	Surface Rough.	Surface Shape	Water Flow	Spacing
1	260/55	1	9	20	280	4	2	6	3	S2	1	3	DRY	4
		2	2	80	100	2	0	1	1	S2	1	3	DRY	2
		3	2	85	190	2	0	1	1	S2	1	3	DRY	2
		1	9	45	260	4	2	6	3	S2	1	3	DRY	4
		2	2	60	100	2	0	1	1	S2	1	3	DRY	2
2	220/60	2	2	80	95	2	0	1	1	S2	1	3	DRY	3
		3	2	85	190	2	0	1	1	S2	1	3	DRY	3
		1	9	20	280	4	2	6	3	S2	1	3	DRY	5
3	230/45	1	9	20	280	4	2	6	3	S2	1	3	DRY	5
		2	2	80	95	2	2	5	1	S2	1	3	DRY	5
		3	2	85	190	2	2	5	1	S2	1	3	DRY	2
4	40/45	1	9	15	280	4	2	6	3	S2	1	3	DRY	2
5	300/30	4	2	89	340	2	2	6	1	S2	1	3	DRY	2
		5	2	85	260	2	2	6	3	S2	1	3	DRY	4
		1	9	15	280	4	2	6	3	S2	1	3	DRY	2
		6	2	40	50	2	2	5	1	S2	1	3	DRY	2

Type	Persistence	Aperture/width	Nature of filling	Compressive strength of infilling MPa
0. Fault zone	1. Very low persistence	<1m	1. Very tight (<0.1mm)	1. Clean
1. Fault	2. Low persistence	1-3 m	2. Tight (0.1-0.25 mm)	2. Surface staining
2. Joint	3. Medium persistence	3-10 m	3. Partly open (0.25-0.5 mm)	3. Non-cohesive
3. Cleavage	4. High persistence	10-20 m	4. Open (0.5-2.5 mm)	4. Inactive clay or clay matrix
4. Schistosity	5. Very high persistence	>20 m	5. Moderately wide (2.5-10 mm)	5. Swelling clay or clay matrix
5. Shear			6. Wide (>10 mm)	6. Cemented
6. Fissure			7. Very wide (1-10 cm)	7. Chlorite, talc or gypsum
7. Tension Crack			8. Extremely wide (10-100 cm)	8. Other - specify
8. Foliation			9. Cavernous (>1m)	
9. Bedding				
				R1 Very weak rock 10-5.0
				R2 Weak rock 5.0-25
				R3 Medium strong rock 25-50
				R4 Strong rock 50-100
				R5 Very strong rock 100-250
				R6 Extremely strong rock >250
Set	Termination	Surface shape	Surface roughness	Spacing
Joint family	0. Neither end visible	1. Stepped	1. Rough	1. Extremely close spacing <20 mm
ex. S1; S2; S3	1. One end visible	2. Undulating	2. Smooth	2. Very close spacing 20 - 60 mm
des RELATIVE	2. Both ends visible	3. Planar	3. Polished	3. Close spacing 60 - 200 mm
the meas.station			4. Slickensided	4. Moderate spacing 200 - 600 mm
				5. Wide spacing 600 - 2000 mm
				6. Very wide spacing 2000 - 6000 mm
				7. Extremely wide spacing >6000 mm

Figura 24. Scheda del rilievo geomeccanico effettuato su 5 affioramenti (Rif. Carta geologico-strutturale.).

5.2.1 STAZIONE GEOMECCANICA 1

SG	SLOPE (DD/Dip)	Set	Type	Dip (deg)	Dip Direct. (deg)
1	260/55	1	9	20	280
		2	2	80	100
		3	2	85	190
		1	9	45	260
		2	2	60	100
		3	2	85	190

Figura 25. Stazione geomeccanica 1, Analisi delle discontinuità. Legenda in Figura 24.

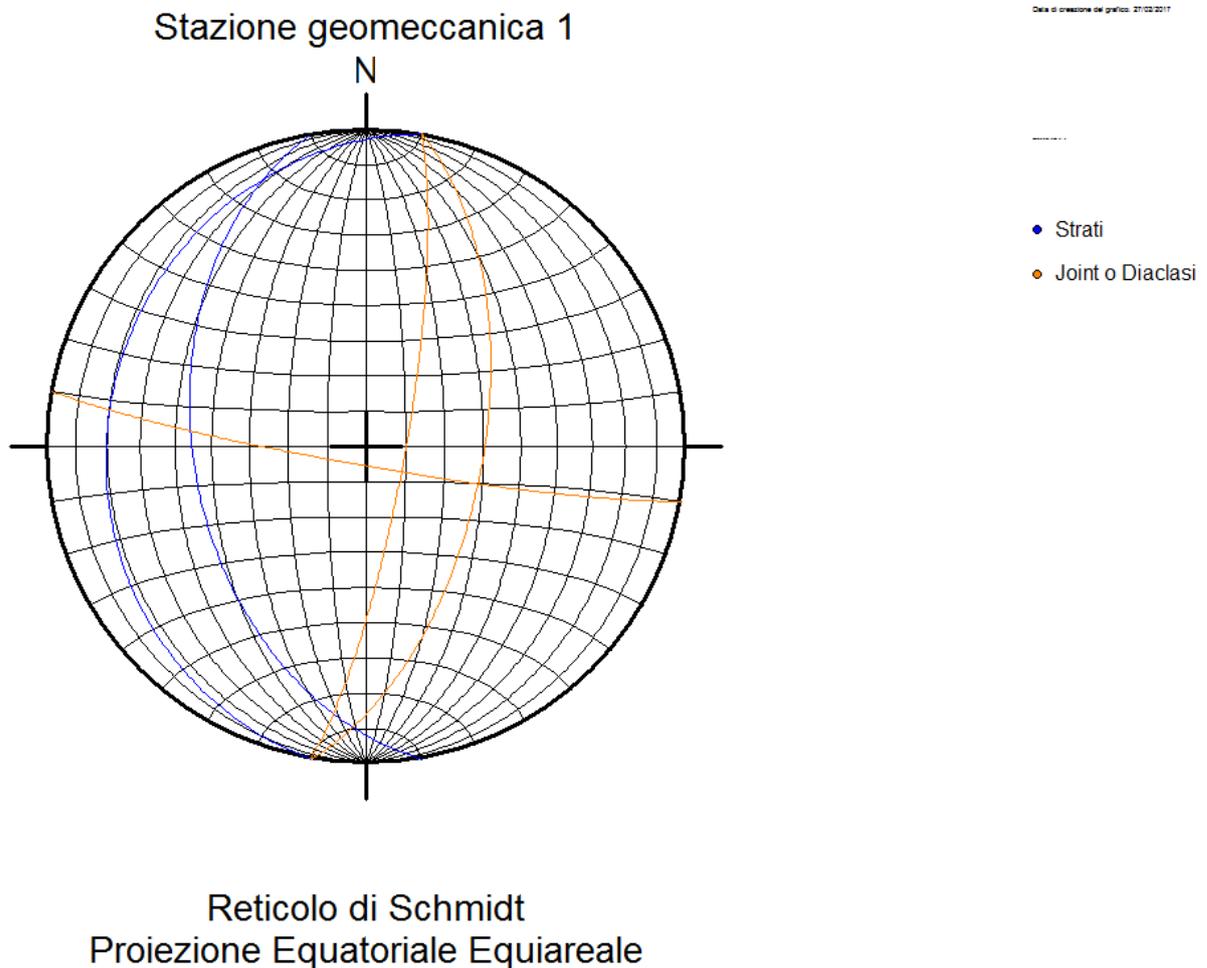


Figura 26. Stazione geomeccanica 1, proiezione su reticolo equiareale di Schmidt emisfero inferiore.

INPUT DATA on TUNNEL and GROUND CONDITIONS used in the RMR, Q and RMI rockmass classification systems		Rock / Mass
Project: VIADOTTO S.ONOFRIO-SVINCOLC Date: 20-feb-17 Tunnel: _____ Location: SG1 Observer: Gino Anibaldi Note: _____ Rock(s): CMS: Calcare e marne a salpingoporella		of symbols and values INPUT ↓ use input symbol (S) or unit
<i>Input symbols are shown in blue below, see also 'Parameter tables'</i>		
Input parameters		
Tunnel span or diameter (Dt) <i>(a span of 10m is used as input)</i>		m
Tunnel wall height (Wt)		15 m
A1	Compressive strength of rock (UCS or σ_c):	94.2 MPa
B1	RQD (Rock Quality Designation): RQD =	%
B2	Degree of jointing: Block volume (Vb): Vb =	m ³
B3	Volumetric joint count (Jv): Jv =	20 joints
B4	Joint spacing: <i>(a = > 2m; b = 0.6 - 2m; c = 0.2 - 0.6m; d = 0.06 - 0.2m; e = < 0.06m)</i>	d S
C1	Block shape ¹⁾ : <i>(a=cubical blocks; b=slightly long or flat blocks; c=moderately long or flat blocks; d=very long or flat blocks)</i>	b S
C2	Jointing pattern: Joint sets: <i>(a = no sets; b=1set; c=1set+random; d=2 sets; e=2 sets+random; f=3 sets; g=3 sets+random; i = crushed)</i>	g S
C3	Orientation of main joint set: <i>(a = very favourable; b = favourable; c = fair; d = unfavourable; e = very unfavourable)</i> in roof	d S
C4	in wall	d S
D1	Joint roughness: Joint smoothness: <i>(a = v. rough; b = rough; c = slightly rough; d = smooth; e = polished; f = slickensided; g = filled joints)</i>	g S
D2	Joint undulation: <i>(a = discontin.; b = strongly undulating; c = mod. undul.; d = slightly undul.; e = planar; g = filled joints)</i>	e S
D3	Joint alteration // condition: No filling: <i>(a = healed; b = fresh // no filling; c = slightly altered; d = altered; e = sand/silt coating; f = clay coat.)</i>	h S
	Filling < ca. 5mm thickness: <i>(h = sand / silt; j = hard clay; l = soft clay; n = swelling clay)</i>	
D4	Filling > ca. 5mm thickness: <i>(i = sand / silt; k = hard clay; m = soft clay; o = swelling clay)</i>	h S
D4	Joint length: <i>(a = crack; b = parting; c = v. short (0.1-1m); d = short (1-3m); e = medium (3-10m); f = long (10-30m); g = seam or shear)</i>	c S
D5	Joint separation: <i>(a = none; b = v.tight (<0.1mm); c = tight (0.1-0.5mm); d = mod.open (0.5-2.5mm); e = open (2.5-10mm); f = v. open)</i>	d S
E	Interlocking or compactness of rockmass structure: <i>(a = very tight; b = tight or compact ; c = disturbed; d = poorly interlocked)</i>	b S
F	Ground water inflow to tunnel or cavern: <i>(a = dry; b = damp; c = wet; d = dripping; e = gushing; f = flowing; g = heavily flowing)</i>	a S
G1	Stress level: <i>(input for Q and RMI)</i> <i>(a = very low stress level; b = low stress; c = moderate / medium stress; d = high stress)</i>	input of SRF c S
G2	Over-stressing: Rock spalling or bursting: <i>(e = moderate slabbing; f = rock burst; g = heavy burst)</i>	
	Squeezing: <i>(h = mild squeeze; i = heavy squeeze)</i>	c S
H1	Weakness zone: Type: <i>(j = multiple zones; k = single zone <50m; l = single zone >50m; m = multiple shears; q = crushed)</i>	m S
H2	Thickness or width of zone (m): <i>(valid for 1 - 20m wide zones)</i>	
H3	Orientation of zone: <i>(a = very favourable; b = favourable; c = fair; d = unfavourable; e = very unfavourable)</i> in roof	d S
H4	in wall	d S

The input data given and the calculated results					
					
Project: VIADOTTO S.ONOFRIO-SVINCOLO TORNIMPAR Date: 20-feb-17					
Tunnel: Location: SG1					
Observer: Gino Anibaldi Note:					
Rock(s): CMS: Calcari e marne a salpingoporella					
Input parameters		Input values and ratings used			
		RMR ¹⁹⁸⁹	Q ¹⁹⁹³	RMI ²⁰⁰⁸	
Tunnel data	Tunnel span (m)	Span = 10	Span = 10	Dt = 10	
	Wall height (m)	Wall = 15	Wall = 15	Wt = 15	
A. Rock	A1 Compressive strength of intact rock:	A1 = 7	-	$\sigma_c = 94.2$ MPa	
B. Degree of jointing	B1 Rock Quality Designation (RQD):	A2 = 13	RQD = 60	-	
	B2 Block volume:	-	-	Vb = 4.5 dm ³	
	B3 Joint spacing:	A3 = 8	-	-	
C. Jointing pattern	C1 Block shape factor:	-	-	$\beta = 36$	
	C2 Number of joint sets:	-	Jn = 12	Nj = 0.85	
	C3 Orientation of main joint set	in roof: B = -10	-	Co = 2	
	C4 joint set	in walls: -	-	Co = 2	
D. Joint characteristics	D1 Joint smoothness:	roughness: A4c = 0	Jr = 1	js = 1	
	D2 Joint undulation:			-	jw = 1
	D3 Joint alteration	weathering: A4e = 0	Ja = 4	jA = 4	
		filling: A4d = 5			
	D4 Joint length or persistence:	A4a = 6	-	jL = 2	
D5 Joint separation or aperture:	A4b = 1	-	-		
E. Interlocking	E Compactness of rockmass:	-	-	IL = 1	
F. Ground water	F Ground water inflow:	A5 = 15	Jw = 1	GW = 1	
G. Rock stresses	G1 Stress level:	-	SRF = 1	SL = 1	
	G2 Stress ratio/ground competency:	-		Cg = -	
H. Weakness zones	H1 Type of weakness zone:	-	-	-	
	H2 Thickness or width of zone:	-	-	Tz = -	
	H3 Orientation of zone	in roof: -	-	-	Co = -
		in walls: -	-	-	Co = -

	RMR	Q	RMI
Continuity of rockmass (related to tunnel) → Interlocking of rockmass structure →	-	-	<i>Discontinuous // contin.</i> <i>Tight structure</i>
Rock mass quality (approx. strength, σ_{cm})	-	-	$\sigma_{cm} \approx$ RMI = 1.34 <i>Moderate</i>
Ground quality (related to stability)	in roof	RMR = 45 <i>Fair</i>	Q = 1.25 <i>Poor</i>
	in walls	RMR = 45	$Q_{wall} = 3.125$
Blockiness (related to block instability)	in roof	-	Sr = 106.9 <i>Very unfavourable</i>
	in walls	-	$Sr_{wall} = 160.3$ <i>Very unfavourable</i>
Weakness zone	-		
Rockmass stresses Potential stress problems →	-		<i>Medium stress level</i> <i>Minor</i>
Limitations			

Sr = Size ratio (geometrical factor involving block diameter, tunnel span, plus number of joint sets and orientation of joints)

Gc = Ground condition factor

Cg = Competency of ground ($Cg = \sigma_{cm} / \sigma_0 = RMI / \sigma_0$)

Reference: A. Palmström, Q-RMR-RMI, version 3, Rock Mass AS, November 2012

Figura 27. Calcolo dei Parametri RMR, Q, RMI.





Figura 28. Affioramenti in corrispondenza della Stazione Geomeccanica 1.



Figura 29. Frana da crollo in prossimità della Stazione Geomeccanica 1.

5.2.2 STAZIONE GEOMECCANICA 2

SG	SLOPE (DD/Dip)	Set	Type	Dip (deg)	Dip Direct. (deg)
2	220/60	2	2	80	95
		3	2	85	190
		1	9	20	280

Figura 30. Stazione geomeccanica 2, Analisi delle discontinuità. Legenda in Figura 24.

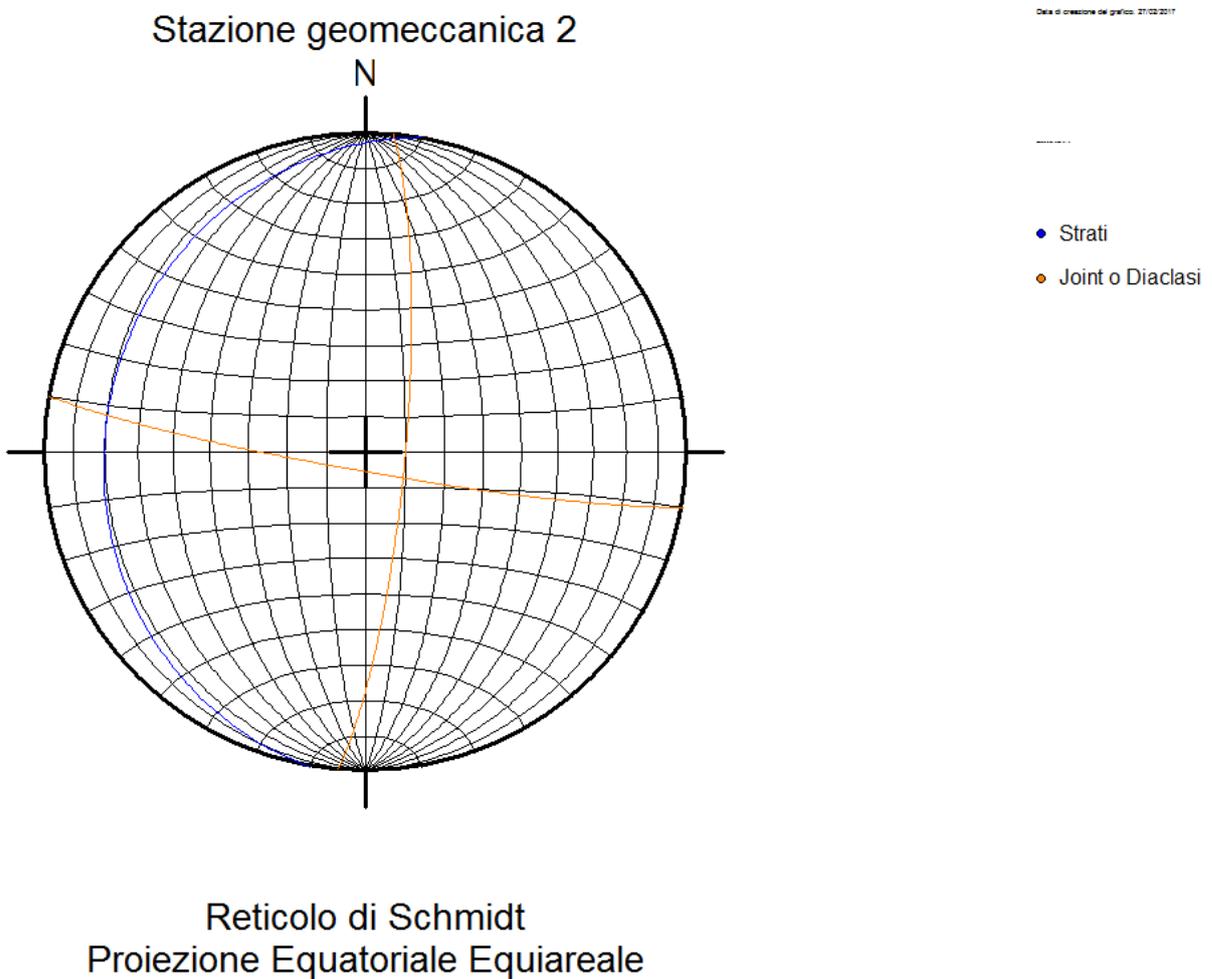


Figura 31. Stazione geomeccanica 2, proiezione su reticolo equiareale di Schmidt emisfero inferiore.

Links to 'Parameter tables' ↓	Project: VIADOTTO S.ONOFRIO - SVINCOL Date: 20-feb-17		of symbols and values ← INPUT ← use input symbol (S) or unit
	Tunnel: _____ Location: SG2		
	Observer: Gino Anibaldi Note: _____		
	Rock(s): CMS: Calcare e marne a salpingoporella		
<i>Input symbols are shown in blue below, see also 'Parameter tables'</i>			
Input parameters			
	Tunnel span or diameter (Dt)	<i>(a span of 10m is used as input)</i>	m
	Tunnel wall height (Wt)		15 m
	A1 Compressive strength of rock (UCS or σ_c):		70 MPa
B1	RQD (Rock Quality Designation):	RQD = _____	%
B2	Degree of jointing	Block volume (Vb):	m ³
B3		Volumetric joint count (Jv):	20 joints
B4		Joint spacing: (a = >2m; b = 0.6 - 2m; c = 0.2 - 0.6m; d = 0.06 - 0.2m; e = < 0.06m)	d S
C1		Block shape ¹⁾ : (a=cubical blocks; b=slightly long or flat blocks; c=moderately long or flat blocks; d=very long or flat blocks)	d S
C2	Jointing pattern	Joint sets: (a = no sets; b=1 set; c=1 set+random; d=2 sets; e=2 sets+random; f=3 sets; g=3 sets+random; i = crushed)	f S
C3		Orientation of main joint set: (a = very favourable; b = favourable; c = fair; d = unfavourable; e = very unfavourable)	a S
C4			a S
D1	Joint roughness	Joint smoothness: (a = v. rough; b = rough; c = slightly rough; d = smooth; e = polished; f = slickensided; g = filled joints)	c S
D2		Joint undulation: (a = discontin.; b = strongly undulating; c = mod. undul.; d = slightly undul.; e = planar; g = filled joints)	c S
D3	Joint alteration // condition	No filling: (a = healed; b = fresh // no filling; c = slightly altered; d = altered; e = sand/silt coating; f = clay coat.)	e S
		Filling < ca. 5mm thickness: (h = sand / silt; j = hard clay; l = soft clay; n = swelling clay)	
		Filling > ca. 5mm thickness: (i = sand / silt; k = hard clay; m = soft clay; o = swelling clay)	
D4	Joint length: (a = crack; b = parting; c = v. short (0.1-1m); d = short (1-3m); e = medium (3-10m); f = long (10-30m); g = seam or shear)	e S	
D5	Joint separation: (a = none; b = v.tight (<0.1mm); c = tight (0.1-0.5mm); d = mod.open (0.5-2.5mm); e = open (2.5-10mm); f = v. open)	d S	
E	Interlocking or compactness of rockmass structure: (a = very tight; b = tight or compact; c = disturbed; d = poorly interlocked)		b S
F	Ground water inflow to tunnel or cavern: (a = dry; b = damp; c = wet; d = dripping; e = gushing; f = flowing; g = heavily flowing)		a S
G1	Stress level: (input for Q and RMI) (a = very low stress level; b = low stress; c = moderate / medium stress; d = high stress)		input of SRF c S
G2	Over-stressing	Rock spalling or bursting: (e = moderate slabbing; f = rock burst; g = heavy burst)	
		Squeezing: (h = mild squeeze; i = heavy squeeze)	
H1	Type: (j = multiple zones; k = single zone <50m; l = single zone >50m; m = multiple shears; q = crushed)		
H2	Weakness zone	Thickness or width of zone (m): (valid for 1 - 20m wide zones)	m
H3	(fault, etc.)	Orientation of zone: (a = very favourable; b = favourable; c = fair; d = unfavourable; e = very unfavourable)	in roof S
H4			in wall S

Project: VIADOTTO S.ONOFRIO - SVINCOLO TORNIMPA		Date: 20-feb-17			
Tunnel:		Location: SG2			
Observer: Gino Aniballi		Note:			
Rock(s): CMS: Calcari e marne a salpingoporella					
Input parameters		Input values and ratings used			
		RMR ¹⁹⁸⁹	Q ¹⁹⁹³	RMi ²⁰⁰⁸	
Tunnel data	Tunnel span (m)	Span = 10	Span = 10	Dt = 10	
	Wall height (m)	Wall = 15	Wall = 15	Wt = 15	
A. Rock	A1 Compressive strength of intact rock:	A1 = 7	-	$\sigma_c = 70$ MPa	
B. Degree of jointing	B1 Rock Quality Designation (RQD):	A2 = 13	RQD = 60	-	
	B2 Block volume:	-	-	Vb = 4.5 dm ³	
	B3 Joint spacing:	A3 = 8	-	-	
C. Jointing pattern	C1 Block shape factor:	-	-	$\beta = 250$	
	C2 Number of joint sets:	-	Jn = 9	Nj = 1	
	C3 Orientation of main joint set	in roof:	B = 0	-	Co = 1
		in walls:	-	-	Co = 1
D. Joint characteristics	D1 Joint smoothness:	A4c = 3	Jr = 2.5	js = 1.25	
	D2 Joint undulation:			-	jw = 2
	D3 Joint alteration	weathering:	A4e = 1	Ja = 3	jA = 3
		filling:	A4d = 6		
	D4 Joint length or persistence:	A4a = 2	-	jL = 1	
D5 Joint separation or aperture:	A4b = 1	-	-		
E. Interlocking	E Compactness of rockmass:	-	-	IL = 1	
F. Ground water	F Ground water inflow:	A5 = 15	Jw = 1	GW = 1	
G. Rock stresses	G1 Stress level:	-	SRF = 1	SL = 1	
	G2 Stress ratio/ground competency:	-		Cg = -	
H. Weakness zones	H1 Type of weakness zone:	-	-	-	
	H2 Thickness or width of zone:	-	-	Tz = -	
	H3 Orientation of zone	in roof:	-	-	Co = -
		in walls:	-	-	Co = -

	RMR	Q	RMI
Continuity of rockmass (related to tunnel) → Interlocking of rockmass structure →	-	-	<i>Discontinuous</i> <i>Tight structure</i>
Rock mass quality (approx. strength, σ_{cm})	-	-	$\sigma_{cm} \approx$ RMI = 1.61 <i>Moderate</i>
Ground quality (related to stability)	in roof	RMR = 56 <i>Fair</i>	Q = 5.555556 <i>Fair</i>
	in walls	RMR = 56	$Q_{wall} = 13.88889$
Blockiness (related to block instability)	in roof	-	Gc = 1.61 <i>Favourable</i>
	in walls	-	$G_{cwall} = 8.03$ Sr = 6.5 <i>Favourable</i>
Weakness zone	-		
Rockmass stresses Potential stress problems →	-		<i>Medium stress level</i> <i>Minor</i>
Limitations			

Figura 32. Calcolo dei Parametri RMR, Q, RMI.











Figura 33. Affioramenti in corrispondenza della Stazione Geomeccanica 2.

5.2.3 STAZIONE GEOMECCANICA 3

SG	SLOPE (DD/Dip)	Set	Type	Dip (deg)	Dip Direct. (deg)
3	230/45	1	9	20	280
		2	2	80	95
		3	2	85	190

Figura 34. Stazione geomeccanica 3, Analisi delle discontinuità. Legenda in Figura 24.

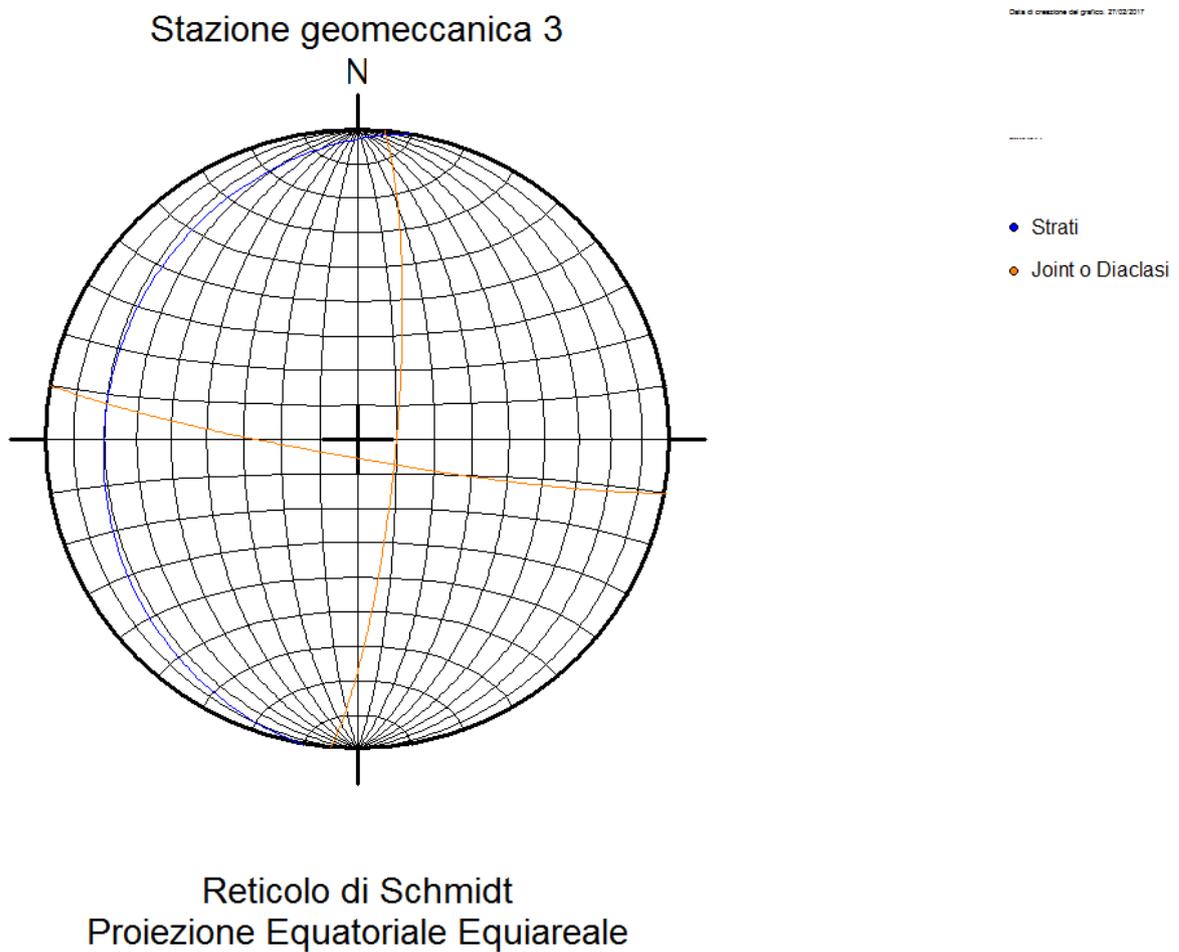


Figura 35. Stazione geomeccanica 3, proiezione su reticolo equiareale di Schmidt emisfero inferiore.

Links to 'Parameter tables' ↓	Project: VIADOTTO S.ONOFRIO - SVINCOL Date: 20-feb-17		of symbols and values ← INPUT ← use input symbol (S) or unit	
	Tunnel: _____ Location: SG3			
	Observer: Gino Anibaldi Note: _____			
	Rock(s): CMS: Calcare e marne a salpingoporella			
<i>Input symbols are shown in blue below, see also 'Parameter tables'</i>				
Input parameters				
	Tunnel span or diameter (Dt)	<i>(a span of 10m is used as input)</i>	m	
	Tunnel wall height (Wt)		15 m	
A1	Compressive strength of rock (UCS or σ_c):		64.3 MPa	
B1	RQD (Rock Quality Designation):	RQD =	%	
B2	Degree of jointing	Block volume (Vb):	m ³	
B3		Volumetric joint count (Jv):	18 joints	
B4		Joint spacing: (a = >2m; b = 0.6 - 2m; c = 0.2 - 0.6m; d = 0.06 - 0.2m; e = < 0.06m)	c S	
C1		Block shape ¹⁾ : (a=cubical blocks; b=slightly long or flat blocks; c=moderately long or flat blocks; d=very long or flat blocks)	b S	
C2	Jointing pattern	Joint sets: (a = no sets; b=1 set; c=1 set+random; d=2 sets; e=2 sets+random; f=3 sets; g=3 sets+random; i = crushed)	f S	
C3		Orientation of main joint set: (a = very favourable; b = favourable; c = fair; d = unfavourable; e = very unfavourable) in roof	c S	
C4		in wall	c S	
D1	Joint roughness	Joint smoothness: (a = v. rough; b = rough; c = slightly rough; d = smooth; e = polished; f = slickensided; g = filled joints)	g S	
D2		Joint undulation: (a = discontin.; b = strongly undulating; c = mod. undul.; d = slightly undul.; e = planar; g = filled joints)	g S	
D3	Joint alteration // condition	No filling: (a = healed; b = fresh // no filling; c = slightly altered; d = altered; e = sand/silt coating; f = clay coat.)	m S	
		Filling < ca. 5mm thickness: (h = sand / silt; j = hard clay; l = soft clay; n = swelling clay)		
		Filling > ca. 5mm thickness: (i = sand / silt; k = hard clay; m = soft clay; o = swelling clay)		
D4	Joint length: (a = crack; b = parting; c = v. short (0.1-1m); d = short (1-3m); e = medium (3-10m); f = long (10-30m); g = seam or shear)	d S		
D5	Joint separation: (a = none; b = v.tight (<0.1mm); c = tight (0.1-0.5mm); d = mod.open (0.5-2.5mm); e = open (2.5-10mm); f = v. open)	e S		
E	Interlocking or compactness of rockmass structure: (a = very tight; b = tight or compact; c = disturbed; d = poorly interlocked)		c S	
F	Ground water inflow to tunnel or cavern: (a = dry; b = damp; c = wet; d = dripping; e = gushing; f = flowing; g = heavily flowing)		a S	
G1	Stress level: (input for Q and RMI) (a = very low stress level; b = low stress; c = moderate / medium stress; d = high stress)		input of SRF c S	
G2	Over-stressing	Rock spalling or bursting: (e = moderate slabbing; f = rock burst; g = heavy burst)		
		Squeezing: (h = mild squeeze; i = heavy squeeze)		
H1	Type: (j = multiple zones; k = single zone <50m; l = single zone >50m; m = multiple shears; q = crushed)		m S	
H2	Weakness zone	Thickness or width of zone (m): (valid for 1 - 20m wide zones)		
H3 (fault, etc.)	Orientation of zone:	(a = very favourable; b = favourable; c = fair; d = unfavourable; e = very unfavourable) in roof		S
		in wall		S

Project: VIADOTTO S.ONOFRIO - SVINCOLO TORNIMPA		Date: 20-feb-17			
Tunnel:		Location: SG3			
Observer: Gino Aniballi		Note:			
Rock(s): CMS: Calcari e marne a salpingoporella					
Input parameters		Input values and ratings used			
		RMR ¹⁹⁸⁹	Q ¹⁹⁹³	RMi ²⁰⁰⁸	
Tunnel data	Tunnel span (m)	Span = 10	Span = 10	Dt = 10	
	Wall height (m)	Wall = 15	Wall = 15	Wt = 15	
A. Rock	A1 Compressive strength of intact rock:	A1 = 7	-	$\sigma_c = 64.3$ MPa	
B. Degree of jointing	B1 Rock Quality Designation (RQD):	A2 = 13	RQD = 65	-	
	B2 Block volume:	-	-	Vb = 6.173 dm ³	
	B3 Joint spacing:	A3 = 10	-	-	
C. Jointing pattern	C1 Block shape factor:	-	-	$\beta = 36$	
	C2 Number of joint sets:	-	Jn = 9	Nj = 1	
	C3 Orientation of main joint set	in roof:	B = -5	-	Co = 1.5
		in walls:	-	-	Co = 1.5
D. Joint characteristics	D1 Joint smoothness:	roughness: A4c = 0	Jr = 1	js = 1	
	D2 Joint undulation:			-	jw = 1
	D3 Joint alteration	weathering:	A4e = 0	Ja = 12	jA = 12
		filling:	A4d = 0		jL = 1.5
	D4 Joint length or persistence:	A4a = 4	-	-	
D5 Joint separation or aperture:	A4b = 0	-	-		
E. Interlocking	E Compactness of rockmass:	-	-	IL = 0.8	
F. Ground water	F Ground water inflow:	A5 = 15	Jw = 1	GW = 1	
G. Rock stresses	G1 Stress level:	-	SRF = 1	SL = 1	
	G2 Stress ratio/ground competency:	-		Cg = -	
H. Weakness zones	H1 Type of weakness zone:	-	-	-	
	H2 Thickness or width of zone:	-	-	Tz = -	
	H3 Orientation of zone	in roof:	-	-	Co = -
		in walls:	-	-	Co = -

	RMR	Q	RMI
Continuity of rockmass (related to tunnel) → Interlocking of rockmass structure →	-	-	<i>Discontinuous // contin.</i> <i>Disturbed / open</i>
Rock mass quality (approx. strength, σ_{cm})	-	-	$\sigma_{cm} \approx$ RMI = 0.21 <i>Very low</i>
Ground quality (related to stability)	in roof	RMR = 44 <i>Fair</i>	Q = 0.601852 <i>Very poor</i>
	in walls	RMR = 44	$Q_{wall} = 1.50463$
Blockiness (related to block instability)	in roof	-	Gc = 0.21 <i>Very poor</i>
	in walls	-	$G_{cwall} = 1.05$ Sr = 61.3 <i>Unfavourable</i>
Weakness zone	-		$Sr_{wall} = 92.0$ <i>Unfavourable</i>
Rockmass stresses Potential stress problems →	-		<i>Medium stress level</i> <i>Minor</i>
Limitations			

Figura 36. Calcolo dei Parametri RMR, Q, RMI.











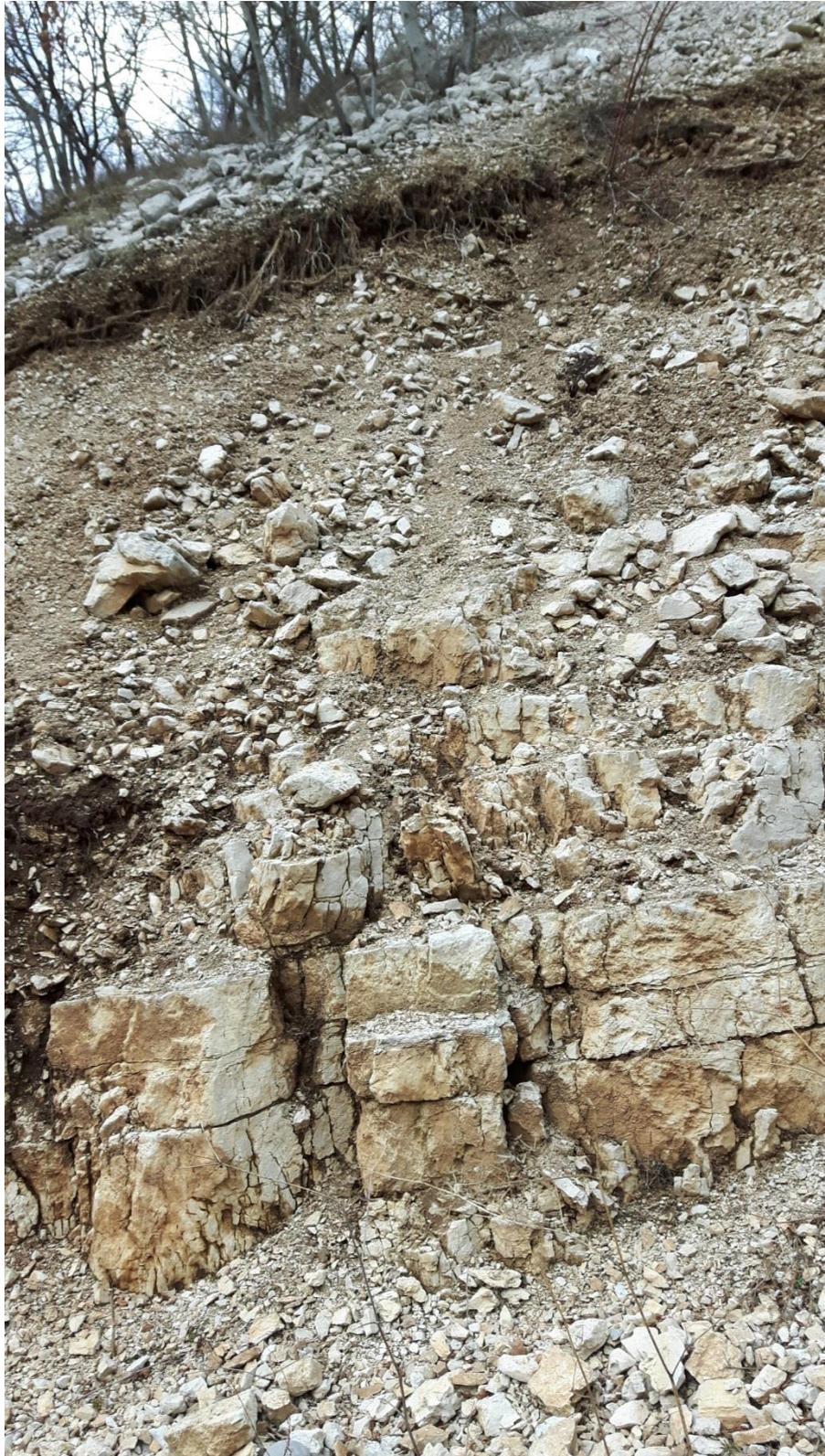




Figura 37. Affioramenti in corrispondenza della Stazione Geomeccanica 3.

5.2.4 STAZIONE GEOMECCANICA 4

SG	SLOPE (DD/Dip)	Set	Type	Dip (deg)	Dip Direct. (deg)
4	40/45	1	9	15	280

Figura 38. Stazione geomeccanica 4, Analisi delle discontinuità. Legenda in Figura 24.

Project: VIADOTTO S.ONOFRIO - SVINCOL Date: 20-feb-17 Tunnel: _____ Location: SG4 Observer: Gino Anibaldi Note: _____ Rock(s): CIR: Calcari ciclotemici a requinie. _____		of symbols and values INPUT <- use input symbol (S) or unit	
Input symbols are shown in blue below; see also 'Parameter tables'			
Input parameters			
	Tunnel span or diameter (Dt)	<i>(a span of 10m is used as input)</i>	m
	Tunnel wall height (Wt)		15 m
A1	Compressive strength of rock (UCS or σ_c):		90.8 MPa
B1	RQD (Rock Quality Designation):	RQD =	%
B2	Degree of jointing	Block volume (Vb):	m ³
B3		Volumetric joint count (Jv):	30 joints
B4		Joint spacing: <i>(a = > 2m; b = 0.6 - 2m; c = 0.2 - 0.6m; d = 0.06 - 0.2m; e = < 0.06m)</i>	d S
C1		Block shape ¹⁾ : <i>(a=cubical blocks; b=slightly long or flat blocks; c=moderately long or flat blocks; d=very long or flat blocks)</i>	b S
C2	Jointing pattern	Joint sets: <i>(a = no sets; b=1set; c=1set+random; d=2 sets; e=2 sets+random; f=3 sets; g=3 sets+random; i = crushed)</i>	c S
C3		Orientation of main joint set: <i>(a = very favourable; b = favourable; c = fair; d = unfavourable; e = very unfavourable)</i>	d S
C4			d S
D1	Joint roughness	Joint smoothness: <i>(a = v. rough; b = rough; c = slightly rough; d = smooth; e = polished; f = slickensided; g = filled joints)</i>	g S
D2		Joint undulation: <i>(a = discontin.; b = strongly undulating; c = mod. undul.; d = slightly undul.; e = planar; g = filled joints)</i>	g S
D3	Joint alteration // condition	No filling: <i>(a = healed; b = fresh // no filling; c = slightly altered; d = altered; e = sand/silt coating; f = clay coat.)</i>	I S
		Filling < ca. 5mm thickness: <i>(h = sand / silt; j = hard clay; l = soft clay; n = swelling clay)</i>	I S
		Filling > ca. 5mm thickness: <i>(i = sand / silt; k = hard clay; m = soft clay; o = swelling clay)</i>	I S
D4	Joint length:	<i>(a = crack; b = parting; c = v. short (0.1-1m); d = short (1-3m); e = medium (3-10m); f = long (10-30m); g = seam or shear)</i>	c S
D5	Joint separation:	<i>(a = none; b = v.tight (<0.1mm); c = tight (0.1-0.5mm); d = mod.open (0.5-2.5mm); e = open (2.5-10mm); f = v. open)</i>	d S
E	Interlocking or compactness of rockmass structure:	<i>(a = very tight; b = tight or compact; c = disturbed; d = poorly interlocked)</i>	c S
F	Ground water inflow to tunnel or cavern:	<i>(a = dry; b = damp; c = wet; d = dripping; e = gushing; f = flowing; g = heavily flowing)</i>	a S
G1	Stress level: <i>(input for Q and RMI)</i>	<i>(a = very low stress level; b = low stress; c = moderate / medium stress; d = high stress)</i>	c S
G2	Over-stressing	Rock spalling or bursting: <i>(e = moderate slabbing; f = rock burst; g = heavy burst)</i>	input of SRF
		Squeezing: <i>(h = mild squeeze; i = heavy squeeze)</i>	c S
H1	Weakness zone	Type: <i>(j = multiple zones; k = single zone <50m; l = single zone >50m; m = multiple shears; q = crushed)</i>	m S
H2		Thickness or width of zone (m): <i>(valid for 1 - 20m wide zones)</i>	m S
H3	(fault, etc.)	Orientation of zone: <i>(a = very favourable; b = favourable; c = fair; d = unfavourable; e = very unfavourable)</i>	in roof S
H4			in wall S

Project: VIADOTTO S.ONOFRIO - SVINCOLO TORNIMPA		Date: 20-feb-17			
Tunnel:		Location: SG4			
Observer: Gino Anibaldi		Note:			
Rock(s): CIR: Calcari ciclotemici a requinie.					
Input parameters		Input values and ratings used			
		RMR ¹⁹⁸⁹	Q ¹⁹⁹³	RMi ²⁰⁰⁸	
Tunnel data	Tunnel span (m)	Span = 10	Span = 10	Dt = 10	
	Wall height (m)	Wall = 15	Wall = 15	Wt = 15	
A. Rock	A1 Compressive strength of intact rock:	A1 = 7	-	$\sigma_c = 90.8$ MPa	
B. Degree of jointing	B1 Rock Quality Designation (RQD):	A2 = 8	RQD = 35	-	
	B2 Block volume:	-	-	Vb = 1.333 dm ³	
	B3 Joint spacing:	A3 = 8	-	-	
C. Jointing pattern	C1 Block shape factor:	-	-	$\beta = 36$	
	C2 Number of joint sets:	-	Jn = 3	Nj = 2	
	C3 Orientation of main joint set	in roof:	B = -10	-	Co = 2
		in walls:	-	-	Co = 2
D. Joint characteristics	D1 Joint smoothness:	roughness: A4c = 0	Jr = 1	js = 1	
	D2 Joint undulation:			-	jw = 1
	D3 Joint alteration	weathering:	Ja = 8	jA = 8	
		filling:			A4d = 2
	D4 Joint length or persistence:	A4a = 6	-	jL = 2	
D5 Joint separation or aperture:	A4b = 1	-	-		
E. Interlocking	E Compactness of rockmass:	-	-	IL = 0.8	
F. Ground water	F Ground water inflow:	A5 = 15	Jw = 1	GW = 1	
G. Rock stresses	G1 Stress level:	-	SRF = 1	SL = 1	
	G2 Stress ratio/ground competency:	-		Cg = -	
H. Weakness zones	H1 Type of weakness zone:	-	-	-	
	H2 Thickness or width of zone:	-	-	Tz = -	
	H3 Orientation of zone	in roof:	-	-	Co = -
		in walls:	-	-	Co = -

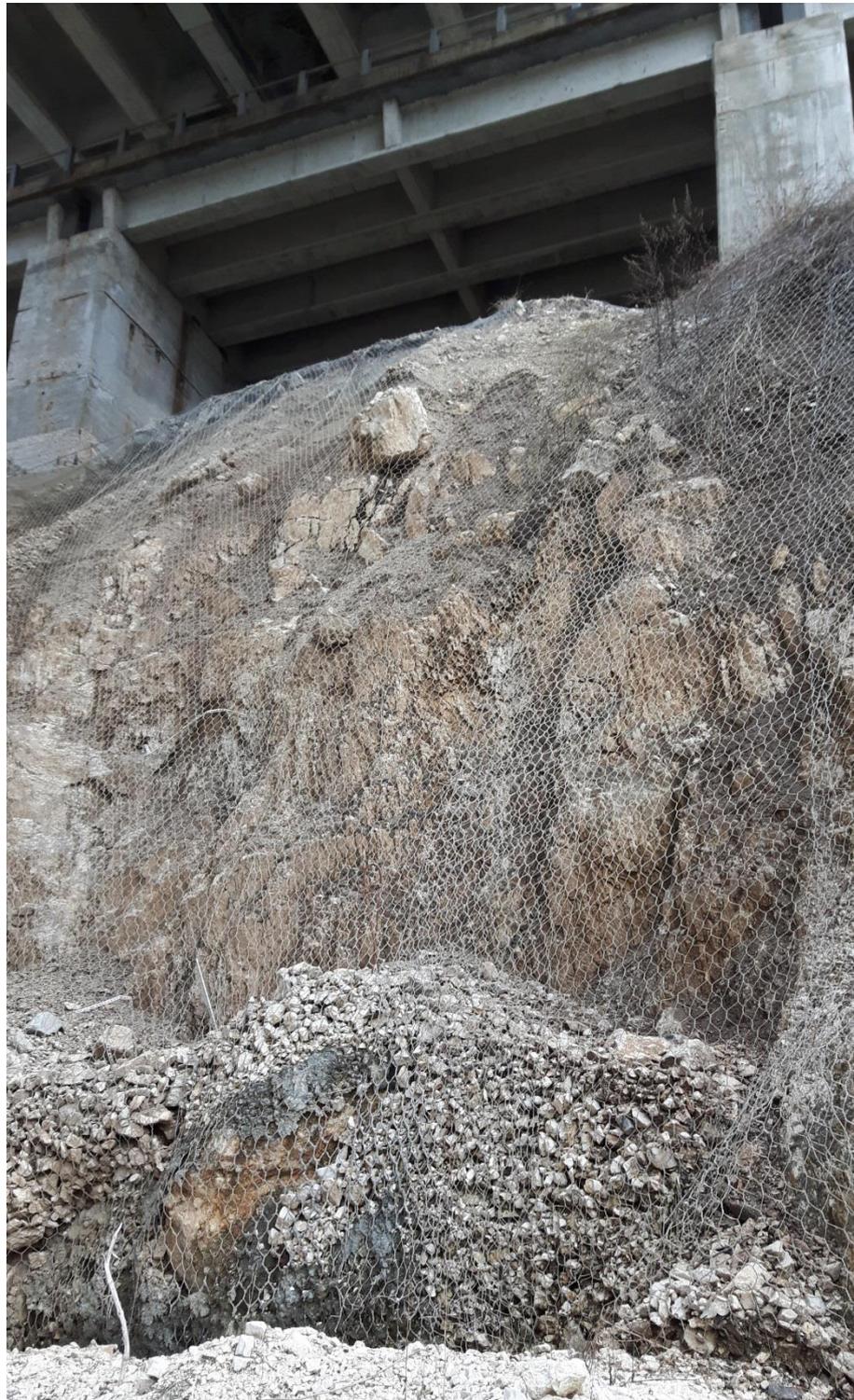
		RMR	Q	RMI
Continuity of rockmass (related to tunnel) →		-	-	<i>Continuous / particulate</i>
Interlocking of rockmass structure →		-	-	<i>Disturbed / open</i>
Rock mass quality (approx. strength, σ_{cm})		-	-	$\sigma_{cm} \approx$ RMI = 0.29 <i>Very low</i>
Ground quality (related to stability)	in roof	RMR = 37 <i>Poor</i>	Q = 1.458333 <i>Poor</i>	Gc = 0.29 <i>Very poor</i>
	in walls	RMR = 37	$Q_{wall} = 3.645833$	$Gc_{wall} = 1.43$
Blockiness (related to block instability)	in roof	-	-	Sr = 68.1 <i>Unfavourable</i>
	in walls	-	-	$Sr_{wall} = 102.2$ <i>Very unfavourable</i>
Weakness zone		-		
Rockmass stresses	Potential stress problems →	-	<i>Medium stress level</i>	<i>Minor</i>

Figura 39. Calcolo dei Parametri RMR, Q, RMI.





Figura 40. Stazione Geomeccanica 4: pila 1 del Viadotto S. Onofrio e rete paramassi.



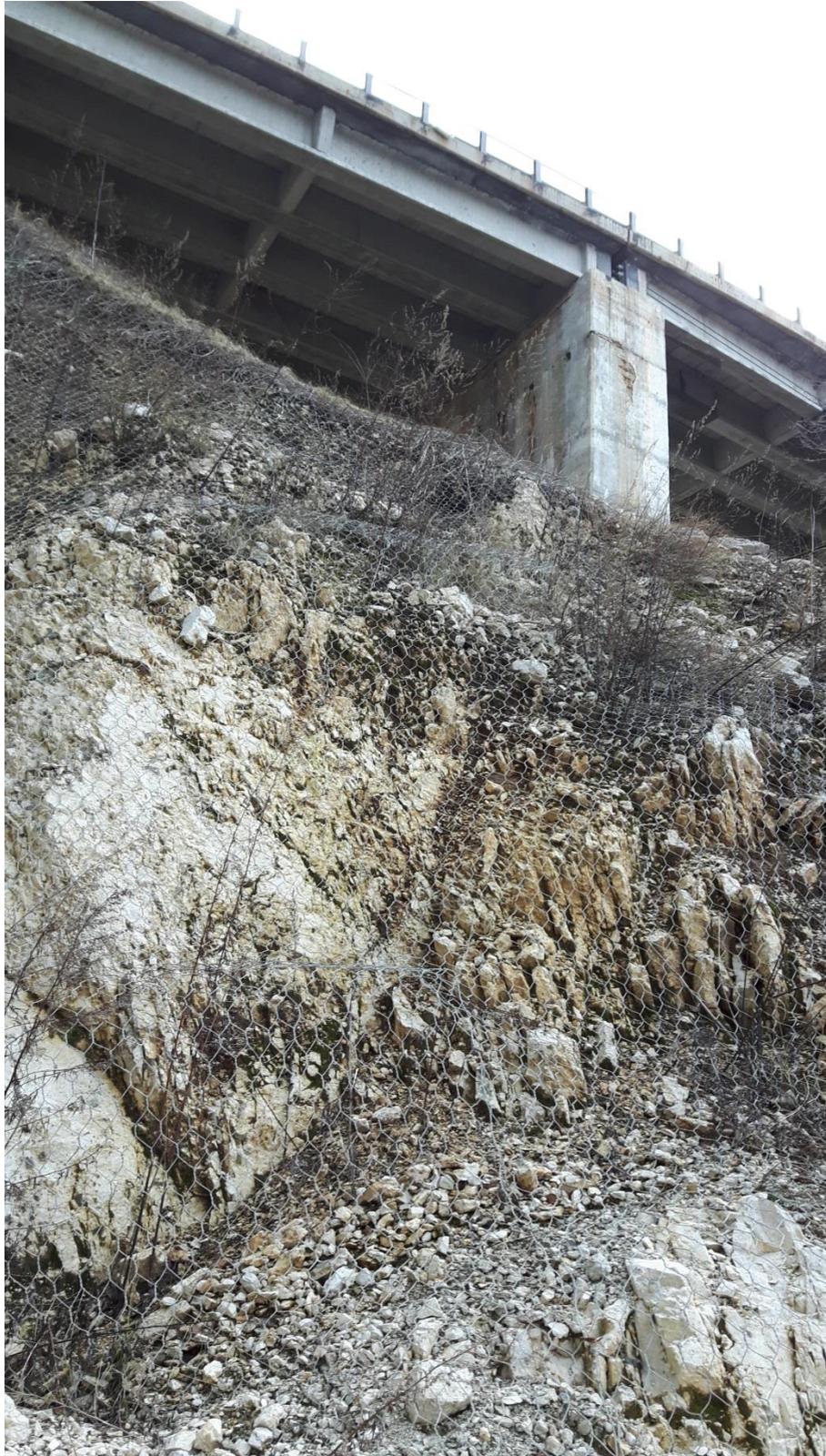




Figura 41. Stazione Geomeccanica 4: particolare degli accumuli detritici nella rete paramassi.



Figura 42. Affioramenti in corrispondenza della Stazione Geomeccanica 4.

5.2.5 STAZIONE GEOMECCANICA 5

SG	SLOPE (DD/Dip)	Set	Type	Dip (deg)	Dip Direct. (deg)
5	300/30	4	2	89	340
		1	2	85	260
		1	9	15	280
		5	2	40	50

Figura 43. Stazione geomeccanica 5, Analisi delle discontinuità. Legenda in Figura 24.

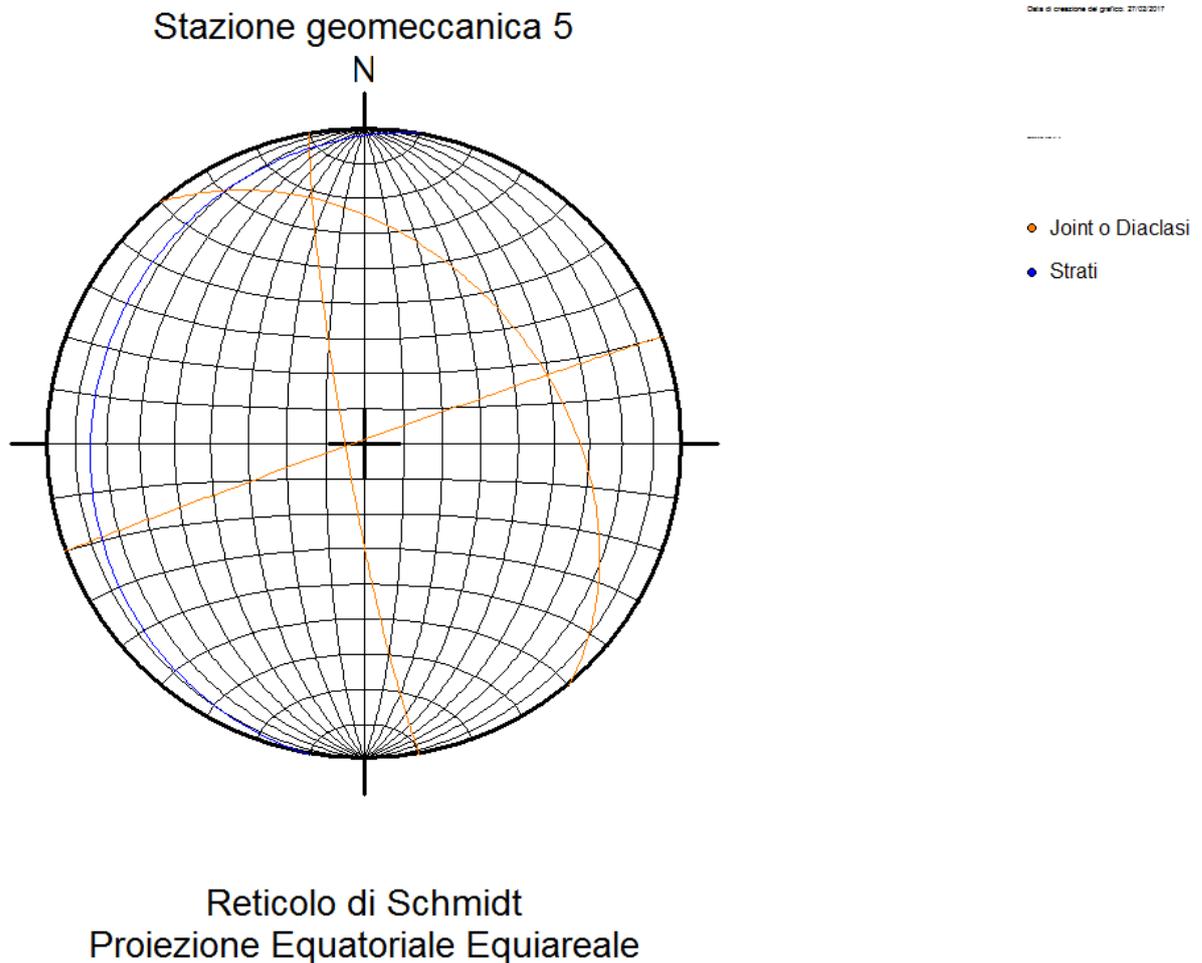


Figura 44. Stazione geomeccanica 5, proiezione su reticolo equiareale di Schmidt emisfero inferiore.

Links to 'Parameter tables'	Project: VIADOTTO S.ONOFRIO - SVINCOL Date: 20-feb-17		of symbols and values ← INPUT ← use input symbol (S) or unit
	Tunnel: _____ Location: SG5		
	Observer: Gino Anibaldi Note: _____		
	Rock(s): CIR: Calcari ciclotemici a reginie.		
<i>Input symbols are shown in blue below, see also 'Parameter tables'</i>			
Input parameters			
	Tunnel span or diameter (Dt)	<i>(a span of 10m is used as input)</i>	m
	Tunnel wall height (Wt)		15 m
A1	Compressive strength of rock (UCS or σ_c):		114.4 MPa
B1	RQD (Rock Quality Designation):	RQD =	%
B2	Degree of jointing	Block volume (Vb):	Vb = m ³
B3		Volumetric joint count (Jv):	Jv = 35 joints
B4		Joint spacing: (a = >2m; b = 0.6 - 2m; c = 0.2 - 0.6m; d = 0.06 - 0.2m; e = < 0.06m)	d S
C1		Block shape ¹⁾ : (a=cubical blocks; b=slightly long or flat blocks; c=moderately long or flat blocks; d=very long or flat blocks)	b S
C2	Jointing pattern	Joint sets: (a = no sets; b=1 set; c=1 set+random; d=2 sets; e=2 sets+random; f=3 sets; g=3 sets+random; i = crushed)	i S
C3		Orientation of main joint set: (a = very favourable; b = favourable; c = fair; d = unfavourable; e = very unfavourable) in roof	d S
C4		in wall	d S
D1	Joint roughness	Joint smoothness: (a = v. rough; b = rough; c = slightly rough; d = smooth; e = polished; f = slickensided; g = filled joints)	g S
D2		Joint undulation: (a = discontin.; b = strongly undulating; c = mod. undul.; d = slightly undul.; e = planar; g = filled joints)	g S
D3	Joint alteration // condition	No filling: (a = healed; b = fresh // no filling; c = slightly altered; d = altered; e = sand/silt coating; f = clay coat.)	l S
		Filling < ca. 5mm thickness: (h = sand / silt; j = hard clay; l = soft clay; n = swelling clay)	
		Filling > ca. 5mm thickness: (i = sand / silt; k = hard clay; m = soft clay; o = swelling clay)	
D4	Joint length: (a = crack; b = parting; c = v. short (0.1-1m); d = short (1-3m); e = medium (3-10m); f = long (10-30m); g = seam or shear)	c S	
D5	Joint separation: (a = none; b = v.tight (<0.1mm); c = tight (0.1-0.5mm); d = mod.open (0.5-2.5mm); e = open (2.5-10mm); f = v. open)	d S	
E	Interlocking or compactness of rockmass structure: (a = very tight; b = tight or compact; c = disturbed; d = poorly interlocked)		c S
F	Ground water inflow to tunnel or cavern: (a = dry; b = damp; c = wet; d = dripping; e = gushing; f = flowing; g = heavily flowing)		a S
G1	Stress level: (input for Q and RMI) (a = very low stress level; b = low stress; c = moderate / medium stress; d = high stress)		input of SRF c S
G2	Over-stressing	Rock spalling or bursting: (e = moderate slabbing; f = rock burst; g = heavy burst)	
		Squeezing: (h = mild squeeze; i = heavy squeeze)	
H1	Type: (j = multiple zones; k = single zone <50m; l = single zone >50m; m = multiple shears; q = crushed)		
H2	Weakness zone	Thickness or width of zone (m): (valid for 1 - 20m wide zones)	m m
H3	(fault, etc.)	Orientation of zone: (a = very favourable; b = favourable; c = fair; d = unfavourable; e = very unfavourable) in roof	S
H4		in wall	S

Project: VIADOTTO S.ONOFRIO - SVINCOLO TORNIMPA		Date: 20-feb-17			
Tunnel:		Location: SG5			
Observer: Gino Anibaldi		Note:			
Rock(s): CIR: Calcari ciclotemici a requinie.					
Input parameters		Input values and ratings used			
		RMR ¹⁹⁸⁹	Q ¹⁹⁹³	RMi ²⁰⁰⁸	
Tunnel data	Tunnel span (m)	Span = 10	Span = 10	Dt = 10	
	Wall height (m)	Wall = 15	Wall = 15	Wt = 15	
A. Rock	A1 Compressive strength of intact rock:	A1 = 12	-	$\sigma_c = 114.4$ MPa	
B. Degree of jointing	B1 Rock Quality Designation (RQD):	A2 = 5	RQD = 23	-	
	B2 Block volume:	-	-	Vb = 0.84 dm ³	
	B3 Joint spacing:	A3 = 8	-	-	
C. Jointing pattern	C1 Block shape factor:	-	-	$\beta = 36$	
	C2 Number of joint sets:	-	Jn = 20	Nj = 0.5	
	C3 Orientation of main joint set	in roof:	B = -10	-	Co = 2
		in walls:	-	-	Co = 2
D. Joint characteristics	D1 Joint smoothness:	roughness:	Jr = 1	js = 1	
	D2 Joint undulation:			-	jw = 1
	D3 Joint alteration	weathering:	Ja = 8	jA = 8	
		filling:			A4e = 0
	D4 Joint length or persistence:	A4a = 6	-	jL = 2	
D5 Joint separation or aperture:	A4b = 1	-	-		
E. Interlocking	E Compactness of rockmass:	-	-	IL = 0.8	
F. Ground water	F Ground water inflow:	A5 = 15	Jw = 1	GW = 1	
G. Rock stresses	G1 Stress level:	-	SRF = 1	SL = 1	
	G2 Stress ratio/ground competency:	-		Cg = -	
H. Weakness zones	H1 Type of weakness zone:	-	-	-	
	H2 Thickness or width of zone:	-	-	Tz = -	
	H3 Orientation of zone	in roof:	-	-	Co = -
		in walls:	-	-	Co = -

		RMR	Q	RMI
Continuity of rockmass (related to tunnel) →		-	-	<i>Continuous / particulate</i>
Interlocking of rockmass structure →				<i>Disturbed / open</i>
Rock mass quality (approx. strength, σ_{cm})		-	-	$\sigma_{cm} \approx RMI = 0.29$ <i>Very low</i>
Ground quality (related to stability)	in roof	RMR = 39 <i>Poor</i>	Q = 0.140625 <i>Very poor</i>	Gc = 0.29 <i>Very poor</i>
	in walls	RMR = 39	$Q_{wall} = 0.351563$	$Gc_{wall} = 1.44$
Blockiness (related to block instability)	in roof	-	-	Sr = 317.9 <i>Very unfavourable</i>
	in walls	-	-	$Sr_{wall} = 476.9$ <i>Extremely unfavourable</i>
Weakness zone		-		
Rockmass stresses	Potential stress problems →	-	<i>Medium stress level</i>	<i>Minor</i>

Figura 45. Calcolo dei Parametri RMR, Q, RMI.



Figura 46. Area di sedime del Viadotto Svincolo di Tornimparte.





Figura 47. Affioramenti di CIR in corrispondenza della Stazione Geomeccanica 5.

6 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

L'analisi dei risultati delle indagini condotte tra il 2010 e il 2017 ha permesso di caratterizzare il sottosuolo di fondazione delle opere in progetto di realizzazione, e di definirne un modello geologico ai sensi del Par. 6.2.1 delle NTC08.

Il rilievo geologico di dettaglio eseguito in corrispondenza dell'area di sedime ha permesso di identificare i rapporti geometrici tra il substrato calcareo fratturato e i depositi alluvionali e di versante derivanti dal disfacimento dello stesso. Questo permette una nuova lettura delle stratigrafie di sondaggio, i cui risultati sono stati sicuramente influenzati dalla tecnica di perforazione, condotta con carotiere semplice e corona in widia. Al fine di minimizzare il disturbo legato alla perforazione, l'avanzamento a carotaggio continuo in roccia dovrebbe essere effettuato mediante doppio carotiere e corona diamantata. La tecnologia utilizzata ha sicuramente determinato la frantumazione dell'ammasso roccioso la cui fratturazione di natura tettonica è superficialmente accentuata dall'azione crioclastica e carsica.

Sulla base di tali considerazioni in corrispondenza dell'asse vallivo (Sondaggio SP3_CH) il substrato calcareo è stato posizionato ad una profondità di 12 m dal piano campagna. Tale assunzione trova conferma nei risultati delle prova SPT3 effettuata sulla medesima verticale, che va a rifiuto nel secondo tratto di avanzamento (N=34-50/6cm R) a 12 m dal p.c, e dalla profondità della fondazione diretta riportata negli elaborati *as built* del Viadotto S. Onofrio.

Lo spessore della coltre detritica superficiale diminuisce progressivamente dall'asse vallivo fino a chiudersi sui fianchi. Il substrato calcareo è infatti affiorante in prossimità della Pila 4 del Viadotto S. Onofrio (Stazione geomeccanica 3) ed in prossimità della Pila 1 (Stazione geomeccanica 4); Facendo riferimento alla "Carta geologico strutturale con ubicazione delle indagini in sito" è possibile definire 3 unità geologico tecniche:

OLO: Depositi alluvionali e di versante. Depositi detritici di versante ed alluvionali ciottoloso-sabbiosi. Depositi eluvio-coluviali con detriti immersi in matrice argillosa limosa e suoli sepolti. Costituiti prevalentemente da clasti centimetrici a spigoli vivi derivanti dal disfacimento del substrato calcareo sul quale poggiano.

CIR: Calcari ciclotemici a requinie. Prevalenti calcari fangosostenuti caratterizzati da un'organizzazione ciclica con facies inter-sopratidali (stromatoliti, strutture da disseccamento, brecciole a clasti neri). Si rilevano biomicriti con abbondanti requienidi. L'azione crioclastica si esplica in un'intensa fratturazione superficiale dell'ammasso, producendo coltri detritiche sui versanti.

CMS: Calcari e marne a salpingoporella dinarica e charophite. Calcari micritici avana e nocciola, con intercalazioni di orizzonti centimetrici o decimetrici di argille e marne verdi. I giunti di stratificazione mostrano apertura anche centimetrica riempita da materiale generalmente non coesivo.

7 CONCLUSIONI

Nell'area di sedime delle opere in progetto di adeguamento, ricadente nel Foglio 358 "Pescorocchiano" della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000 (stralcio in Figura 7), affiorano unità calcaree di età cretacea.

Si evidenzia una valle tettonica determinata da una faglia ad alto angolo che mette in contatto le unità principali, rappresentate dai Calcari e marne a Salpingoporella dinarica e charophite (CMS) e dai Calcari ciclotemici a requienie (CIR).

Le indagini geognostiche in corrispondenza dell'asse vallivo hanno permesso di rilevare depositi costituiti da detriti centimetrici a spigoli vivi di natura calcarea derivanti fondamentalmente dal disfacimento del substrato sul quale poggiano in discordanza.

Complessivamente gli ammassi rocciosi studiati sono interessati da almeno 3 principali sistemi di discontinuità:

S1 – piano di stratificazione a basso angolo con direzione circa perpendicolare all'asse vallivo ed immergente verso ovest (giacitura media 260-280/20);

K1 – giunto ad alto angolo con direzione circa perpendicolare all'asse vallivo, e giacitura media 95-100/80;

K2 – giunto ad alto angolo con direzione circa parallela all'asse vallivo, e giacitura media 190/85.

I piani di stratificazione si presentano generalmente aperti con riempimento di natura non coesiva. Le superfici sono piane e rugose. La spaziatura varia tra 200 e 600mm mentre la persistenza tra 10 e 20m. I giunti verticali si presentano generalmente chiusi, senza riempimento con superfici piane rugose moderatamente alterate. La spaziatura delle fratture sub verticali è mediamente compresa tra 20 e 200mm, mentre la persistenza è variabile tra 1 e 3m.

L'integrazione dei dati bibliografici acquisiti mediante i risultati ottenuti dalle indagini di sito e laboratorio realizzate ha permesso di definire un modello geologico del sottosuolo di fondazione del viadotto.

Dall'analisi dei dati disponibili bibliograficamente e dai rilievi effettuati su un'area sufficientemente estesa, emerge che nel settore esaminato non sono attivi processi di instabilità geomorfologica, legati all'azione delle acque o della gravità.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate è possibile attribuire al sottosuolo investigato la Categoria B, prevista dal D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni.

8 BIBLIOGRAFIA

Accordi B., 1966. *La componente traslativa nella tettonica dell'Appennino laziale-abruzzese*. *Geologica rom.*, 5, 355-406.

Bieniawski, Z.T. 1989. *Engineering rock mass classifications*. New York: Wiley.

Bigi S., Calamita F. & Corrado S. (2003). *Assetto strutturale dell'Appennino centrale esterno*. Guida Geologica Regionale dell'Abruzzo, Soc. Geol. Italiana.

Castellarin A., Colacicchi R., Praturlon A., 1978. *Fasi distensive, trascorrenze e sovrascorrimenti lungo la «linea Ancona-Anzio», dal Lias medio al Pliocene*. *Geologica rom.*, 17, 161-189.

Centamore E., Niso S., 2003. *Effects of uplift and tilting in the Central-Northern Apennines (Italy)*. *Quat Int* 101-102, 93- 101.

Centamore E., Crescenti U., Dramis F. (2006): *Note illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000, Foglio 358, "Pescorocchiano"*. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

Colacicchi R., Praturlon A., 1965b. *Stratigraphical and paleogeographical investigations on the Mesozoic shelf-edge facies in eastern Marsica (central Apennines, Italy)*. *Geologica Rom.*, 4 , 89-118.

Crescenti U., 1975. *Sul substrato pre-pliocenico dell'avanfossa appenninica dalle Marche allo Jonio*. *Boll.Soc.Geol.Ital.*, 94, 583-634.

D'alessandro L., Del sordo L., Buccolini M., Miccadei E., Piacentini T. Urbani A. (2005). *Analisi del dissesto da frana in Abruzzo*. Rapporto sulle frane in Italia, Progetto IFFI. Capitolo 18. A cura del Servizio Geologico Nazionale (ora in APAT) e le Regioni e Province Autonome d'Italia.

Galadini F., Galli P., 2000. *Active tectonics in the central Apennines (Italy) – input data for seismic hazard assessment*, *Nat. Haz.* 22.

Ghisetti F., Vezzani L., 1983. *Deformazioni pellicolari mioceniche e plioceniche neidomini strutturali esterni dell'Appennino Centro-Meridionale (Maiella e Arco Morrone-Gran Sasso)*. *Mem. Soc. geol. ital.*, 26, 563-577.

Ghisetti F., Fullador U., Casnedi R., Vezzani L., 1994. *Assetto tettonico delle zone esterne dell'Appennino Abruzzese: elementi di analisi stratigrafico-strutturali*. *Atti Tic.Sci.Terra*, serie spec. 2, 5-43.

Massoli-Novelli & Petitta (1998). *Le sorgenti del Parco Nazionale "Gran Sasso – Monti della Laga": il massiccio del Gran Sasso*. In: *Aree protette in Abruzzo: contributi alla conoscenza naturalistica e ambientale*. Carsa Edizioni, Pescara.

Messina P., Dramis F, Galadini F, Falcucci E, Giaccio B, Gori S, Moro M, Saroli M, Sposato A. (2007). Quaternary tectonics of the Abruzzi Apennines (Italy) inferred from integrated geomorphological-stratigraphic data. *Epitome*. vol. 2, pp. 235-236.

Messina P., Galli P., Falcucci E., Galadini F., Giaccio B., Gori S., Peronace E., Sposato A. (2009). *Evoluzione geologica e tettonica quaternaria dell'area interessata dal terremoto aquilano del 2009*. *Geoitalia*, 28, 24-29.

Parotto M., Praturlon A., 1975. *Geological summary of the central Apennines*. In: Structural model of Italy, *Quad.Ric.Scient.*, C.N.R., 90, 257-311.

Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N., Santini U., 1992. *La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise*. In: Tozzi M., Cavinato G.P., Parotto M. (Eds.), "Studi preliminari all'acquisizione dati del profilo CROP 11 Civitavecchia-Vasto", AGIP-CNR-ENEL, Studi Geologici Camerti, volume speciale, 1991-2, 417-441.

9 ALLEGATI

- Risultati delle indagini in sito e in laboratorio
- Carta geologico strutturale con ubicazione delle indagini in sito