

S.S. N.° 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"
RETTIFICA DEL TRACCIATO E ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2
DAL km 41+500 al km 51+500
STRALCIO II - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2
DAL km 45+700 al km 49+300

PROGETTO DEFINITIVO

COD.

IMPRESE :



R.T.P. :



PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.°8664 -Sez A

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Gianluca De Paolis

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Alessandro Spampinato
Ordine dei Geologi della Regione Sicilia n° 236

VISTO IL DEC

Arch. Lara Eusanio

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE (CSP):

Ing. Antonino Guglielmino
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Catania n°3276 - Sez A

STUDI E INDAGINI
Geologia
Relazione geologica e idrogeologica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

PG0375 D 2301

NOME FILE

T00-GE00-GE0-RE01-A

CODICE ELAB.

T00GE00GEORE01

REVISIONE

SCALA

A

-

A

EMISSIONE

Ottobre 2023

Geol. R.Perazza

Geol. A.Spampinato

Ing. F.P.Bocchetto

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Relazione Geologica e Idrogeologica

INDICE

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO.....	3
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.2 RIFERIMENTI DI PROGETTO.....	4
2.3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	5
2.4 DOCUMENTI A CORREDO.....	6
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	7
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	8
4.1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	8
4.1.1 Depositi continentali quaternari.....	9
4.1.2 Depositi marini pelagici – Unità del dominio umbro	9
4.2 ASSETTO TETTONICO STRUTTURALE.....	11
5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	14
5.1 ANALISI DEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	14
5.1.1 Assetto idraulico.....	14
5.1.2 Assetto geomorfologico.....	16
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	20
6.1 ASSETTO IDROGEOLOGICO	20
6.2 DATI IDROGEOLOGICI DISPONIBILI	21
6.3 DEFINIZIONE DEI COMPLESSI GEOLOGICI	23
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE	25
7.1 CAMPAGNA GEOGNOSTICA (MARZO APRILE 2022) PROGETTO DEFINITIVO: STRALCIO 1 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL KM 49+300 AL KM 51+500.....	25
7.1.1 Indagini in situ	25
7.1.2 Indagini di laboratorio	27

Relazione Geologica e Idrogeologica

7.2 INDAGINI REPERITE SUL PORTALE DELLA REGIONE UMBRIA (BANCA DATI DEL SERVIZIO GEOLOGICO E SISMICO REGIONALE)	28
7.3 SOPRALLUOGHI E RILIEVI GEOLOGICI E GEOLOGICO STRUTTURALI (OTTOBRE 2022) PROGETTO DEFINITIVO: STRALCIO 2 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL KM 45+700 AL KM 49+300.....	29
8. MODELLO GEOLOGICO IN ASSE TRACCIATO	30
8.1 TRATTO COMPRESO TRA PK 0+000 E PK 1+350 (FINE ABITATO DI PIEDIPATERNO).....	30
8.2 TRATTO COMPRESO TRA PK 1+350 E PK 3+550 (FINE TRACCIATO IN PROGETTO)	34
9. CONCLUSIONI	41
9.1 CRITICITÀ GEOLOGICHE	41
9.2 CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE.....	41
9.2.1 Interventi che modificano la geometria del versante.....	43
9.2.2 Interventi che modificano la resistenza meccanica del versante.....	43
9.2.3 Interventi che agiscono sulla superficie dell'ammasso roccioso per proteggerlo contro l'alterazione	43
9.2.4 Sistemi di difesa passiva	44
9.3 CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE.....	45

1. PREMESSA

Il presente documento descrive il contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei terreni interessati dal Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PROGETTO DEFINITIVO): S.S.685 “delle Tre Valli Umbre”: rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500. STRALCIO 2 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 45+700 al km 49+300; illustrando gli aspetti connessi con lo scenario naturale in cui si collocano gli interventi previsti ed evidenziandone gli elementi ritenuti critici.

Le tematiche di carattere geologico-applicativo trattate nel presente documento sono utili per un inquadramento preliminare del territorio studiato. Lo studio permette di fornire un primo modello geologico dell’area, utile alla definizione delle possibili alternative di tracciato; evidenziando le caratteristiche ed i rapporti lito-stratigrafici delle formazioni geologiche ed il loro assetto idrogeologico e geomorfologico.

In particolare, il lavoro è stato svolto attraverso le seguenti fasi:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici e idrogeologici esistenti, nello specifico il PROGETTO DEFINITIVO: S.S.685 “delle Tre Valli Umbre”: rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500. STRALCIO 1 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 49+300 al km 51+500. Relazione Geologica e relative carte tematiche
- acquisizione ed analisi della documentazione bibliografica disponibile (cartografie tematiche e di pianificazione del territorio a piccola scala: carte geologiche e idrogeologiche della Regione Umbria, CARG; PAI, IFFI);
- studi foto-interpretativi condotti su orto-foto;
- rilievi geologici e geologico strutturali di terreno;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili realizzate in prossimità dell’area di interesse progettuale.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le indagini e gli studi esposti nella presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore:

- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 e s. m. e i. "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture (G.U. n. 91 del 19 aprile 2016);
- D.P.R. 5 ottobre 2010 n.207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del D. Legislativo 12 aprile 2006 n.163, recante "Codice dei Contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE;
- D.P.R. 21 dicembre 1999 n.554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n.109 e s.m.i.";
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 dalla G.U. n.42 del 20/02/2018 "Norme tecniche per le costruzioni";
- Testo dell'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";
- UNI EN 1997 1: 2005 – Eurocodice 7 – "Progettazione geotecnica -Regole generali";
- AGI, Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio,1994;
- ASTM D1586-11, Standard Penetration Test;
- ISO 22476-3, Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 3: Standard penetration test. 2015.

2.2 RIFERIMENTI DI PROGETTO

Per la redazione della presente sono stati considerati:

- PROGETTO DEFINITIVO ANAS: S.S.685 "delle Tre Valli Umbre": rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500. STRALCIO 1 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 49+300 al km 51+500, in particolare:
 - Esiti delle indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio, realizzate tra marzo e aprile 2022 (cod. el. T03-GE01-GEO-RE02_B);
 - Planimetria di ubicazione delle indagini (cod. el. T03-GE01-GEO-PU01_B);
 - Relazione geologica (cod. el. T03-GE01-GEO-RE01_B);
 - Raccolta delle schede di rilevamento (cod. el. T03-GE01-GEO-RE03_B)
 - Carta geologica (cod. el. T03-GE01-GEO-PU01_B);
 - Carta geomorfologica (cod. el. T03-GE01-GEO-CG02_B);
 - Carta idrogeologica (cod. el. T03-GE01-GEO-CI01_B);
 - Profilo geologico longitudinale (cod. el. T03-GE01-GEO-FG01_B);
 - Sezioni geologiche trasversali (cod. el. T03GE01GEOSG01B).
- Indagini geognostiche disponibili sul portale della Regione Umbria – Banca dati delle indagini geognostiche-geofisiche: <https://www.regione.umbria.it>
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 - Foglio n. 336 "Spoleto". Progetto CARG - ISPRA APAT;

Relazione Geologica e Idrogeologica

- Carte Geologiche Regionali, in scala 1:10.000 - Foglio n. 336030 - Direzione regionale Governo del territorio, ambiente e protezione civile. Servizio: Rischio idrogeologico, idraulico e sismico, Difesa del suolo
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale: Piano di Assetto Idrogeologico (PAI);
- Progetto IFF: Inventario dei fenomeni franosi: <https://www.isprambiente.gov.it>
- Regione Umbria Direzione Politiche Territoriali, ambientali e Infrastrutture: Carta Idrogeologica della Regione Umbria in scala 1:100.000.

2.3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] A.F.T.E.S. (1992) – Association Française Travaux en Souterrain, 1992.
- [2] Accordi B. & Moretti A. (1967) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 131 Foligno. Serv. Geol. d'It., pp. 61. Poligrafica & Cartevalori, Ercolano (Napoli).
- [3] Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (ex Autorità di Bacino del Fiume Tevere) – Piano di Assetto Idrogeologico, Agg. 2021
- [4] Boni C. & Petitta M. (2008) – Redazione informatizzata della cartografia idrogeologica tematica del territorio della Regione Umbria. Rapporto definitivo. Contratto di ricerca Regione Umbria - Giunta Regionale Direzione Regionale Ambiente, Territorio e Infrastrutture Servizi tecnici Regionali-Dipartimento di Scienze della Terra Università di Roma "La Sapienza".
- [5] Boni C. & Preziosi E. (1994) – Le sorgenti lineari nell'alto bacino del fiume Nera (Appennino Umbro-Marchigiano, Italia centrale). Atti del "1st International Meeting for young Researchers in Applied Geology". Lausanne, april 21th 1994, SwissFederal Institute of Technology. GEOLOP-DGC/EPFL.
- [6] Boni C., Bono P. & Capelli G. (1986) – Schema idrogeologico dell'Italia Centrale Mem Soc Geol It , 35: 991-1012
- [7] Boscherini A., Checcucci R., Natale G. & Natali N. (2005) – Carta idrogeologica della Regione Umbria a scala 1:100.000. Regione Umbria Direzione Politiche Territoriali, ambientali e Infrastrutture. Servizio Geologico. Giornale di Geologia Applicata 2.
- [8] ISPRA APAT – Progetto CARG: Carta Geologica d'Italia alla scala di 1:50.000. Foglio 336 "Spoleto" e relative Note illustrative
- [9] ISPRA APAT (2007) – Progetto IFFI Inventario Fenomeni Franosi d'Italia
- [10] Jacobacci A., Bergomi C., Centamore E., Malatesta A., Malferrari N., Martelli G., Pannuzi L., Zattini N. (1970) – Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, F. 122 Perugia e F. 130 Orvieto. Servizio Geologico d'Italia, Ercolano (Napoli).
- [11] Mastroiillo L. (2001) – Elementi strutturali e caratteristiche idrogeologiche della dorsale carbonatica Umbro – Marchigiana interna. Mem. Soc.Geol. It. 56: 219-226.
- [12] Mastroiillo L., Baldoni T., Banzato F., Boscherini A., Cascone D., Checcucci R., Petitta M. & Boni C. (2009) – Analisi idrogeologica quantitativa del Dominio Carbonatico Umbro. Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 1 - Casa Editrice Università La Sapienza.
- [13] Motti A. (2014) – Carte Geologiche Regionali, in scala 1:10.000 - Foglio n. 336030 - Direzione regionale Governo del territorio, ambiente e protezione civile. Servizio: Rischio idrogeologico, idraulico e sismico, Difesa del suolo.
- [14] Società Geologica Italiana (1994) - Guide Geologiche regionali: Appennino Umbro Marchigiano (Coordinatore: L Passeri) pp. 301, BE-MA Editrice

Relazione Geologica e Idrogeologica

[15] Valigi D., Cardellini C., Mirabella F., Tazioli A., Petitta M., Caliro S. (2020) - Caratterizzazione dei sistemi idrogeologici del territorio umbro influenzato dagli eventi sismici del 26-30 ottobre 2016 e valutazione degli effetti del sisma sull'approvvigionamento idrico - Regione Umbria.

2.4 DOCUMENTI A CORREDO

Gli elaborati che corredano questa relazione sono elencati nella tabella seguente.

Codice Elaborato	Titolo elaborato	Formato	Scala
T00-GE00-GEO-RE02-A	RELAZIONE SUI RILIEVI GEOLOGICI E GEOLOGICO STRUTTURALI	A4	-
T00-GE00-GEO-CG01-A	CARTA GEOLOGICA	A0	1:5.000
T00-GE00-GEO-CG02-A	CARTA GEOMORFOLOGICA	A0	1:5.000
T00-GE00-GEO-CI01-A	CARTA IDROGEOLOGICA	A0	1:5.000
T00-GE00-GEO-FG01-A	PROFILO GEOLOGICO LONGITUDINALE	A0	1:5.000/1:500

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di studio si colloca lungo la Strada Statale SS 685 "delle tre valli umbre", nella porzione mediana della Valle del F. Nera, nominata Valnerina, in sinistra idrografica, provincia di Perugia, Umbria. Nello specifico il tratto di SS oggetto del presente studio è ubicato tra l'abitato di Vallo di Nera a sud e il cimitero prossimo alla località Piedipaterno a nord; all'interno del territorio comunale di Vallo di Nera, dal Km 45+700 al Km 49+300 della SS 685.

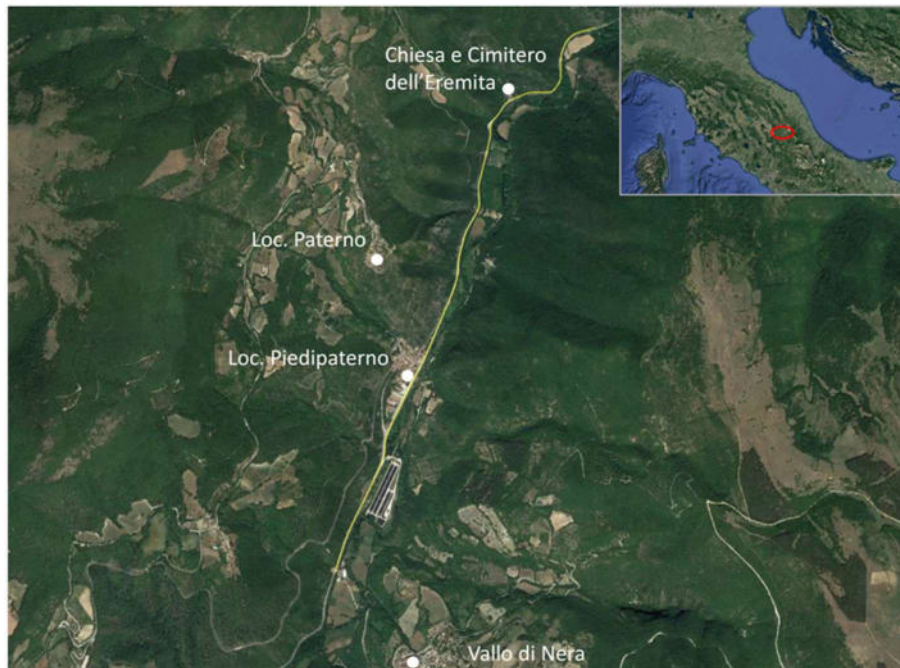


Figura 1 – Inquadramento geografico territoriale. Evidenziato in giallo il tracciato in studio. Immagine satellitare Landsat/Copernicus: Data SIO, NOAA, US, Navy, NGA, GEBCO © 2022 Google

Il territorio in studio, fortemente dominato dalla presenza del F. Nera, rappresenta la zona di raccordo tra la piana alluvionale ed i massicci carbonatici che bordano ad Ovest la stretta valle incisa, orientata circa NE-SO.

Nelle propaggini laterali che bordano la valle, il territorio risulta modellato dall'intensa attività tettonica, che ha fortemente condizionato la geometria dei versanti montuosi e la distribuzione dell'idrografia superficiale.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico il territorio in cui è collocato il tracciato stradale oggetto di intervento è rappresentato dalle serie stratigrafiche, marine, di età mesozoica e terziaria, che caratterizzano l'intero settore meridionale dell'Appennino umbro-marchigiano.

In particolare, le unità sedimentarie affioranti nell'area del progetto riguardano la parte superiore della successione del bacino umbro-marchigiano; deposte tra il Giurassico superiore (Turoniano) e il Miocene inferiore, contraddistinte in genere da spessori e caratteristiche relativamente omogenee.

I termini più antichi della successione umbro-marchigiana, depositi in età giurassica, non affiorano nell'area di progetto, ma ne costituiscono "l'ossatura" ad elevata profondità. Questi sono caratterizzati da una notevole variabilità nelle caratteristiche degli ambienti deposizionali (piattaforma, scarpata) e negli spessori delle unità.

Le unità più antiche, giurassiche rappresentano successioni di piattaforma carbonatica, formatasi in ambiente marino poco profondo, con acque calme, calde e ben ossigenate, ricca di organismi (alghe, molluschi), che alla fine del Giurassico inferiore ha iniziato a smembrarsi, ad opera di una intensa fase tettonica distensiva, generando una morfologia articolata, con alti e bassi morfo-strutturali bordati da faglie dirette (horst e graben) e rotazioni di blocchi, che comportarono delle differenziazioni nella batimetria del bacino e, di conseguenza, negli spessori e nelle caratteristiche dei sedimenti che vi si depositavano. Nelle zone ribassate (graben) si deposero successioni complete, in cui le formazioni raggiungevano maggiore spessore e caratteristiche tipiche degli ambienti più profondi. Al contrario, al di sopra degli Horst si deposero successioni ridotte (caratterizzate da spessori minori) e successioni condensate, con la presenza di lacune stratigrafiche e/o condensazioni.

I successivi sedimenti del Giurassico superiore, del Cretaceo e del Paleogene, affioranti nell'area di progetto, si depositarono in un ambiente pelagico, con caratteristiche omogenee. In questo intervallo di tempo la sedimentazione fu influenzata soprattutto dalle variazioni climatiche, che si riflettono nelle variazioni cromatiche e nell'abbondanza della componente argillosa.

Posti in discordanza sulla successione sedimentaria descritta, sollevata e piegata durante la formazione della catena appenninica, sono presenti depositi continentali pleistocenici, costituiti prevalentemente da alluvioni recenti e antiche, detriti di falda e corpi di frana.

4.1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

Il tracciato in allargamento in progetto si inserisce in un contesto geologico e litostratigrafico che può essere descritto a partire dalle seguenti fonti bibliografiche:

- Foglio Spoleto, n. 336, in scala 1:50.000 della Carta Geologica d'Italia – Progetto CARG- ISPRA APAT;
- Foglio n. 336030, in scala 1:10.000 della cartografia geologica della Regione Umbria (disponibile sul sito internet della regione (<https://www.regione.umbria.it/>)).

L'assetto litostratigrafico di stretto interesse progettuale è stato quindi ricostruito integrando le fonti bibliografiche sopra menzionate, con le analisi e gli studi di base effettuati durante la redazione del PROGETTO DEFINITIVO della S.S.685 "delle Tre Valli Umbre": rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500. STRALCIO 1 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 49+300 al km 51+500, con le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione, con i dati delle indagini geognostiche disponibili e attraverso i dati acquisiti durante dedicati rilievi geologici. In particolare questi rilievi di terreno hanno interessato lo studio di aree e situazioni puntuali d'interesse progettuale.

Tali dati sono utili ad una caratterizzazione geologica finalizzata alla definizione del quadro di riferimento progettuale delle opere.

La ricerca bibliografica e le analisi condotte hanno permesso di riconoscere, distinguere e cartografare le diverse unità geologiche (successioni marine mesozoiche e terziarie e depositi quaternari continentali). In particolare, come precedentemente accennato, i limiti geologici e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area di progetto derivano dall'integrazione delle informazioni riportate in letteratura.

Lungo il tracciato di progetto e nei settori d'interesse, sono quindi state individuate e perimetrare le unità geologiche di seguito descritte dall'alto verso il basso stratigrafico. Le successioni sono state suddivise utilizzando unità stratigrafiche, adoperando la relativa nomenclatura, come indicato dal Servizio Geologico d'Italia (Progetto CARG).

Di seguito si descrivono nel dettaglio i termini stratigrafici affioranti nell'area di progetto e nel suo immediato intorno.

4.1.1 Depositi continentali quaternari

(h) RIPORTO ANTROPICO [OLOCENE – ATTUALE]

Depositi sciolti, eterometrici, di spessore variabile, dell'ordine di qualche metro. Materiali derivanti da attività di costruzione, in genere costituenti il corpo di rilevati esistenti di viabilità (cong. bitum. e materiali per sottofondo stradale).

(a₁) DEPOSITI DI FRANA [PLEISTOCENE? – OLOCENE]

Depositi gravitativi, detritici, in assetto caotico, a granulometria variabile, con clasti a spigoli vivi.

(a₃) DETRITI DI FALDA E DI CONOIDE [PLEISTOCENE SUPERIORE? – OLOCENE]

Depositi gravitativi, detritici, sia di falda detrito sia di conoide di origine mista, a granulometria variabile, da ben classati a fortemente eterometrici, per lo più sciolti o debolmente cementati (nelle porzioni inferiori), in accumuli massivi o grossolanamente stratificati, i clasti sono a spigoli vivi o talora moderatamente arrotondati.

(b) DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E ATTUALI [PLEISTOCENE? – OLOCENE]

Depositi alluvionali a granulometria variabile, eterometrici, costituiti da blocchi, ciottoli talvolta grossolani e ghiaia in matrice sabbioso-limoso; caratterizzanti gli alvei fluviali.

(b_n) DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI [PLEISTOCENE? – OLOCENE]

Depositi alluvionali costituiti da prevalenti ghiaie, da sciolte a variamente cementate, con intercalazioni di lenti di sabbie, di limi e di argille; I clasti, per lo più centimetrici, sono generalmente ben arrotondati e localmente presentano patine di alterazione. Questi depositi non sono in rapporto con la morfologia attuale (rappresentano il colmamento di valli successivamente reincise), caratterizzano i terrazzi alluvionali posti a quota più elevata rispetto all'alveo attuale.

4.1.2 Depositi marini pelagici – Unità del dominio umbro

(SCC) SCAGLIA CINEREA [EOCENE SUPERIORE – AQUITANIANO INFERIORE]

Marne e marne argillose di colore grigio-verde e grigio, alternate alla base con calcari marnosi grigi organizzati in strati in genere sottili (10-30 cm), interessati da numerosi piani di taglio. La potenza della formazione è di circa 40m. Alla base dell'unità, il passaggio alla Scaglia Variegata è graduale, per alternanze.

(VAS) SCAGLIA VARIEGATA [EOCENE MEDIO - EOCENE SUPERIORE]

Calcari marnosi di colore rosso e grigio-verde, calcari e marne grigie con selce nera e marne rosse con intercalazione di livelli calcarenitici. La stratificazione è sottile (2-20cm). Lo spessore dell'unità raggiunge circa 40-70m. Il passaggio alla sottostante Scaglia Rossa è graduale, con diminuzione progressiva della componente argillosa e aumento dello spessore degli strati.

Relazione Geologica e Idrogeologica

(SAA) SCAGLIA ROSSA [TURONIANO INFERIORE - EOCENE MEDIO]

Rappresenta la formazione rocciosa intercettata dal tracciato in allargamento e di stretto interesse progettuale. Risulta costituita da calcari micritici di colore rosa, più raramente biancastri, alternati a interstrati pelitici molto sottili (calcolititi grigio chiare), calcari marnosi e marne di colore variabile da rosa a rosso scuro, con selce in noduli o liste generalmente di colore rosso o rosa, ben stratificati. La base dell'unità, porzione cretacea, è quasi esclusivamente calcarea e caratterizzata da strati più spessi (10-40 cm); la parte alta dell'unità, porzione paleogenica, è caratterizzata da strati più sottili, marcata da intercalazioni marnoso-argillose. Sono inoltre presenti livelli calcarenitici di colore grigio-bianco, talvolta laminate, di spessore metrico. La potenza della formazione è di circa 100m.

(SBI) SCAGLIA BIANCA [ALBIANO SUPERIORE - TURONIANO INFERIORE]

Calcolititi di colore bianco o grigio chiaro a stratificazione medio sottile (10-35 cm), con liste di selce nera o grigia nella parte alta dell'unità e bianco-rosa nella porzione basale. A luoghi sono presenti intercalazioni calcarenitiche, talora calciruditiche. Si tratta di calcari fango-sostenuti variamente marnosi. La potenza dell'unità, nel settore studiato, varia mediamente tra 20-40m. Nella porzione sommitale, alcuni metri prima del passaggio alla Scaglia Rossa, è presente il Livello Bonarelli, costituito da livelli anossici bituminosi neri (marne e argille bituminose di colore marrone, nero). Questo "livello guida" presenta spessori variabili da 0,10 a 1,50m circa.

(FUC) MARNE A FUCOIDI [APTIANO INFERIORE - ALBIANO SUPERIORE]

Calcari marnosi e marne da calcaree ad argillose in alternanza, con livelli ad elevata componente argillosa, talora laminate, di colore grigio scuro, verde, rosso o variegato, con ripetute intercalazioni bituminose nere. Nelle porzioni più marnose e marnoso-calcaree sono evidenti tracce di bioturbazioni (fucoidi). La potenza della formazione non supera i 50 m. La parte basale della formazione mostra un passaggio graduale alla sottostante Maiolica.

(MAI) MAIOLICA [TITONIANO INFERIORE - APTIANO INFERIORE]

Calcari micritici a grana finissima ed a frattura concoide, di colore bianco, organizzati in strati regolari di spessore compreso tra 10 e 50 cm, localmente con sottilissimi interstrati argillosi di colore grigio-nero. Sono presenti in forma diffusa letti o noduli di selce di colore grigio e strutture stilolitiche, presenti in particolare in corrispondenza dei giunti di strato. La potenza della formazione è di circa 130 m.

Relazione Geologica e Idrogeologica

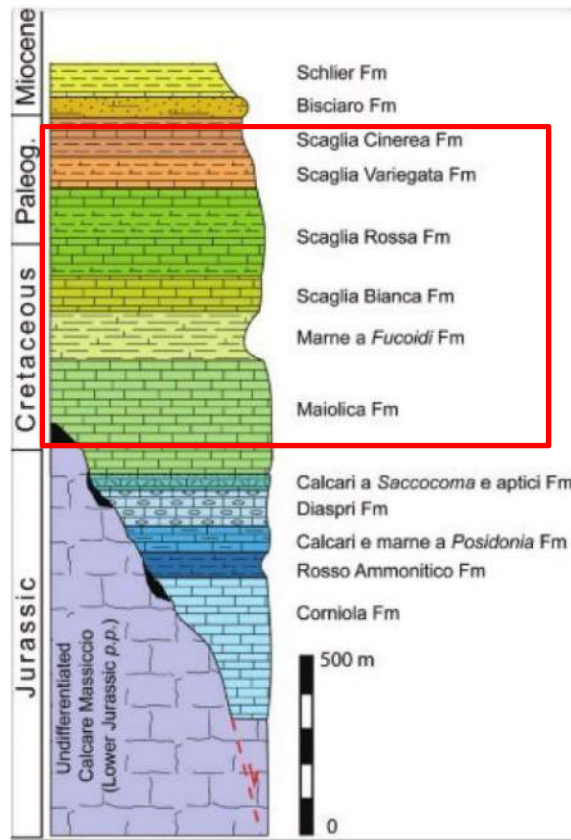


Figura 2 – Colonna stratigrafica della successione umbro-uarchigiana con le formazioni dell’era mesozoica e dell’era cenozoica (Lazzarotto, 2000). In evidenza la porzione di successione affiorante nell’intorno dell’opera in progetto

4.2 ASSETTO TETTONICO STRUTTURALE

L’assetto tettonico strutturale dell’Appennino umbro - marchigiano è quello tipico di una catena a pieghe e sovrascorrimenti a vergenza orientale. Le pieghe, fortemente asimmetriche, sono costituite da anticlinali (con cresta piatta e fianchi orientali da verticali a rovesciati) e da strette sinclinali. Il fianco orientale delle pieghe è generalmente interessato da sovrascorrimenti e faglie inverse, a cui frequentemente si associano zone di taglio trascorrenti N-S destre e E-W sinistre. Nel settore settentrionale (che si estende prevalentemente in territorio marchigiano) e centrale i piani di sovrascorrimento hanno direzione da NW–SE a NNW–SSE e sono puramente compressivi; nel settore meridionale hanno direzione NNW–SSE e prevale la componente transpressiva destra. Allo stile tettonico compressivo si associano e si sovrappongono gli effetti della tettonica distensiva pliocenico-quadernaria, che ha ribassato ampi settori carbonatici originando, all’interno della dorsale, vaste depressioni intramontane, successivamente colmate dai depositi fluvio - lacustri (Piani di Colfiorito, Piani di Castelluccio, Piana di Norcia, Piana di Cascia).

Nello specifico l’area in esame, ubicata all’interno della Valnerina, sul versante sud orientale del M. Galenne (q. 1060 m s.l.m.), in corrispondenza dei margini orientali della pianura alluvionale del Fiume Nera, ricade nell’unità tettonica del M. Coscerno (Figura 3). Questa unità tettonica è caratterizzata dalla presenza di importanti elementi strutturali e strutture plicative a scala regionale come: anticlinali e sinclinali aventi direzione N-S, generalmente dislocate e traslate dalla presenza delle lineazioni trascorrenti, transtensive e da diffuse faglie dirette.

Relazione Geologica e Idrogeologica

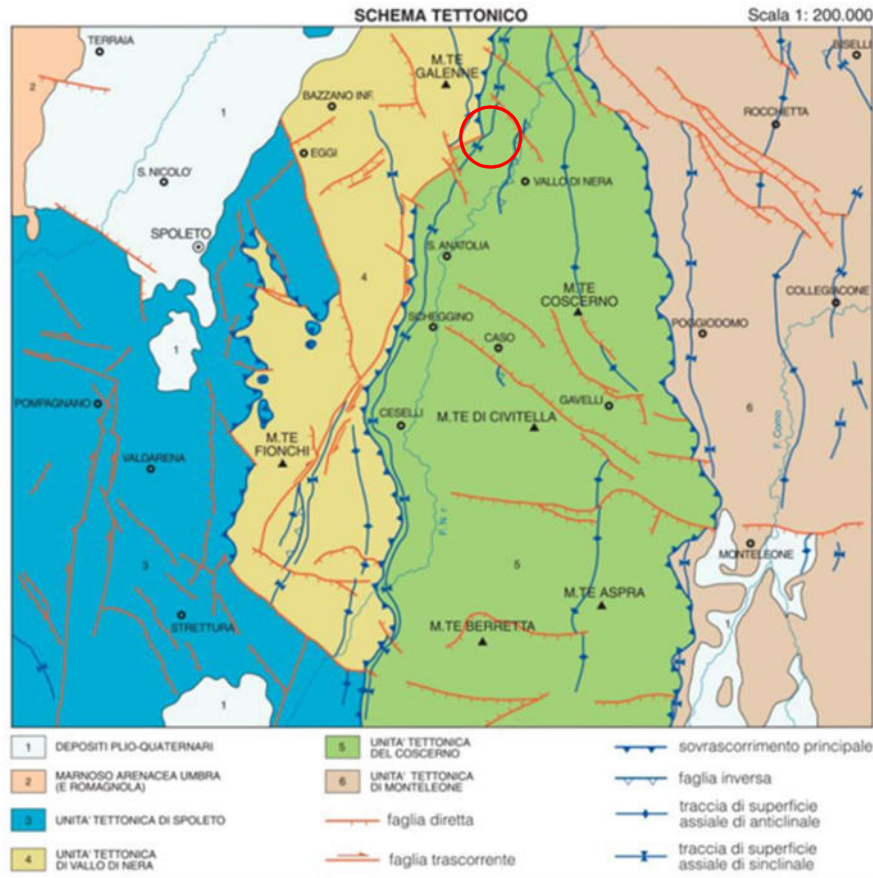


Figura 3 – Schema tettonico con indicazione dell'area interessata dal progetto stradale (Foglio 336 - Spoleto - Carta Geologica d'Italia - Progetto GARG).

In particolare la presenza della sinclinale della Valnerina, costituisce l'elemento dominante del modello deformativo in quest'area. È una struttura rovesciata e vergente verso est, con nucleo in Scaglia Cinerea nel tratto a sud di S. Martino. Presenta direzione assiale circa N15, variabile fino a NE-SW nella porzione fra S. Martino e Piedipaterno, ed è complicata da una serie di mesopieghe con lunghezza d'onda variabile. E' limitata ad oriente dal fianco occidentale retrovergente dell'anticlinale del M.Coscerno, e ad occidente dal fronte dell'anticlinale di Vallegiana, nel tratto meridionale; e dalla faglia della Valnerina che la pone a contatto della struttura anticlinale di M. Galenne, nel tratto settentrionale. Faglie dirette orientate NE-SW dislocano la sinclinale della Valnerina in tutta la porzione centro-settentrionale, dove sono presenti anche faglie trascorrenti di limitata estensione.

Tra le lineazioni principali, a carattere regionale e minori, presenti all'intorno dell'area di intervento, vanno ricordate:

- Faglia della Valnerina, che segue la media Valle del F. Nera e la Valle del F. Vigi, in direzione N20;
- Il sovrascorrimento della Valnerina, a basso angolo, presente in corrispondenza del fianco orientale dell'anticlinale.

Relazione Geologica e Idrogeologica



Figura 4 – Principali elementi tettonici riconosciuti nell'area di studio (Banca dati del Servizio Geologico e Sismico Regionale - Regione Umbria); In viola: faglia normale, in rosa: faglia inversa/sovrascorrimento; in arancione: faglie presunte

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il tracciato stradale in esame si trova nella porzione mediana della Valnerina. La Valnerina è la valle attraversata dal F. Nera, che nasce presso i Monti Sibillini nelle Marche, attraversando una stretta e tortuosa zona montuosa nell'Umbria sud-orientale, per poi giungere a Terni e sfociare nel Tevere presso Orte.

Il F. Nera nell'area in esame scorre con andamento da NNE verso SSW. In questo tratto la valle risulta profondamente incisa. Lungo la valle, nel tratto interessato, sono presenti numerosi impluvi e torrenti con andamento circa perpendicolare al F. Nera, allineati conformemente alle numerose faglie dirette e trascorrenti con andamento circa NNW-SSE.

L'assetto geomorfologico dell'area deriva dall'intensa attività tettonica, che ha fortemente condizionato la geometria dei versanti montuosi e condizionato lo sviluppo dei processi di erosione, subordinati alla natura dei litotipi affioranti ed al differente grado di alterazione e fratturazione presente, unitamente alla presenza delle lineazioni tettoniche, che hanno condizionato anche la distribuzione dell'idrografia superficiale.

I rilievi che delimitano l'attuale tracciato a monte e bordano la valle, con quote massime tra i 500-700 m s.l.m., presentano versanti con pendenze elevate, caratterizzati dalla presenza delle formazioni litoidi calcaree della serie umbro-marchigiana. Questi sono interrotti da piccoli impluvi e torrenti con andamento pressoché ortogonale alla direttrice principale della valle del F. Nera, con andamento lineare, localmente condizionato dalla presenza delle lineazioni tettoniche, che dislocano le strutture carbonatiche.

I torrenti e gli impluvi presentano nella loro porzione di raccordo alla piana alluvionale, sviluppati conoidi alluvionali, che in parte occupano anche l'area di piana.

La piana alluvionale, nel settore di progetto, presenta una larghezza media inferiore ai 400-500 m, con fondo piatto e andamento rettilineo a tratti meandriforme (settore N e S del tracciato), che in alcuni tratti lambisce le strutture carbonatiche (tratte in erosione).

5.1 ANALISI DEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

5.1.1 Assetto idraulico

La piana alluvionale del F. Nera, dalla consultazione delle cartografie a piccola scala del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (ex Autorità di Bacino del Fiume Tevere), relativamente alla perimetrazione della pericolosità rischio idraulico, risulta per la quasi totalità perimetrata a differenti livelli di pericolosità e rischio, come si evince dagli stralci cartografici di seguito riportati, mentre l'attuale tracciato non ricade nelle aree inondabili ad eccezione del tratto percorso in adiacenza all'abitato di Piedipaterno.

Relazione Geologica e Idrogeologica

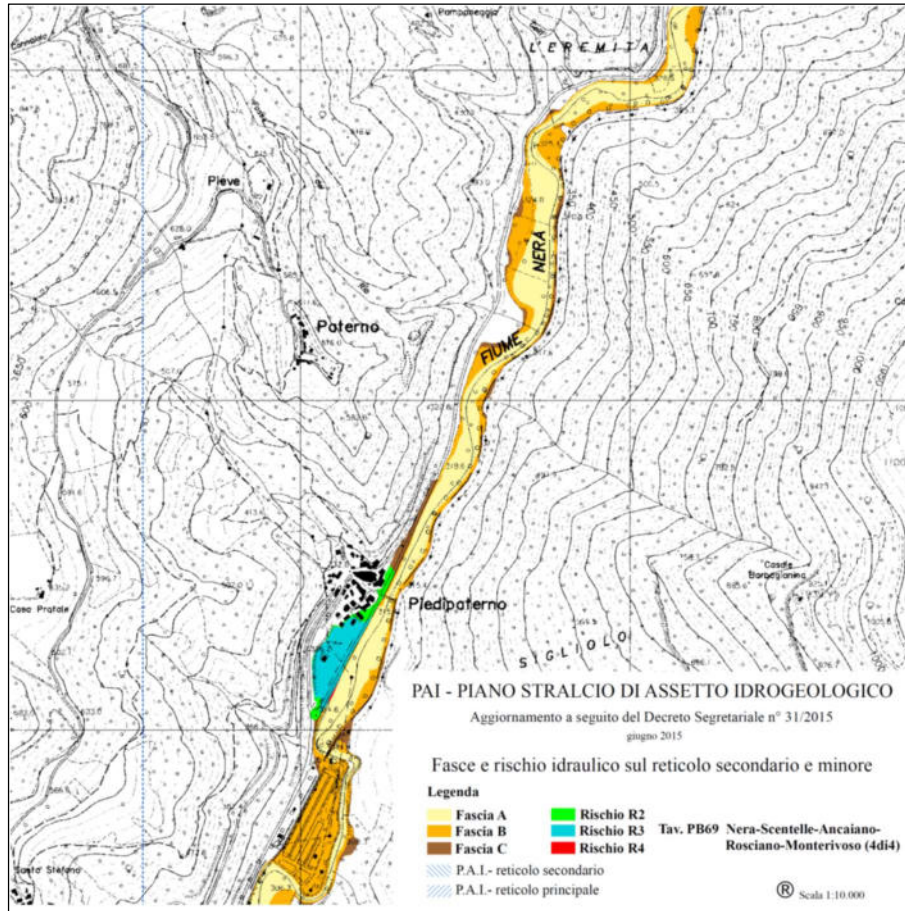


Figura 5 – Estratto cartografico della pericolosità e rischio idraulico PAI

Nello specifico, il tratto in adiacenza all’abitato di Piedipaterno, tratto compreso tra le Pk di progetto 0+750 e 1+600 circa, ricade in fascia B con zone di rischio R2 e R3 (da Pk 0+750 a 1+350 circa) e in fascia C (da Pk 1+350 a 1600 circa).

Per le zone di rispetto sopra menzionate le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) indicano:

• **Prescrizioni dirette per la Fascia B:**

1. *Nella fascia B il P.A.I. persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di invaso della piena di riferimento, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.*
2. *Nella fascia B, sono ammessi: a) tutti gli interventi già consentiti nella fascia A di cui all'art.28 anche con aumento di volume e ampliamento e modifica delle destinazioni d'uso; b) gli interventi di ristrutturazione urbanistica, gli interventi sulle infrastrutture sia a rete che puntuale e sulle attrezzature esistenti e relative opere di pertinenza, sia private che pubbliche o di pubblica utilità, così come definiti dalle normative vigenti, nonché gli interventi di ampliamento e modifica delle destinazioni d'uso. c) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate, da realizzarsi secondo le modalità prescritte in sede di autorizzazione; d) gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici generali vigenti alla data di entrata in vigore del P.A.I. nelle zone omogenee A, B e D (limitatamente al completamento di lotti residui in ambiti totalmente o parzialmente urbanizzati), nelle zone F (limitatamente alle attrezzature di carattere generale e pubblico) di cui al D.M. 2 aprile 1968, n. 1444, subordinando l'attuazione delle previsioni alla loro messa in sicurezza.*
3. *Non è richiesto il nulla osta idraulico di cui al regio decreto 523/1904 da parte dell'Autorità idraulica competente relativamente ai soli casi già previsti dal comma 3 dell'articolo 28. In tutti gli altri casi è invece necessario il nulla osta di cui sopra per la verifica delle condizioni idrauliche di seguito esposte. Gli interventi sono realizzati in condizione di sicurezza idraulica ed in modo da non costituire significativo ostacolo al libero deflusso e /o significativa riduzione dell'attuale capacità di invaso, impedimento alla realizzazione di interventi di attenuazione e/o riduzione delle condizioni di rischio idraulico e coerentemente con la pianificazione degli interventi di protezione civile.*

Relazione Geologica e Idrogeologica

- **Prescrizione dirette per la fascia C**
 1. *Nella fascia C il P.A.I. persegue l'obiettivo di aumentare il livello di sicurezza delle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria, da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e successive modificazioni e/o integrazioni, di programmi di previsione e prevenzione, nonché dei piani di emergenza, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del P.A.I.*
 2. *I programmi di previsione e prevenzione ed i piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e dei loro territori investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.*
 3. *L'authority idraulica competente esprime parere di cui al R.D. n. 523/1904 nei casi di nuove realizzazioni di infrastrutture lineari quali ferrovie, autostrade e strade extraurbane*
- **Limitazioni all'attività di trasformazione del territorio nelle zone definite a rischio per fenomeni idraulici R3**
 1. *Per tali zone valgono le disposizioni e limitazioni della fascia in cui sono ricomprese.*

Dove Le fasce B e C rappresentano le fasce fluviali, rispettivamente definite:

Fascia di esondazione (Fascia B), costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento).

Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento

Mentre il rischio idraulico e idrogeologico si definisce attraverso la possibilità che un fenomeno naturale (nel caso considerato le alluvioni) possa causare effetti dannosi sulla popolazione, gli insediamenti abitativi e produttivi e le infrastrutture, all'interno di una particolare area, in un determinato periodo di tempo.

Pertanto la classi di rischio idraulico R2 e R3 sono rispettivamente definite:

Casse di rischio idraulico medio (R2).

Classe di rischio idraulico elevato (R3)

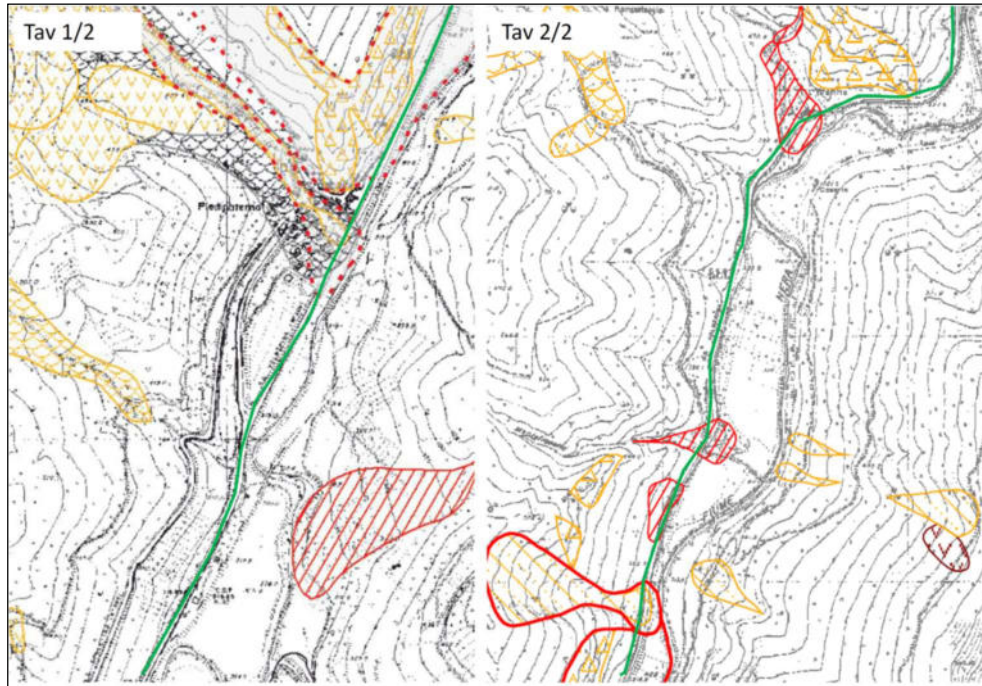
Nella zona che ricade in fascia B si aggiunge anche un livello di criticità relativo al rischio R2 che però non aggiunge ulteriori fattori limitativi rispetto a quanto già definito per la fascia B.

5.1.2 Assetto geomorfologico

Dalla consultazione delle cartografie a piccola scala del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (ex Autorità di Bacino del Fiume Tevere) e Progetto IFFI Inventario Fenomeni Franosi d'Italia di Ispra, relativamente all'assetto idrogeologico per il rischio frane, nell'area di intervento si individuano numerosi e differenti fenomeni gravitativi, per lo più distribuiti lungo il versante sud orientale del M. Galenne, alla base del quale è ubicato il tracciato di progetto e l'abitato di Piedipaterno.

Di seguito si riportano gli stralci cartografici relativi alle banche dati sopra menzionate.

Relazione Geologica e Idrogeologica



Legenda

Inventario dei fenomeni franosi

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

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

Situazioni di rischio da frana

	R4 - 'molto elevato'
	R3 - 'elevato'

Figura 6 – Estratto cartografico inventario dei fenomeni franosi PAI

Relazione Geologica e Idrogeologica

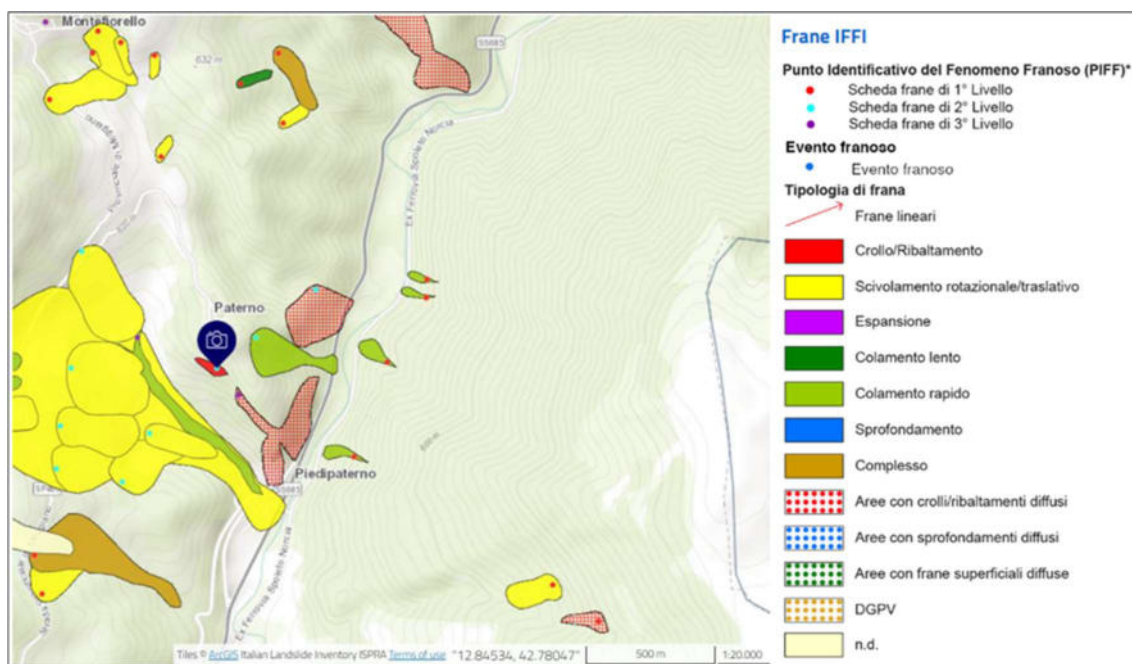


Figura 7 – Estratto cartografico: Inventario Fenomeni Franosi d'Italia (IFFI)

Nella tabella seguente vengono descritti i fenomeni gravitativi che interessano il tracciato in progetto.

Id progetto	Id PAI	Id IFFI	PK approssimativa da [m] a [m]		Tipologia dissesto	Causa	Stato di attività	Opere di mitigazione/interventi	Classe di rischio
001	-	-	0+225	0+500	Conoide/cono detrito	-	-	-	-
002	-	-	0+590	0+725	Conoide/cono detrito	-	-	-	-
003	UM232	0540412207	1+050	1+350	Colamento rapido (in detriti)/debris flow	Precipitazioni eccezionali prolungate, contrasto di permeabilità, materiale debole, precipitazioni brevi ed intense	Quiescente	-	R4 molto elevato
004	UM233	0540412800	1+350	1+700	crolli/ribaltamento	Termoclastismo, terremoto, materiale fratturato, orientazione sfavorevole discontinuità secondarie	Quiescente	Strutture paramassi (barriere deformabili, rigide), disaggio	R4 molto elevato
005	UM234	054041300	1+700	1+790	Colamento rapido (in detriti)/debris flow	Materiale debole, materiale fratturato, precipitazioni brevi ed intense, precipitazioni eccezionali prolungate	Quiescente	-	R4 molto elevato
006	-	0540412900	1+825	1+925	Aree con crolli/ribaltamenti diffusi (IFFI); Falda o cono detrito (PAI)	Precipitazioni eccezionali prolungate, orientazione sfavorevole discontinuità primarie, orientazione sfavorevole discontinuità secondarie, terremoto, materiale fratturato, precipitazioni brevi ed intense	Attivo	-	-
007	-	-	2+070	2+160	Falda o cono detrito (PAI)	-	Attivo	-	-
008	-	-	2+400	2+465	Conoide/cono detrito	-	-	-	-
009	-	-	2+800	2+900	Falda o cono detrito (PAI)	-	Attivo	-	-
010	-	0542513200	2+900	3+550	Aree con crolli/ribaltamenti diffusi (IFFI)	Materiale alterato, terremoto, gelificazione o crioclastismo	Quiescente	Strutture paramassi (barriere deformabili, rigide,)	-

Per le zone a rischio idrogeologico sopra menzionate le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) indicano:

- **Limitazioni alle attività di trasformazione del territorio nelle situazioni di rischio R4**
 1. Nelle zone individuate a rischio molto elevato per fenomeni franosi, identificate come R4, fatto salvo quanto previsto all'art. 4, commi 2, e ferme restando le limitazioni poste in essere dall'autorità regionale competente in materia di pubblica incolumità, sono ammessi esclusivamente: a) gli interventi edilizi di demolizione senza ricostruzione prevedendo

Relazione Geologica e Idrogeologica

la possibilità di delocalizzare edifici e previsioni urbanistiche secondo quanto previsto all'art. 4 comma 2; b) gli interventi sugli edifici, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, sia private che pubbliche o di pubblica utilità, di manutenzione ordinaria, e straordinaria, restauro e risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b), c) dell'art. del DPR 380/2001 e s.m.i., nonché le opere interne agli edifici e quelle relative all'abbattimento delle barriere architettoniche, comportanti anche la modifica di destinazione d'uso ma senza aumento del carico urbanistico; c) gli interventi di consolidamento volti alla riduzione del livello di rischio e di pericolosità; d) gli interventi necessari a ridurre la vulnerabilità degli edifici, delle attrezzature ed infrastrutture esistenti con possibilità di prevedere aumenti di superfici e volumi per la realizzazione di manufatti, opere o modificazioni finalizzati esclusivamente a migliorare la tutela della pubblica incolumità a condizione che non aumenti il livello di rischio; e) gli interventi non altrimenti localizzabili per nuove infrastrutture a rete ed impianti tecnologici, per sistemazioni di aree esterne, recinzioni ed accessori pertinenziali agli edifici, alle infrastrutture ed alle attrezzature esistenti, purché non comportino la realizzazione di nuove volumetrie; f) le pratiche per la corretta attività agricola e forestale con esclusione di ogni intervento che aumenti il livello di rischio; g) gli interventi volti alla bonifica dei siti inquinati;

- 2. Gli interventi di cui alle lettere c), d) ed e) del comma 2 sono sottoposti alla preventiva autorizzazione dell'autorità competente.*

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Lo studio idrogeologico realizzato per la presente fase di progettazione, in sintesi qui riportato, fornisce una ricostruzione preliminare dello scenario idrogeologico lungo il tracciato di progetto, permettendo la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area.

Il modello idrogeologico dell'area di progetto deriva in particolare:

- dallo studio geologico-strutturale;
- dalle informazioni idrogeologiche di letteratura disponibili;
- dall'integrazione dei dati provenienti dal monitoraggio piezometrico installato durante la campagna di indagini eseguita per il PROGETTO DEFINITIVO: S.S.685 "delle Tre Valli Umbre": rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500. STRALCIO 1 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 49+300 al km 51+500.
- Dall'integrazione dei dati delle indagini geognostiche pregresse disponibili sul portale della Regione Umbria (Banca dati del Servizio Geologico e Sismico Regionale)

Inoltre, lo studio geologico condotto ha permesso di stimare lo stato di fratturazione degli ammassi rocciosi e definire le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto. Tali caratteristiche, infatti, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area.

6.1 ASSETTO IDROGEOLOGICO

Nell'area, oltre ai terreni di copertura quaternaria di differente origine (depositi fluviali della Piana del F. Nera e dei conoidi alluvionali prodotti dal reticolo idrografico minore, detriti di versante e depositi antropici), affiora una porzione della serie umbro-marchigiana, costituita da una successione sedimentaria sottilmente stratificata d'ambiente pelagico, in cui si alternano litotipi calcarei e litotipi calcareo-marnosi.

Detta successione si è imposta su calcari massivi neritici, non affioranti nell'area di studio, disarticolati da una fase tettonica distensiva nel Giurassico inferiore. Questa situazione, nell'area studiata, ha dato origine alla deposizione di una successione completa, a sua volta deformata dalle fasi tettoniche successive che hanno portato all'attuale assetto strutturale, complesso ed articolato.

Gli elementi tettonico strutturali che definiscono il territorio giocano un ruolo idrogeologico determinante nell'assetto idrostrutturale del territorio ed in particolare nella delimitazione dei grandi acquiferi regionali, nella circolazione delle acque sotterranee, che si sviluppa sia secondo direttrici parallele ai più importanti elementi strutturali sia trasversalmente al loro asse.

In particolare l'assetto strutturale del dominio umbro-marchigiano ha favorito l'impostazione di un reticolo di drenaggio attivo trasversale all'asse delle strutture e profondamente inciso, tanto da raggiungere la quota di saturazione degli acquiferi contenuti nelle dorsali. In queste condizioni, alcuni tratti di alveo costituiscono il punto di recapito della locale circolazione idrica sotterranea, assumendo le di una sorgente lineare.

I rapporti stratigrafici e le caratteristiche strutturali del dominio umbro-marchigiano hanno dato origine ad un assetto idrogeologico regionale caratterizzato dall'esistenza di acquiferi separati, variamente articolati e con possibili reciproche interconnessioni idrauliche locali.

A scala regionale è stata riconosciuta una circolazione idrica più profonda, all'interno dei complessi idrogeologici costituiti dalle formazioni del Calcarea Massiccio, della Corniola e della Maiolica ed una circolazione idrica generalmente meno profonda, all'interno del complesso della Scaglia calcarea (Scaglia Bianca e Scaglia Rossa).

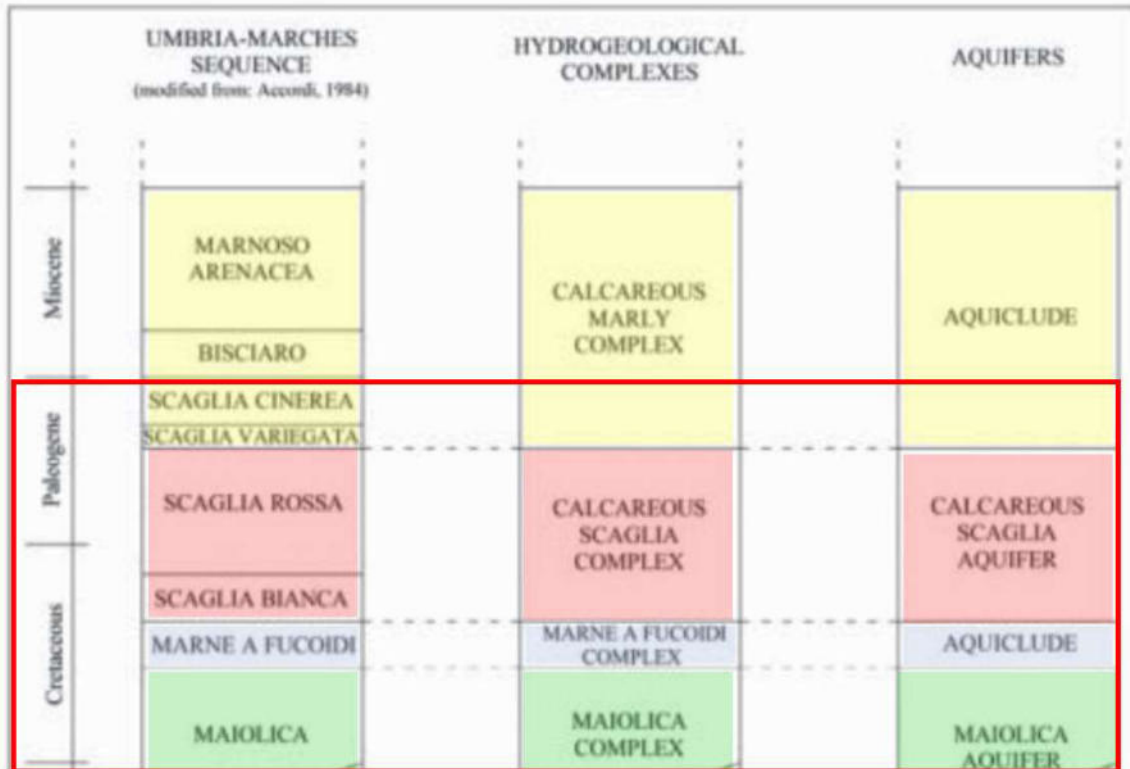


Figura 8 – Schema dei rapporti fra successione stratigrafica umbro-marchigiana, complessi idrogeologici e acquiferi (da Mastrolillo et Alii, 2009); nel riquadro rosso sono evidenziate le unità ed i relativi complessi idrogeologici afferenti all’area in studio.

Nell’area di interesse progettuale la circolazione idrica presente e riconducibile al modello esposto nella figura sopra riportata. In particolare la circolazione idrica sotterranea di primo interesse progettuale avviene nel complesso idrogeologico della scaglia calcarea (all’interno delle unità: Scaglia Rossa e Scaglia Bianca). Lo stesso F. Nera risulta alimentato da questa circolazione sotterranea.

6.2 DATI IDROGEOLOGICI DISPONIBILI

Come accennato in precedenza, nei mesi di marzo e aprile 2022 è stata condotta una campagna di indagini geognostiche per la definizione del PROGETTO DEFINITIVO: S.S.685 “delle Tre Valli Umbre”: rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500. STRALCIO 1 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 49+300 al km 51+500 (tratta consecutiva). Tale campagna ha compreso la realizzazione di piezometri nei fori di sondaggio eseguiti e la lettura dei livelli piezometrici, per indagare l’effettiva presenza di falde idriche sotterranee lungo la porzione di tracciato dello STRALCIO 1.

Nella tabella seguente si riassume il dato idrogeologico acquisito.

Piezometri (PZ) installati e misure del livello piezometrico realizzate (STRALCIO 1 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 49+300 al km 51+500)						
Sondaggio	Prof.	Coordinate UTM, WGS84 (33T)		Tipologia PZ	Data lettura	Livello piezometrico
	[m]	X	Y			[-m da p.c.]
S1	20,00	n.d.	n.d.	a tubo aperto	11/03/2022	11,32
S2	20,00	323814,47	4735349,03	a tubo aperto	16/03/2022	10,60
S3	15,00	324008,95	4735502,42	a tubo aperto	14/03/2022	6,99
S4	15,00	324379,68	4735457,42	a tubo aperto	15/03/2022	7,10
S5	10,00	324661,60	4735984,64	a tubo aperto	31/03/2022	falda non rilevata
S6	17,00	323416,13	4735076,74	a tubo aperto	02/04/2022	11,78

Per la definizione del presente studio sono inoltre stati raccolti i dati idrogeologici provenienti da campagne geognostiche pregresse, eseguite nell'intorno tracciato in progetto, disponibili sul portale della Regione Umbria: Banca dati delle indagini geognostiche-geofisiche: <https://www.regione.umbria.it>; nello specifico qui di seguito riportati.

Sondaggi reperiti sul portale della Regione Umbria, con indicazione delle letture piezometriche							
n.	Id	Ubicazione	Profondità	Coordinate UTM, WGS84 (33T)		Livello piezometrico	Data lettura piezometrica
		Loc./ Comune	[m]	X	Y	[m da p.c.]	
1	7951	Piedipaterno	25,50	325101,50	4737490,40	7,00	n.d.
2	5881	Piedipaterno	16,00	325088,19	47375228,86	8,00	n.d.
3	7953	Vallo di Nera	24,00	325452,33	4735905,32	17,30	07/11/00
4	7956	Vallo di Nera	29,00	325381,42	4735892,18	14,40	07/11/00

Durante l'attuale fase progettuale per la definizione del PROGETTO DEFINITIVO: S.S.685 "delle Tre Valli Umbre": rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500. STRALCIO 2 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 45+700 al km 49+300, nel mese di ottobre 2022, sono stati eseguiti dedicati sopralluoghi e rilievi geologici. Durante tale attività di terreno è stato trovato un piezometro a tubo aperto funzionante che ha permesso di indagare l'effettiva presenza della falda idrica sotterranea.

Il piezometro è stato trovato in prossimità del cimitero (località l'Eremita), approssimativamente alla Pk 2+900. Nel piezometro la falda freatica è stata intercettata a profondità 9,20 da p.c.

Per stimare qualitativamente le caratteristiche di permeabilità dei litotipi e dei corpi idrogeologici caratterizzanti il settore di tracciato, oltre alla consultazione della bibliografia esistente, sono state valutate le prove granulometriche eseguite sui campioni disponibili e valutato il grado di fratturazione e carsismo dei litotipi interessati, mediante il rilevamento geologico e le stazioni strutturali.

Di seguito si riporta la classificazione AFTES, 1992, utile per discriminare la permeabilità dei diversi complessi idrogeologici rinvenuti lungo il tracciato in progetto.

Relazione Geologica e Idrogeologica

Classe	Permeabilità [m/s]	Descrizione
K1	$< 10^{-8}$	Da molto bassa a bassa
K2	10^{-8} a 10^{-6}	Da bassa a media
K3	10^{-6} a 10^{-4}	Da media ad alta
K4	$> 10^{-4}$	Da alta a molto alta

6.3 DEFINIZIONE DEI COMPLESSI GEOLOGICI

Sulla base dei dati geologico-strutturali, bibliografici e idrogeologici è stato possibile definire cinque complessi idrogeologici, distinti sulla base delle diverse caratteristiche litologiche delle formazioni, delle differenti caratteristiche di permeabilità, in base al tipo di circolazione idrica che li caratterizza, sia per confronto con gli altri complessi adiacenti. I complessi sono descritti seguendo uno schema basato sull’assetto geologico e litologico dell’area in esame.

L’area in esame risulta infatti caratterizzata da formazioni che presentano condizioni di permeabilità differenti, sia in relazione alla varietà dei termini costituenti la successione stratigrafica, sia alla frequente variabilità degli aspetti litologici e strutturali riscontrabili all’interno delle singole unità che compongono tale successione.

Le ben note formazioni della successione umbro-marchigiana, intensamente corrugate dall’orogenesi appenninica, ed i “terreni” quaternari, riscontrati lungo il tracciato sono stati raggruppati in diversi complessi idrogeologici, rispettivamente:

Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali e gravitativi (CI-AG)

Questo complesso comprende i depositi alluvionali torrentizi, di conoide, di debris flow e i depositi di versante. Caratterizzato da corpi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi permeabili, con intercalate lenti, di estensione e spessore variabili, argilloso-limose e sabbioso-limose.

L’acquifero principale è sempre in collegamento con l’asta fluviale e la sua ricarica può avvenire dalla superficie o da contributi sotterranei provenienti dagli acquiferi calcarei adiacenti.

La permeabilità di questo complesso è di tipo primario per porosità.

Per questo complesso, in assenza di prove specifiche ed in via preliminare, sulla scorta di conoscenze bibliografiche pregresse sviluppate dall’analisi di litologie simili ricadenti in contesti geologici analoghi, si stima un coefficiente di permeabilità k variabile tra 10^{-5} e 10^{-3} m/s.

Complesso idrogeologico a prevalente componente calcareo marnosa (CI-CM)

Il complesso è costituito da marne, marne argillose, marne calcaree per uno spessore variabile tra 80 e 100 m circa. Il complesso è caratterizzato da valori di permeabilità da bassi a molto bassi legati sia a porosità primaria per porosità sia secondaria per fratturazione.

Per questo complesso, in assenza di prove specifiche ed in via preliminare, sulla scorta di conoscenze bibliografiche pregresse sviluppate dall’analisi di litologie simili ricadenti in contesti geologici analoghi, si stima un coefficiente di permeabilità k variabile tra 10^{-9} e 10^{-6} m/s.

Complesso idrogeologico a prevalente componente calcarea - scaglia (CI-C)

Il complesso è costituito da formazioni per lo più calcaree della Scaglia Rossa e bianca (spessore 140 m circa) ed è delimitato al tetto dal Complesso acquicludente della Scaglia Variegata e cinerea e al letto da quello delle Marne a Fucoidi. Il complesso è quindi costituito da calcari micritici alternati a interstrati pelitici molto sottili, calcari marnosi e marne e da calcilutiti a stratificazione medio sottile (10-40 cm)

Relazione Geologica e Idrogeologica

Il complesso acquifero è caratterizzato da valori di permeabilità secondaria bassa derivanti dalla fratturazione pervasiva e da localizzati fenomeni di carsismo più frequenti nelle formazioni a maggior contenuto calcareo (Scaglia Rossa).

Per questo complesso, in assenza di prove specifiche ed in via preliminare, sulla scorta di conoscenze bibliografiche pregresse sviluppate dall'analisi di litologie simili ricadenti in contesti geologici analoghi, si stima un coefficiente di permeabilità k variabile tra 10^{-7} e 10^{-6} m/s.

Complesso idrogeologico delle marne a fucoidi (acquiclide) (CI-MF)

Si tratta di un livello acquiclude a scala regionale (data la sua continuità stratigrafica), costituito da alternanze di strati sottili di marne, marne argillose calcaree e calcari marnosi costituenti la formazione delle marne a fucoidi; solamente la porzione superiore del litotipo è più francamente calcarea. Tale formazione rappresenta il livello di separazione fra il complesso acquifero della Scaglia (CI-C) e il sottostante acquifero della Maiolica (CI-M).

La permeabilità, da bassa a molto bassa, è di tipo sia primario per porosità sia secondario essenzialmente per fratturazione.

Per questo complesso, in assenza di prove specifiche ed in via preliminare, sulla scorta di conoscenze bibliografiche pregresse sviluppate dall'analisi di litologie simili ricadenti in contesti geologici analoghi, si stima un coefficiente di permeabilità k variabile tra 10^{-9} e 10^{-6} m/s.

La potenza di questo complesso nell'area studiata è ridotta, circa 50 m.

Complesso idrogeologico della maiolica (CI-M)

Questo complesso idrogeologico, sede di un acquifero profondo, comprende la formazione della maiolica, rappresentata da rocce calcaree, nello specifico calcari micritici a grana fine, organizzati in strati regolari di ridotto spessore (da 10 a 50 cm), con presenza locale di sottili interstrati argillosi.

Questo complesso, caratterizzato da permeabilità da bassa a media, può ospitare un acquifero indipendente o può trovarsi in continuità idraulica con i sottostanti acquiferi, riferibili alle formazioni non affioranti nell'area (acquifero di base della formazione calcareo massiccio).

Questo complesso risulta delimitato a tetto dall'acquiclide delle marne a fucoidi (CI-MF).

La permeabilità, di tipo secondario, sia per fratturazione sia per locali fenomeni di dissoluzione carsica, è variabile in funzione del grado di fratturazione dell'ammasso roccioso, della persistenza del sistema di fratture e dell'apertura e riempimenti dei giunti o da locali fenomeni di dissoluzione delle componenti carbonatiche.

Per questo complesso, in assenza di prove specifiche ed in via preliminare, sulla scorta di conoscenze bibliografiche pregresse sviluppate dall'analisi di litologie simili ricadenti in contesti geologici analoghi, si stima un coefficiente di permeabilità k variabile tra 10^{-7} e 10^{-5} m/s.

La potenza di questo complesso, nell'area studiata, può raggiungere i 130m di potenza.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la definizione del modello geologico del presente progetto sono state utilizzate sia le osservazioni effettuate durante dedicati sopralluoghi, rilievi geologici e rilievi geologico-strutturali sia le indagini geognostiche disponibili, reperite da diverse campagne indagini, realizzate per specifici progetti realizzati nell'immediato intorno del tracciato in studio.

Nello specifico sono state utilizzate le indagini realizzate lungo il tracciato attiguo, dello STRALCIO 1 da Km 49+300 a Km 51+500, realizzate nei mesi di marzo e aprile 2022, e le indagini disponibili reperite sul portale della Regione Umbria (Banca Dati del Servizio Geologico e Sismico Regionale).

L'analisi dei dati e degli studi prodotti dalle suddette campagne indagini ha permesso di definire, in maniera commisurata al presente grado di approfondimento progettuale, un quadro di conoscenze esaustivo del contesto geologico-tecnico e litostratigrafico, comprensivo degli aspetti idrogeologici, del territorio in cui si sviluppa il progetto.

7.1 CAMPAGNA GEOGNOSTICA (MARZO APRILE 2022) PROGETTO DEFINITIVO: STRALCIO 1 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL KM 49+300 AL KM 51+500

Questa campagna ha comportato l'esecuzione di:

- Attività in sito, consistite in indagini dirette con sondaggi a carotaggio continuo verticali, prove SPT, prelievo di spezzoni di roccia, prelievo di campioni rimaneggiati e intatti, installazione di strumentazioni in foro (piezometri) per il rilievo di falda, prove penetrometriche dinamiche (DPHS), rilievi strutturali condotti su affioramenti rocciosi ed indagini indirette tipo MASW;
- Attività in laboratorio, consistite in prove geotecniche sui campioni prelevati in situ nel corso dei sondaggi e su campioni raccolti durante il rilevamento geologico.

7.1.1 Indagini in situ

Indagini dirette

Nello specifico sono stati eseguiti n. 6 sondaggi verticali a carotaggio continuo di profondità variabile tra 10 e 20 m, strumentati con piezometri a tubo aperto. Dei sondaggi eseguiti sono stati forniti i logs stratigrafici, le letture del livello piezometrico e la relativa documentazione fotografica.

Al fine di definire la stratigrafia dei siti di indagine e prelevare campioni in profondità, si è ricorso alla perforazione a carotaggio continuo del terreno, mediante sistema a rotazione con batteria di aste e carotiere, che è stata eseguita, ove possibile, a secco, cioè senza l'uso di fluidi di circolazione.

Durante la realizzazione dei sondaggi, sono stati prelevati 2 campioni rimaneggiati e 1 campione intatto (terreni) e sottoposti a prove di laboratorio geotecnico.

Lungo le verticali di indagine di alcuni sondaggi a carotaggio continuo sono state eseguite 8 prove Standard Penetration Test (SPT).

Sono inoltre state realizzate n. 6 prove penetrometriche dinamiche (DPHS). Delle verticali penetrometriche realizzate, sono stati forniti i tabulati e grafici delle risultanze, unitamente alla relativa documentazione fotografica.

Durante questa campagna indagini sono stati eseguiti n. 23 rilievi geomeccanici su affioramenti rocciosi con valutazione delle caratteristiche delle discontinuità presenti, e, dove possibile, letture con Martello di Schmidt su piani di discontinuità. In n.6 affioramenti sono stati prelevati campioni di roccia, di cui alcuni sottoposti a prove di laboratorio.

Dei sondaggi e dei rilievi eseguiti sono state fornite rispettivamente i logs stratigrafici e la relativa documentazione fotografica, le schede riassuntive delle misure effettuate, l'ubicazione cartografica e la relativa documentazione fotografica. Consultare documentazione progettuale ANAS: PROGETTO DEFINITIVO - S.S.685 "delle Tre Valli Umbre": rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500. STRALCIO 1 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 49+300 al km 51+500. In particolare gli elaborati: 017.T03.GE01.GEO.RE01-B; 018.T03.GE01.GEO.RE02-B; 020.T03.GE01.GEO.PU01-B.

Indagini indirette

Le indagini indirette effettuate durante la campagna geognostica hanno riguardato l'esecuzione di n. 4 stendimenti MASW.

Per le indagini indirette eseguite sono state fornite le risultanze numeriche e grafiche e la relativa documentazione fotografica. Consultare documentazione progettuale ANAS: PROGETTO DEFINITIVO - S.S.685 "delle Tre Valli Umbre": rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500. STRALCIO 1 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 49+300 al km 51+500. In particolare gli elaborati: 017.T03.GE01.GEO.RE01-B; 018.T03.GE01.GEO.RE02-B; 020.T03.GE01.GEO.PU01-B.

Nelle tabelle seguenti si riporta la sintesi delle indagini e prove in situ realizzate.

Sondaggi a carotaggio continuo

Id	Profondità [m]	Prove in foro SPT [n.]	Campioni Prelevati [n.]	Strumentazione installata
S1	20,00	2	1	Piezometro T.A.
S2	20,00			Piezometro T.A.
S3	15,00	2	2	Piezometro T.A.
S4	15,00			Piezometro T.A.
S5	10,00	2		Piezometro T.A.
S6	17,00	2		Piezometro T.A.
Totali	97,00	8	3	

Prove penetrometriche dinamiche (DPHS)

Id	Profondità [m]
PP1	16,50
PP2	14,70
PP3	8,70
PP4	9,30
PP5	10,80
PP6	10,80
Totali	70,80

Relazione Geologica e Idrogeologica

Rilievi geostrutturali su pareti rocciose

id	Lunghezza stendimento [m]	Unità geologica	Campioni (per prove PLT) [n]
SS01	19,00	Scaglia Variegata	
SS02	2,00	Scaglia Variegata	
SS03	6,00	Scaglia Variegata	
SS04	7,50	Scaglia Variegata	
SS05	8,20	Scaglia Variegata	
SS06	8,30	Scaglia Variegata	
SS07	6,00	Scaglia Variegata	
SS08	6,80	Scaglia Variegata	D (10 spezzoni)
SS09	12,00	Scaglia Variegata	
SS10	20,00	Scaglia Variegata	E (10 spezzoni)
SS11	19,00	Scaglia Variegata	
SS12	8,00	Scaglia Variegata	
SS13	15,00	Scaglia Variegata	
SS14	10,00	Scaglia Variegata	
SS15	20,00	Scaglia Rossa	
SS16	20,00	Scaglia Rossa	
SS17	14,00	Scaglia Variegata	A (10 spezzoni)
SS18	65,00	Scaglia Rossa	C (10 spezzoni)
SS19	17,00	Scaglia Rossa	F (10 spezzoni)
SS20	15,00	Scaglia Variegata	
SS21	35,00	Scaglia Variegata	
SS22	106,00	Scaglia Variegata	
SS23	15,00	Scaglia Variegata	B (10 spezzoni)
Totali	454,80		60 spezzoni di roccia

Indagini sismiche (MASW)

Id	Lunghezza [m]	n. di geofoni [n.]	Interasse geofoni [m]
MW 1	46,00	24	2
MW 2	46,00	24	2
MW 3	46,00	24	2
MW 4	46,00	24	2
Totali	184,00	96	

7.1.2 Indagini di laboratorio

Come precedentemente accennato, durante la realizzazione dei sondaggi e dei rilievi geostrutturali sono stati prelevati campioni rimaneggiati e un campione intatto di terreno (dai sondaggi) e campioni lapidei (dagli affioramenti) per eseguire analisi e prove di laboratorio.

Relazione Geologica e Idrogeologica

Sui campioni lapidei, prelevati da affioramento (4 campioni), sono state eseguite prove di compressione tipo Point Load Test (PLT), e prove per la determinazione del peso di volume.

Sui campioni rimaneggiati e intatti (3 campioni) sono state eseguite analisi granulometriche, analisi per la determinazione del peso di volume, dell'umidità naturale, del peso specifico, prove per la determinazione dei Limiti Atterberg, prove di taglio diretto e prove ELL (espansione laterale libera).

Per i certificati delle prove di laboratorio consultare documentazione progettuale ANAS: PROGETTO DEFINITIVO - S.S.685 "delle Tre Valli Umbre": rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500. STRALCIO 1 - Lavori di adeguamento alla sez. tipo C2 dal km 49+300 al km 51+500. In particolare l'elaborato: 018.T03.GE01.GEO.RE02-B.

Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi dei campioni prelevati, delle tipologie e quantità di prove realizzate, suddivisi tra laboratorio terre e laboratorio rocce.

Laboratorio terre

CAMPIONE n.	QUOTA (m da p.c.)	Umidità naturale	Peso volume	Peso specifico	LL,LP	Analisi Granulometrica	Taglio C.D.	E.L.L.
S1 CR1	11.20-11.70		X		X	X	X	
S3 C1	2.00-2.50	X	X	X	X	X	X	X
S3 CR1	7.40-7.80				X	X		

Laboratorio rocce

CAMPIONE n.	TIPOLOGIA	FORMAZIONE LITOIDE	Peso di volume	Point Load Test
A	Spezzoni litoidi	Scaglia Variiegata	X	X
C	Spezzoni litoidi	Scaglia Rossa	X	X
D	Spezzoni litoidi	Scaglia Variiegata	X	X
F	Spezzoni litoidi	Scaglia Rossa	X	X

7.2 INDAGINI REPERITE SUL PORTALE DELLA REGIONE UMBRIA (BANCA DATI DEL SERVIZIO GEOLOGICO E SISMICO REGIONALE)

Al fine di migliorare le conoscenze dell'area studiata, sono stati individuati sul portale della Regione Umbria (<http://dati.umbria.it/dataset/banca-dati-indagini-geognostiche-geofisiche>); i sondaggi più prossimi al tracciato in studio ed analizzate le stratigrafie e le prove in foro (SPT).

L'analisi di questi sondaggi ha permesso di completare il quadro delle conoscenze del contesto geologico e litostratigrafico e degli aspetti idrogeologici, del territorio in cui si sviluppa l'opera in progetto.

Di seguito si riassumono i sondaggi individuati ed analizzati.

Sondaggi reperiti su portale della Regione Umbria – Banca dati delle indagini geognostiche-geofisiche					
n.	Id	Ubicazione Loc./ Comune	Profondità	Coordinate UTM, WGS84	
			[m]	x	y
1	7951	Piedipaterno	25,50	325101,50	4737497,45
2	5881	Piedipaterno	16,00	325088,19	4737528,86
3	7949	Piedipaterno	25,00	325120,13	4737484,21
4	5884	Piedipaterno	15,00	325075,78	4737473,92
5	7953	Vallo di Nera	24,00	325452,33	4735905,32
6	7956	Vallo di Nera	29,00	325381,42	4735892,18

7.3 SOPRALLUOGHI E RILIEVI GEOLOGICI E GEOLOGICO STRUTTURALI (OTTOBRE 2022) PROGETTO DEFINITIVO: STRALCIO 2 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL KM 45+700 AL KM 49+300

Per un adeguato sviluppo della presente fase progettuale sono stati realizzati nel mese di ottobre 2022 dedicati sopralluoghi: rilievi geologici e geologico strutturali, localizzati lungo il tracciato in progetto.

Attraverso l'osservazione sul terreno è stato possibile riconoscere, distinguere e cartografare le diverse unità geologiche (unità litoidi: Scaglia Rossa ed i depositi quaternari); stimare gli spessori indicativi delle tratte che attraversano i conoidi detritici, i detriti di falda e gli affioramenti alluvionali. Durante i sopralluoghi è stato ritrovato, in località l'Eremita (fronte chiesa del cimitero), un piezometro a tubo aperto che ha indicato un livello piezometrico, misurato durante il sopralluogo in data 19.10.2022, pari a -9,20 m da p.c.

Inoltre, per la definizione dell'assetto geostrutturale degli ammassi e la raccolta delle necessarie informazioni geomeccaniche, nell'ambito della presente fase progettuale, sono stati realizzati, su affioramenti rocciosi rinvenuti nell'intorno del tracciato in progetto, 7 stazioni strutturali di dettaglio, finalizzate alla classificazione geomeccanica degli ammassi mediante gli indici GSI - Geological Strength Index (Hoek E. & Brown E.T., 1997).

Tra le diverse attività tipiche di rilievo geostrutturale sono state eseguite con sistematicità:

- rilievi delle caratteristiche di rugosità (JRC) delle fratture con profilometro (pettine di Barton);
- valutazione della dimensione dei blocchi rocciosi (ISRM, 1981; Palmstrøm, 1996, 2000), finalizzata alla classificazione geomeccanica degli ammassi mediante gli indici GSI;
- rappresentazione grafica dell'orientazione dei sistemi di discontinuità presenti mediante stereogrammi;
- determinazione GSI sia con metodo qualitativo Hoek & Marinos (2000) sia con approccio Russo (2007);
- prove sclerometriche realizzate sulle superfici di frattura con martello di Schmidt ISRM (1978a e 1978b); Miller (1965).

Le risultanze di dettaglio di tali rilievi geostrutturali e le relative carte di localizzazione degli stessi sono disponibili nelle "Schede di rilievo strutturale" collezionati nella Relazione sui Rilievi geologico strutturali di dettaglio (cod. el. T00-GE00-GEO-RE03-A).

8. MODELLO GEOLOGICO IN ASSE TRACCIATO

Di seguito, si descrive la geologia e i relativi aspetti salienti dal punto di vista progettuale, con riferimento agli elaborati grafici prodotti (si veda Paragrafo 2.4).

8.1 TRATTO COMPRESO TRA PK 0+000 E PK 1+350 (FINE ABITATO DI PIEDIPATERNO)

L'area interessata dal tracciato in progetto è caratterizzata da un substrato roccioso affiorante riferibile all'unità della Scaglia Rossa (SAA). Questa unità risulta costituita da calcari micritici di colore variabile da rosa a biancastri, spesso intercalati ad interstrati pelitici sottili; a luoghi, all'interno dell'unità si riconoscono bancate di calcari marnosi e marne di colore rosso-rosa, caratterizzate dalla presenza di noduli di selce o liste. Nel complesso gli strati hanno potenza media di circa 30-40 cm, con stratificazione ben evidente e marcata.



Figura 9 – Affioramento roccioso: Scaglia Rossa (Turoniano inferiore - Eocene medio), ubicato in prossimità del Municipio provvisorio di Vallo di Nera; inizio del tracciato: Pk 0+000 circa.

Nel complesso l'ammasso roccioso individuato lungo l'asse del tracciato, tra Pk 0+000 e Pk 1+350 (fine abitato di Piedipaterno), risulta mediamente alterato e fratturato. Si riconoscono da tre a quattro sistemi di frattura che disarticolano l'ammasso. Le famiglie di frattura individuate presentano orientazioni variabili, rispettivamente immergenti verso SSW (J1), WNW (J2), NNE (J3).

In alcuni affioramenti, esposti lungo la SS 685, si rileva la presenza di strutture plicative da decimetriche a metriche e livelli brecciati di spessore variabile da decimetrico a metrico, associate a lineamenti tettonici (faglie). La stratificazione è condizionata dalla presenza di strutture plicative e dai lineamenti tettonici, presenta giaciture variabili, mediamente immergenti verso NE.

Relazione Geologica e Idrogeologica



Figura 10 – Affioramento roccioso: Scaglia Rossa (Turoniano inferiore - Eocene medio); in evidenza faglia, discontinuità tettonica con associate breccie e gauge.

Si riconoscono lineamenti tettonici in corrispondenza degli affioramenti ubicati lungo l'attuale carreggiata a Pk 0+700 circa e lungo l'impluvio che sovrasta l'abitato di Piedipaterno (Pk 1+195 circa). Alla scala dell'affioramento sono visibili lungo i piani di faglia strie e fibre di calcite (tettoglifi); per queste strutture sono stati valutati angoli di pitch maggiori di 45°, indicatori di una componente dominante di dip-slip, normale.

Questa tratta di tracciato attraversa inoltre settori caratterizzati da depositi gravitativi; in particolare tra Pk 0+225 e Pk 0+500 circa si riconoscono detriti di falda organizzati in conoide che presentano, in corrispondenza dell'asse del tracciato, spessori stimati variabili da 2 m a 6 m circa. Tali depositi sono caratterizzati da granulometria variabile, da ben classati a fortemente eterometrici, con clasti a spigoli vivi o sub-angolosi, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati.

Relazione Geologica e Idrogeologica



Figura 11 – Detriti di falda/conoide misto; depositi a granulometria variabile, eterometrici con clasti a spigoli vivi, rinvenuti l'ungo il tracciato a Pk 0+300 circa

Tra Pk 0+590 e Pk 0+725 circa, in prossimità dell'impluvio, nominato Fosso di Brigliano si riconosce un conoide misto, caratterizzato dalla presenza da depositi detritici da debris flow e depositi alluvionali, che presentano, in corrispondenza dell'asse del tracciato, spessori variabili da 1 a 3-4 m circa. Rappresentano depositi eterometrici caratterizzati da granulometria variabile, costituiti da blocchi, ciottoli talvolta grossolani e ghiaia in matrice sabbioso-limosa.



Figura 12 – Depositi di conoide misto rinvenuti in prossimità del Fosso di Brigliano (Pk 0+600 circa)

Relazione Geologica e Idrogeologica

Da Pk 0+725 a Pk 1+350 (fine dell'abitato di Piedipaterno) il tracciato attraversa i depositi della piana alluvionale del F. Nera. Questi depositi fluviali sono caratterizzati da eterogeneità sia litologica che granulometrica, costituiti da prevalenti ghiaie e sabbie sciolte con blocchi e ciottoli arrotondati. Lo spessore dei depositi in questo settore si stima variabile tra 3 e 5m circa.

In corrispondenza dell'abitato di Piedipaterno, approssimativamente tra Pk 1+050 e Pk 1+350, interdigitati ai depositi alluvionali si ritrovano i depositi gravitativi della frana di Piedipaterno (indicata nel PIA con codice UM 232).

La frana è costituita da più tipologie di cinematismi, che danno luogo ad un fenomeno complesso costituito da frane per crollo, frane di scivolamento, che si verificano per lo più alla sommità del versante, e colate detritiche (debris flow) che si sviluppano nella porzione centrale e terminale del corpo franoso.



Figura 13 – Parete rocciosa (Scaglia Rossa) soggetta a frane di crollo in località Piedipaterno; Foto: ISPRA – Analisi del dissesto da frana in Umbra (A. Boscherini, G. Felicioni, B. Mencaroni, G. Natale, A. Sorrentino, 2006).

Nella porzione sommitale del versante in frana il substrato roccioso è riferibile alle unità della Scaglia Rossa, in contatto tettonico con l'unità del Bisciario e della Scaglia Cinerea. La porzione centrale e terminale del corpo di frana, interessa le unità della Scaglia Variegata e della Scaglia Rossa.

Nel complesso le scarpate rocciose individuate all'interno ed ai bordi del fenomeno franoso risultano disarticolate, impostate su lineamenti tettonici a carattere regionale o strutture minori ad esse associate. La frana infatti si localizza in una zona d'intersezione di lineamenti tettonici regionali in cui si è avuta una forte concentrazione della deformazione e produzione di detriti.

Il materiale detritico prodotto, viene mobilizzato per lento scivolamento lungo superfici multiple impostate entro il detrito stesso e, verosimilmente a contatto tra il substrato intensamente fratturato e il materiale detritico.

A livello superficiale il fenomeno franoso si manifesta, in concomitanza a periodi di intense precipitazioni, attraverso colate detritiche (debris flow). Tali fenomeni si attivano lungo tratti di versante non incanalati, lungo l'asta del Fosso Lagarelle (che attraversa l'abitato di Piedipaterno) e nei tratti di versante caratterizzati dalla presenza di altri impluvi minori.

L'espressione morfologica dei fenomeni di debris flow è rappresentata in particolare dal cono di deiezione presente alla base del versante su cui è collocato sia l'abitato di Piedipaterno sia una porzione del tracciato in progetto (da Pk 1+050 a Pk 1+350). L'apporto continuo di materiale detritico, prodotto dal disfacimento del versante, comporta l'aumento di carico lungo lo stesso e, in associazione ai fattori esogeni, tende a mutare gli equilibri di stabilità della massa detritica con conseguente formazione di repentini fenomeni di debris flow.

I settori di versante soggetti a parossismi tipo debris flow (settore centrale e terminale del versante) sono classificati dal PAI come quiescenti, con classe di rischio molto elevato (R4). La restante porzione di versante (settore sommitale), soggetta a fenomeni di scivolamento, viene definita anch'essa come quiescente.

8.2 TRATTO COMPRESO TRA PK 1+350 E PK 3+550 (FINE TRACCIATO IN PROGETTO)

In uscita dal centro abitato, tra Pk 1+350 e Pk 1+700 è riconoscibile un ampio settore caratterizzato da pareti rocciose, riferibili alla Scaglia Rossa, che originano frane per crollo, incombenti sul tracciato stradale in progetto. Questo settore di versante in frana, codificato da PAI con codice UM 233, è classificato come quiescente, con classe di rischio molto elevato (R4). In questo settore sono state installate reti in aderenza e barriere paramassi, in adiacenza all'attuale corpo stradale, sia lungo il versante sia a ridosso delle pareti rocciose.

In questo settore si riconosce un ammasso roccioso alterato, da fratturato a molto fratturato, caratterizzato da quattro famiglie principali di frattura. Le fratture si presentano generalmente aperte, a luoghi riempite da materiale. La stratificazione, orientata a franapoggio, presenta giaciture variabili, mediamente immergenti verso NE.

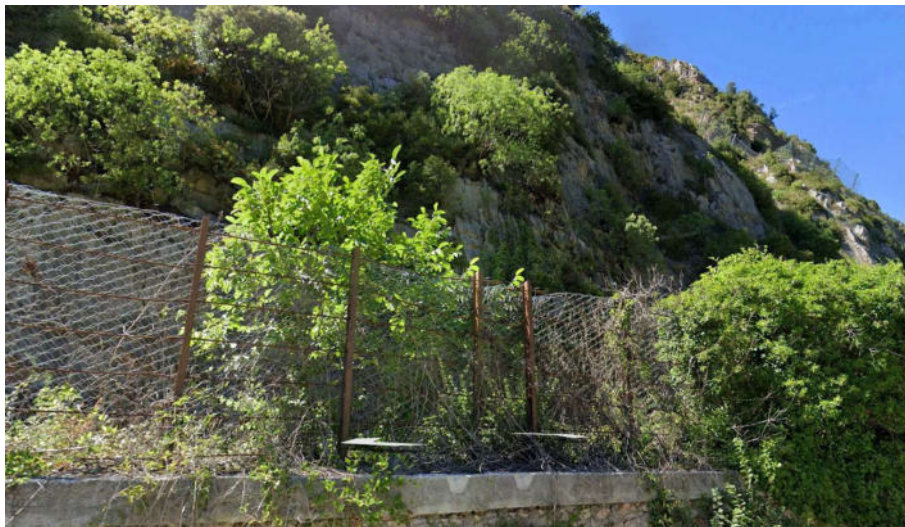


Figura 14 – Pareti rocciose riferibili alla Scaglia Rossa (Turoniano inferiore - Eocene medio) soggette a fenomeni di crollo (codice PAI UM 233), protette con reti in aderenza e barriere paramassi, Pk 1+650.

In continuità al settore descritto, da Pk 1+700 a Pk 1+790 circa, il tracciato attraversa depositi detritici di conoide. Questa forma geomorfologica, codificata da PAI UM 234, è classificata come quiescente, a rischio molto elevato (R4). I depositi di cui è composto il conoide risultano costituiti da ghiaia con ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa. Ciottoli e blocchi, sub-arrotondati, risultano localmente embricati.

Relazione Geologica e Idrogeologica



Figura 15 – Pareti rocciose riferibili alla Scaglia Rossa (Turoniano inferiore - Eocene medio) soggette a fenomeni di crollo (codice PAI UM 233), protette con reti in aderenza e barriere paramassi, Pk 1+650.

Per questo settore non si può escludere una possibile evoluzione parossistica attraverso colate detritiche (debris flow), in concomitanza a periodi di intense precipitazioni.

Da Pk 1+790 a Pk 1+925 il PAI evidenzia la presenza di pareti rocciose con distacco di blocchi (frane per crollo attive) in corrispondenza dell'asse del tracciato. In questo settore sono state installate reti in aderenza e barriere paramassi, in adiacenza all'attuale corpo stradale, sia lungo il versante sia a ridosso delle pareti rocciose.

Relazione Geologica e Idrogeologica



Figura 16 – Pareti rocciose riferibili Scaglia Rossa (Turoniano inferiore - Eocene medio) con possibile distacco di blocchi

Da Pk 2+070 a Pk 2+160 circa il tracciato attraversa i depositi detritici della conoide attiva (secondo PAI) del Rio Montefiorello. Anche per questo settore non si può escludere una possibile evoluzione parossistica attraverso colate detritiche (debris flow), o la caduta massi dalle pareti rocciose che delimitano l'impluvio del Rio Montefiorello e che sovrastano il tracciato stradale. I depositi di cui è composto il conoide risultano costituiti da ghiaia con ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa. Ciottoli e blocchi, sub-arrotondati, risultano localmente embricati.



Figura 17 – Depositi detritici della conoide del Rio Montefiorello; costituiti da blocchi e ciottoli con ghiaia in matrice sabbiosa

Relazione Geologica e Idrogeologica

Da Pk 2+400 a Pk 2+530 circa il tracciato attraversa depositi di conoide/depositi alluvionali (terrazzo fluviale). Questi depositi, ben evidenti lungo la scarpata sub-verticale creata a seguito del taglio stradale attuale, sono composti da ciottoli e blocchi con ghiaia in matrice sabbioso limosa, in precario stato di equilibrio. In questo settore sono state installate reti in aderenza sui depositi, ed a monte della scarpata, sono presenti barriere paramassi.



Figura 18 – Terrazzo alluvionale caratterizzato da ciottoli e blocchi da sub-arrotondati ad arrotondati con ghiaia in matrice sabbioso limosa.

Da Pk 2+530 a Pk 2+800 le rocce affioranti, riferibili all'unità della Scaglia Rossa, sono caratterizzate da un grado di fratturazione da medio a elevato, presentano stratificazione pervasiva, ben evidente, a luoghi condizionata dalla presenza di strutture plicative blande.

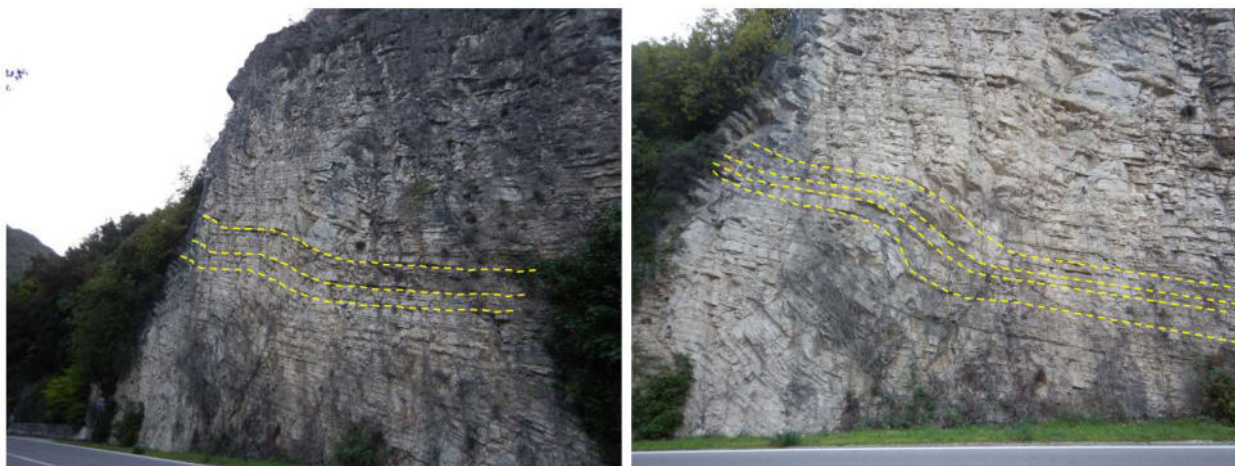


Figura 19 – Pareti rocciose riferibili alla Scaglia Rossa (Pk da 2530 a 2+600 circa); in evidenza blande pieghe che deformano la stratificazione (in giallo).

Relazione Geologica e Idrogeologica

Dall'analisi geostrutturale condotta sugli affioramenti (rilievi strutturali: RS_01 e RS_07) si definisce un ammasso roccioso caratterizzato da tre a quattro superfici di discontinuità principali, persistenti, generalmente aperte e con ridotta spaziatura.

Nell'area si riconoscono inoltre due sistemi di faglia principali. Il primo, individuabile in prossimità dell'impluvio/ Fosso Pampaneggia, presenta giacitura immergente verso NNE e risulta caratterizzato dalla presenza di breccie e cataclasiti cementate. Il secondo, individuato lungo le pareti rocciose che bordano la strada, procedendo in direzione loc. l'Eremita, è immergente verso WNW e risulta caratterizzato da spessori variabili tra 30-80 cm di gauge, breccie e materiali residuali.

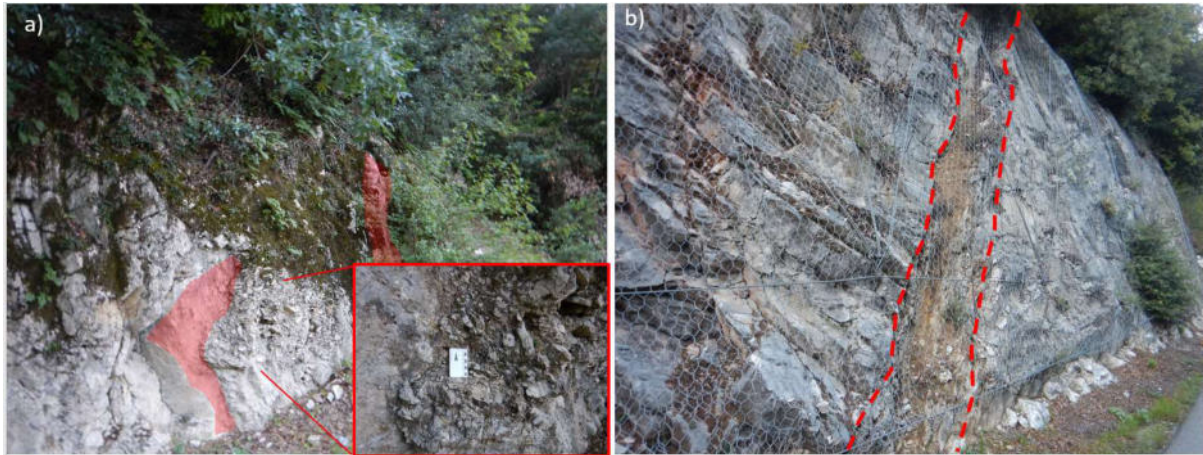


Figura 20 – Affioramenti rocciosi riferibili alla Scaglia Rossa (Turoniano inferiore - Eocene medio). a) Piano di faglia immergente verso NNE (evidenziato con superficie rossa), caratterizzato da breccie di faglia (riquadro rosso); b) Piano di faglia immergente verso WNW, caratterizzato da breccie e gauge/ materiali residuali.

Da Pk 2+800 a Pk 2+900, in prossimità del cimitero di Loc. Eremita, il tracciato attraversa la conoide detritica attiva del Fosso di Rocca. Anche per questo settore non si può escludere una possibile evoluzione parossistica attraverso colate detritiche (debris flow), o la caduta massi dalle pareti rocciose che delimitano il fosso.

In questo settore, in prossimità della chiesa del cimitero, è stato installato un piezometro, il cui livello piezometrico, misurato durante il sopralluogo in data 19.10.2022, è risultato pari a -9,20 m da p.c.



Figura 21 – Vista dell'impluvio e conoide detritico de Fosso di Rocca e ubicazione del piezometro, fronte chiesa in località l'Eremita.

Relazione Geologica e Idrogeologica

In continuità al settore descritto, da Pk 2+900 a 3+250 circa, il tracciato in allargamento attraversa un ammasso roccioso disarticolato e caratterizzato da frane per crollo, descritte dal PAI come fenomeni quiescenti.

Gli affioramenti, visibili percorrendo l'attuale carreggiata stradale sono riferibili all'unità della Scaglia Rossa. Dall'analisi strutturale condotta sulle pareti rocciose (rilievi geostrutturali: RS_02; SR_03; RS_06 - v. Relazione sui rilievi geologici e geologico strutturali di dettaglio, cod. el. T00-GE00-GEO-RE03-A), risulta un ammasso fratturato e moderatamente alterato, caratterizzato mediamente da quattro sistemi di discontinuità principali con ad elevata persistenza. Le fratture, generalmente aperte, risultano in larga parte riempite da materiali residuali.

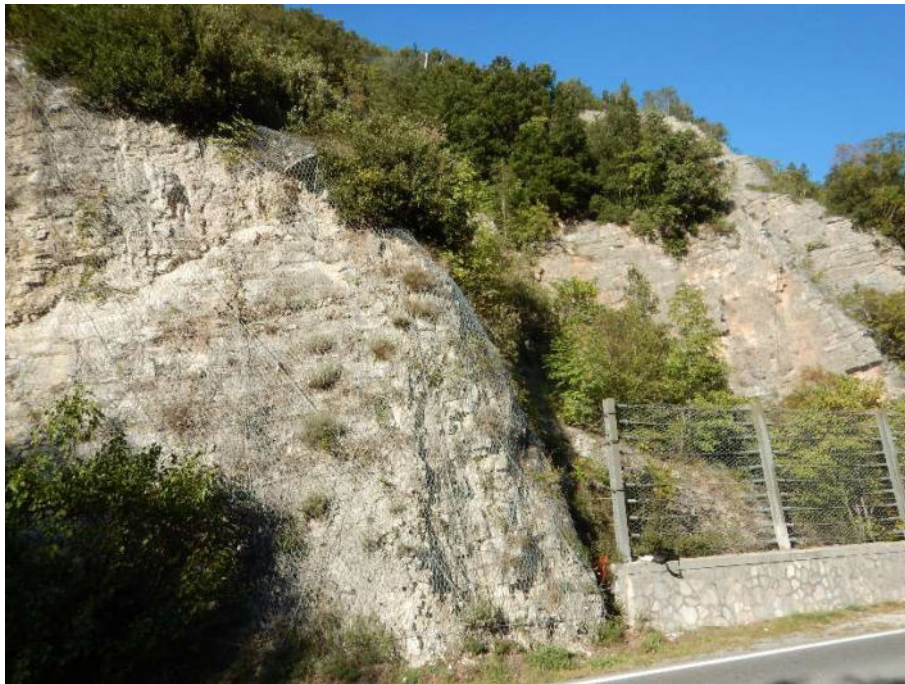


Figura 22 – Pareti rocciose riferibili alla Scaglia Rossa (Pk 3+000 circa)

In questo settore sono state installate reti in aderenza alle pareti e barriere paramassi l'ungo il cordolo della carreggiata attuale.

Da Pk 3+250 a Pk 3+550 (fine tracciato) il tracciato attraversa un settore caratterizzato da falde detritiche, ovvero depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classati a fortemente eterometrici. Clasti a spigoli vivi o sub-angolosi, in accumuli massivi.

Relazione Geologica e Idrogeologica



Figura 23 – Settore di fine tracciato (Pk 5+500 circa); pareti rocciose con alla base falda detritica vegetata a bosco.

In questo settore, in prossimità del ciglio dell'attuale carreggiata sono presenti barriere paramassi.

In questo settore il PAI non individua criticità geomorfologiche, legate a fenomeni di dissesto gravitato. Tuttavia non si può escludere, data l'ingente presenza di detriti lungo il versante prospiciente la carreggiata stradale, che si possano verificare fenomeni gravitativi tipo colate detritiche (debris flow) e/o scivolamenti roto-traslativi dei corpi detritici lungo questo tratto di versante.

9. CONCLUSIONI

A conclusione degli elementi trattati, in questo capitolo si riassumono le principali potenziali criticità geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche per il progetto.

9.1 CRITICITÀ GEOLOGICHE

Dal punto di vista geologico, in relazione all'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale non si rilevano particolari criticità.

Sicuramente, un elemento di attenzione è rappresentato dalla eventuale presenza all'interno delle formazioni calcaree cenozoiche (SAA, SBI e MAI) di vuoti e cavità carsiche. Le rocce a prevalente componente calcarea possono subire il fenomeno del carsismo, ovvero la dissoluzione chimica operata dalle acque naturali (acque di precipitazione meteorica, acque provenienti da corsi d'acqua) su rocce solubili.

L'eventuale presenza di vuoti o cavità, influenzerebbe in modi complessi i caratteri idrologici e idrogeologici; di conseguenza l'interpretazione dei parametri idrogeologici ai fini progettuali presenterebbe una notevole complessità. Parametri idrogeologici quali la porosità e la permeabilità vanno definiti caso per caso, in funzione dell'evoluzione del grado di carsismo e della sua influenza sull'idraulica sotterranea.

Nell'area studiata, in particolare all'interno del complesso a prevalente componente calcareo (Scaglia CI-C), è possibile distinguere la porosità dovuta a fratturazione tettonica, a giunti di strato, generalmente colmi di materiali residuali, dai possibili vuoti carsici più pronunciati. Questi ultimi, se effettivamente presenti nell'ammasso roccioso possono rappresentare una criticità geologica da attenzionare durante la progettazione delle principali opere che costituiscono il progetto.

Le osservazioni geologiche di terreno, effettuate nel mese di ottobre 2022, non hanno evidenziato la presenza di forme carsiche in superficie o la presenza di cavità negli ammassi rocciosi; tuttavia è importante chiarire che il "rischio da cavità" durante le fasi realizzative, nella litologia interessata dal tracciato in allargamento (SAA), non può essere rimosso in anticipo in maniera totale. Come non si potrà mai escludere, in anticipo, che le opere da realizzare siano interessate da fenomeni non rilevati oppure non riconosciuti nella loro reale estensione e portata.

In casi particolari, potrà quindi trattarsi, di prevedere interventi quali:

- Scavi e riprofilature;
- Riempimenti;
- Rinforzo di fondazioni;
- Nuove tipologie di fondazioni.

9.2 CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE

Le caratteristiche geomorfologiche dell'area in esame: elevata energia di rilievo, abbondanza di coperture detritiche, assetto strutturale complesso (abbondante presenza di strutture tettoniche. Ad es. piani di faglia, anche distensivi) e la presenza di frane quiescenti accertate, evidenziano la propensione del territorio a fenomeni erosionali e di dissesto.

Come ampiamente descritto nei capitoli 5 e 8, l'opera in progetto, ubicata al piede del versante orientale del M. Galenne, risulta interessata in diversi punti del tracciato da differenti tipologie di fenomeni gravitativi.

Di seguito, in tabella, si riposta la sintesi dei fenomeni gravitativi individuati lungo il tracciato, con riferimento allo specifico stato di attività ed eventuale classe di rischio definito dal PAI.

Id	PK		Tipologia dissesto	Stato di attività	Classe di rischio
	approssimativa da [m]	a [m]			
001	0+225	0+500	Conoide/cono detrito	-	-
002	0+590	0+725	Conoide/cono detrito	-	-
003	1+050	1+350	Colamento rapido (in detriti)/debris flow	Quiescente	R4 molto elevato
004	1+350	1+700	crollo/ribaltamento	Quiescente	R4 molto elevato
005	1+700	1+790	Colamento rapido (in detriti)/debris flow	Quiescente	R4 molto elevato
006	1+825	1+925	Aree con crolli/ribaltamenti diffusi (IFFI); Falda o cono detrito (PAI)	Attivo	-
007	2+070	2+160	Falda o cono detrito (PAI)	Attivo	-
008	2+400	2+465	Conoide/cono detrito	-	-
009	2+800	2+900	Falda o cono detrito (PAI)	Attivo	-
010	2+900	3+550	Aree con crolli/ribaltamenti diffusi (IFFI)	Quiescente	-

La riattivazione di tali fenomeni non è da escludere, in particolare durante periodi caratterizzati da precipitazioni eccezionali prolungate, scosse sismiche e durante i periodi stagionali gelo/disgelo.

Ai fini della salvaguardia delle opere da realizzare, si evidenziano nel seguito le tipologie degli interventi di difesa idonei a salvaguardare il tracciato in progetto dal rischio di dissesto idrogeologico.

Le opere di difesa dal distacco e dalla caduta di masse rocciose hanno lo scopo di intercettare ed arrestare i blocchi in caduta lungo il versante. Per questo motivo è opportuno che gli interventi vengano realizzati lungo il percorso dei blocchi o in corrispondenza dei punti di maggior criticità del pendio.

Le tipologie di interventi di protezione sono distinte in:

- pere ATTIVE: intervengono all'origine del problema provvedendo ad impedire il distacco degli elementi lapidei dal versante;
- Opere PASSIVE: intercettano o deviano i massi che si siano mobilizzati con interventi localizzati prevalentemente alla base dei pendii o delle pareti rocciose.

Tra gli interventi di difesa attiva applicabili al caso in studio possiamo elencare:

- Interventi che modificano la geometria del versante;
- Interventi che modificano la resistenza meccanica;
- Interventi che agiscono sulla superficie dell'ammasso roccioso per proteggerlo contro l'alterazione.

Le difese di tipo passivo applicabili al caso in studio si distinguono in:

- Riprofilatura del versante con la creazione di berme intermedie;
- Installazione di barriera paramassi a rete con diverse tecnologie di smorzamento dell'energia cinetica dei blocchi;
- Muri di protezione;
- Gallerie artificiali;
- Rilevati in terra (rinforzata o non rinforzata), scogliere, terre armate, muri cellulari

- Reti in aderenza e rafforzamenti corticali.

9.2.1 Interventi che modificano la geometria del versante

Lo scopo di una variazione della geometria di un fronte di scavo o di un fronte naturale è la riduzione delle forze instabilizzanti e/o l'eliminazione di volumi di roccia instabili di varia grandezza. Gli interventi attuabili di questo tipo sono:

- La riprofilatura di un versante intero (con rimodellazione con l'uso di esplosivo o abbattimento meccanico);
- La rimozione di singoli grandi volumi rocciosi instabili mediante operazioni manuali;
- Il disaggancio sistematico di piccoli elementi rocciosi (intervento tra i più diffusi).

La riprofilatura di un versante richiede un'attenta valutazione delle forze instabilizzanti agenti sui cinematismi generati dalle discontinuità, controllando che esse siano ridotte aumentando adeguatamente il coefficiente di sicurezza e che la geometria risultante sia stabile a lungo termine.

Il disaggancio dalle pareti rocciose di blocchi di varia grandezza consiste nella rimozione di elementi instabili o potenzialmente instabili presenti in parete, al ciglio, o accumulatisi nelle berme intermedie.

Queste due tipologie di intervento nei casi più semplici possono essere eseguite manualmente ma se la situazione è più gravosa come nel caso in oggetto (grossi volumi di roccia da rimuovere o pendii particolarmente acclivi) necessitano dell'utilizzo di mezzi di operazione meccanici o di esplosivi.

In questo ultimo caso la progettazione dell'intervento deve essere molto accurata, al fine di dimensionare correttamente sia il tipo e la quantità dell'esplosivo impiegato sia le modalità di brillamento delle cariche. L'uso di ridotti quantitativi di esplosivo per carica è fondamentale per ridurre quanto più possibile le vibrazioni sulle pareti circostanti, nonché evitare un ulteriore destabilizzazione del versante.

9.2.2 Interventi che modificano la resistenza meccanica del versante

Il principio di base di questa tipologia di interventi è l'inserimento nel volume roccioso instabile di elementi esterni che contribuiscono ad aumentarne la stabilità. La scelta dell'elemento di sostegno dipende dalle caratteristiche geomeccaniche e dal livello di instabilità del versante. Questo tipo di interventi è consigliabile nei casi in cui l'ammasso roccioso abbia un elevato grado di fessurazione interna.

In tali casi infatti, attraverso l'inserimento di chiodi, bulloni, o tiranti, la forza destabilizzante che si sviluppa sulla superficie di discontinuità a causa dello scivolamento verso valle del volume critico viene equilibrata.

Si può ricorrere anche ad iniezioni nell'ammasso roccioso di miscele appositamente realizzate (sospensioni, soluzioni, emulsioni) che ripristinano la continuità materiale in corrispondenza dei vuoti aumentandone la resistenza meccanica.

Un'ulteriore metodologia di difesa contro l'instabilità dei blocchi lapidei è la realizzazione di una copertura superficiale di calcestruzzo spruzzato (Spritz Beton), che impedisce il distacco dei volumi instabili e costituisce una protezione contro gli agenti atmosferici. L'utilizzo di "spritz beton" rappresenta un sistema efficace che comporta tuttavia un forte impatto visivo nel contesto dell'ambiente, naturale o urbano, circostante.

9.2.3 Interventi che agiscono sulla superficie dell'ammasso roccioso per proteggerlo contro l'alterazione

Come noto gli agenti atmosferici rappresentano un elemento destabilizzante nei confronti dell'equilibrio di un versante roccioso, e per questo anche un pendio in condizioni geostatiche non preoccupanti può

venire a trovarsi in condizioni critiche se particolarmente esposto a gli agenti atmosferici. Le opere di protezione dall'alterazione sono messe in opera principalmente per tre obiettivi:

- Porre l'infiltrazione ed il ruscellamento delle acque meteoriche sotto controllo tramite impermeabilizzazioni superficiali, rivegetazione delle superficie dell'ammasso o costruzione di sistemi drenanti, di raccolta e smaltimento delle acque;
- Impedire o limitare l'azione degli agenti esterni quali vento, pioggia e gelo mediante impermeabilizzazioni, protezione con manto naturale di vegetazione o protezione con manto artificiale (per esempio usando calcestruzzo proiettato);
- Impedire l'insacco di fenomeni di rottura progressiva dalla superficie verso l'ammasso, con l'uso di reti in aderenza ad anelli oppure maglia esagonale, sia semplici sia doppia trazione, eventualmente rinforzate con reticolo di fune, o anche con reti in pannelli di fune, calcestruzzo proiettato (semplice o fibrorinforzato) o interventi di chiodatura diffuse. Le reti in aderenza a maglia esagonale, semplici o a doppia trazione, sono le opere più diffuse.

Le reti sono usate essenzialmente per guidare piccoli blocchi di roccia verso il piede del pendio, ed evitarne il crollo sulle vie di transito. In questo senso svolgono un ruolo di tipo passivo; quando invece la rete metallica viene ancorata saldamente al versante in più punti e posta in tensione, essa contribuisce anche ad evitare ulteriori distacchi di porzioni rocciose, svolgendo così una funzione attiva. In questo caso si parla di rafforzamenti corticali.

9.2.4 Sistemi di difesa passiva

Possiamo distinguere tre fondamentali tipi di intervento:

- Valli e rilevati paramassi
- Gallerie paramassi
- Barriere paramassi

Valli e i rilevati paramassi sono fra i metodi di difesa passiva più efficaci ed economici oggi a disposizione. Il rilevato è costituito da un terrapieno a sezione trapezia realizzato con materiale grossolano, incoerente, proveniente dallo scavo del vallo o reperibile in zona. Il sistema può essere, completato da uno scavo sagomato (vallo), posto immediatamente a monte dello stesso. Il vallo, il cui fondo è ricoperto da uno strato di materiale sciolto assorbente, assolve la duplice funzione di smorzare l'energia cinetica dei massi e dei blocchi prima che questi raggiungano le pareti del rilevato, e di raccogliere il materiale detritico intercettato. Sulla sommità del rilevato è spesso installata una barriera elastica paramassi (rete metallica) la cui funzione è quella di intercettare frammenti rocciosi o piccoli massi che potrebbero superare la struttura difensiva.

Le gallerie artificiali sono opere utilizzate nelle zone dove non sono realizzabili altre forme di protezione più economiche. Sono generalmente realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera o in elementi prefabbricati in calcestruzzo ad alta resistenza. Il lato valle della struttura è aperto ed è formato dai pilastri di sostegno della volta, mentre sul lato monte a contatto con la parete viene realizzato un muro di controripa. Molto spesso sulla copertura della galleria è posto uno strato di materiale detritico che, oltre a favorire lo sviluppo della vegetazione spontanea, ha la funzione di assorbire gli impatti di grossi blocchi e massi, caduti o rotolati giù dalle scarpate, che potrebbero causare gravi danni alla struttura della volta. Nelle zone dove questo rischio è più elevato, la galleria è completata dalla realizzazione, sul versante a monte, di barriere elastiche paramassi.

Le barriere paramassi a rete si collocano tra gli interventi di difesa passivi e stanno diventando l'intervento più frequentemente utilizzato, questo grazie alla notevole evoluzione tecnologica dovuta ad una maggiore attenzione degli studiosi ai problemi di carattere progettuale e costruttivo. Esse possono

essere installate anche in versanti molto inclinati, ed i livelli energetici di applicazione vanno da 100kJ a 5000kJ.

In funzione del loro comportamento fisico, dei materiali e delle modalità costruttive si possono distinguere due tipi principali di strutture: barriere paramassi rigide e barriere paramassi elastiche.

Le prime sono strutture poco deformabili, pesanti e di grandi dimensioni, capaci di opporsi con notevoli forze resistenti agli impatti. Il loro dimensionamento tiene conto in fase di progettazione della sollecitazione dinamica indotta dall'impatto di un "masso di progetto". Generalmente sono realizzate in calcestruzzo armato, con o senza contrafforti, opportunamente ancorati al terreno stabile con micropali o tiranti di ancoraggio. Al disopra dei muri, nei punti più critici, spesso è installata una barriera semi-rigida formata da pannelli di elementi metallici o da reti metalliche.

Le barriere paramassi elastiche sono strutture deformabili, leggere con elementi altamente resistenti, formati da materiali di alta qualità e durata. La leggerezza della struttura, la semplicità, la rapidità di installazione e di manutenzione, consentono di eseguire l'intervento anche in zone montuose di difficile accessibilità.

9.3 CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE

Le campagne d'indagine considerate nell'attuale fase di studio hanno permesso di individuare il livello di falda lungo il tracciato. Nella zona d'indagine la falda presenta livello piezometrico posto a profondità variabile tra 7 e 11 m dal piano campagna.

La falda dove intercettata, presenta un andamento regolare, connesso con la buona permeabilità dell'acquifero carbonatico che la contiene. Il deflusso sotterraneo è orientato verso il fondovalle.

Le opere in progetto non interferiscono direttamente con la falda freatica presente nel substrato roccioso e dei depositi detritici in quanto sono diversi metri al di sopra della superficie piezometrica.

In ogni caso l'acquifero individuato è caratterizzato da elevata vulnerabilità, in particolare per le caratteristiche di permeabilità dei terreni in cui è collocato; pertanto, in fase di realizzazione delle opere sarà necessario adottare specifici interventi atti alla loro salvaguardia.

Un ulteriore elemento critico sul territorio è rappresentato F. Nera, che può essere affetto da fenomeni di esondazione fluviale in occasione di abbondanti rovesci o periodi di piogge persistenti.

Le interferenze con il tracciato in studio con il reticolo idrografico sono evidenziate nell'elaborato T00-ID00-IDR-PL01-A - Planimetria delle aree di pericolosità idraulica del PAI e descritte nella relazione idrologica e idraulica (cod. el. T00-ID00-IDR-RE01-A).