CONSORZIO DI BONIFICA SUD

Bacino Moro - Sangro - Sinello e Trigno

Via S. Antonio Abate

66054 VASTO (Ch)

DIGA DI PONTE CHIAUCI SUL FIUME TRIGNO

Opere di completamento

- 1° Intervento -

PROGETTO ESECUTIVO

Lotto 9

- Sistemazione ammasso roccioso -

Allegato N°

3

RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA

STUDIO

C.& S. Di Giuseppe Ingegneri Associati Srl

Via Cavour, 45
66010 Palombaro (Ch)
Tel. 0871/895660 fax 0871/895218
e-mail: info@c-sdigiuseppe.com
Homesite: www.c-sdigiuseppe.com

ACCREDIA

ABICert l'ente di certificazione UNI EN ISO 9001:2008 Certificato n. QBC151

ABICert l'ente di certificazione UNI EN ISO 14001:2004 Certificato n. ABC033

ABICert l'ente di certificazione BS OHSAS 18001:2007 Certificato n. SBC004

PROGETTAZIONE E DIREZIONE LAVORI

C. & S. DI GIUSEPPE
INGEGNERI ASSOCIATI S.r.l.
D.T.: Dott. Ing. Sante DI GIUSEPPE

GEOLOGO

Geol. Domenico PELLICCIOTTA
Via Quadroni, 117 - 66040 Perano (CH)

APPROVAZIONI

IL R.U.P.
Geom. Michele MAGNACCA

Il Commissario

SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO

Progetto: 549

Committente: Consorzio Bonifica Sud

Numero: 549 E A 03 Revisione 01

ELABORATO DA:
data

VERIFICATO DA:
data

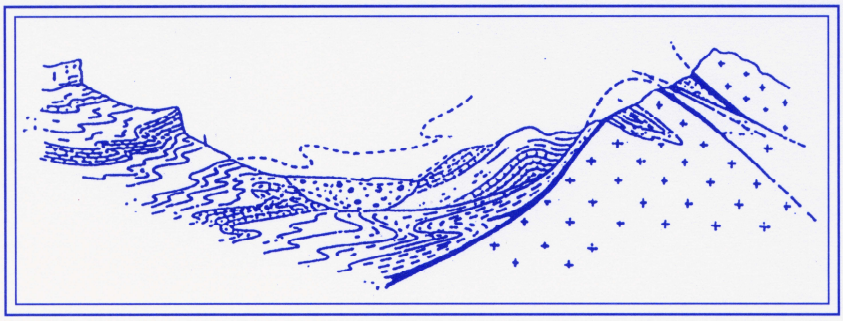
Risultato verifica 1 2 3

DATA Dicembre 2016

GEOPROGETTI
Dott. Geol. Pellicciotta Nando
Dott. Geol. Pellicciotta Domenico

- CONSULENZA GEOLOGICA
- SONDAGGI GEOGNOSTICI
- IDROGEOLOGIA
- INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO
- GEOTECNICA

Via Quadroni, 117 - 66040 **PERANO** (Chieti) - Tel. e Fax 0872 856019 - Cell. 347.9533083 - 335.6282122 - e-mail: geoprogetti@interfree.it



REGIONE *MOLISE*	***COMUNE DI*** ***CHIAUCI***	**PROVINCIA DI** ***ISERNIA***

ALL. 3	***RELAZIONE GEOLOGICA – IDROGEOLOGICA – GEOMECCANICA***
Progetto:	DIGA DI PONTE CHIAUCI SUL FIUME TRIGNO Opere di completamento *Lotto n°9 – Sistemazione ammasso roccioso.*

COMMITTENTE: *CONSORZIO DI BONIFICA SUD*

Geol. Domenico PELLICCIOTTA

INDICE:

- *CAP.1 - INTRODUZIONE 3*
- *CAP.2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE 4*
- *CAP.3 - CARATTERI GEOLOGICI LOCALI 7*
- *CAP.4 – CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI 10*
- *CAP.5 – CARATTERI GEOMORFOLOGICI LOCALI - PAI 11*
- *CAP.6 – IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA 14*

6.1 – Aspetti generali 14

6.2 – Caratteri locali 14

- *CAP.7 – RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO 16*
- *CAP.8 – MECCANICA DELLE ROCCE E RILIEVO TECNICO 17*

8.1 – Metodo di analisi 17

8.2 – Caratteristiche dei giunti 18

8.3 – Parametri relativi ai giunti 18

8.4 – Metodi di determinazione dei parametri 22

8.5 – Classifica degli ammassi rocciosi 23

8.6 – Rilevamento tecnico 24

- *CAP. 9 - INDAGINI GEOGNOSTICHE 27*

9.1 – Scopo delle indagini 27

9.2 – Mezzi d'indagine 27

- *CAP.10 – CONSIDERAZIONI CONLUSIVE 31*

10.1 – Sintesi delle caratteristiche del sito 31

ALLEGATI:

CARTA TECNICA REGIONALE ..... *SCALA 1:5.000*

CARTA GEOLOGICA(FOGLI 1:100.000) ..... *SCALA 1:50.000*

CARTA GEOLOGICA(PROGETTO CARG) ..... *SCALA 1:25.000*

CARTA GEOLOGICA(RILIEVO IN SITO) ..... *SCALA 1:1.000*

PERICOLOSITA' DA FRANA E DA VALANGA ..... *SCALA 1:25.000*

PROGETTO IFFI ..... *SCALA 1:25.000*

CARTA GEOMORFOLOGICA(IFFI) ..... *SCALA 1:5.000*

CARTA GEOMORFOLOGICA (RILIEVO IN SITO) ..... *SCALA 1:1.000*

SEZIONI GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICHE ..... *SCALA 1:1.000*

PERICOLOSITA' IDRAULICA ..... *SCALA 1:10.000*

RISCHIO IDRAULICO ..... *SCALA 1:10.000*

STRALCIO CATASTALE ..... *SCALA 1:2.000*

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

STRATIGRAFIE SONDAGGI GEOGNOSTICI

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

CAP.1 - INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono esaminate le caratteristiche geologiche, strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche di un'area interessata dal progetto ***"Lavori di completamento della diga di Ponte Chiauci – LOTTO n. 9 – Sistemazione ammasso roccioso".*** Gli interventi in progetto insistono nel territorio del comune di Chiauci in provincia di Isernia.

Il progetto prevede una serie di interventi finalizzati alla sistemazione e messa in sicurezza di un ammasso roccioso a valle della diga di Chiauci.

Lo scopo dello studio è quello di fornire al tecnico progettista un quadro particolareggiato dell'assetto geologico-geotecnico dell'area, con particolare riferimento alle caratteristiche litologiche e geotecniche esistenti nell'area.

In allegato al progetto definitivo, quindi, è stato redatto uno studio in cui sono raccolti gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici del sito in esame, con un accenno alle indagini geognostiche eseguite per la caratterizzazione geomeccanica del sottosuolo.

Lo studio si è svolto attraverso le seguenti fasi di lavoro:

- analisi della Letteratura specifica riguardante l'assetto regionale e locale;
- rilevamento geologico e geomorfologico di campagna;
- indagini geognostiche nel rispetto delle Norme tecniche dettate dal **D.M. 14 gennaio 2008**.

Quanto eseguito risponde a:

- **Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003** della Presidenza del Consiglio dei Ministri.
- **D.M. 14 GENNAIO 2008**.

CAP.2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La Regione Molise, pur essendo confinata in un territorio di limitata estensione (4438 km_2), è caratterizzata da una situazione geologica molto articolata e risultante nell'insieme complessa e di difficile interpretazione, sia per quanto attiene alle condizioni di superficie sia soprattutto per la geologia profonda.

La configurazione attuale è il risultato complessivo della continua evoluzione paleogeografica e dei notevoli sconvolgimenti tettonici che a più riprese, ma particolarmente nella fase parossistica dell'orogenesi appenninica (Mio-Pleistocene), hanno deformato e disarticolato le unità tettoniche preesistenti, complicandone ulteriormente la geometria dei rapporti e, successivamente, contribuito alla dislocazione dei diversi corpi geologici fino all'individuazione delle unità morfologiche attualmente presenti sul territorio.

Il territorio molisano è costituito esclusivamente da formazioni sedimentarie, gran parte delle quali, le più antiche, sono di ambiente marino, su di esse poggiano le più recenti formazioni di ambiente continentale. Le formazioni marine antiche appartengono a cinque unità litostratigrafiche, riferibili alle diverse situazioni paleoambientali che si sono succedute nei tempi geologici, a partire dal Trias fino al Pleistocene:

- PIATTAFORMA ABRUZZESE-CAMPANA: corrispondente ad un ambiente di Piattaforma Carbonatica caratterizzato da sedimentazione calcareo-dolomitica di età Trias-Cretaceo (Matese - Mainarde);
- ZONA DI TRANSIZIONE: corrispondente ad un ambiente di Scarpata e caratterizzato da sedimentazione calcareo-marnoso-selciosa, a partire dal Cretaceo fino al Miocene con notevoli apporti detritici della zona di piattaforma (M.ti di Venafro-Isernia; zona di Frosolone; zona di Sepino);

- BACINO MOLISANO: corrispondente ad un ambiente di sedimentazione di mare aperto e relativamente profondo, antistante la zona di scarpata e caratterizzato da una sedimentazione terrigena, prevalentemente argillitica alla base ed arenitica nella parte sommitale, che comprende la fascia delle medie valli del Trigno e del Biferno fino ai rilievi dei M.ti Frentani, di età Paleogene - Miocene superiore;
- AVANFOSSA PERIADRIATICA: corrispondente ad una profonda depressione allungata parallelamente alla linea di costa attuale, creatasi a partire dal Pliocene e caratterizzata da notevoli fenomeni di subsidenza, accompagnata da sedimentazione prevalentemente argilloso-sabbiosa, di età Plio-Pleistocene;
- PIATTAFORMA PUGLIESE: corrispondente alla zona di Avampaese e ad un ambiente neritico, con caratteri simili a quelli della Piattaforma Abruzzese-Campana; le formazioni carbonatiche della Piattaforma Pugliese non affiorano nel territorio molisano in quanto ricoperte dai sedimenti Plio-Pleistocenici di Avanfossa.

Il contesto geologico-strutturale è particolarmente complesso e non sempre chiaro, poiché fortemente condizionato da imponenti stress tettonici per lo più a carattere compressivo che hanno determinato una serie di deformazioni, accavallamenti e traslazione di masse rocciose, anche di notevolissime proporzioni, verso l'Avampaese, con complessiva contrazione spaziale. L'azione di tali forze orogenetiche è riflesso nell'attuale assetto geostrutturale rilevabile in superficie e, ad esse, sono da imputare la complessità dei rapporti geometrici tra le diverse unità litostratigrafiche, la più o meno suddivisione in blocchi delle masse litoidi, il disordine giaciturale delle masse prevalentemente argillitiche, nonché i caratteri strutturali di locale dettaglio delle singole formazioni.

Lo schema tettonico regionale proposto nella “Carta tettonica d’Italia” in scala 1:1.500.000 (CNR, 1980, PROGETTO FINALIZZATO GEODINAMICA), evidenzia come il territorio molisano sia attraversato da alcune importanti linee di dislocazione, ad andamento appenninico (NW-SE), corrispondenti a fronti di sovrascorrimento che hanno prodotto, durante l’orogenesi della catena, la sovrapposizione dei sedimenti calcareo-dolomitici della Piattaforma Abruzzese-Campana sulle successioni calcareo-marnoso-selciose della Zona di Transizione e, queste ultime, a loro volta si sono sovrapposte in contatto tettonico con i terreni flyschoidi alloctoni del complesso delle argille varicolori e con quelli dei flysch tardorogenici del Bacino Molisano. I terreni flyschoidi ricoprono in falda, almeno in parte, i più recenti sedimenti Plio-Pleistocenici dell’Avanfossa Periadriatica.

CAP.3 - CARATTERI GEOLOGICI LOCALI

Le caratteristiche geologiche dell'area sono state analizzate mediante la Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000 e scala 1:50.000 – progetto CARG), mentre le caratteristiche litologiche sono state desunte da sopralluoghi effettuati nel sito in esame.

Le carte geologiche utilizzate sono state il foglio *153 AGNONE* e il foglio *161 ISERNIA* in scala 1:100.000 e il foglio *393 TRIVENTO* in scala 1:50.000.

ANALISI DELLA CARTA GEOLOGICA 1:100.000

I sito in esame si colloca in corrispondenza del passaggio tra la formazione geologica dell'Acquitaniano – Oligocene (b), costituita da *ammasso calcareo discontinuo costituito da calcirutditi con clasti sub arrotondati e da calcareniti spesso gradate, con rare liste di selce rossa*, quella del Paleocene – Turoniano (PC-C^2), affiorante a nord-est del sito e costituita da *micriti, biomicriti e calcuruditi con abbondanti bioclasti costituiti prevalentemente da frammenti di rudiste in matrice micritica, nella parte sommitale intercalazioni detritiche di tipo "scaglia"*, e infine la formazione Messiniano – Turoniano (M^{5-4}), affiorante a nord-ovest e a sud del fiume Trigno, costituita da *arenarie micacee grigio-giallastre a volte fogliettate alternate ad argille plumbee o subordinatamente a calcari marnosi chiari*.

Dal punto di vista tettonico-strutturale, si evidenzia la presenza di contatti di natura tettonica tra le diverse formazioni. Inoltre, gli ammassi rocciosi parzialmente stratificati sono coinvolti in anticlinali e sinclinali ad asse SW-NE.

ANALISI CARTA GEOLOGICA 1:50.000 (PROGETTO CARG)

Dal punto di vista stratigrafico, la successione del Matese settentrionale e della Montagnola di Frosolone è formata da termini con età comprese tra il Cretacico superiore e il Miocene medio. Dal basso sono costituiti da calcari detritici bioclastici (*Formazione di M.Calvello*) e calcari a nummuliti (*Formazione dei Monaci*), che passano a intercalazioni di calcari e marne (*Formazione di Macchiagodena*), a calcareniti con briozoi e litotamni (*Formazione di Cusano*) ed, infine, ad un'alternanza di calcari e marne (*Formazione di Longano-Tufillo*).

Le unità molisane sono caratterizzate da una grande varietà di litologie: alla base è situato il complesso caotico delle *Argille scagliose* o *Argille Varicolori*, costituito da argilliti siltose, radiolariti e blocchi litoidi imballati di varia natura, la cui età è riferibile all'Oligocene superiore – Miocene inferiore. Verso l'alto, si passa alle successioni torbiditiche silicoclastiche del *Flysch di Agnone*; i rapporti tra queste due unità sono quasi sempre disturbati dalla tettonica.

L'assetto tettonico di superficie è molto complesso, i contatti tra le diverse litologie sono quasi sempre di natura tettonica e sono spesso caratterizzati da geometrie irregolari controllate dalle forti differenze nelle caratteristiche litologiche dei vari termini della successione.

RILEVAMENTO IN SITO

Nell'area di studio affiorano litologie di diversa natura, riferibili sia alla Successione marina del Bacino Molisano-Sannitico, sia alla Successione continentale, che comprende i depositi superficiali più recenti.

L'ammasso calcareo è formato da *calcari bioclastici* bianco avana, in banchi di spessore metrico spesso amalgamati, con intercalazioni marnoso-argillose grigiastre. La stratificazione è sempre mal definita e spesso non distinguibile.

Alla base del versante sono presenti blocchi calcarei franati dallo sperone che nascondono *calcari e diaspri* con interstrati argillosi centimetrici. L'affioramento si rileva in sinistra del fiume, a valle dello sbocco dello scarico superficiale, e in diversi altri punti al piede del versante.

A nord dello sperone calcareo affiora un'alternanza di *calcari micritici e calcareniti e di marne e marne argillose* in strati decimetrici.

Per quanto riguarda i depositi continentali, si rilevano:

- *brecce di versante*, costituite da elementi calcarei angolosi eterometrici, affioranti sul versante destro del Trigno;
- *detrito di versante in blocchi*, costituito da clasti calcarei caotici di dimensioni da 20 cm a 2 mt in abbondante matrice limo-argillosa rossastra, affiorante sul versante sinistro del Trigno e in corrispondenza di un impluvio poco marcato;
- *depositi colluviali*, costituiti da limi e sabbie, affioranti sulla parte sommitale dello sperone in corrispondenza di un ripiano morfologico;
- *detrito di versante*, composto da clasti calcarei centimetrici sciolti, affioranti in destra idrografica a valle della zona di imposta della soglia di valle;
- *depositi alluvionali*, costituiti da ghiaie e blocchi calcarei parzialmente arrotondati, che occupano il letto dell'alveo di magra e di morbida del Trigno.

CAP.4 – CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI

Dal punto di vista orografico, il territorio molisano è occupato, per oltre la metà, da rilievi montuosi che raggiungono i 2050 mt di quota con il M.Miletto sui Monti del Matese che rappresenta uno dei passaggi dello spartiacque appenninico. Quest'area è caratterizzata da dorsali con versanti aspri ed acclivi solcati da valli strette ed incassate disposte parallelamente alle strutture regionali; tali valli si presentano asimmetriche con fianco più ripido in corrispondenza degli strati posti a reggi poggio e quello meno ripido in corrispondenza delle superfici di strato.

Il rimanente territorio regionale è costituito da colline che degradano verso la fascia costiera pianeggiante. Si ritrovano una serie di dossi a morfologia ondulata, che raccordano i rilievi montuosi con la costa adriatica e che hanno una quota di alcune centinaia di metri sul livello del mare, con versanti modellati dolcemente in conseguenza della plasticità delle litologie presenti; soltanto localmente i versanti presentano sensibili energie di rilievo generalmente connesse a fenomeni di evoluzione morfologica. In alcune zone l'andamento collinare è interrotto da affioramenti litoidi rocciosi su cui sorgono molti centri abitati.

Nella fascia intramontana e nella fascia costiera si individuano paesaggi sub pianeggianti solcati generalmente da un corso d'acqua, che deposita materiale alluvionale a granulometria sempre minore in direzione della foce.

La fascia costiera si presenta quasi sempre bassa e sabbiosa, ad eccezione dei depositi ghiaiosi in corrispondenza del fiume Trigno; localmente il paesaggio presenta degli alti morfologici in corrispondenza dei terrazzi.

In sintesi, si evidenzia il prevalere di processi fluviali dovuti al dilavamento ed alla neotettonica, di fenomeni di crollo, degradazione ed alterazione delle rocce nella parte montana, di consistenti

fenomeni di versante di evoluzione gravitativa nella fascia collinare, di processi di deposizione e sedimentazione nella fascia costiera, ad eccezione dell'erosione legata alle correnti marine.

CAP.5 – CARATTERI GEOMORFOLOGICI LOCALI - PAI

La geomorfologia dell'area risente dell'assetto geologico; in corrispondenza delle aree di cresta si rileva la presenza di litotipi calcarei con una morfologia distinta da *forme aspre e pendii generalmente acclivi*, incisi da profondi solchi vallivi. Queste formazioni rocciose di natura rigida, fratturate e molto permeabili, costituiscono i principali acquiferi.

Al contrario, in corrispondenza di litologie argilloso-marnoso-arenacee, che mostrano una maggiore vulnerabilità alla dinamica esogena, si rileva una morfologia distinta da forme arrotondate, la cui regolarità è interrotta in corrispondenza di specifici processi geomorfologici, con sviluppo di fossi di erosione a diverso grado di evoluzione che costituiscono il reticolo idrografico locale.

Le opere in progetto consistono in una serie di interventi per la sistemazione di uno sperone roccioso fortemente fratturato al fine di evitare il crollo di blocchi calcarei in alveo che potrebbero influenzare il regime idraulico del fiume Trigno; pertanto, si tratta di interventi di consolidamento e protezione ubicate essenzialmente a valle dello sperone.

RILIEVO GEOMORFOLOGICO

Nell'area di studio il versante è molto irregolare ed è caratterizzato dalla presenza di speroni calcarei, tra cui quello che si analizza in questo studio a ridosso del fondovalle; si tratta di un

ammasso roccioso calcareo con versanti molto acclivi sormontato da un *ripiano morfologico*. Questo ripiano è delimitato da scarpate di degradazioni e/o di frana.

Tra le altre forme dovute alla gravità, lungo i versanti circostanti lo sperone, sono presenti *nicchie di distacco* di varie dimensioni, formatesi in seguito al distacco di blocchi; questi ultimi costituiscono attualmente l'accumulo di *frana da crollo e ribaltamento* alla base dello sperone.

In molti punti sono presenti *cunei rocciosi* isolati in condizioni di crollo potenziale, mentre ad est dello sperone c'è un accumulo di *frana di ribaltamento e crollo* con segnali di riattivazione probabilmente con movimenti di tipo *scorrimento rotazionale*.

In prossimità del margine meridionale del ripiano superiore sono presenti *trincee e fratture di trazione*, sviluppatesi in coincidenza con alcune fratture preesistenti nell'ammasso roccioso calcareo, delle quali ricalcano la direzione, e separanti grandi blocchi in via di ribaltamento. Queste trincee si sono impostate su piani di discontinuità preesistenti coincidenti con livelli argillosi tettonizzati.

Come già accennato, ai piedi del versante è presente un corpo di *frana di crollo* costituito da blocchi calcarei di varie dimensioni, accatastati in modo caotico e, spesso, in equilibrio instabile con ampi spazi vuoti tra blocchi contigui. Sul corpo di frana sono presenti grossi blocchi franati dai versanti che si presentano stabili, ma potrebbero mobilizzarsi a causa di interventi destabilizzanti come lo scalzamento alla base.

Alla base del versante meridionale dello sperone calcareo sono presenti due grandi *blocchi in via di ribaltamento*, separati dall'ammasso roccioso da due trincee a diversa apertura.

Infine, una falda detritica quiescente copre il versante sinistro del F.Trigno; essa è alimentata dalla disgregazione delle rocce calcaree che affiorano nella parte superiore del versante ed è costituita dal

detrito di versante a grossi blocchi. Un'altra falda, attiva, occupa uno spazio limitato sul versante destro.

Per quanto riguarda le forme dovute alle acque correnti superficiali, si rilevano *solchi di ruscellamento concentrato* lungo il versante occidentale e, ovviamente, *l'alveo fluviale in approfondimento* costituito dal corso attuale del F.Trigno. L'attuale attività di approfondimento produce una continua erosione al piede dei versanti e, potenzialmente, l'innesco di nuovi dissesti.

A quote di poco superiori all'alveo si rilevano *depositi fluviali* costituiti da ghiaie sciolte e blocchi, sommersi durante gli episodi di piena ordinaria, mentre sul pianoro superiore dello sperone roccioso sono presenti *depositi eluvio-colluviali* formati da limi-sabbiosi rossastri derivanti dall'alterazione chimica e fisica dei litotipi calcarei.

VERIFICA PAI

La cartografia ufficiale del Piano per l'Assetto Idrogeologico, non evidenzia la presenza di fenomeni gravitativi in atto o quiescenti nell'intorno dell'ammasso roccioso in esame, ad eccezione di corpi di frana di genesi complessa a nord dello sperone a cui viene associata una pericolosità idrogeologica moderata; questi corpi di frana sono stati individuati sia sulla cartografia di Piano, sia sulla cartografia del progetto IFFI (vedi allegati), mentre gli elementi morfologici riscontrati da rilevamento non sono apprezzabili a piccola scala e pertanto non sono presenti nella cartografia ufficiale. Ad ogni modo, le opere in progetto non sono soggette alle prescrizioni contenute all'interno delle NTA del PAI.

Diversamente, per quanto riguarda la perimetrazione delle aree a *pericolosità idraulica*, le aree vincolate sono quelle a valle dell'ammasso roccioso in esame, in corrispondenza dell'alveo del fiume Trigno, su cui si rileva una pericolosità idraulica elevata.

CAP.6 – IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

6.1 – Aspetti generali

L'idrografia superficiale del Molise è caratterizzata dalla presenza di tre corsi d'acqua principali a sbocco adriatico (Trigno, Biferno e Fortore) e di una fitta rete di ordine inferiore. I corsi d'acqua principali presentano uno spiccato controllo tettonico in quanto il loro asse (SW-NE) è in perfetta sintonia con i maggiori sistemi dislocativi presenti nella Catena Appenninica.

Dal punto di vista idrogeologico è possibile individuare 3 fasce a diversa permeabilità:

- fascia montana carbonatica, distinta da permeabilità elevata per fatturazione e carsismo ipogeo; sono presenti numerose ed importanti emergenze idriche.
- fascia collinare argilloso-marnosa, distinta da bassa permeabilità che favorisce un deflusso superficiale su un reticolo di tipo dendritico.
- fascia costiera e alluvionale, distinta da permeabilità media per porosità e caratterizzata da acquiferi secondari.

6.2 – Caratteri locali

Il reticolo idrografico è costituito da una serie di corsi d'acqua minori che confluiscono nella valle del F.Trigno.

In genere gli affluenti che scorrono su formazioni argillose presentano una lunghezza ed una densità di drenaggio mediamente elevata, ciò trova spiegazione nella scarsa resistenza all'azione erosiva esercitata dalle acque meteoriche. Inoltre, la facile erodibilità di questo, determina un rapporto di biforcazione mediamente alto delle aste torrentizie.

Gli affluenti che scorrono su formazioni calcaree, invece, presentano una bassa densità di drenaggio a causa dell'elevata permeabilità per fatturazione che distinguono tali litotipi.

L'intervento in progetto non interferisce con il reticolo idrografico locale, né tantomeno con lo stesso F. Trigno, infatti, gli stessi si propongono di contenere l'azione erosiva espletata alla base dell'ammasso roccioso, mediante opere di protezione che non comportano variazioni delle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua.

L'idrogeologia, si basa sull'analisi di dati di letteratura e sui rilievi dell'assetto geomorfologico, oltre che su indagini in sito. In particolare, l'elemento stratigrafico di rilevo è dato dalla presenza di un ammasso roccioso calcareo di notevole potenza che presenta una permeabilità secondaria elevata grazie all'elevato grado di fratturazione; il substrato, invece, è da ritenersi a bassa permeabilità a causa della sua natura principalmente argillosa.

Da ciò si deduce che l'ammasso calcareo costituisce l'acquifero principale, mentre il substrato argilloso funge da base impermeabile, pertanto, ove quest'ultimo affiora, le acque non s'infiltrano ma scorrono a valle fino ad alimentare il F. Trigno.

Le indagini geognostiche eseguite a valle dello sperone calcareo, evidenziano la presenza di acqua in risalita nei fori di sondaggio fino ad una profondità di circa 7.50 mt dal p.c., a conferma della presenza di un acquifero all'interno del bancone calcareo-detritico.

Si presuppone un complesso rapporto di equilibrio dinamico tra il livello del F. Trigno e la sottostante falda freatica, alternando fasi di alimentazione da parte del corso d'acqua a favore della falda e viceversa, in funzione delle variazioni dell'entità delle precipitazioni.

CAP.7 – RISCHIO IDROGEOLOGICO e IDRAULICO

I riferimenti tecnici normativi per la definizione delle problematiche di tipo geomorfologico e degli indirizzi di sviluppo sono rappresentati dai Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino interregionale del fiume Trigno elaborati dall'Autorità di Bacino e dal progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) elaborato dall'APAT.

L'assetto idrogeologico comprende l'assetto dei versanti, riguardante le aree a pericolosità e a rischio frana, e l'assetto idraulico, riguardante le aree a pericolosità e rischio idraulico.

La Regione Molise è una delle regioni in cui il rischio idrogeologico, ed in particolare quello da frana, è estremamente elevato a causa della natura litologica del territorio, in particolare per la presenza di ampi settori caratterizzati da successioni argilloso-marnose e versanti con pendenze prevalenti comprese tra 15 e 35°.

Il PAI del fiume Trigno è stato elaborato ed è in fase di approvazione.

Per quanto riguarda il **rischio idraulico**, lo sperone calcareo non rientra nella perimetrazione mentre i depositi a valle sono compresi nelle aree vincolate, pertanto gli interventi previsti terranno conto delle prescrizioni contenute all'interno delle NTA. Inoltre, le opere in progetto contribuiranno a stabilizzare e consolidare la base del fronte calcareo, al fine di evitare franamenti che possano interferire con il deflusso del fiume Trigno fino all'occludimento dello stesso.

Pertanto, si ritiene che gli interventi in progetto non andranno ad incrementare il grado di rischio generale dell'area.

CAP.8 – MECCANICA DELLE ROCCE E RILIEVO TECNICO

8.1 – Metodo di analisi

Il fattore più importante di cui si è tenuto conto nel rilievo consiste nella preponderante influenza delle superfici di debolezza o di discontinuità (“giunti”) sul comportamento delle rocce. I giunti infatti, la cui origine deriva sia dalle condizioni di formazione della roccia (giunti di stratificazione), sia dai complessi e variabili stati di sforzo cui essa è stata sottoposta durante la sua storia (giunti tettonici) sono presenti nella quasi totalità delle formazioni rocciose.

Pertanto, l’ammasso roccioso è in genere caratterizzato da resistenza minore, deformabilità e permeabilità più elevate rispetto al materiale roccioso che lo costituisce.

Le proprietà del “materiale roccioso”, alla scala del campione di laboratorio, in genere sono diverse da quelle dell’ammasso roccioso, del quale devono essere sempre considerati volumi tali da comprendere un numero significativo di discontinuità. I risultati di prove di laboratorio non possono pertanto essere utilizzati da soli per valutare le proprietà dell’ammasso roccioso. Si deve ricorrere in genere a prove di situ, per lo più molto impegnative o costose, oppure si possono valutare in modo approssimativo le proprietà dell’ammasso roccioso sulla base di “classifiche tecniche” a carattere empirico, basate su elementi più agevolmente determinabili.

Per quanto riguarda l’area in esame, costituito da un fronte calcareo di altezza massima dell’ordine di mt. 15 – 18, si ritiene possibile adottare un approccio di un “mezzo rigido discontinuo”, in cui si ipotizza che il movimento o il dissesto possa avvenire solo in corrispondenza di una o più superfici di discontinuità preesistenti e si trascura la deformabilità del materiale roccioso interposto.

8.2 – Caratteristiche dei giunti

Le discontinuità rilevanti per i problemi di meccanica delle rocce sono le faglie principali, le faglie minori, i piani di taglio, i piani di stratificazione, i giunti. I primi tre termini indicano discontinuità (di estensione progressivamente minore) derivanti da sforzi tettonici e caratterizzati da scorrimenti tangenziali tra due porzioni dell'ammasso roccioso. I piani di stratificazione si sono formati durante la genesi della roccia.

8.3 – Parametri relativi ai giunti

ORIENTAZIONE

Molte discontinuità o giunti sono assimilabili a superfici piane. La loro orientazione viene pertanto definita mediante l'immersione (azimut nella linea di massima pendenza) e l'inclinazione (rispetto all'orizzontale), per discontinuità subverticali viene utilizzata la direzione (azimut di una linea di livelli) e l'inclinazione.

SISTEMATICITA'

In un dato sito i giunti appartengono in genere a varie famiglie ben distinte, entro ciascuna delle quali la giacitura può essere più o meno diversa. La rappresentazione stereografica facilita il riconoscimento del numero di famiglie presenti e della dispersione della giacitura entro ciascuna famiglia. Il numero delle famiglie è un parametro importante in quanto da esso dipende la "mobilità" degli elementi che costituiscono l'ammasso roccioso.

SPAZIATURA

Quando si parla di spaziatura ci si può riferire o a una singola famiglia di giunti oppure a tutte le fratture, comunque orientate. Per esprimere qualitativamente la spaziatura si usano comunemente i termini descritti nella tabella seguente

Termine descrittivo	**Spaziatura dei giunti (m)**
Molto ravvicinati	< 0.06
Ravvicinati	0.06 – 0.20
Moderatamente ravvicinati	0.20 – 0.60
Spaziati	0.60 – 2.0
Molto spaziati	> 2.0

Un altro parametro che esprime sinteticamente la spaziatura delle fratture è la spaziatura media, ottenuta dividendo la lunghezza totale dell'allineamento per il numero di fratture incontrate, l'inverso è la frequenza media di fratture.

ESTENSIONE

Assume particolare importanza per problematiche connesse con problemi di stabilità di fronti rocciosi, tuttavia va evidenziata la difficoltà legata alla possibilità di poter osservare solo porzioni limitate di fronti di roccia.

SCABREZZA

La scabrezza di un giunto si riferisce alle irregolarità a piccola scala (dal millimetro al decimetro). La scabrezza è un parametro che condiziona la resistenza al taglio di un giunto; per descriverla in modo sintetico si utilizza un indice quantitativo noto come JRC (joint roughness coefficient), variabile da 0 a 20, ricavato confrontando il profilo del giunto in esame con una serie di profili tipici

APERTURA

L'apertura dei giunti influisce in particolare sulle caratteristiche idrauliche (permeabilità) di un ammasso roccioso. Si tratta di un parametro che dipende notevolmente dalle condizioni di sforzo esistenti in situ.

RIEMPIMENTO

In alcuni casi i giunti sono riempiti da materiale sciolto a grana fine, o apportato dall'esterno o derivante da disgregazione meccanica o chimica delle pareti. In altri casi in un giunto aperto preesistente si è depositato per fenomeni chimici del materiale di cementazione (frequentemente quarzo o calcite), la resistenza dei giunti ricementati può essere sia più elevata che più bassa di quella del materiale roccioso circostante. Se lo spessore del riempimento è superiore all'ampiezza delle irregolarità delle pareti si può ritenere che le caratteristiche meccaniche di un giunto dipendono prevalentemente da quelle del riempimento.

In molte rocce stratificate costituite da banchi resistenti (calcari, marne) nei giunti di stratificazione sono spesso presenti sottili interstrati marnosi o argillosi con caratteristiche meccaniche molto più scadenti.

STATO DI ALTERAZIONE DELLE PARETI

I giunti costituiscono sempre una linea preferenziale di circolazione delle acque e quindi spesso le pareti sono interessate da fenomeni di alterazione più accentuati che nel restante materiale roccioso; ciò influisce sulla resistenza delle asperità lungo cui le due facce del giunto vengono a contatto e quindi sulla resistenza al taglio del giunto stesso. Un parametro speditivo per valutare lo stato di alterazione è rappresentato dal rapporto tra le altezze di rimbalzo ottenute con prove effettuate

mediante un martello di Schmidt rispettivamente sulle pareti del giunto e su una superficie fresca della stessa roccia.

RESISTENZA AL TAGLIO

Se misuriamo la resistenza allo scorrimento in corrispondenza di due superfici di roccia lisce notiamo che le ordinarie leggi dell'attrito sono rispettate con sufficiente approssimazione. Vale pertanto la relazione:

$$T = N \cdot tg\phi$$

in cui T è la resistenza allo scorrimento, N la forza normale applicata alle superfici in contatto e ϕ l'angolo di attrito.

Per la maggior parte delle rocce che non contengono percentuali elevate di minerali fillosilicatici o argillosi l'angolo di attrito tra superfici lisce è dell'ordine di 30°-35°.

Se invece si sottopone a scorrimento la roccia in corrispondenza di una superficie di frattura naturale o artificiale si osserva un comportamento particolare, dovuto essenzialmente alle irregolarità della superficie di discontinuità su cui si esegue la prova. Se manteniamo costante la sollecitazione normale σ_n e rileviamo la resistenza tangenziale τ in funzione dello scorrimento δs, notiamo che la resistenza al taglio cresce sino a un valore di picco per uno scorrimento relativamente basso; continuando lo spostamento la resistenza diminuisce gradualmente fino a raggiungere asintoticamente un valore minimo, detto "resistenza residua τr.

8.4 – Metodi di determinazione dei parametri

Per quanto riguarda le caratteristiche geometriche dei vari sistemi di giunto, l'esecuzione pratica del rilievo può presentare difficoltà anche notevoli, è il caso molto comune della parete rocciosa subverticale e di altezza elevata.

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza e di deformabilità, si è visto che, adottando lo schema proposto da Barton, tutti i parametri rilevati possono essere ricavati mediante prove di laboratorio o semplici prove speditive in situ, come riportato nella seguente tabella:

Caratteristica	*Dipende da*	*Valutazione*
JCS	Resistenza della Parete del giunto (tenendo conto della eventuale alterazione)	Martello di Schmidt
ϕ_d	Tipo di roccia	Dati Letteratura prove di scivolamento tra superfici lisce segate
ϕ_r	Tipi di roccia e alterazione del giunto	Martello di Schmidt
JRC	Scabrezza	Per confronto di modelli, analisi struttura della Scabrezza, prova in situ di scivolamdento

8.5 – Classifica degli ammassi rocciosi

Per fornire una adeguata descrizione di un dato materiale roccioso è necessario indicare:

- definizione petrografia
- composizione mineralogica
- caratteristiche tessiturali
- grado di alterazione
- proprietà meccaniche (intese come proprietà indice)

CLASSIFICA RQD

L'indice RQD (Rock Quality Designation) è uno dei più semplici e più noti sistemi di classifica, applicabile quando l'ammasso roccioso è stato esplorato mediante sondaggi. Esso è definito come percentuale di carotaggio recuperato in carote intatte di almeno 10 cm di lunghezza. Per ottenere risultati significativi devono essere utilizzati solo sondaggi effettuati con cura con carote del diametro di almeno 50 mm, ottenute con corone diamantate e carotiere doppio.

QUALITA'	***RQD (%)***
Ottima	100 - 90
Buona	90 - 75
Discreta	75 - 50
Scadente	50 - 25
Molto scadente	25 - 0

8.6 – Rilevamento tecnico

In questo capitolo sono esposte le caratteristiche delle faglie principali e, quindi, delle fratture che interessano lo sperone roccioso oggetto di studio. Le misurazioni strutturali fanno riferimento all'azimut della direzione dei piani, misurata con immersione del piano, e all'inclinazione degli stessi, misurata perpendicolarmente alla direzione.

FAGLIE

Lungo il versante, come già accennato sono presenti speroni di calcari detritici separati tra loro da faglie a direzione N340-350 circa; il contatto tra i calcari detritici e i diaspri, a sud, avviene attraverso un sistema di faglie a direzione N275-280, dislocato da altre faglie a direzione N340-350. Questi sistemi di faglie sono in gran parte sepolti sotto le coltri detritiche e individuati in base a contatti litologici anomali e a indizi morfologici.

Lo sperone calcareo oggetto di studio, ubicato nella parte inferiore del versante, è delimitato lungo il versante meridionale da due faglie con direzione circa parallela al versante stesso; quella più meridionale separa i Calcari detritici e i Diaspri. Verso est, lo sperone è tagliato da una faglia, a componente inversa, mentre a nord da un'altra faglia.

L'ammasso roccioso è caratterizzato da un elevato grado di fratturazione e la roccia è intensamente tettonizzata. È stata posta attenzione alla presenza di piani di taglio di maggiore estensione, i quali tagliano completamente l'ammasso roccioso, in quanto proprio lungo questi piani si sono impostati i dissesti che interessano lo sperone stesso.

PIANI DI FRATTURE

Il **versante meridionale** dello sperone ha direzione N275 circa, anche se è irregolare. Lungo il versante e al margine del ripiano situato alla sommità dello sperone, sono state misurate due

famiglie principali di piani di taglio: la prima ha direzione N290 con inclinazione compresa tra 75N e subverticale; la seconda ha direzione N330-340, con inclinazione sub-verticale. Lungo queste famiglie di discontinuità si sono impostate trincee e fratture di trazione.

Nella **parte bassa**, nella zona dei blocchi in via di ribaltamento, sono stati misurati piani di frattura di lunghezza plurimetrica che rappresentano le principali superfici di discontinuità lungo le quali si sono staccati i due blocchi.

Nella **parte superiore**, l'ammasso roccioso è tagliato, da nord a sud, da fratture che seguono piani di taglio preesistenti, per cui l'evoluzione morfologica dell'area ricalca gli elementi strutturali misurati.

TRINCEE

In prossimità del margine meridionale del ripiano superiore sono presenti due *trincee*: quella situata verso il bordo meridionale dello sperone ha un andamento rettilineo con direzione circa N290 e un'apertura di circa 2,5 mt; quella situata in posizione più distante dal bordo è composta da due segmenti, uno a direzione N290 e l'altro a circa N150, ed ha un'apertura di 3,5 mt. Queste trincee si sono sviluppate in coincidenza con alcune fratture preesistenti nell'ammasso roccioso calcareo, precedentemente descritte, delle quali ricalcano la direzione.

Nella parte sud-orientale dello sperone sono presenti due *trincee*, allungate in direzione N275, parallelamente al versante meridionale. Queste due trincee separano due grandi blocchi in via di ribaltamento e presentano un'apertura, rispettivamente, di circa 7-8 m e 2-3 mt; si sono impostate su piani di discontinuità preesistenti, lungo livelli argillosi tettonizzati.

FRATTURE DI TRAZIONE

La parte superiore dello sperone roccioso è attraversato da fratture di trazione, caratterizzate da diversi segmenti diversamente orientati; ciascun segmento deriva dall'apertura della frattura lungo piani di discontinuità preesistenti.

In particolare, sono state rilevate due fratture principali: la prima più orientale, con direzione N190 e inclinazione verso ovest di circa 75-80°, ben osservabile sul versante roccioso subverticale che delimita a sud lo sperone, è sempre aperta ed ha un'ampiezza di 50-80 cm; la seconda, più meridionale, con direzione NS e immersione verso ovest di circa 70-80°, ha un andamento più segmentato ed ha un'ampiezza di 50-60 cm. La seconda frattura, verso sud si divide in diversi segmenti di direzione NE-SW e interseca le fratture a direzione N150; in questo tratto ha un'ampiezza di 30-60 cm. Il ramo secondario più meridionale della frattura ha direzione N335 e ha un'ampiezza di 5-15 cm, ben osservabile sul versante meridionale dello sperone.

Altre fessure da trazione minori sono state rilevate lungo il versante meridionale, alle spalle dei blocchi in via di ribaltamento, in particolare lungo il ciglio del versante meridionale con giacitura N290 e N150.

La presenza di guide metalliche di riferimento, installate lungo le fratture nei primi anni '90, consentono di affermare che si sono verificati movimenti in tempi posteriori all'installazione delle guide stesse.

BLOCCHI CROLLATI E IN VIA DI RIBALTAMENTO

Come già accennato, sul versante meridionale dello sperone roccioso sono presenti due grossi blocchi in via di ribaltamento, separati dall'ammasso roccioso da due trincee. Quello più orientale

presenta un grado di ribaltamento minore e anche la trincea retrostante è meno aperta; il blocco più occidentale presenta un grado di ribaltamento superiore e un'apertura maggiore della trincea.

CAP. 9 - INDAGINI GEOGNOSTICHE

9.1 – Scopo delle indagini

Le indagini geognostiche sono state programmate al fine di verificare i dati di carattere geologico acquisiti dalla Letteratura specifica e dal rilevamento di campagna. Nella programmazione si è tenuto conto della tipologia delle opere previste in progetto e delle caratteristiche geomorfologiche dell'area. Le indagini in sito si propongono di *ricostruire la stratigrafia del sito*, di *valutare le caratteristiche geotecniche*, di *rilevare eventuali falde freatiche*.

9.2 – Mezzi d'indagine

L'ampiezza delle indagini è stata proporzionata alle dimensioni, alle caratteristiche strutturali, alla complessità del sottosuolo. La profondità di indagine è stata influenzata dai terreni incontrati.

Nella scelta dei mezzi di indagine si è tenuto conto della conoscenza preventiva dei terreni affioranti e della tipologia di opera in progetto, in particolare sono state eseguite indagini in sito comprendenti:

- n°2 sondaggi geognostici;
- prelievo di n°4 campioni per le analisi di laboratorio;
- n°1 prospezione sismica a rifrazione;
- n°1 MASW.

Per i risultati delle indagini sismiche si rimanda alla Relazione Sismica a corredo del progetto definitivo.

SONDAGGI GEOGNOSTICI

I sondaggi sono stati eseguiti con il metodo a *carotaggio continuo*, mediante trivella idraulica polifunzionale. La profondità di indagine massima è stata di mt. 20.0 ed il diametro di perforazione è stato mm 101. Il metodo del carotaggio continuo ha consentito la ricostruzione stratigrafica del sito.

I sondaggi hanno avuto lo scopo di individuare le caratteristiche strutturali e meccaniche delle diverse porzioni dell'ammasso roccioso, anche in considerazione della presenza di accumuli di materiale di lavorazione. Nel complesso, al primo orizzonte si associa un RQD = 45% – 55% (da scadente a discreta), mentre l'ammasso roccioso, pur essendo interessato da diverse fratture presenta una discreta omogeneità litologica (calcarea) e una struttura massiva, per cui a tale orizzonte si associa un RQD = 70% – 85% (da discreta a buona).

PROVE DI LABORATORIO

Le prove di laboratorio sono state eseguite su campioni indisturbati (Q_4, Q_5) prelevati nei due sondaggi. La scelta del numero di campioni e della quota di prelievo sono stati influenzati dalle litologie affioranti durante la trivellazione e dall'incidenza delle opere previste in progetto.

Sui campioni sono state eseguite prove per la determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni; tali caratteristiche sono state confrontate con i risultati di altre indagini eseguite dal sottoscritto in sito.

9.3 - Risultati delle indagini

CARATTERI STRATIGRAFICI

Orizzonte A (dal p.c. fino ad una profondità variabile tra mt. - 5.30 e mt. - 6.80):
Detrito calcareo eterometrico in matrice limo-sabbiosa grossolana, con intercalazioni limo-sabbiose.

Orizzonte B (dall'orizzonte precedente fino ad una profondità di circa – 16.0 mt dal p.c.):
Calcari e calcilutiti biancastre, secondariamente alternate a giunti argilloso-marnosi. Elevato grado di fratturazione.

Orizzonte C (dall'orizzonte precedente fino alle profondità investigate):
Alternanza irregolare di livelli calcareo-marnosi e argille marnose grigie sottilmente stratificate.

CARATTERI GEOTECNICI

Orizzonte A

Tale orizzonte presenta caratteristiche prevalentemente granulari, per cui si assumerà un valore di Cu pari a 0 kg/cmq.

Coesione non drenata……...Cu = 0 Kg/cmq
Coesione drenata…….……...c'= 0.05 Kg/cmq
Angolo di attrito efficace…….…… ϕ' = 30-32°
Peso di volume……..…….γ = 1.85 T/mc
Costante di Winkler……...K = 2.5 – 4.0 Kg/cmc

Orizzonte B

A tale orizzonte si associa un comportamento prevalentemente granulare, per cui si assume un valore di Cu pari a 0 Kg/cmq, tuttavia verranno considerati i giunti argillosi che presentano spessori anche decimetrici.

Condizioni non drenate (livelli argillosi):

Coesione non drenata……...Cu = 0.5 - 0.7 Kg/cmq

Angolo di attrito interno…….…… $\phi = 0°$

Condizioni drenate (calcari):

Coesione drenata…….……...c’ = 0.03 Kg/cmq

Angolo di attrito efficace…….…… $\phi' = 35\text{-}40°$

Peso di volume……..……γ = 2.2 T/mc

Costante di Winkler……...K = 15 - 25 Kg/cmc

Modulo edometrico……Ed = 180-500 Kg/cmq

Orizzonte C

Condizioni non drenate:

Coesione non drenata……...Cu = 1.2 – 1.6 Kg/cmq

Angolo di attrito interno…….…… $\phi = 0°$

Condizioni drenate:

Coesione drenata…….……...c’ = 0.12 Kg/cmq

Angolo di attrito efficace…….…… $\phi' = 28\text{-}32°$

Peso di volume……..……γ = 2.0 T/mc

Costante di Winkler……...K = 8.50 – 12.0 Kg/cmc

CAP.10 – CONSIDERAZIONI CONLUSIVE

10.1 – Sintesi delle caratteristiche del sito

- Nel presente studio sono state analizzate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche, geotecniche di un'area interessata dal progetto di "Sistemazione ammasso roccioso", nel Comune di Chiauci (IS)**.**

- Le indagini eseguite hanno permesso di ricostruire la stratigrafia del sito, che risulta costituita da un bancone calcareo fortemente fratturato, localmente stratificato e localmente massivo, distinto da proprietà geomeccaniche buone.

- Dal punto di vista geomorfologico, si tratta di uno sperone roccioso calcareo con una superficie piana in sommità. I piani di fatturazione e i giunti di sedimentazione all'interno del complesso calcareo, comportano una locale instabilità dove i blocchi in fase di distacco si collocano in posizioni precarie; ciò può dar luogo a frane da crollo o ribaltamento.

- Per quanto riguarda l'idrografia e l'idrogeologia dell'area, l'ammasso calcareo costituisce l'acquifero principale, con una permeabilità per fatturazione elevata. Il corso d'acqua a valle della parete rocciosa (fiume Trigno) scorre all'interno di una valle stretta e profonda, incisa nei tempi geologici dal fiume stesso all'interno dei materiali più competenti. Il reticolo idrografico presenta una bassa densità di drenaggio sul calcare, a causa dell'infiltrazione, mentre sui terreni argilloso-sabbiosi a nord-ovest essa è elevata a causa della minore capacità di filtrazione del terreno.

- Il fiume Trigno costituisce il principale agente morfogenetico dell'area studiata: l'erosione operata dal fiume al piede del versante contribuisce all'attivazione dei dissesti e all'instabilità dei versanti.

- Alla base dello sperone è presente un accumulo di frana da crollo e ribaltamento costituito da blocchi caotici; lo scalzamento al piede del versante da parte del fiume può portare alla destabilizzazione dei blocchi, mentre un'eventuale piena potrebbe rimobilizzare l'accumulo di frana e, quindi, accelerare il ribaltamento dei blocchi a valle dello sperone, i quali, franando, potrebbero interferire con il corso del fiume Trigno sbarrandone l'alveo.

- Un'ulteriore elemento di rischio è rappresentato dalle trincee e dalle fessure di trazione, in lento e costante allargamento; un'erosione accelerata al piede del versante potrebbe influire sui movimenti interni all'ammasso roccioso con possibili ribaltamenti e/o crolli e, di conseguenza, la parziale occlusione dell'alveo.

- La tipologia ed il dimensionamento delle opere di consolidamento e protezione dell'ammasso roccioso dovranno tener conto delle precarie condizioni di equilibrio del blocco calcareo principale, interessato fa fratture che si intersecano definendo blocchi calcarei di notevoli dimensioni, oltre alla presenza di blocchi limitrofi, isolati e addensati in corpi di frana, limitrofi al sottostante F. Trigno. Pertanto, si rende necessario limitare interventi di sbancamenti alla base dell'ammasso che potrebbero innescare fenomeni di franamenti (crollo, ribaltamento) con regressione a monte. Mentre, si rendono necessarie opere di protezione alla base finalizzate a contenere l'azione erosiva del F. Trigno ed aumentare il grado di stabilità dell'ammasso stesso. Si suggerisce la collocazione di massi

ciclopici disposti a protezione dell'ammasso roccioso, compatibilmente con l'assetto topografico della sponda sinistra si valuterà il ricorso alla realizzazione di zattera in c.a. ancorata a micropali (diam. 130 – 160 mm) sulla quale meglio ancorare i massi ciclopici. Localmente si ricorrerà all'ancoraggio a terra dei massi di grosse dimensioni localizzate a SW dello sperone roccioso, mentre, i blocchi di minori dimensioni e posti in precarie condizioni di equilibrio potranno essere rimossi.

Dott. Geol. Domenico PELLICCIOTTA