

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO DI PROVVIDENZA

Intervento di rifacimento e potenziamento Comune dell'Aquila (AQ)

Progetto Definitivo per Autorizzazione

RELAZIONE GEOLOGICA

File: GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.006.00 Relazione Geologica.docx

| REV. | DATE | DESCRIPTION | PREPARED | VERIFIED | APPROVED |
|------|------------|-------------|-------------|---------------------------|------------|
| 00 | 27/07/2022 | Emissione | D.Battaglia | C.Piccinin F.Maugliani | A.Balestra |

GRE VALIDATION

| | | |
|---------------|----------------------|----------------------------------|
| --- | Support Team: --- | Project Engineer: P. VIGANONI |
| COLLABORATORS | VERIFIED BY | VALIDATED BY |

PROJECT / PLANT

PROVVIDENZA

GRE CODE

| GROUP | FUNCION | TYPE | ISSUER | COUNTRY | TEC | PLANT | SYSTEM | PROGRESSIVE | REVISION |
|-------|---------|------|--------|---------|-----|-------|--------|-------------|----------|
| GRE | EEC | R | 99 | IT | H | 17171 | 000 | 006 | 00 |

CLASSIFICATION PUBLIC

UTILIZATION SCOPE PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

| | | | |
|-----------------|-------------|----------------|-------------------|
| | | | |
| | | | |
| 00 | 27.07.2022 | Bat | MFr/Bal |
| Versione | Data | Redatto | Verificato |

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
Telefono +41(0)91 735 31 00
www.lombardi.group, info@lombardi.group

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUZIONE | 1 |
| 2. | DESCRIZIONE DELL'OPERA | 3 |
| 3. | METODOLOGIA DI LAVORO | 5 |
| 3.1 | Base topografica e Modello Digitale del Terreno | 5 |
| 3.2 | Ortofoto | 6 |
| 3.3 | Rilevamento geologico | 6 |
| 3.4 | Rilievi geomeccanici | 7 |
| 3.5 | Prove di Point Load | 8 |
| 4. | DATI BIBLIOGRAFICI | 9 |
| 4.1 | Documentazione bibliografica | 9 |
| 4.2 | Dati geognostici | 9 |
| 5. | ASSETTO GEOLOGICO | 10 |
| 5.1 | Inquadramento geologico generale | 10 |
| 5.2 | Stratigrafia | 13 |
| | Depositi terrigeni sin-orogenici | 15 |
| 6. | GEOMORFOLOGIA | 17 |
| 6.1 | Cartografia degli Enti | 17 |
| 6.1.1 | Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Inventario Fenomeni Franosi Italiani - Progetto IFFI | 17 |
| 6.1.2 | Piano Assetto Idrogeologico – PAI | 18 |
| 6.1.3 | Interferometria Satellitare (Ministero dell'Ambiente) | 19 |
| 6.2 | Forme e depositi | 21 |
| 7. | MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO | 23 |
| 7.1 | Assetto geologico-strutturale | 24 |
| 7.2 | Modello geologico 3D | 27 |
| 7.3 | Idrogeologia | 28 |
| 7.4 | Incertezze del modello geologico | 29 |

| | | |
|-----|--|----|
| 8. | SISMICITA' | 30 |
| 8.1 | Sismicità Storica (DBMI15) | 30 |
| 8.2 | Sismicità recente (dal 1985 al 2020) | 32 |
| 8.3 | Valutazione fagliazione superficiale | 33 |
| 8.4 | Classificazione e pericolosità sismica | 37 |
| 9. | BIBLIOGRAFIA | 40 |
| 9.1 | Documenti storici sull'opera | 40 |
| 9.2 | Dati forniti dalla Committenza | 40 |
| 9.3 | Dati da Enti | 40 |
| 9.4 | Riferimenti tecnico scientifici | 41 |
| 9.5 | Documenti di progetto | 43 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|---|----|
| Figura 1: Ubicazione della centrale di Provvidenza (da Google Earth) | 1 |
| Figura 2: Planimetria generale e schema degli impianti dell'asta del Vomano ([2] parz. ridisegnato).3 | |
| Figura 3: Schema idraulico di Provvidenza..... | 4 |
| Figura 4: Modello digitale del terreno a 10m del versante dove è collocata la centrale di Provvidenza | 5 |
| Figura 5: Vista della diga e della zona di imbocco della galleria di accesso alla Centrale di Provvidenza. Ripresa dal versante in destra Vomano | 6 |
| Figura 6: Planimetria con l'ubicazione delle postazioni di rilievo geomeccanico. Il rilievo RG-PR01 è stato realizzato in caverna, in carta è rappresentata la sua proiezione in superficie..... | 7 |
| Figura 7: Faglia in sinistra del F. Vomano ricavata da [1] (parz. ridisegnata)..... | 9 |
| Figura 8: Schema tettonico dell'Appennino Centrale (da: [26] parz. ridisegnato), Nel cerchio blu la zona della Centrale di Provvidenza..... | 11 |
| Figura 9: Blocco diagramma del sistema a thrust del Gran Sasso (da [45] parz. ridisegnata). Il cerchio blu indica la zona di studio. | 12 |
| Figura 10: Stralcio dello schema tettonico dell'area di studio indicata nel riquadro verde (da: foglio 409 "Gran Sasso d'Italia" [4]) | 13 |

| | |
|--|----|
| Figura 11: Sintesi delle suddivisioni stratigrafiche del Messiniano nel bacino della Laga meridionale secondo le Note Illustrative del F. 349 Gran Sasso d'Italia [15] (modificato da Artoni, 2003 [20]). Il riquadro rosso indica la porzione della successione interessata dalle opere in progetto..... | 14 |
| Figura 12: Sequenza di Bouma nei depositi torbiditici (da [40])..... | 15 |
| Figura 13: Valle del Vomano presso Poggiombricchio a nord del Lago Piaganini (da [43] parz.ridisegnato)..... | 16 |
| Figura 14: Mappa dei dissesti presenti nella Banca Dati IFFI [7]. Sono indicate la centrale ed i due invasi di Campotosto e Provvidenza | 18 |
| Figura 15: Estratto dalla tavola 349O dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale-Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro. Sulla mappa sono evidenziate la centrale di Provvidenza ed i due invasi di Provvidenza e Campotosto | 19 |
| Figura 16: Permanent Scatter relativi al monitoraggio InSar – Ministero dell'Ambiente. Le velocità sono espresse in mm/anno. | 20 |
| Figura 17: Stralcio della Carta Geologica d'Italia F.349 "Gran Sasso d'Italia". Lungo il versante in studio sono segnalate alcune frane e dei depositi eluvio-colluviali..... | 21 |
| Figura 18: Mappa geologico-geomorfologica (scala originale 1:2.500). In verde la zona della centrale | 23 |
| Figura 19: Sezione geologica con stereoplot dei giunti delle due stazioni di rilievo geomeccanico . | 24 |
| Figura 20: Formazione della Laga, membro di Campotosto associazione LAG4b arenaceo-pelitica II. Affioramenti della sponda sinistra del bacino di Provvidenza (in alto) | 25 |
| Figura 21: Formazione della Laga, membro di Campotosto associazione LAG4d arenaceo-pelitica I. Affioramenti in destra del bacino di Provvidenza | 25 |
| Figura 22: Estratto dalla sezione geologico-geotecnica longitudinale della centrale [49]..... | 26 |
| Figura 23: Stereogramma delle misure registrate nei 2 rilievi geomeccanici e delle relative famiglie principali di discontinuità. | 27 |
| Figura 24: Vista da Est del modello geotecnico 3D con volumi delle classi di roccia identificate (in azzurro le opere esistenti, in bianco la centrale in progetto)..... | 28 |
| Figura 25: Vista da Sud del modello geologico 3D. In azzurro sono indicate le opere esistenti ed in grigio la centrale in progetto..... | 28 |
| Figura 26: Grafico della intensità degli 35 eventi riportati dal DBMI15 per la località Campotosto nel periodo 1000-2020 (in alto). In basso il dettaglio degli eventi dal 1900 al 2020..... | 30 |
| Figura 27: Grafico della intensità dei 3 eventi riportati dal DBMI15 per la località Ortolano nel periodo 1000-2020 | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 28: Distribuzione dei terremoti localizzati in tempo reale dall'INGV Centro Nazionale dei Terremoti in un raggio di circa 30 km dalla Centrale di Provvidenza, in rosso (data base Centro Nazionale Terremoti dati al 09/06/2022). I colori rappresentano le profondità in km. | 33 |
| Figura 29: Estratto mappa ITHACA - Catalogo faglie capaci [35] (parz. ridisegnato)..... | 34 |
| Figura 30: Estratto mappa DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche [33] Nel riquadro verde la zona di studio | 35 |
| Figura 31: Estratto mappa DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche [33] profondità della Subduction Source ITSD002. A destra in rosso l'ubicazione dell'area. | 37 |
| Figura 32: Stralcio della mappa “Classificazione Sismica d'Italia al 31 marzo 2022” relativo al Comune dell'Aquila | 38 |
| Figura 33: Accelerazione massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Fonte INGV [32]). In nero la zona della centrale di Provvidenza..... | 39 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|--|----|
| Tabella 1: Sintesi delle caratteristiche delle principali famiglie di discontinuità incontrate | 27 |
| Tabella 2: Estratto da DBMI15 di parte delle informazioni relative alla storia sismica di Campotosto | 31 |
| Tabella 3: Estratto da DBMI15 di parte delle informazioni relative alla storia sismica della loc. Ortolano | 32 |
| Tabella 4: Caratteristiche delle faglie capaci più prossime alla zona di interesse (da ITHACA) | 34 |
| Tabella 5: Informazioni parametriche della Sorgente Sismogenetica ITCS130 Campotosto Lake (da DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche) | 36 |
| Tabella 6: Zone sismiche..... | 38 |

1. INTRODUZIONE

Enel Produzione S.p.A. ha affidato a Lombardi SA l'incarico professionale di ingegneria per la Progettazione Definitiva per Autorizzazione di una nuova centrale di pompaggio in caverna da realizzarsi in prossimità della esistente sita nel territorio del comune dell'Aquila (AQ) (**Figura 1**). La centrale sfrutterà il dislivello tra gli invasi di Campotosto, a monte, e Provvidenza, a valle.

La presente relazione illustra le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e sismiche dell'area interessata dal progetto.

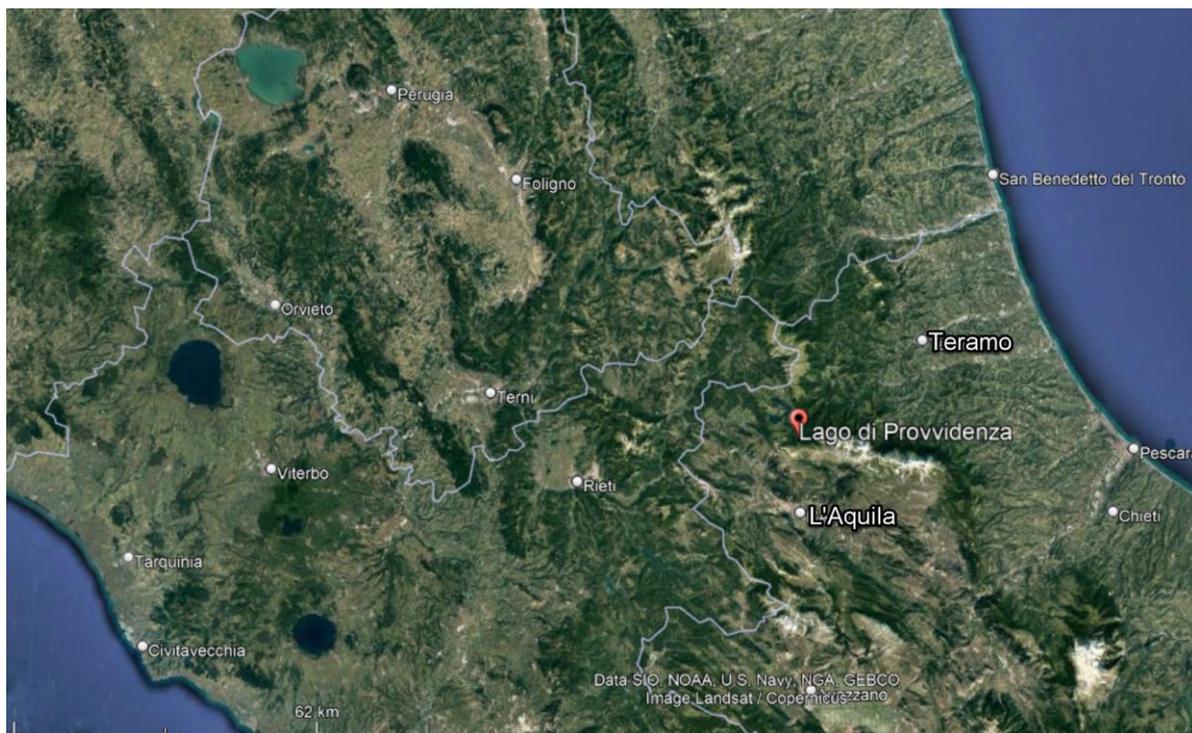


Figura 1: Ubicazione della centrale di Provvidenza (da Google Earth)

- **Capitolo 1** contiene l'introduzione al tema tecnico nel seguito sviluppato;
- **Capitolo 2** descrive brevemente le caratteristiche dell'impianto esistente;
- **Capitolo 3** descrive la metodologia di lavoro adottata;
- **Capitolo 4** riporta i dati bibliografici
- **Capitolo 5** illustra l'assetto geologico generale;
- **Capitolo 6** descrive la geomorfologia;
- **Capitolo 7** illustra il modello geologico di riferimento;
- **Capitolo 8** analizza gli aspetti relativi alla sismicità;
- **Capitolo 9** elenca i riferimenti bibliografici.

Gli elaborati progettuali a cui il presente rapporto fa riferimento sono:

- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.007.00 Relazione Geotecnica
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.009.00 Carta geologico-geomorfologica generale
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.010.00 Sezioni geologiche - geotecniche trasversali della centrale
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.011.00 Sezione geologica-geotecnica longitudinale della centrale
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.012.00 Sezione geologica longitudinale della galleria di scarico.

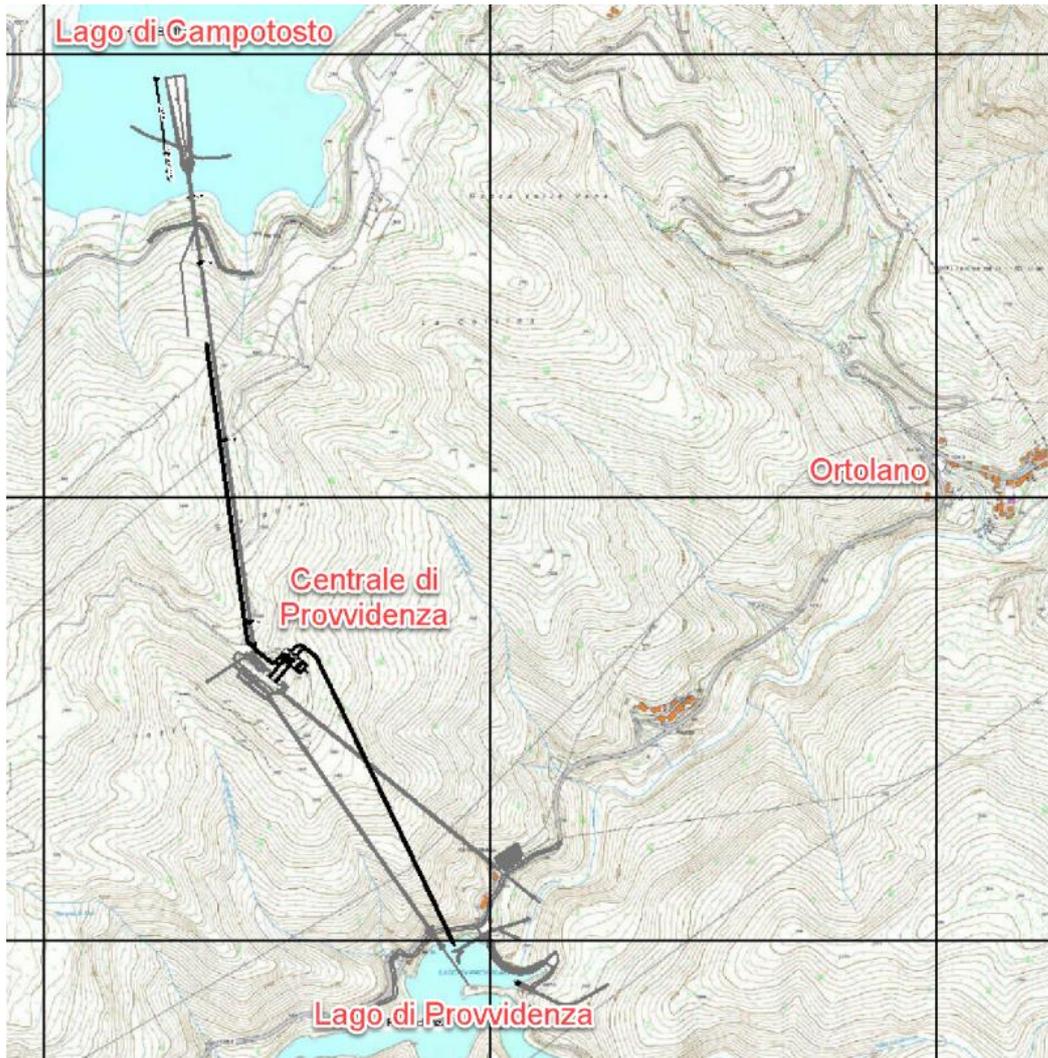


Figura 3: Schema idraulico di Provvidenza

L'intervento prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- una nuova caverna in cui installare i due nuovi gruppi reversibili da 110 MW;
- gallerie di accesso e di costruzione della caverna derivate da quella esistente;
- nuovi pozzi piezometrici a monte ed a valle;
- nuova galleria forzata di restituzione al serbatoio di Provvidenza;
- nuova restituzione/presa al serbatoio di Provvidenza;
- collegamento idraulico alla galleria di adduzione esistente;
- possibile recupero dell'esistente caverna di Centrale come sottostazione GIS;
- opere civili accessorie e provvisorie.

3. METODOLOGIA DI LAVORO

Nell'ambito dello studio sono state effettuate le seguenti attività:

- Ricerca ed analisi del materiale bibliografico disponibile;
- Esame di immagini satellitari ed ortofoto;
- Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio;
- Esecuzione di rilievi geomeccanici su affioramenti rocciosi;
- Esecuzione di prove di point load su campioni di roccia
- Stesura della relazione geologica.

3.1 Base topografica e Modello Digitale del Terreno

La base topografica utilizzata per lo studio deriva dal Modello Digitale del Terreno ad 1m/pixel del Ministero dell'Ambiente [11] ove presente e dal DTM 10 m/pixel reso disponibile dalla Regione Abruzzo [14]. Dal DTM sono state estratte le isoipse (10m) rappresentate nella Carta geologico geomorfologica generale. Le viabilità e gli elementi antropici sono estratti dal Data Base Territoriale scala 1:5.000 in formato shape della Regione Abruzzo [9]

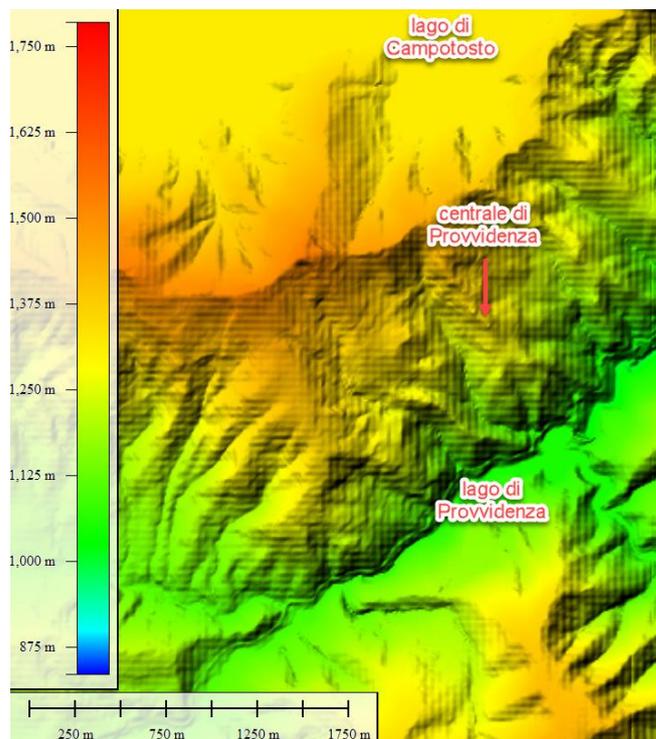


Figura 4: Modello digitale del terreno a 10m del versante dove è collocata la centrale di Provvidenza

Il DTM è stato inoltre utilizzato in ambiente GIS per l'analisi geomorfologica tramite visualizzazione del terreno sia sotto forma di quote che di pendenze, utilizzando vari angoli di illuminazione per esaltare così le forme morfologiche e i cambi di pendenza.

3.2 Ortofoto

A supporto del rilevamento geologico geomorfologico oltre ai modelli digitali del terreno sopra descritti sono state analizzate le immagini satellitari multitemporali disponibili sulla piattaforma Google Earth per i periodi 2012-2020 al fine di verificare eventuali modifiche morfologiche dei luoghi. Inoltre sono state consultate le ortofoto reperite presso la piattaforma Opendata della Regione Abruzzo, in particolare:

- Ortofoto Regione Abruzzo 2001 – 2005 (0.50 m/pixel).
- Ortofoto Regione Abruzzo 2007 (0.20 m/pixel).
- Ortofoto digitale delle province di Teramo, Pescara e L'Aquila – 2010 (0.20 m/pixel)

3.3 Rilevamento geologico

Nel mese di gennaio 2022 sono state effettuate attività di rilevamento geologico di dettaglio al fine di identificare le principali unità litologiche, le strutture tettoniche e gli elementi geomorfologici. Il rilevamento ha riguardato il versante in cui sono inserite la centrale e le gallerie di accesso e scarico e le aree immediatamente adiacenti.

Le attività sul campo sono state condotte con l'ausilio di tablet rugged dotati di ricevitore GPS (precisione di posizionamento 3-5m) e applicativo GIS FieldMove che ha permesso l'editing diretto sul campo delle informazioni acquisite.

I risultati dei rilievi di superficie sono illustrati nella Carta geologico-geomorfologica generale - GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.009.00.

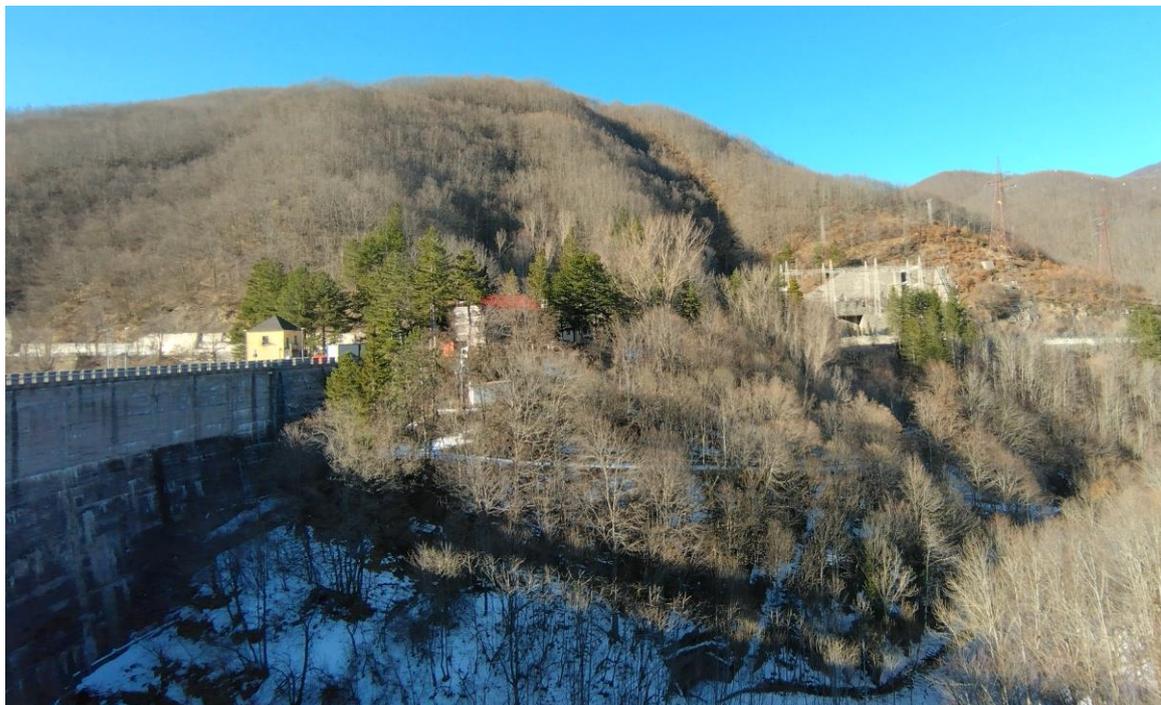


Figura 5: Vista della diga e della zona di imbocco della galleria di accesso alla Centrale di Provvidenza. Ripresa dal versante in destra Vomano

3.4 Rilievi geomeccanici

Nel gennaio 2022 sono stati eseguiti 2 rilievi geomeccanici al fine di individuare i principali set di discontinuità che intersecano l'ammasso roccioso, e di determinare le condizioni dell'ammasso. **(Figura 6)**. I rilievi sono stati eseguiti nella Formazione della Laga: RG-PR01 è su un affioramento di roccia in un tratto non rivestito lungo la galleria di drenaggio della centrale mentre RG-SG02 è stato realizzato in sponda sinistra del lago di Provvidenza, immediatamente a monte della diga.

I dati rilevati sono stati elaborati per determinare la classi di ammasso secondo il sistema di classificazione geomeccanico GSI valutandone i parametri di resistenza meccanica. Il dettaglio della metodologia di rilevamento e l'elaborazione dei dati vengono illustrati nel documento Relazione Geotecnica **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Figura 6: Planimetria con l'ubicazione delle postazioni di rilievo geomeccanico. Il rilievo RG-PR01 è stato realizzato in caverna, in carta è rappresentata la sua proiezione in superficie.

3.5 Prove di Point Load

Su campioni di roccia prelevati dalle aree di rilievo geomeccanico sono state eseguite secondo lo standard ISRM un totale di 21 prove di Point Load test. La prova consiste nella rottura dei campioni roccia in una pressa tramite carico progressivo tra 2 punte standard; il rapporto tra il carico massimo e la superficie di rottura è direttamente proporzionale alla resistenza a compressione monoassiale della roccia. Le schede di prova ed i risultati sono riportati nella Relazione Geotecnica e suoi allegati.

4. DATI BIBLIOGRAFICI

4.1 Documentazione bibliografica

La ricerca bibliografica ha permesso di recuperare molte informazioni utili a definire le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area in esame. La documentazione di riferimento viene elencata nel **Capitolo 9**.

Tra le varie carte geologiche reperite si è fatto riferimento in particolare alla Carta Geologica Nazionale Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia". Per gli aspetti geomorfologici invece è risultata utile la Carta geomorfologica allegata al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di Rilievo Regionale Abruzzesi. "Fenomeni gravitativi e processi erosivi" [7] che individua le forme sulla base dell'agente morfogenetico dominante.

Documenti storici sull'opera [1] mostrano l'esistenza di una faglia in sponda sinistra a ridosso della diga di Provvidenza (**Figura 7**) che tuttavia non interessa le opere in progetto.

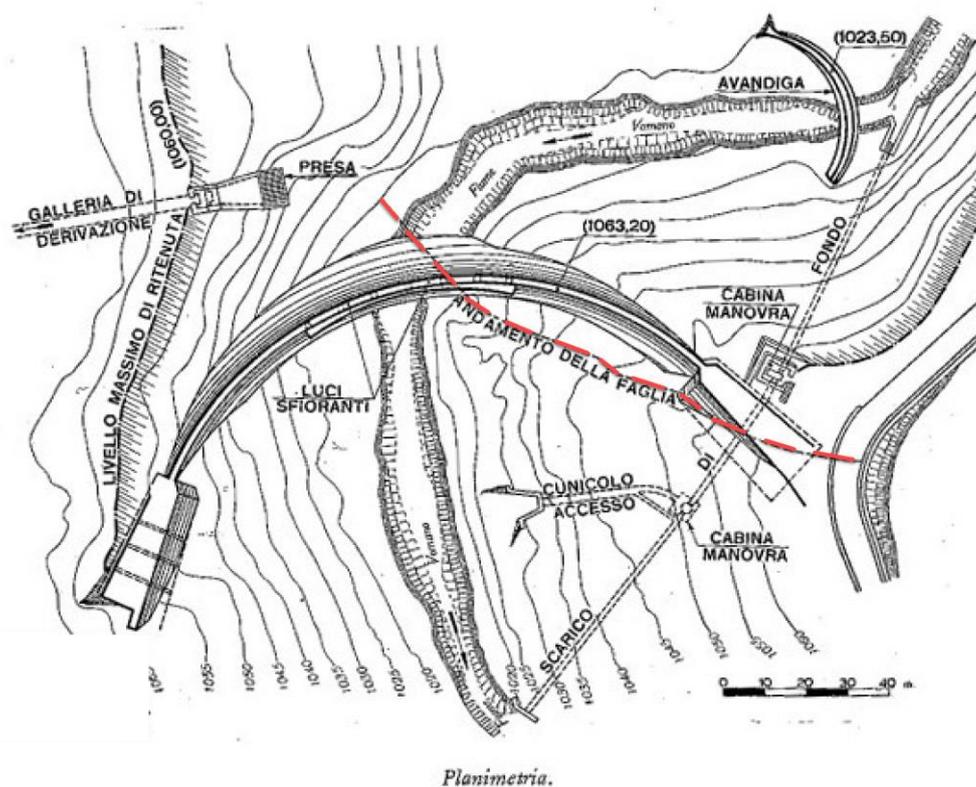


Figura 7: Faglia in sinistra del F. Vomano ricavata da [1] (parz. ridisegnata)

4.2 Dati geognostici

Non sono disponibili indagini geognostiche pregresse relative al settore in esame. Per la ricostruzione geologica si è fatto unicamente riferimento ai rilevamenti geologici ed ai dati bibliografici.

5. ASSETTO GEOLOGICO

5.1 Inquadramento geologico generale

L'area di studio si colloca nella porzione esterna (Est) della catena appenninica la cui genesi è legata all'interazione tra i blocchi continentali sardo-corso (Europeo) e adriatico (Adria). L'Appennino è una catena a falde caratterizzata dalla sovrapposizione di elementi paleogeografici più interni su elementi più esterni (riferendosi alla polarità della deformazione orogenetica). La sua storia tettonica si è sviluppata in modo continuo ed è ancora in atto, come dimostrato dalla sismicità tuttora attiva. Durante la sua evoluzione è possibile distinguere una serie di fasi tettoniche durante le quali l'intensità delle deformazioni è risultata tale da lasciare una registrazione stratigrafica degli eventi e permetterne la ricostruzione. Nel periodo Triassico-Giurassico condizioni di rifting portarono alla formazione del dominio oceanico ligure piemontese posto tra i margini continentali della placca europea ed Adria. A partire dal Cretaceo Superiore si instaurano condizioni di convergenza tra le placche che determinarono prima la chiusura del dominio ligure piemontese con subduzione della crosta oceanica e sviluppo di un prisma di accrezione, e successivamente, a partire dall'Eocene medio, a collisione continentale. Dall'Oligocene, pertanto, la catena si evolve con deformazione intracontinentale del margine della placca Adria tramite migrazione del sistema catena-avanfossa-avampaese verso est e formazione di diverse unità tettoniche delimitate da sovrascorrimenti e pieghe spesso rovesciate con vergenza NE. Dal Miocene medio si sono sviluppati sistemi di faglie normali (neogenico-quadernarie) legati alla distensione crostale con apertura del Bacino Tirrenico. Queste faglie dislocano le strutture della catena e generando talora depressioni tettoniche intramontane.

Nell'Appennino umbro-marchigiano-abruzzese sono presenti unità carbonatiche legate alla deformazione del margine continentale della placca Adria mentre nell'Appennino Settentrionale e Meridionale alle unità carbonatiche sono sovrascorse le unità liguri derivanti dalla deformazione del prisma di accrezione. Pertanto, la catena laziale abruzzese in esame costituisce il settore di raccordo tra i due archi dell'Appennino Settentrionale e Meridionale [13].

L'area di studio si colloca nell'Unità della Laga, a nord del fronte del thrust del Gran Sasso che rappresenta la culminazione assiale della catena centro-appenninica dove le successioni carbonatiche triassico-mioceniche raggiungono circa i 3000m di quota. La struttura del Gran Sasso è costituita da un segmento settentrionale con andamento E-O ed il segmento orientale ha andamento N-S (**Figura 8**) ed è stata oggetto di numerosi studi ed interpretazioni data la notevole complessità.

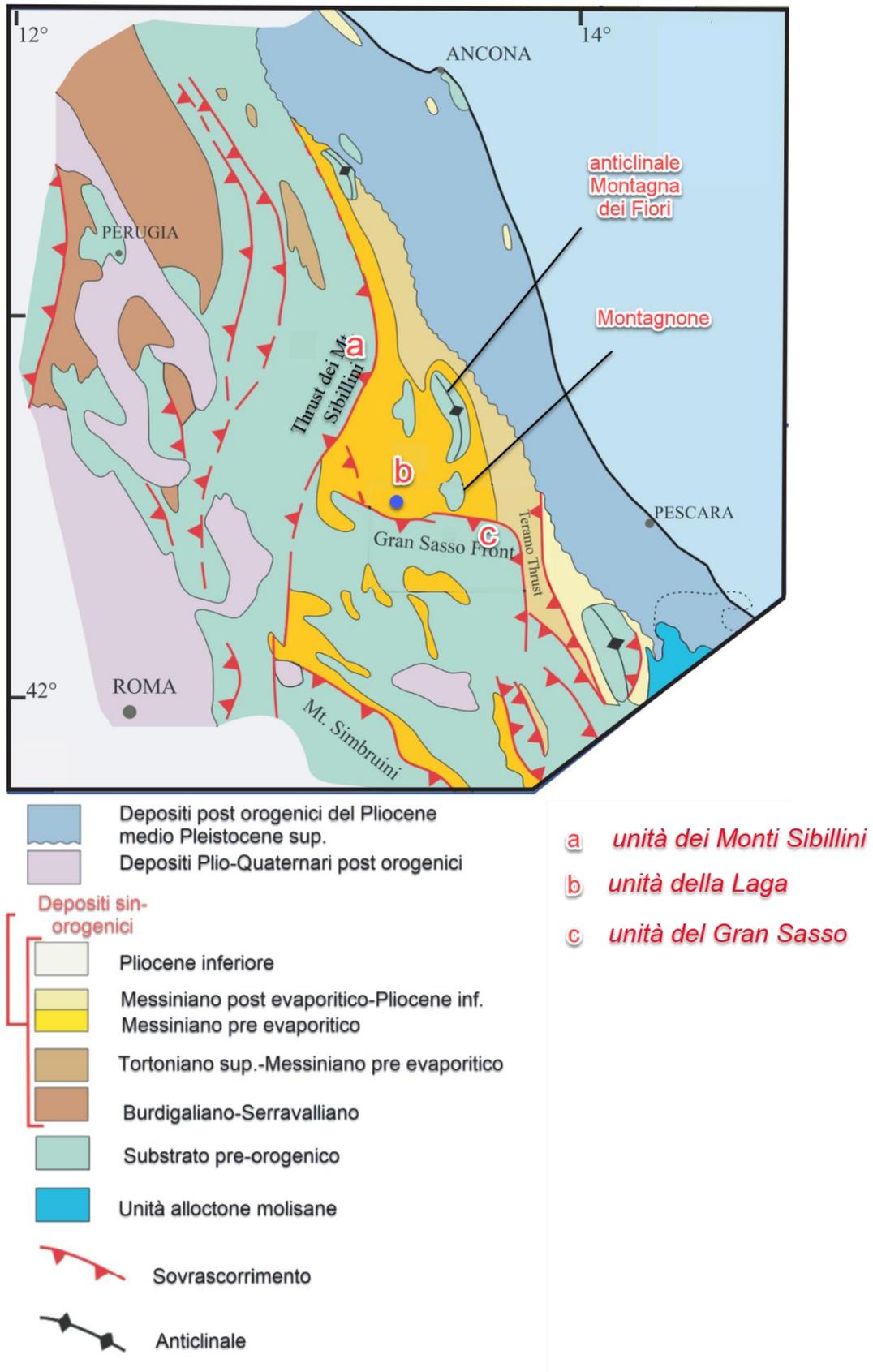


Figura 8: Schema tettonico dell'Appennino Centrale (da: [26] parz. ridisegnato), Nel cerchio blu la zona della Centrale di Provvidenza.

Recenti lavori ricostruiscono l'assetto strutturale riconoscendo due piani di sovrascorrimento principali ad andamento E-O ed immergenti a sud. Il sovrascorrimento superiore disloca la successione carbonatica con raccorciamenti dell'ordine di 1km nella zona del Corno Grande e di circa 3km verso est (zona M. Camicia). Il sovrascorrimento inferiore sovrappone la successione carbonatica a quella silicoclastica della Formazione della Laga (**Figura 9**): secondo questa ricostruzione tale struttura "assume i caratteri di sovrascorrimento cieco e una distribuzione en-échelon con il sovrascorrimento Monte Jenca-Monte San Franco, evidenziata dalle terminazioni periclinali delle relative pieghe da propagazione" [45].

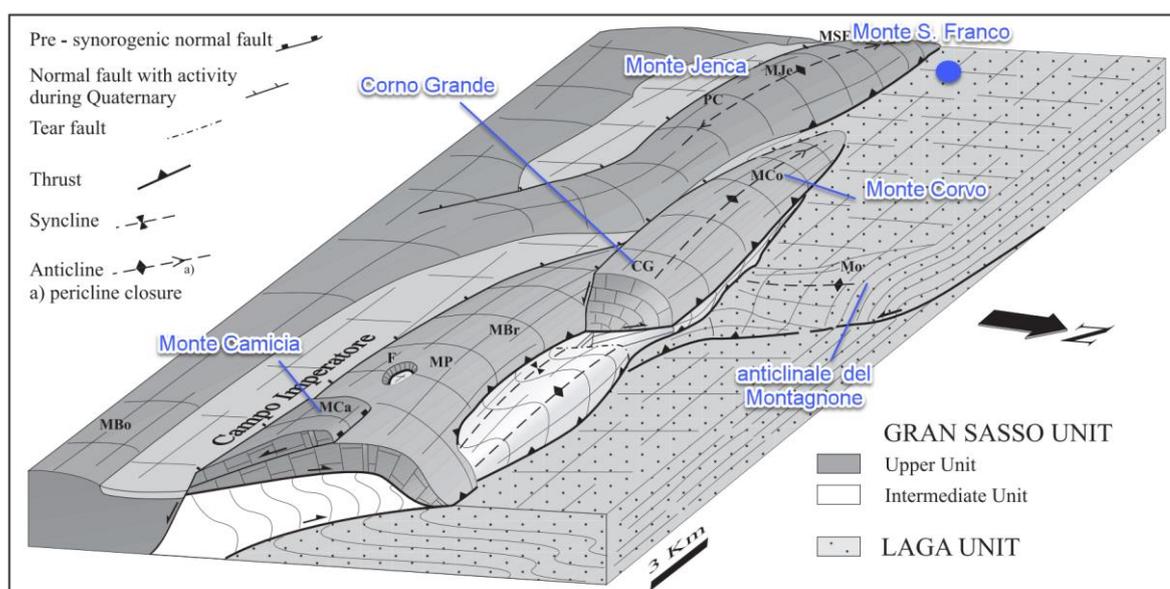


Figura 9: Blocco diagramma del sistema a thrust del Gran Sasso (da [45] parz. ridisegnata). Il cerchio blu indica la zona di studio.

La formazione della Laga è coinvolta da pieghe regionali ad andamento NS: l'anticlinale del Montagnone, ad est, è inclinata con vergenza ad oriente e presenta le culminazioni assiali della Montagna dei Fiori e del Montagnone.

Ad occidente del Montagnone, la formazione della Laga è deformata invece da un'ampia sinclinale ad andamento assiale N-S. Ad ovest di questa struttura è presente la faglia normale che lambisce il lago di Campotosto e che è classificata come faglia capace [35] (capitolo **8.3**).

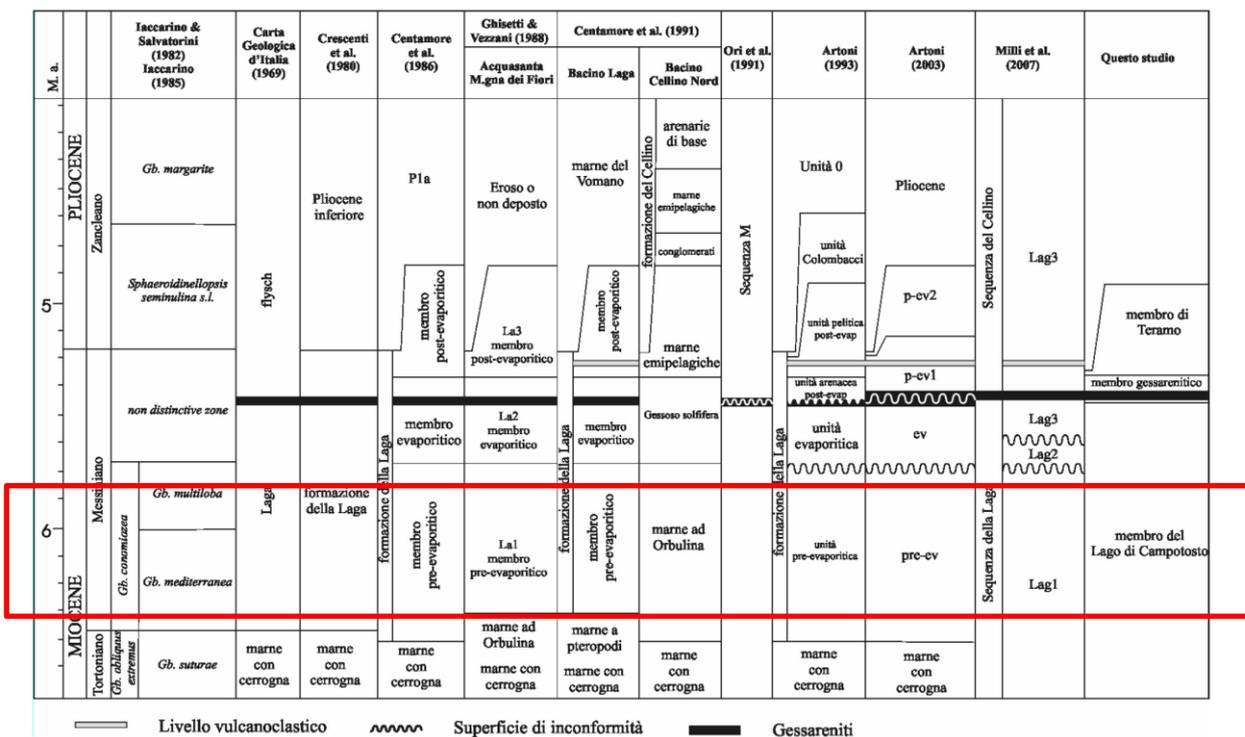


Figura 11: Sintesi delle suddivisioni stratigrafiche del Messiniano nel bacino della Laga meridionale secondo le Note Illustrative del F. 349 Gran Sasso d'Italia [15] (modificato da Artoni, 2003 [20]). Il riquadro rosso indica la porzione della successione interessata dalle opere in progetto.

Nella Carta geologico-geomorfologica generale di progetto ci si è basati su quanto riportato dalla Carta Geologica d'Italia Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia" [4] nella quale la Formazione della Laga è distinta nei seguenti membri (dal basso verso l'alto):

- membro del Lago di Campotosto (LAG4)
- membro gessarenitico (LAG5)
- membro di Teramo (LAG6).

All'interno dei membri si riconoscono delle associazioni ovvero porzioni di successione definite sulla base di caratteri quali tessitura, strutture sedimentarie, spessore, variazioni laterali, morfologia delle superfici di strato, rapporto Arenaria/Pelite. Nella descrizione dei depositi torbiditici si fa riferimento alla sequenza di Bouma ovvero alla successione di strutture caratteristiche che si sviluppano in un deposito di torbida (**Figura 12**).

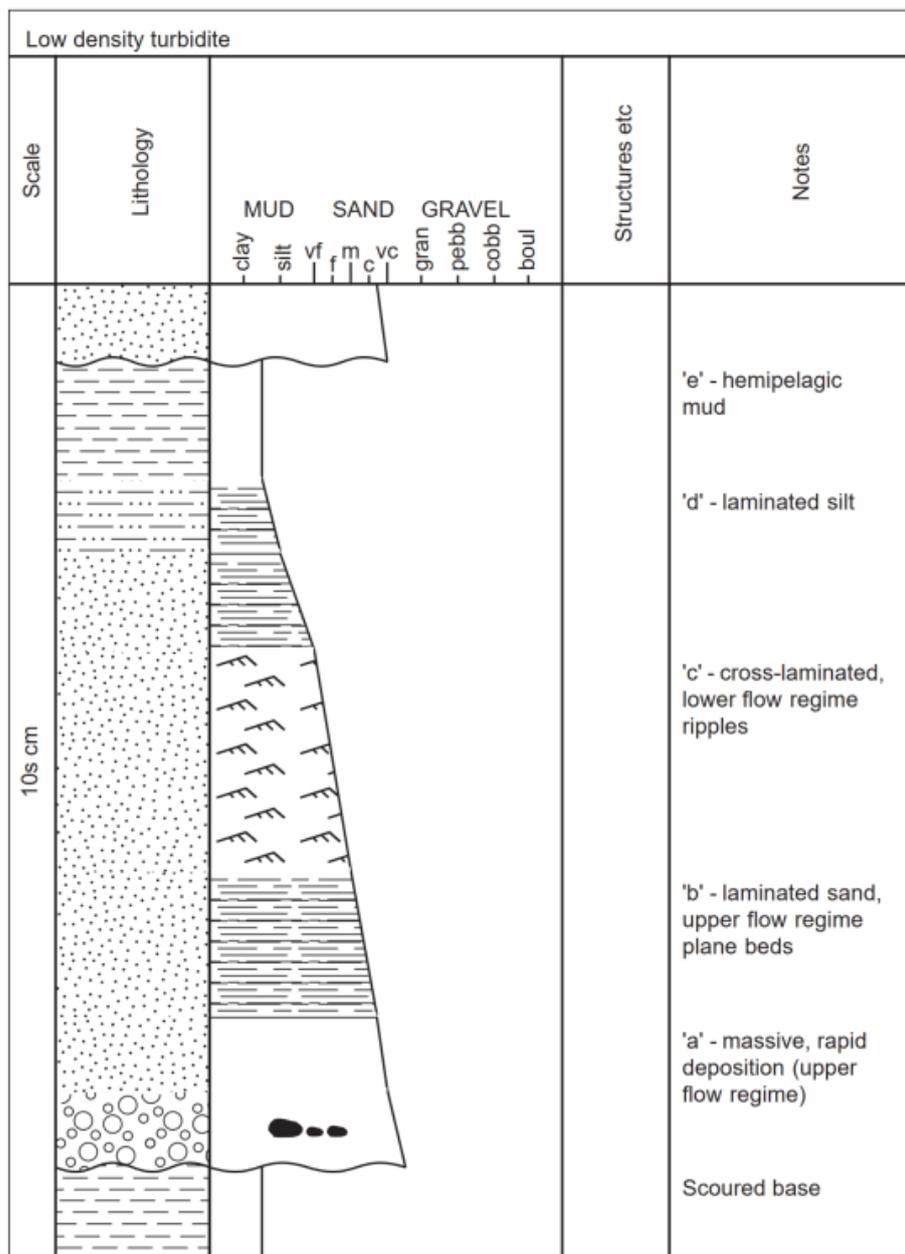


Figura 12: Sequenza di Bouma nei depositi torbiditici (da [40])

Depositi terrigeni sin-orogenici

Formazione della Laga, membro di Campotosto – LAG4

Nell'area di studio affiorano solo i depositi basali della F.ne della Laga riferibili al membro di Campotosto. Secondo quanto evidenziato dalle Note Illustrative del Foglio 349 (**Figura 11**) il membro del Lago di Campotosto si correla con il membro pre-evaporitico e parte di quello evaporitico di Centamore et al. (1991), con i membri pre- ed evaporitico di Artoni (2003), con le allunità Laga 1 e Laga 2 e con la sequenza deposizionale "Laga" di Milli et al. (2007).

Nella zona di studio sono presenti:

associazione arenaceo-pelitica II (LAG4b) caratterizzata da strati tabulari medi e spessi nei quali si riconosce spesso la sequenza di Bouma completa (porzione gradata inferiore e laminata superiore) oppure è presente solo la laminata superiore. Il rapporto Arenaria/Pelite è: $1 < A/P < 3$

associazione arenaceo-pelitica I (LAG4d) caratterizzata da alternanza piuttosto regolare di livelli arenacei tabulari in strati spessi e molto spessi ed orizzonti arenaceo-pelitici in strati medi, paralleli, piuttosto continui, che solitamente presentano una sequenza completa di Bouma oppure troncata inferiormente. Rapporto Arenaria/Pelite è $3 < A/P < 10$

associazione pelitico arenacea (LAG4e) caratterizzata dalla prevalenza di strati tabulari nei quali la porzione arenacea è completamente laminata. Rapporto Arenaria/Pelite < 1

La Formazione poggia sui depositi emipelagici tortoniano-messiniani delle Argille ad Orbulina: in corrispondenza della dorsale del Montagnone (verso NE) questo contatto è in evidente onlap (**Figura 13**). Età: Messiniano p.p.



Figura 13: Valle del Vomano presso Poggiombricchio a nord del Lago Piaganini (da [43] parz.ridisegnato)

Depositi e coperture quaternarie continentali

Sono stati distinti:

- **Depositi alluvionali e di conoide (olob)** Depositi sabbiosi, ghiaiosi e limosi. Talora livelli e lenti di argilla. Età: Olocene-attuale
- **Depositi eluvio-colluviali (olob2)** Coltri siltoso-sabbiose e limoso-argillose con clasti calcarei e/o arenacei. Età: Olocene-attuale
- **Depositi di frana (fr2)** Materiali eterogenei ed eterometrici argilloso-marnosi, calcareo-marnosi e calcarei. Con fr2 si indicano le frane quiescenti. Tale valutazione si è avvalsa di dati di Interferometria Satellitare forniti dal Ministero dell'Ambiente come descritto in nel capitolo 6.1.3 Età: Olocene-attuale

6. GEOMORFOLOGIA

L'area si situa nell'Appennino Abruzzese a nord del massiccio del Gran Sasso d'Italia, in sinistra del Fiume Vomano nel cui bacino idrografico si situano gli impianti di produzione idroelettrica dell'Asta del Vomano. La centrale è situata all'interno del versante che dal crinale che delimita a sud il Lago di Campotosto scende al Fiume Vomano sbarrato in questo tratto dalla diga di Provvidenza.

6.1 Cartografia degli Enti

Per quanto concerne la valutazione della stabilità geomorfologica è stato fatto riferimento alle informazioni disponibili nei database pubblici quali:

- l'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI) [7]
- il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) [18]
- dati di Interferometria satellitare forniti dal Ministero dell'Ambiente

6.1.1 *Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Inventario Fenomeni Franosi Italiani - Progetto IFFI*

L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) rappresenta la banca dati nazionale e ufficiale sulle frane [28]. È realizzato da ISPRA in collaborazione con le Regioni e Province Autonome (art. 6 comma g della L. 132/2016) ed è consultabile online sulla piattaforma dedicata Idrogeo [7]. Ad ogni frana è associata una scheda per la descrizione delle caratteristiche generali del dissesto (quali ubicazione e descrizione), la classificazione del tipo di movimento, lo stato di attività ed altri elementi quali morfometria, esposizione, uso del suolo, datazione dell'evento e metodologia di rilievo, danni riscontrati, esposizione al rischio di persone ed edifici, la presenza di indagini ed eventuali interventi oltre ad informazioni geologico idrogeologiche.

La cartografia tematica del database IFFI non indica fenomeni franosi nei pressi della centrale e delle opere in progetto (**Figura 14**).

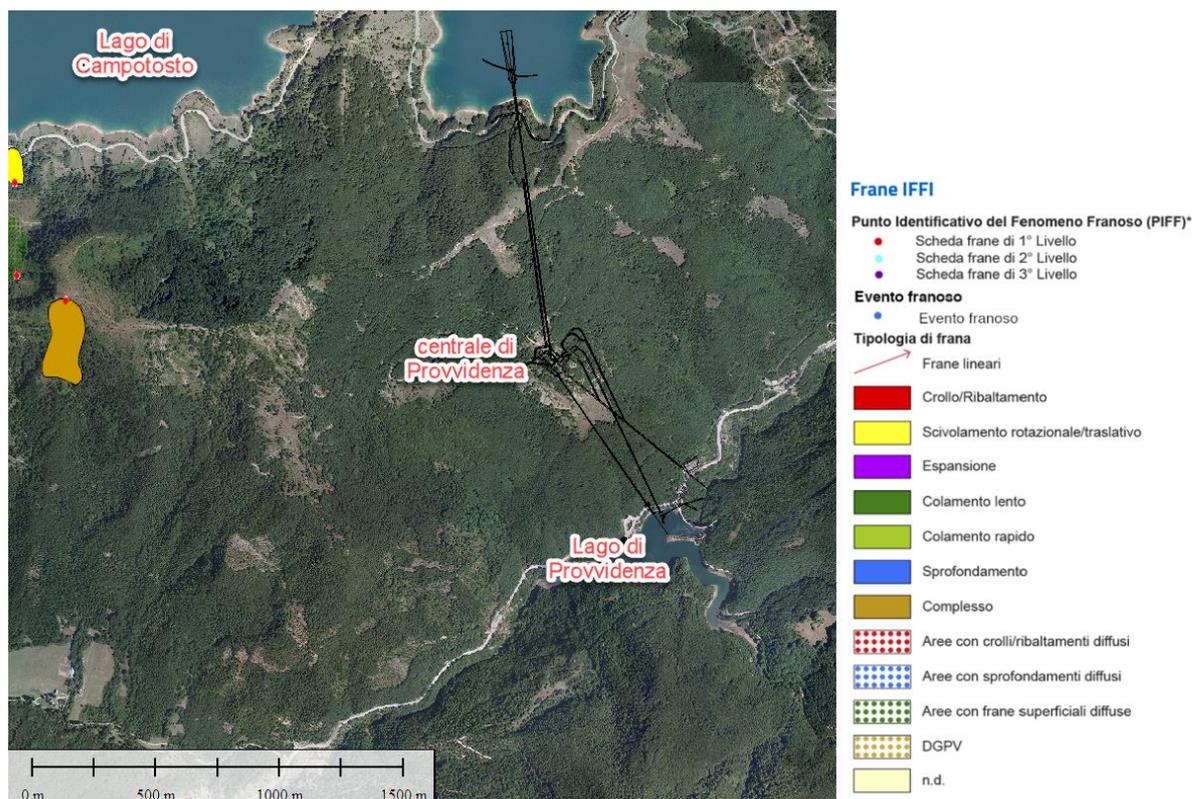


Figura 14: Mappa dei dissesti presenti nella Banca Dati IFFI [7]. Sono indicate la centrale ed i due invasi di Campotosto e Provvidenza

6.1.2 Piano Assetto Idrogeologico – PAI

Il PAI è lo “strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato” (art 17 della L. 183/89, Legge Quadro in materia di difesa del suolo)” [17].

Relativamente alla tematica delle frane pertanto sono state consultate le cartografie del Piano per l'Assetto Idrogeologico PAI vigente relativo ai “Bacini abruzzesi e del bacino del Sangro” dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale nel quale ricade la zona di studio.

In particolare è stata acquisita la Tavola 3490 Carta della pericolosità da frana (scala 1:25.000)” del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico – Fenomeni gravitativi e processi erosivi” nella versione rielaborata ai sensi della Determina Dirigenziale ADS del 29 novembre 2021, n. 31 [17][18] (**Figura 15**). Tale cartografia si basa sulla Carta geomorfologica allegata al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di Rilievo Regionale Abruzzesi "Fenomeni gravitativi e processi erosivi" [6]

La pericolosità da frana viene definita da tre classi:

- P1 pericolosità moderata - Aree interessate da dissesti con bassa probabilità di riattivazione;
- P2 pericolosità elevata - Aree interessate da dissesti con alta probabilità di riattivazione;

- P3 pericolosità molto elevata - Aree interessate da dissesti in attività o riattivati stagionalmente;
- PS pericolosità da scarpata - Aree interessate da dissesti generati da scarpate.

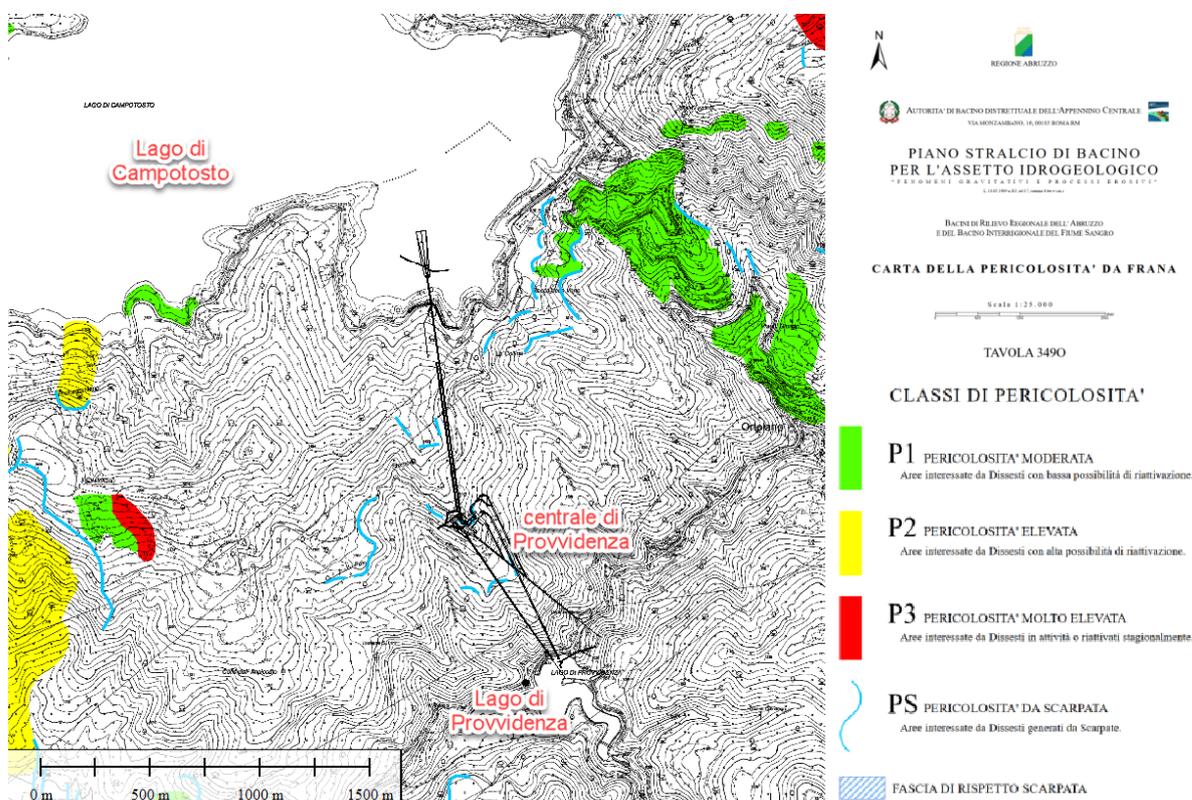


Figura 15: Estratto dalla tavola 3490 dell’Autorità di bacino distrettuale dell’Appennino Centrale-Bacini di Rilievo Regionale dell’Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro. Sulla mappa sono evidenziate la centrale di Provvidenza ed i due invasi di Provvidenza e Campotosto

Lungo il versante dove è situata la centrale e le opere connesse non sono segnalate zone classificate per frana, solo a NE è presente una zona a P1 - pericolosità moderata legata alla presenza di fenomeni erosivi (“superficie di dilavamento prevalentemente diffuso”) quiescenti. Si nota che lungo il versante dove è scavata la centrale sono presenti di alcune scarpate che sono considerate “Aree interessate da dissesti generati da scarpate”.

6.1.3 Interferometria Satellitare (Ministero dell’Ambiente)

Sono stati acquisiti e analizzati i dati di Interferometria Radar Satellitare (InSar) del Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale prodotto dal Ministero dell’Ambiente. I dati derivano dall’analisi tecniche di interferometria di immagini radar satellitari acquisite tra il 1992 e il 2014. Si tratta dei riflettori a terra (Permanent Scatter) ottenuti dalla elaborazione delle immagini radar in orbita ascendente e discendente dei sensori ERS (1992-2000), ENVISAT (2004-2010) e discendente CSK (2013).

Le velocità di movimento lungo la linea di vista dei satelliti sono illustrate in **Figura 16**.

Lungo il versante dove è prevista la finestra di accesso sono presenti dei riflettori indicano condizioni sostanzialmente stabili con velocità di spostamento dei PS generalmente incluse tra -2 e +2 mm/anno.

Si segnala la presenza di alcuni punti con velocità di spostamento tra +3.00 e -3,00 mm/anno lungo la S.R. 577 del Lago di Campotosto. Lungo la S.S. 80 sono indicate alcune velocità anomale nel tratto di attraversamento di un fosso in sinistra idrografica. In questo punto la viabilità è stata modificata con la realizzazione di un nuovo viadotto. Entrambi questi settori non interferiscono con le opere in progetto.

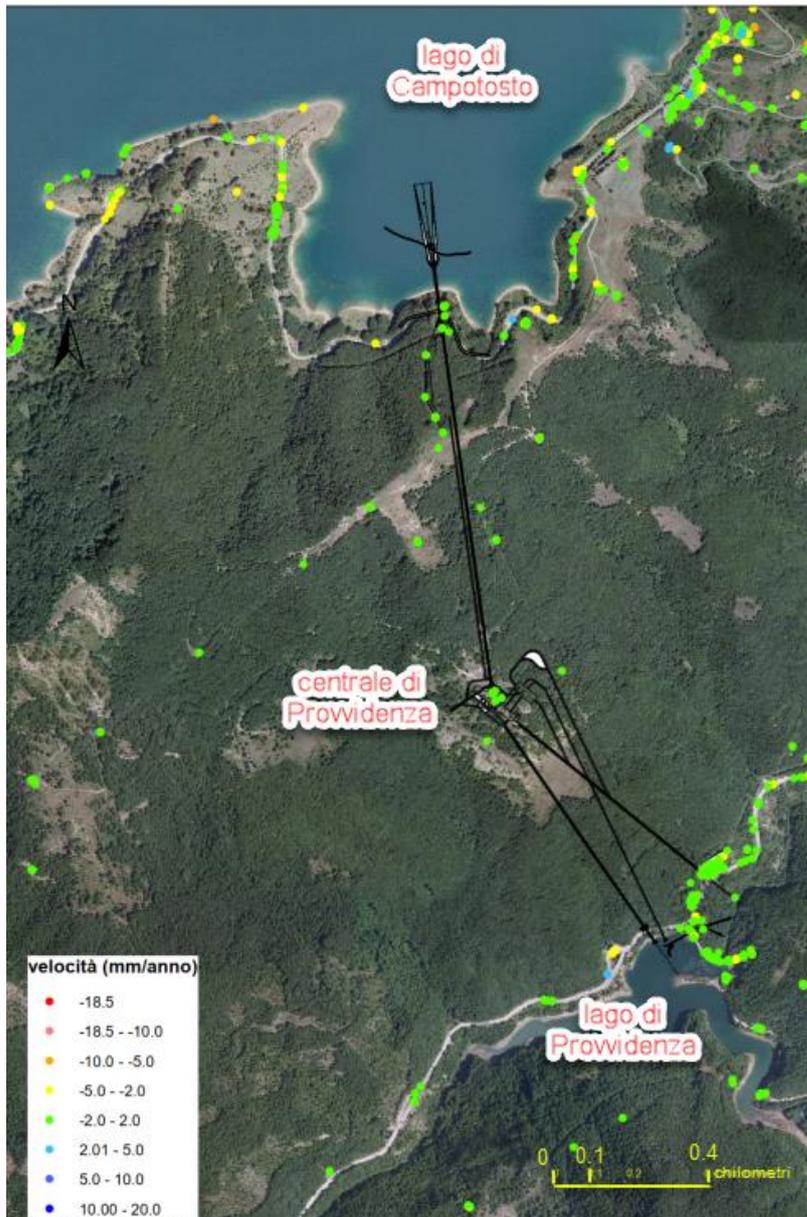


Figura 16: Permanent Scatter relativi al monitoraggio InSar – Ministero dell'Ambiente. Le velocità sono espresse in mm/anno.

6.2 Forme e depositi

Le forme ed i depositi presenti dell'area di studio sono stati indagati a partire dai dati bibliografici a tema geomorfologico seguiti da osservazione di ortofoto e immagini satellitari multitemporali oltre che da analisi del DTM a 10 m [14] e DTM ad 1 m [11] come descritto nel **Capitolo 3**. I dati sono stati successivamente verificati ed integrati nel corso dei rilievi di campagna.

Di particolare ausilio sono risultate la Carta Geologica d'Italia Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia"[4] e la carta geomorfologica presente nei documenti del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) [6].

La carta geomorfologica del PAI distingue "le forme sulla base dell'agente morfogenetico dominante" pertanto riporta forme processi e depositi gravitativi del versante, forme strutturali, forme processi e depositi per acque correnti superficiali, forme carsiche, forme glaciali e crionivali e forme e processi antropici [6]. Le frane sono rappresentate in base alla tipologia di movimento ed allo stato di attività (frane attive, quiescenti e non attive). Secondo questa cartografia non sono presenti fenomeni di dissesto nella zona di intervento.

Nella Carta Geologica d'Italia Foglio 349 vengono indicate alcune frane lungo il versante che accoglie la centrale e la loro perimetrazione è riportata nella carta geologico geomorfologica generale - GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.009.00.

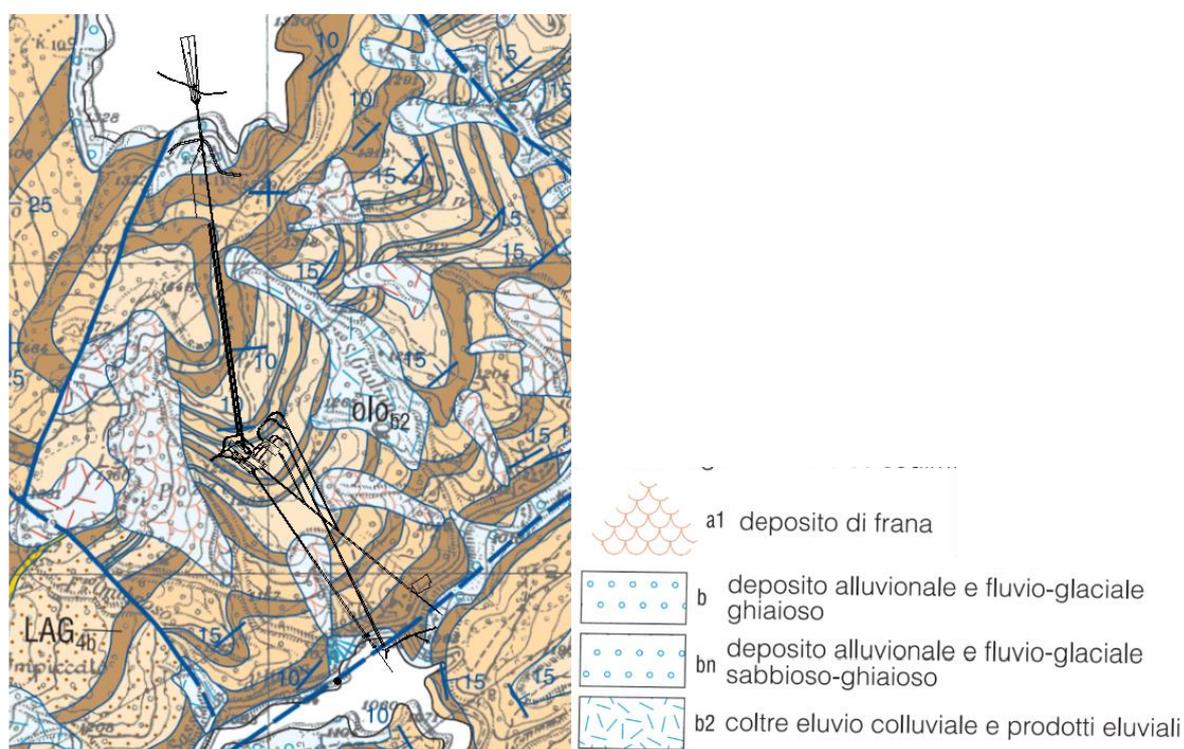


Figura 17: Stralcio della Carta Geologica d'Italia F.349 "Gran Sasso d'Italia". Lungo il versante in studio sono segnalate alcune frane e dei depositi eluvio-colluviali

Gli elementi geomorfologici riconosciuti sono rappresentati nella carta geologico-geomorfologica generale GRE.EEC.D.29.IT.H.51386.00.108.00

In particolare sono state mappate le seguenti forme e depositi :

- le frane il cui stato di attività è stato valutato avvalendosi anche dei dati di Interferometria Satellitare. Sono presenti frane quiescenti;
- gli impluvi
- le scarpate morfologiche;
- gli elementi antropici (manufatti, depositi, strade, invasi).

L'area della centrale si situa lungo il versante che dal crinale che delimita a sud il lago di Campotosto scende al Fiume Vomano. La pendenza del versante è di 20° raggiungendo localmente i 50° nella zona di fondovalle. Le frane cartografate interessano i versanti dei torrenti minori che scendono verso il Vomano e sono verosimilmente connessi all'azione erosiva del corso d'acqua. Le opere esistenti e quelle in progetto sono collocate a profondità che escludono interferenza con tali frane.

7. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

La centrale di Provvidenza è collocata in sinistra del Fiume Vomano lungo il versante che dal crinale che delimita a sud il lago di Campotosto raggiunge il fondovalle del Fiume Vomano. Vi affiorano le rocce torbiditiche appartenenti alla Formazione della Laga.

Il modello geologico di riferimento è stato elaborato in base ai dati bibliografici, alle osservazioni dirette effettuate durante il rilievo in campo e ai rilievi geomeccanici. I rilievi in campagna si sono sviluppati a partire dalla Carta Geologica d'Italia Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia".

Il modello viene illustrato per mezzo di:

- carta geologico-geomorfologica generale (GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.009.00) (**Figura 18**)
- sezione geologica longitudinale della galleria di scarico (GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.010.00) (**Figura 19**)
- sezioni geologiche-geotecniche trasversali della centrale (GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.011.00)
- sezione geologica-geotecnica longitudinale della centrale (GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.012.00),

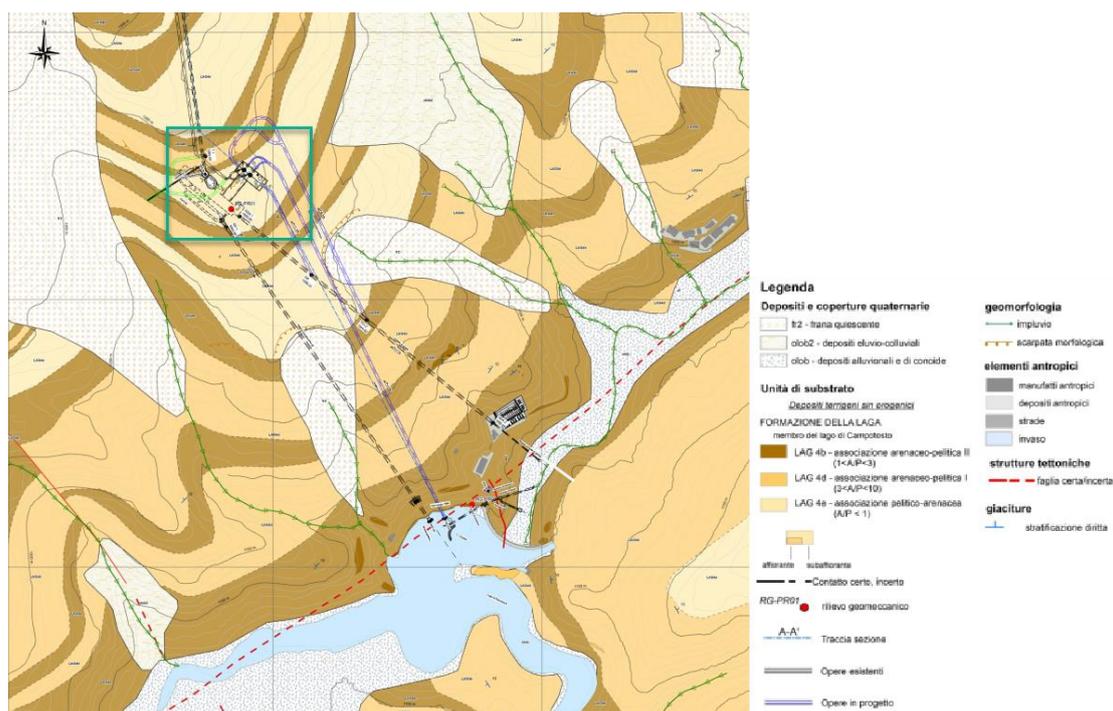


Figura 18: Mappa geologico-geomorfologica (scala originale 1:2.500). In verde la zona della centrale

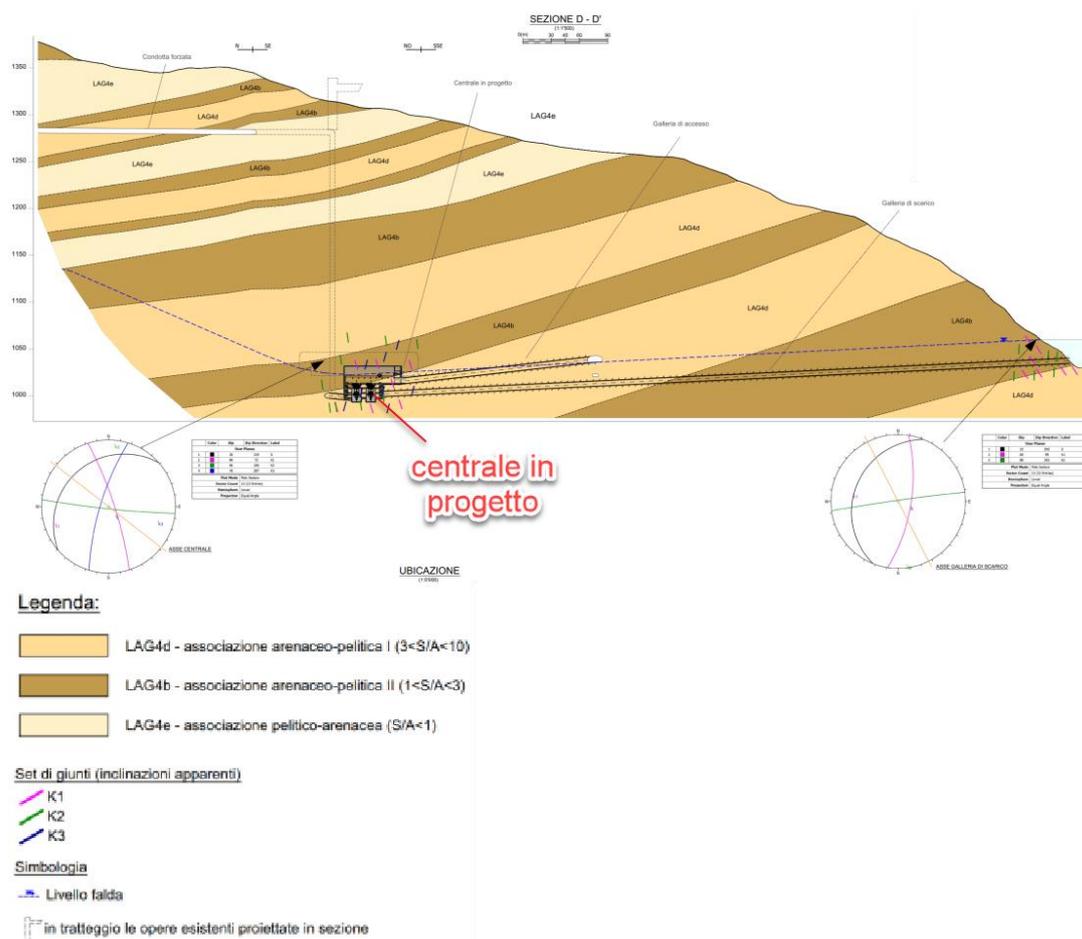


Figura 19: Sezione geologica con stereoplot dei giunti delle due stazioni di rilievo geomeccanico

7.1 Assetto geologico-strutturale

Le opere previste si collocano all'interno di un versante costituito dai depositi silicoclastici della Formazione della Laga con assetto monoclinale e strati a reggipoggio con immersione verso N e NO e blanda inclinazione

Nell'area del modello la Formazione della Laga è rappresentata dal solo membro di Campotosto (LAG4). Questo membro è a sua volta suddiviso in varie associazioni definite come segue:

associazione arenaceo-pelitica II (LAG4b) caratterizzata da strati tabulari medi e spessi nei quali si riconosce spesso la sequenza di Bouma completa (porzione gradata inferiore e laminata superiore) oppure è presente solo la laminata superiore. Il rapporto Arenaria/Pelite è: $1 < A/P < 3$ (**Figura 20**).

associazione arenaceo-pelitica I (LAG4d) caratterizzata da alternanza piuttosto regolare di livelli arenacei tabulari in strati spessi e molto spessi ed orizzonti arenaceo-pelitici in strati medi, paralleli, piuttosto continui, che solitamente presentano una sequenza completa di Bouma oppure troncata inferiormente. Rapporto Arenaria/Pelite è $3 < A/P < 10$

associazione pelitico arenacea (LAG4e) caratterizzata dalla prevalenza di strati tabulari nei quali la porzione arenacea è completamente laminata. Rapporto Arenaria/Pelite <1

La caverna della centrale in progetto verrà scavata nell'unità LAG4d (arenaceo-pelitica II) dalla sua base fino a circa 1026 m slm mentre la porzione superiore della centrale da quota minima di circa 1005 m slm verrà scavata nell'unità LAG4b (associazione arenaceo-pelitica I) (**Figura 22**).



Figura 20: Formazione della Laga, membro di Campotosto associazione LAG4b arenaceo-pelitica II. Affioramenti della sponda sinistra del bacino di Provvidenza (in alto)



Figura 21: Formazione della Laga, membro di Campotosto associazione LAG4d arenaceo-pelitica I. Affioramenti in destra del bacino di Provvidenza

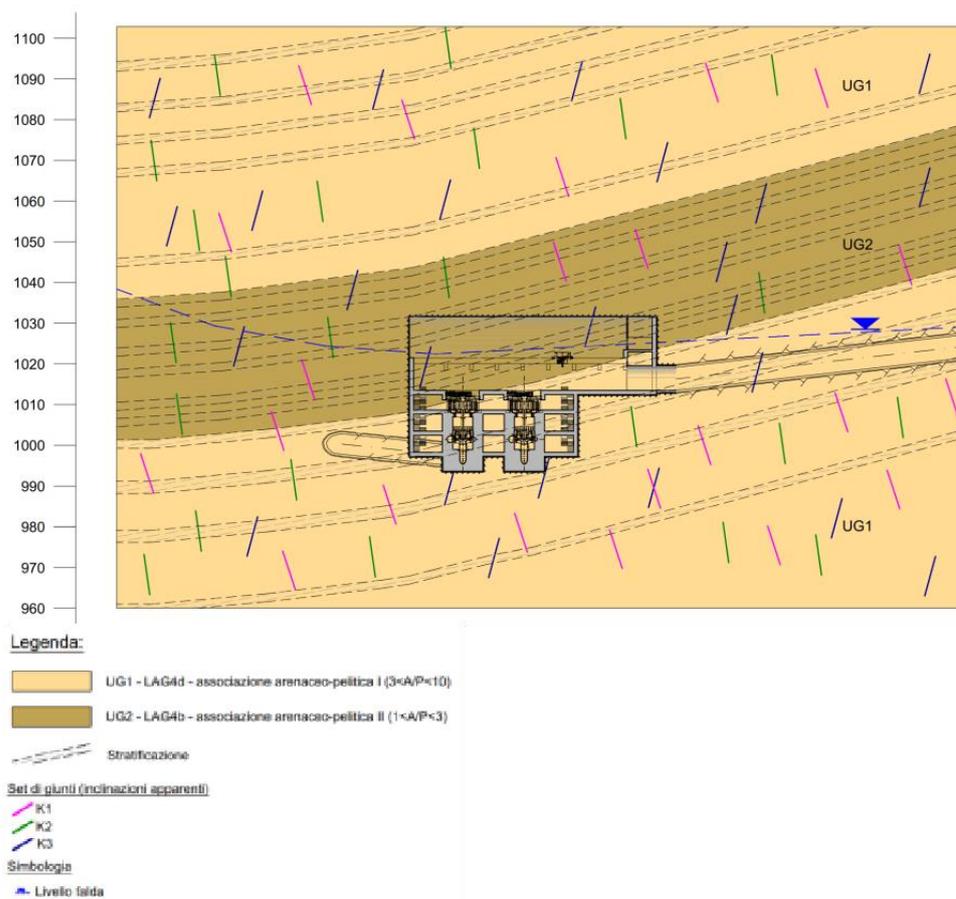


Figura 22: Estratto dalla sezione geologico-geotecnica longitudinale della centrale [49]

Nella carta geologico-geomorfologica sono riportate le faglie ricavate dalla Carta Geologica d'Italia (F.349 "Gran Sasso d'Italia") e da documenti bibliografici. In particolare è presente una faglia con andamento SO-NE nel fondovalle del Fiume Vomano ed una faglia orientata circa NO-SE lungo la quale si imposta la parte finale del Fosso S. Leo (Fosso Ombroso sulla topografia CARG) in sinistra del Vomano in coda del bacino di Provvidenza. La direzione di questa faglia è congruente con quella di una delle principali strutture della zona ovvero la faglia della Laga, una faglia normale il cui tratto meridionale borda il lago di Campotosto ed ha una documentata attività tardo quaternaria. La Faglia della Laga è situata circa 1,6 km ad est della centrale di Provvidenza. Nella zona della centrale non sono state riconosciute faglie nel corso del rilievo in campagna. Si segnala infine che documenti bibliografici [1] indicano la presenza di una faglia ad andamento circa N-S

I sistemi di fratturazione degli ammassi nell'area sono stati definiti tramite i rilievi geomeccanici RG-PR01 e RG-PR02 con un totale di 29 piani di discontinuità. L'assetto strutturale è determinato dalla stratificazione che risulta debolmente ondulata e da 3 famiglie di discontinuità principali (**Figura 23**) le cui caratteristiche sono sintetizzate in **Tabella 1**.

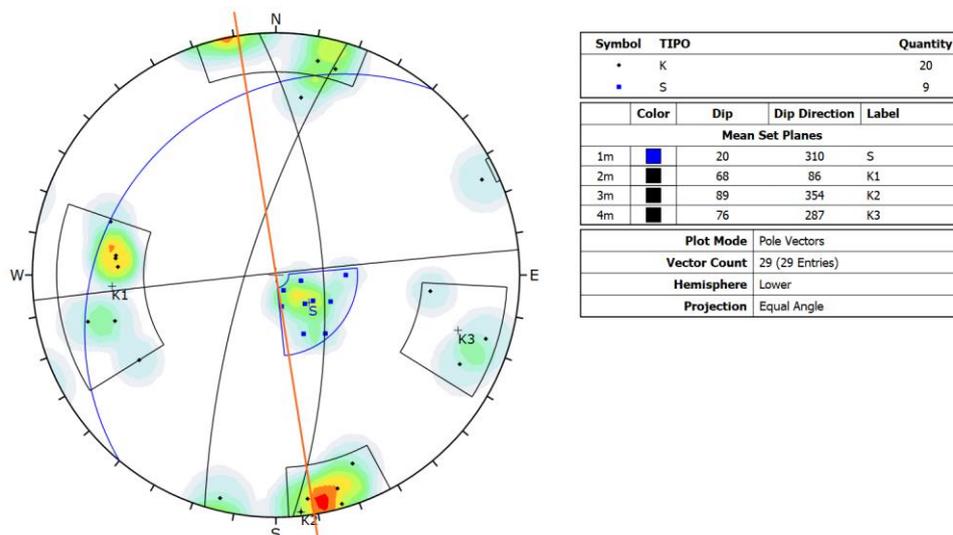


Figura 23: Stereogramma delle misure registrate nei 2 rilievi geomeccanici e delle relative famiglie principali di discontinuità.

| Set | Orientazione | | Persistenza m | Spaziatura cm |
|------------------------|--------------|--------------|------------------|------------------|
| | Immersione | Inclinazione | | |
| Stratificazione | 310 | 20 | >10 | 2-50 |
| K1 | 86 | 68 | 1 – 10 | 20-150 |
| K2 | 354 | 89 | 1 – 10 | 20-150 |
| K3 | 287 | 76 | 1 – 10 | 20-150 |

Tabella 1: Sintesi delle caratteristiche delle principali famiglie di discontinuità incontrate

7.2 Modello geologico 3D

Le informazioni acquisite sono state utilizzate anche per generare tramite il software Leapfrog Works un modello geologico tridimensionale di estensione 2km in direzione SO-NE e fino a 1.6 km in direzione NO-SE.

Il modello 3D contiene i seguenti elementi:

- DTM a risoluzione 10m/pixel
- Ortofoto
- Carta geologica drappeggiata sulla topografia;
- Giaciture dei piani di stratificazione e giunti nei punti di rilievo;
- Volumi rappresentativi delle unità geotecniche;
- Opere esistenti;
- Opere in progetto.

Il modello può essere ruotato, sezionato ed interrogato tramite apposito Viewer. In **Figura 24** e **Figura 25** si mostrano alcune immagini delle sezioni geologiche estratte dal modello.

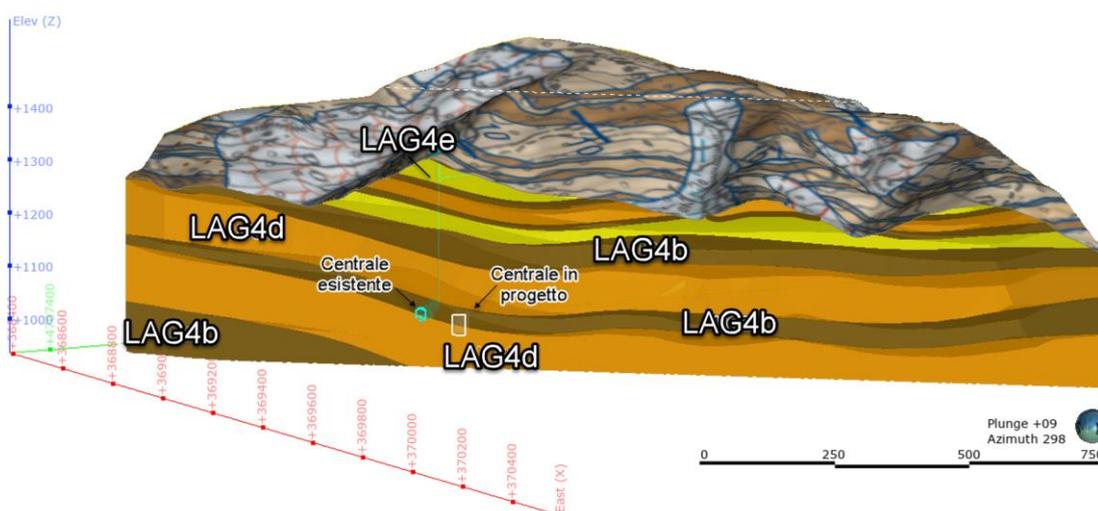


Figura 24: Vista da Est del modello geotecnico 3D con volumi delle classi di roccia identificate (in azzurro le opere esistenti, in bianco la centrale in progetto)

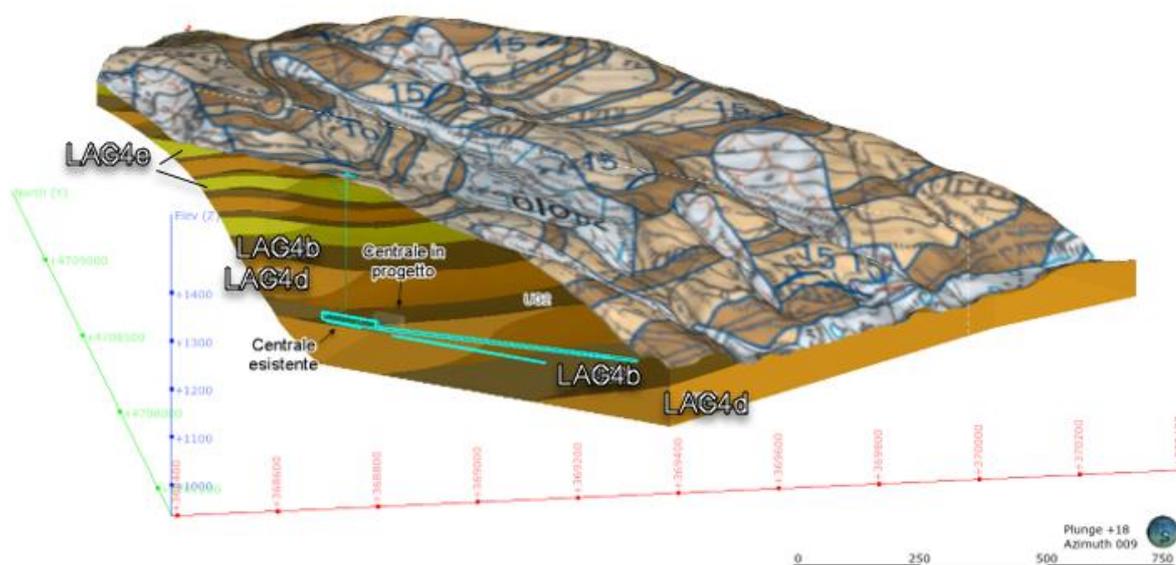


Figura 25: Vista da Sud del modello geologico 3D. In azzurro sono indicate le opere esistenti ed in grigio la centrale in progetto.

7.3 Idrogeologia

Per quanto concerne le condizioni idrogeologiche le informazioni disponibili sono molto limitate. Si può ragionevolmente ipotizzare che la caverna della centrale esistente funga da elemento drenante pertanto nelle sezioni geologiche è riportato anche un livello di falda stimato, che è stato definito ipotizzando di avere una quota minima in corrispondenza della centrale esistente e che

l'alimentazione verso monte sia connessa alla filtrazione dal bacino di Campotosto e verso valle da quello di Provvidenza.

7.4 Incertezze del modello geologico

La ricostruzione del modello geologico illustrato nei paragrafi precedenti presenta dei margini di incertezza legati all'assenza di indagini dirette ed indirette, alla relativamente modesta presenza di affioramenti nell'area di interesse e alla profondità a cui si attestano le opere in progetto.

In particolare, si sottolineano i seguenti elementi di incertezza e rischio:

- posizione dei contatti delle unità stratigrafiche;
- presenza e orientazione di eventuali faglie non riconosciute in affioramento;
- permeabilità delle unità stratigrafiche
- posizione della falda freatica.

8. SISMICITA'

8.1 Sismicità Storica (DBMI15)

I dati relativi alla sismicità storica sono stati ottenuti dal Database Macrosismico Italiano (DBMI15, Locati et al., 2019) [38]. Il Database consultato è il DBMI v4.0 e fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2020. La versione 4.0 del Database Macrosismico Italiano DBMI15 è stata rilasciata a gennaio 2022 e aggiorna e sostituisce la precedente versione 3.0 (Locati et al., 2021) che venne pubblicata a gennaio 2021. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia). La finalità del DB è fornire dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima della magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). Il DB permette inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia (15343) di località italiane cioè l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità macrosismica, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

La storia sismica di una località è pertanto l'elenco dei terremoti che hanno prodotto effetti macrosismici in quella data località. Si riportano le storie sismiche di Campotosto circa 5,5 km a NO della Centrale di Provvidenza, e in località Ortolano 1,5 km a valle della centrale lungo il corso del Vomano (**Figura 26** **Figura 27** e **Tabella 2** **Tabella 3**).

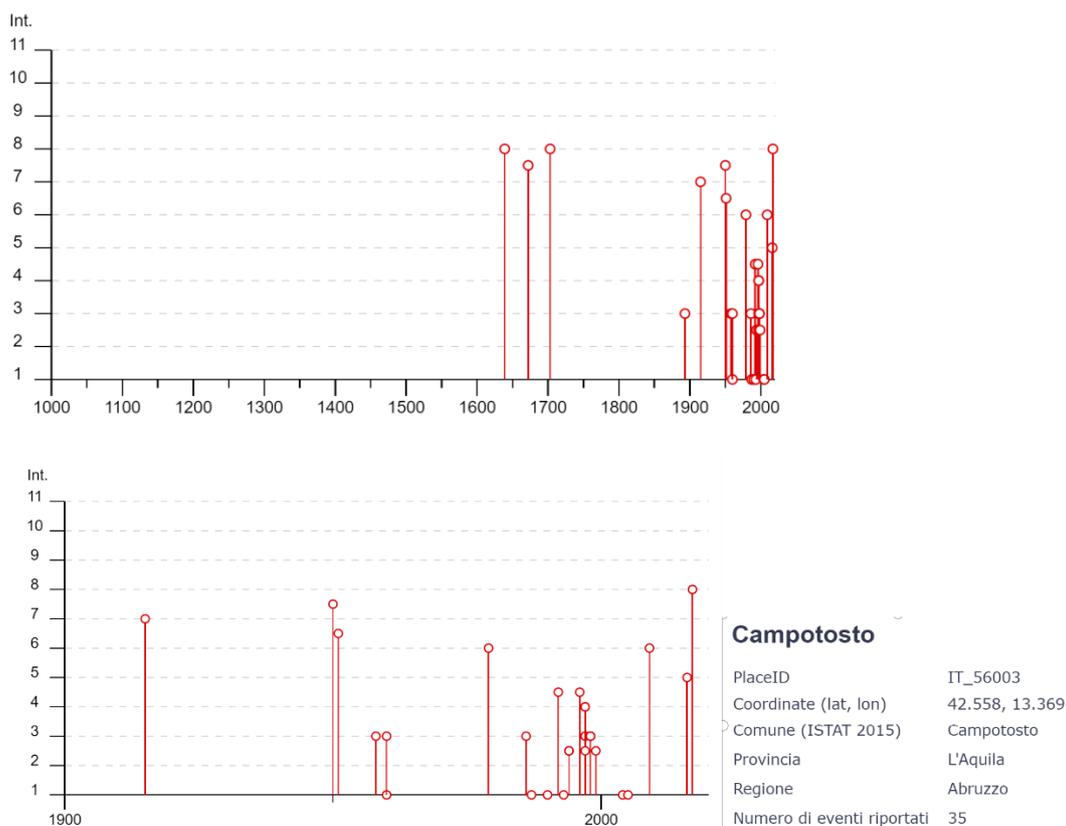


Figura 26: Grafico della intensità degli 35 eventi riportati dal DBMI15 per la località Campotosto nel periodo 1000-2020 (in alto). In basso il dettaglio degli eventi dal 1900 al 2020

Nelle tabelle seguenti sono riportate le caratteristiche principali dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 1, ovvero i valori relativi alla intensità al sito, il tempo all'origine (anno, mese, giorno), l'area epicentrale, le sue coordinate, la profondità se calcolata, l'intensità epicentrale e la magnitudo momento (Mw).

Gli eventi di maggiore intensità a Campotosto riferiscono una Int. at place=8 e sono legati ai terremoti del 1639, con epicentro nei monti della Laga, del 1703 e 2017 con epicentro nell'Aquilano, quest'ultimo ha determinato una Int. at place = 6-7 in loc. Ortolano dove invece l'evento di maggiore intensità è collegato al terremoto del Gran Sasso del 1950 (Int. at place=7-8).

| Intensità sito | Anno | Mese | Giorno | Area Epicentrale | Lat | Long | Intensità epicentrale (MCS) | Magnitudo momento (Mw) |
|----------------|------|------|--------|-----------------------------|--------|--------|-----------------------------|------------------------|
| 8 | 1639 | 10 | 7 | Monti della Laga | 42.639 | 13.261 | 9-10 | 6.21 |
| 7-8 | 1672 | 6 | 8 | Monti della Laga | 42.569 | 13.302 | 7-8 | 5.33 |
| 8 | 1703 | 2 | 2 | Aquilano | 42.434 | 13.292 | 10 | 6.67 |
| 3 | 1893 | 8 | 2 | Valnerina | 42.608 | 13.002 | 5-6 | 4.55 |
| 7 | 1915 | 1 | 13 | Marsica | 42.014 | 13.53 | 11 | 7.08 |
| 7-8 | 1950 | 9 | 5 | Gran Sasso | 42.547 | 13.457 | 8 | 5.69 |
| 6-7 | 1951 | 8 | 8 | Gran Sasso | 42.466 | 13.461 | 7 | 5.25 |
| 3 | 1958 | 6 | 24 | Aquilano | 42.317 | 13.498 | 7 | 5.04 |
| NF | 1960 | 3 | 14 | Marsica | 42.037 | 13.267 | 7 | 4.72 |
| 3 | 1960 | 3 | 16 | Monti della Laga | 42.613 | 13.322 | 5 | 4.44 |
| 6 | 1979 | 9 | 19 | Valnerina | 42.73 | 12.956 | 8-9 | 5.83 |
| 3 | 1986 | 10 | 13 | Monti Sibillini | 42.924 | 13.186 | 5-6 | 4.46 |
| NF | 1987 | 7 | 3 | Costa Marchigiana | 43.198 | 13.902 | 7 | 5.06 |
| NF | 1990 | 5 | 5 | Potentino | 40.738 | 15.741 | | 5.77 |
| 4-5 | 1992 | 8 | 25 | Aquilano | 42.411 | 13.355 | 5 | 4.11 |
| NF | 1993 | 6 | 5 | Valle del Topino | 43.121 | 12.724 | 6 | 4.72 |
| 2-3 | 1994 | 1 | 5 | Monti della Laga | 42.577 | 13.244 | 4-5 | 3.47 |
| 2-3 | 1994 | 6 | 2 | Aquilano | 42.463 | 13.221 | 4-5 | 3.99 |
| 2-3 | 1994 | 6 | 2 | Aquilano | 42.476 | 13.226 | 5 | 4.21 |
| 4-5 | 1996 | 10 | 20 | Appennino laziale-abruzzese | 42.559 | 13.263 | 5 | 4.36 |
| 4 | 1997 | 9 | 26 | Appennino umbro-marchigiano | 43.022 | 12.891 | 7-8 | 5.66 |
| 4 | 1997 | 9 | 26 | Appennino umbro-marchigiano | 43.014 | 12.853 | 8-9 | 5.97 |
| 3 | 1997 | 10 | 3 | Appennino umbro-marchigiano | 43.042 | 12.824 | | 5.22 |
| 3 | 1997 | 10 | 6 | Appennino umbro-marchigiano | 43.027 | 12.846 | | 5.47 |
| 4 | 1997 | 10 | 14 | Valnerina | 42.898 | 12.898 | | 5.62 |
| 2-3 | 1997 | 11 | 9 | Valnerina | 42.846 | 12.988 | | 4.87 |
| 3 | 1998 | 3 | 21 | Appennino umbro-marchigiano | 42.948 | 12.914 | | 5 |
| 3 | 1998 | 4 | 5 | Appennino umbro-marchigiano | 43.189 | 12.767 | | 4.78 |
| 3 | 1998 | 8 | 15 | Reatino | 42.362 | 13.056 | 5-6 | 4.42 |
| 2-3 | 1999 | 10 | 10 | Alto Reatino | 42.647 | 13.22 | 4-5 | 4.21 |
| NF | 2004 | 12 | 9 | Teramano | 42.79 | 13.791 | 5 | 4.09 |
| NF | 2005 | 12 | 15 | Val Nerina | 42.738 | 12.76 | 5 | 4.14 |
| 6 | 2009 | 4 | 6 | Aquilano | 42.309 | 13.51 | 9-10 | 6.29 |
| 5 | 2016 | 8 | 24 | Monti della Laga | 42.698 | 13.233 | 10 | 6.18 |
| 8 | 2017 | 1 | 18 | Aquilano | 42.531 | 13.283 | | 5.7 |

Tabella 2: Estratto da DBMI15 di parte delle informazioni relative alla storia sismica di Campotosto

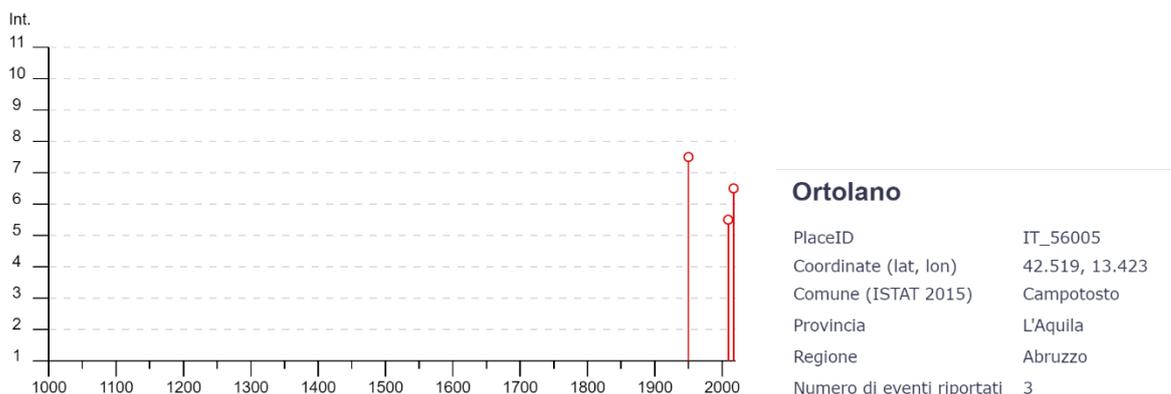


Figura 27: Grafico della intensità dei 3 eventi riportati dal DBMI15 per la località Ortolano nel periodo 1000-2020

| Intensità sito | Anno | Mese | Giorno | Area Epicentrale | Lat | Long | Intensità epicentrale (MCS) | Magnitudo momento (Mw) |
|----------------|------|------|--------|------------------|--------|--------|-----------------------------|------------------------|
| 7-8 | 1950 | 9 | 5 | Gran Sasso | 42.547 | 13.457 | 8 | 5.69 |
| 5-6 | 2009 | 4 | 6 | Aquilano | 42.309 | 13.51 | 9-10 | 6.29 |
| 6-7 | 2017 | 1 | 18 | Aquilano | 42.531 | 13.283 | | 5.7 |

Tabella 3: Estratto da DBMI15 di parte delle informazioni relative alla storia sismica della loc. Ortolano

8.2 Sismicità recente (dal 1985 al 2020)

Il portale dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia [34] permette di ricercare i terremoti registrati e localizzati presso le sale operative dell'INGV a partire dal 1985. I dettagli di ogni evento sismico sono scaricabili e riportano l'identificativo dell'evento, il tempo in cui è avvenuto, le coordinate, la profondità, la fonte del dato, la magnitudo, la località ed il tipo di evento. La magnitudo è espressa per lo più come magnitudo Richter o Magnitudo locale (ML), talora come Magnitudo Durata (Md) e se i dati lo consentono come Magnitudo Momento (Mw). La magnitudo momento si calcola sull'intero sismogramma, deriva dal parametro sismologico del momento sismico legato alle caratteristiche della zona di faglia e rappresenta la migliore stima dell'energia rilasciata da un terremoto.

La **Figura 28** mostra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Data Base in un intorno di circa 30 km dalla Centrale di Provvidenza nel periodo 01/01/1985 e 09/06/2022. In tale area, per l'intervallo di tempo considerato, sono segnalati n.9949 terremoti. Le magnitudo più rappresentate sono comprese tra 1.5 e 2.0 mentre la magnitudo maggiore (Mw=6.1) è quella del terremoto dell'Aquila dell'aprile 2009 con profondità di 8.3 km. Le profondità sono comprese tra 0.5 e 36.1 km e le più rappresentate sono tra 0 e 10 km. Le profondità dei terremoti più forti (magnitudo >4) si collocano tra 5 e 17.1 km.

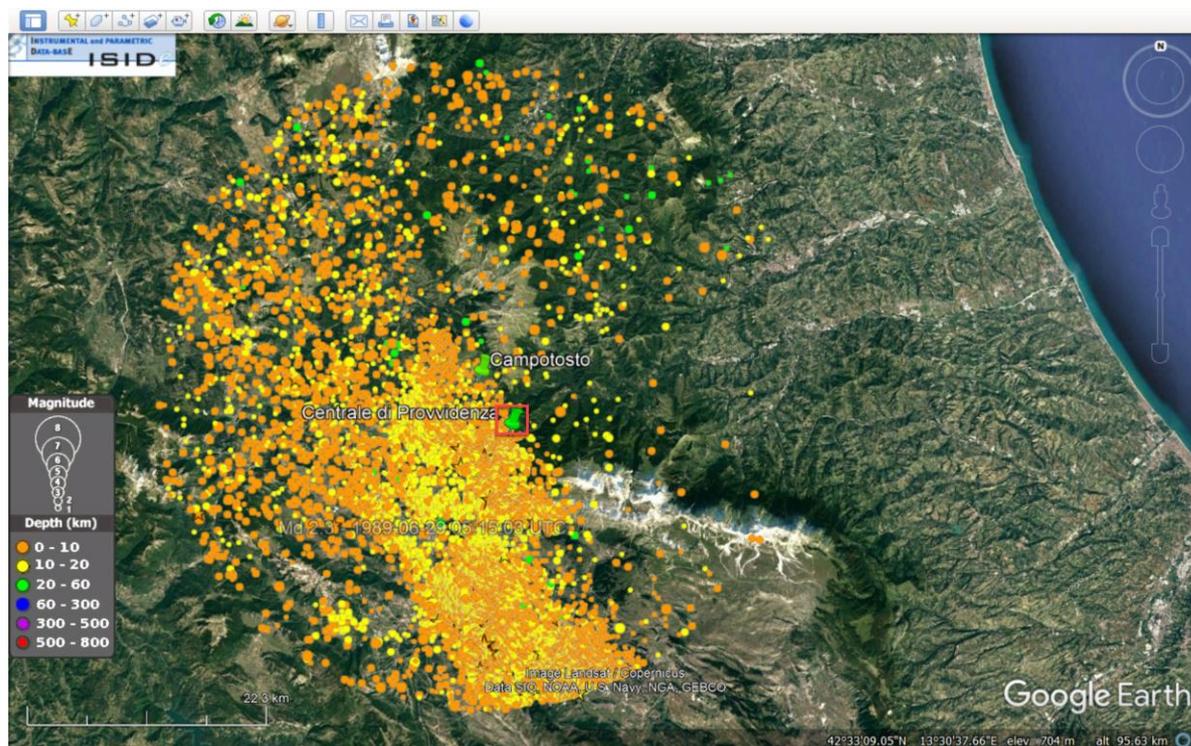


Figura 28: Distribuzione dei terremoti localizzati in tempo reale dall'INGV Centro Nazionale dei Terremoti in un raggio di circa 30 km dalla Centrale di Provvidenza, in rosso (data base Centro Nazionale Terremoti dati al 09/06/2022). I colori rappresentano le profondità in km.

8.3 Valutazione fagliazione superficiale

Per la valutazione del rischio di fagliazione superficiale in corrispondenza della Centrale di Provvidenza si è fatto riferimento, in primo luogo, al catalogo italiano delle faglie capaci ITHACA [35]

Come si osserva in **Figura 29** le faglie capaci più prossime alla centrale sono la Faglia della Laga (Laga Mountains Fault), il ramo occidentale del sistema S. Franco-Scindarella e quello meridionale della faglia del Monreale Basin.

Le loro principali caratteristiche sono riportate nella **Tabella 4**.



Figura 29: Estratto mappa ITHACA - Catalogo faglie capaci [35] (parz. ridisegnato)

| Codice | Nome | Direzione media (°) | Inclinazione | Direzione di immersione | Lunghezza (km) | Cinematica | Ultima attività | Slip rate (mm/anno) |
|--------|---|---------------------|--------------|-------------------------|----------------|----------------|------------------------------|---------------------|
| 22002 | Laga Mountains Fault | 150 | steep | OSO | 6.5 | Faglia Normale | Olocene generico (<10,000) | 0.70 |
| 22001 | Laga Mountains Fault | 150 | steep | OSO | 12.6 | Faglia Normale | Olocene generico (<10,000) | 0.70 |
| 25105 | S.Franco-Scindarella System (La Torretta-Le Veci) | 150 | steep | SSO | 5.5 | Faglia Normale | Ultimo glaciale (9000-15000) | 0.70 |
| 21402 | Montereale Basin | 135 | indefinito | SO | 7.3 | Faglia Normale | Pleistocene generico | Indefinito |

Tabella 4: Caratteristiche delle faglie capaci più prossime alla zona di interesse (da ITHACA)

Per la Laga Mountains Fault viene inoltre indicato un intervallo di ricorrenza di 8.000 anni con lunghezza di rottura più credibile di 28 km. L'ultimo evento conosciuto è del 07/10/1639, la magnitudo massima nota è MW=6.6.

È stato inoltre considerato il Catalogo DISS ver. 3.3.0 (*Database of Individual Seismogenic Sources*) un progetto dell'INGV che censisce e classifica le aree sismogenetiche sul territorio italiano [33]. L'area in esame ricade nei pressi della faglia attiva Lago di Campotosto 1 correlata alla Sorgente Sismogenetica Composita ITCS130 "Lago di Campotosto 1" (**Figura 30**) che si sviluppa tra 3.9 e 11.1km di profondità. Si tratta di un fascio di faglie attive in grado di generare terremoti di magnitudo massima MW pari a 6.5.

Il database riporta quanto segue: *Questa sorgente composita rappresenta un sistema di faglie cieche confinate al footwall del thrust dell'Acquasanta, attivate durante le sequenze sismiche dell'Aquila del 2009 e dell'Italia centrale del 2016-17 (Bigi et al., 2013; Tondi et al., 2020; Buttinelli et al., 2021). Questo sistema di faglie normali inclinate verso SW si è formato durante il Mesozoico e si è riattivato durante la flessione dell'avampaese nel Miocene in risposta all'accumulo orogenico (ad esempio, Tondi et al., 2020). Alcune delle faglie formatesi nel precedente regime tettonico sono state trasportate sull'hanging-wall del thrust dell'Acquasanta (ad esempio, la faglia dei Monti della Laga - Gorzano, MLG), mentre le loro radici sono rimaste confinate al footwall del thrust. I cataloghi storici e strumentali (ISIDe Working Group, 2007; Guidoboni et al., 2019; Rovida et al., 2021) mostrano una sismicità intermedia ($4.5 < M_w < 5.0$) e dannosa molto densa all'interno della regione, come i terremoti del 28 aprile 1646 ($M_w 5.9$) dei Monti della Laga, dell'8 giugno 1672 ($M_w 5.3$) dei Monti della Laga e del 7 luglio 1619 ($M_w 5.3$) dell'Aquilano.*

In **Tabella 5** se ne riportano le informazioni parametriche.

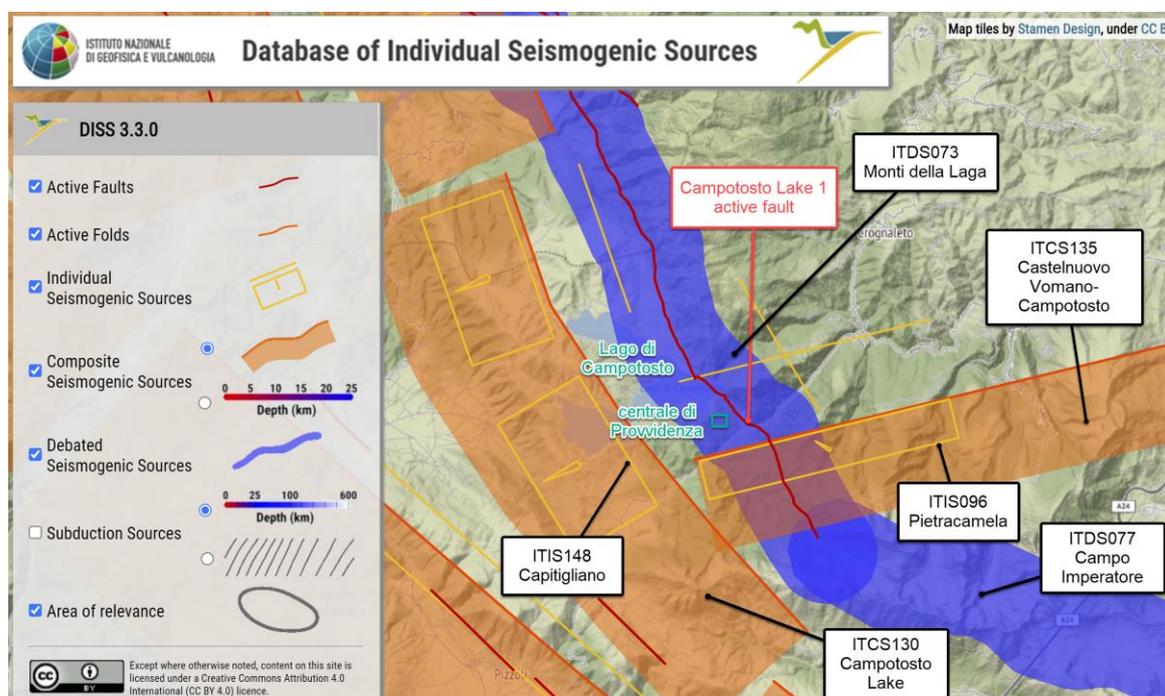


Figura 30: Estratto mappa DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche [33] Nel riquadro verde la zona di studio

| Parametro | Valore | Qualità | Prove |
|--|-------------|---------|---|
| Profondità minima [km] | 3,9 | LD | Desunto da vari dati geologici, geodetici e sismologici |
| Profondità massima [km] | 11,1 | LD | Desunto da vari dati geologici, geodetici e sismologici |
| Strike [gradi] min_ max | 130...165 | LD | Desunto da vari dati geologici, geodetici e sismologici |
| Dip [gradi] min_ max | 35...65 | LD | Desunto da vari dati geologici, geodetici e sismologici |
| Rake [gradi] min_ max | 265...275 | LD | Desunto da vari dati geologici, geodetici e sismologici |
| Velocità di scorrimento [mm/a] min_ max | 0,1...1,000 | EJ | Non noto, valore assunto da vincoli geodinamici |
| Magnitudo massima [Mw] | 6,5 | ER | Stimato dalle relazioni di scala di Leonard (2014). |
| LD=Dati della letteratura; OD=Dati originali; ER=Relazione empirica; AR=Relazione analitica; EJ=Giudizio esperto | | | |

Tabella 5: Informazioni parametriche della Sorgente Sismogenetica ITCS130 Campotosto Lake (da DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche)

La Centrale di Provvidenza ricade all'interno della Sorgente Sismogenetica Dibattuta ITDS073 "Monti della Laga" a proposito della quale il database riporta: *"Questa sorgente sismogenetica è stata proposta per la prima volta da Blumetti et al. (1993) sulla base di evidenze geologiche. Dopo il terremoto di Amatrice del 24 agosto 2016, Mw 6.0, sono state segnalate alcune rotture sparse lungo la scarpata della faglia primaria del Monte Gorzano. Le rotture sono state interpretate da alcuni ricercatori come prova di uno slittamento primario lungo la faglia sismogenetica sottostante. Non sono state osservate rotture in seguito ai terremoti di Campotosto del 18 gennaio 2017, di Mw 5,5-5,4. Alla luce di queste evidenze contrastanti, non vediamo alcuna ragione per modificare l'assegnazione della faglia del Monte Gorzano alla categoria di sorgente discussa."*

Il Catalogo DISS rappresenta inoltre le sorgenti sismogenetiche dovute a subduzione (*Subduction Source*) crostale ricostruite da profili geologici profondi. Il settore di studio si situa in corrispondenza della zona di subduzione tra la placca Europea (superiore) e la placca Adria (inferiore) che genera la catena appennina. La sorgente, denominata ITSD002, si sviluppa tra 12 e 20 km di profondità e immerge verso SO; viene riportato che è in grado di generare terremoti fino ad una magnitudo massima MW di 8.1. Al di sotto della centrale di Provvidenza la sorgente si colloca ad una profondità di circa 15 km (**Figura 31**).

La sorgente è stata interpretata come un'importante struttura litosferica, che taglia l'intera crosta dal basamento metamorfico fino ai livelli meno profondi (Barchi et al. [22]; Lavecchia et al. [36] [37]), e come l'elemento principale del prisma accrezionale della catena appenninica (Bally et al. [20]; Doglioni et al.[30]).

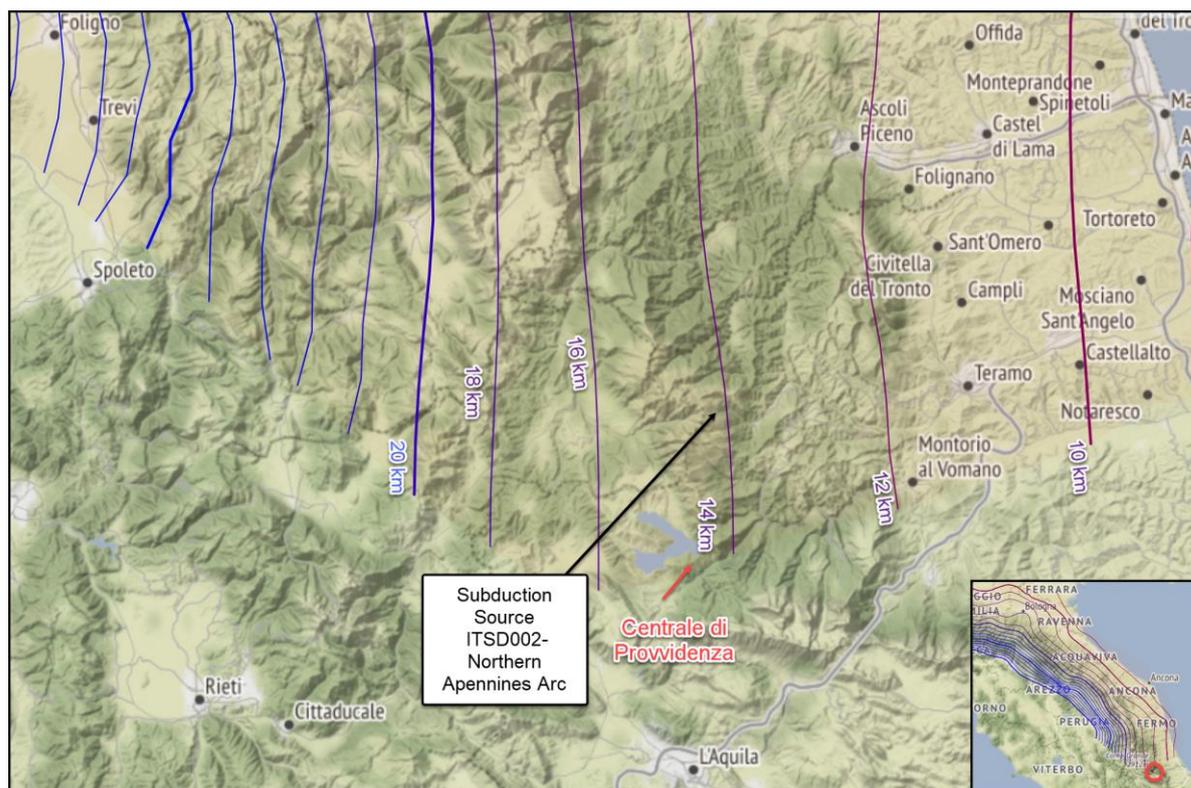


Figura 31: Estratto mappa DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche [33] profondità della Subduction Source ITSD002. A destra in rosso l'ubicazione dell'area.

8.4 Classificazione e pericolosità sismica

La normativa sismica italiana, entrata in vigore l'8 maggio del 2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 e in seguito aggiornati con l'O.P.C.M. 3519/06, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche".

I criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale, emanati con l'ordinanza P.C.M. n. 3274 del 2003 si basano sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo (**Tabella 6**).

Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

L'appartenenza a ciascuna zona sismica comporta l'adozione di specifiche caratteristiche prestazionali per nuovi edifici e strutture, regolate da opportune norme sismiche contenute nel medesimo provvedimento legislativo, e successive modifiche ed integrazioni.

| | Caratteristiche | Accelerazione (con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) |
|--------|--|---|
| Zona 1 | È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. | $ag > 0.25$ |
| Zona 2 | Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti. | $0.15 < ag \leq 0.25$ |
| Zona 3 | I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti. | $0.05 < ag \leq 0.15$ |
| Zona 4 | È la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse. | $ag \leq 0.05$ |

Tabella 6: Zone sismiche.

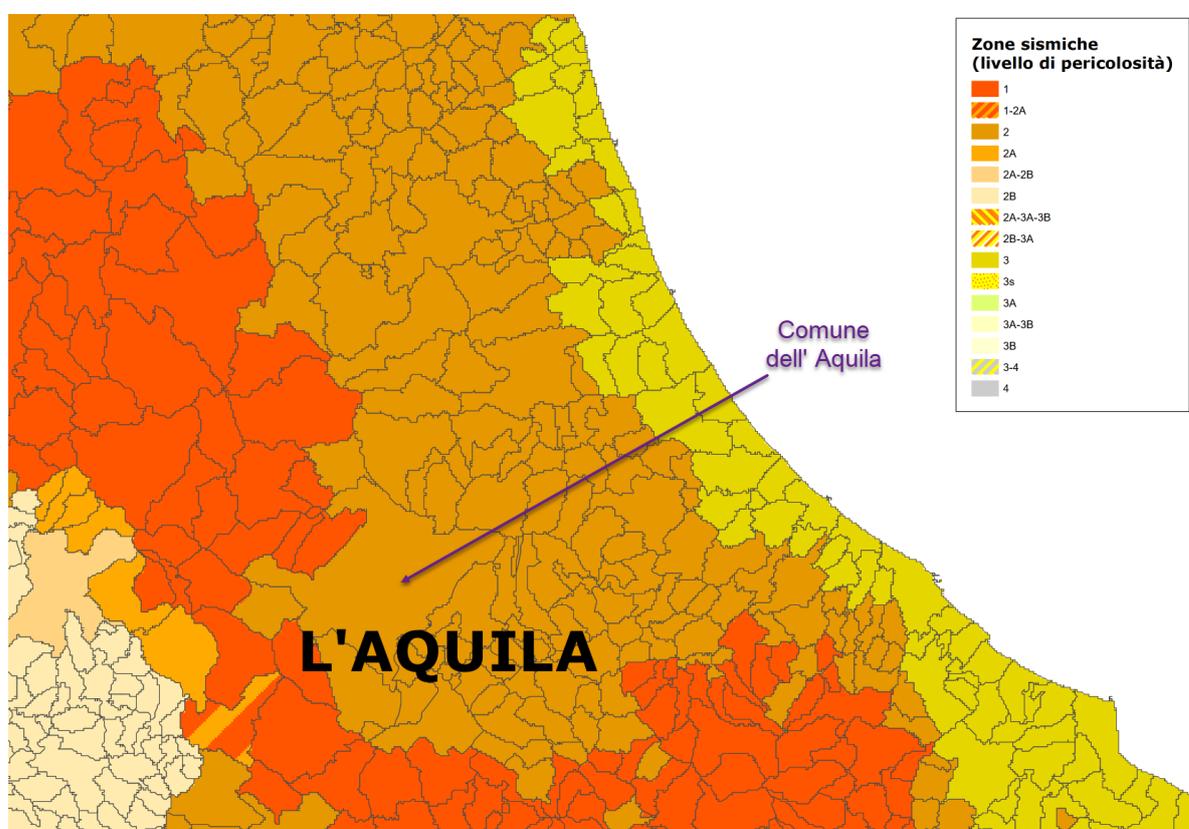


Figura 32: Stralcio della mappa “Classificazione Sismica d’Italia al 31 marzo 2022” relativo al Comune dell’Aquila

Il Comune dell’Aquila nel cui territorio ricade la centrale è situato in zona sismica 2 identificata come zona nella quale possono verificarsi terremoti abbastanza forti.

L’accelerazione massima prevista per l’area in esame è definita in base a quanto riportato sul sito dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia relativo al Modello di Pericolosità Sismica MPS04-S1 (**Figura 33**). La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l’Italia ed i colori indicano il valore di scuotimento (PGA=Peak Ground Acceleration) espressa in termini di “g” (accelerazione di gravità) atteso per una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30> 800 m/s) e pianeggiante.

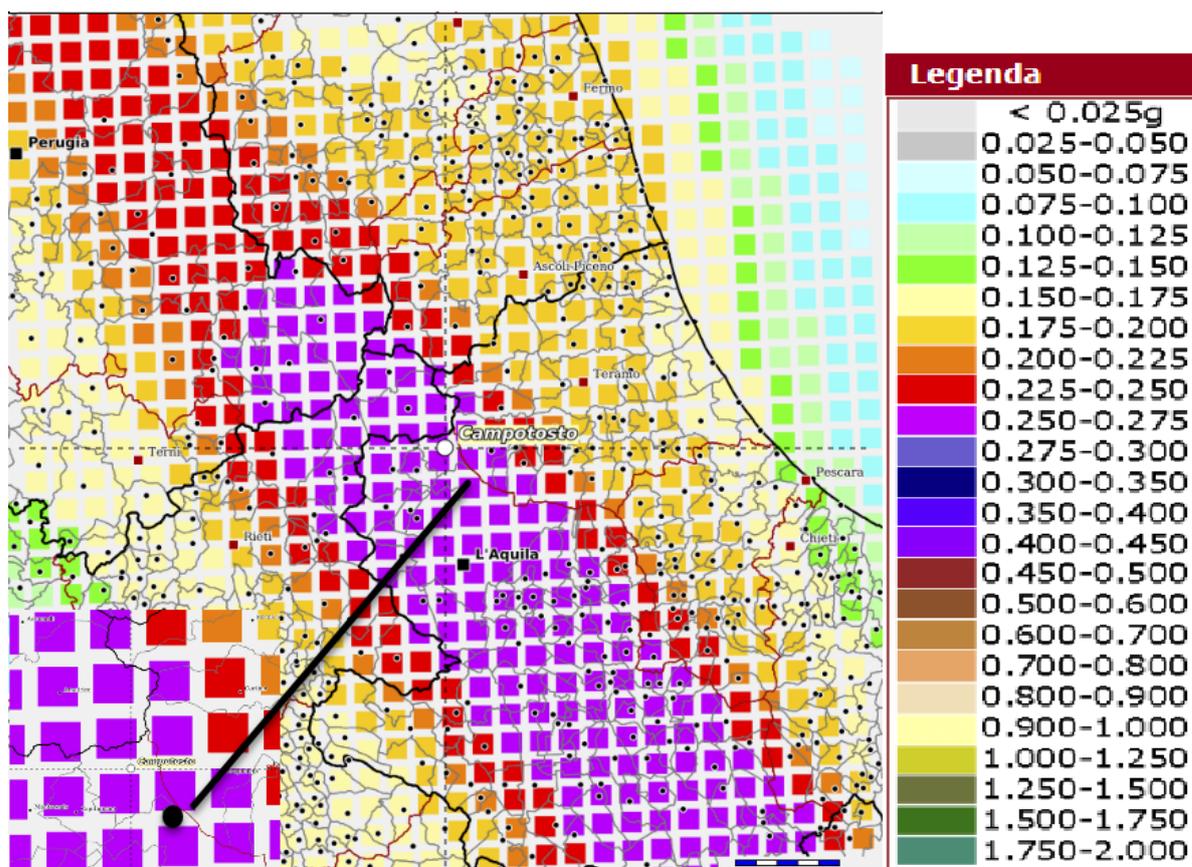


Figura 33: Accelerazione massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Fonte INGV [32]). In nero la zona della centrale di Provvidenza

Il punto di griglia più vicino all'area della centrale ha valori di PGA, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, di 0.250-0.275g.

9. BIBLIOGRAFIA

9.1 Documenti storici sull'opera

- [1] Ministero dei Lavori Pubblici, Consiglio Superiore – Servizio Dighe (1961) Grandi Dighe Italiane
- [2] ENEL.HYDRO Hydroelectric power Plant San Giacomo sul Vomano - Repowering the existing hydroelectric power plant of the Vomano River. S.U. Engineering and Construction, Torino

9.2 Dati forniti dalla Committenza

- [3] CESI (2017) Diga di Provvidenza – Comune di L'Aquila (AQ) Verifica sismica ai sensi della Nuova Normativa Dighe (DM 26/06/2014) Stato Limite di Danno (SLD)

9.3 Dati da Enti

- [4] Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 - Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia" – ISPRA
- [5] Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 – Foglio 349 "L'Aquila"- ISPRA
- [6] Carta geomorfologica allegata al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di Rilievo Regionale Abruzzesi "Fenomeni gravitativi e processi erosivi". Elaborati in formato shape. Da: <https://autoritabacini.regione.abruzzo.it/index.php/carta-geomorfologica-pai>
- [7] Catalogo degli eventi franosi in Italia – IFFI, ISPRAmbiente
<https://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartografia-on-line/>
- [8] Catasto Regionale delle Grotte e delle aree carsiche della Regione Abruzzo
<http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/catalogo/difesa-suolo-geologia/catasto-regionale-delle-grotte-e-delle-aree-carsiche-della-regione-abruzzo>
- [9] Data Base Territoriale scala 1:5.000- Regione Abruzzo - Edizione 2007 formato shape Dal sito:
<http://opendata.regione.abruzzo.it/content/dbtr-regione-abruzzo-scala-15000-edizione-2007-formato-shp>
- [10] D.B.T.R. Regione Abruzzo scala 1:25000 - Edizione2007 Da:
<http://opendata.regione.abruzzo.it/content/dbtr-regione-abruzzo-scala-1:25000-edizione-2007-formato-ecw>
- [11] DTM lidar a passo 1m fornito da Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) distribuito con licenza *Creative Commons – Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT)*¹
- [12] Istituto Geografico Militare Carta Topografica Scala 1:250.000 (WGS84) Umbria. Marche
- [13] Guide Geologiche Regionali – Vol. 15 Abruzzo (2003) A cura della Società Geologica Italiana (coordinatori Crescenti U., Miccadei E., Praturlon A.), BE-MA Editrice
- [14] Modello Digitale del Terreno – Risoluzione 10x10m - Regione Abruzzo Dal sito:
<http://opendata.regione.abruzzo.it/content/modello-digitale-del-terreno-risoluzione-10x10-metri>

- [15] Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 349 "Gran Sasso d'Italia" a cura di L.Adamoli, F. Calamita & A. Pizzi. ISPRA
- [16] Ortofoto Regione Abruzzo - Servizio Open Data -
(Da sito <http://opendata.regione.abruzzo.it/tema/cartografia-di-sfondo-raster>)
- [17] Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di Rilievo Regionale Abruzzesi. "Fenomeni gravitativi e processi erosivi - Autorità dei Bacini, Bacini Regionali ed Interregionale del Fiume Sangro. Sito internet: <https://autoritabacini.regione.abruzzo.it/index.php/pai>
- [18] Piano Stralcio Assetto Idrogeologico Abruzzo e Sangro. Carta della Pericolosità da frana. - Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale. Sito internet: <https://www.autoritadistrettoac.it/pianificazione/bacino-idrografico/bacini-abruzzesi-e-sangro>
- [19] Progetto PST-Prodotti interferometrici. Ministero dell'Ambiente.

9.4 Riferimenti tecnico scientifici

- [20] Artoni A. (2003) Messinian events within the tectono-stratigraphic evolution of the Southern Laga Basin Boll. Soc. Geol. It. 122, pp. 447-465
- [21] Bally, A. W., L. Burbi, C. Cooper and R. Ghelardoni (1986), Balanced sections and seismic reflection profiles across the central Apennines. Mem. Soc. Geol. It., 35, 257-310.
- [22] Barchi, M. R., G. Minelli and G. Pialli (1998), The CROP 03 profile: A synthesis of results on deep structures of the northern Apennines Mem. Soc. Geol. It., 52, 383-400.
- [23] Bigi, S., P. Casero, C. Chiarabba, and D. Di Bucci (2013), Contrasting surface active faults and deep seismogenic sources unveiled by the 2009 L'Aquila earthquake sequence (Italy). Terra Nova, 25, 1, 21-29, 10.1111/ter.12000.
- [24] Blumetti, A. M., F. Dramis and A. M. Michetti (1993), Fault-generated mountain fronts in the Central Apennines (Central Italy): geomorphological features and seismotectonic implications. Earth Surf. Proc. Land., 18, 203-22
- [25] Bonini, L., R. Basili, P. Burrato, V. Cannelli, U. Fracassi, F. E. Maesano, D. Melini, G. Tarabusi, M. M. Tiberti, P. Vannoli et al. (2019), Testing Different Tectonic Models for the Source of the Mw6.5, 30 October 2016, Norcia Earthquake (Central Italy): A Youthful Normal Fault, or Negative Inversion of an Old Thrust? Tectonics, 38, 3, 990-1017, doi: 10.1029/2018tc005185.
- [26] Buttinelli, M., L. Petracchini, F. E. Maesano, C. D'Ambrogi, D. Scrocca, M. Marino, F. Capotorti, S. Bigi, G. P. Cavinato, M. T. Mariucci et al. (2021), The impact of structural complexity, fault segmentation, and reactivation on seismotectonics: Constraints from the upper crust of the 2016–2017 Central Italy seismic sequence area. Tectonophysics, 810, doi: 10.1016/j.tecto.2021.228861.
- [27] Calamita F., M'Barek B.M., Di Vincenzo M., Pelorosso M. (2004) The Pliocene Thrust System of the Gran Sasso salient (Central Apennines, Italy) In: Mapping Geology in Italy, APAT. SELCA

- [28] Catalogo degli eventi franosi in Italia – IFFI, ISPRAmbiente
- [29] Database Macrosismico Italiano DBMI15 v.4,0, INGV <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>
- [30] Doglioni, C., F. Mongelli and P. Pieri (1994), The Puglia uplift (SE Italy): An anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere. *Tectonics*, 13, 1309-1321.
- [31] Guidoboni, E., G. Ferrari, G. Tarabusi, G. Sgattoni, A. Comastri, D. Mariotti, C. Ciuccarelli, M. G. Bianchi, and G. Valensise (2019), CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area. *Sci Data*, 6, 1, 80, doi: 10.1038/s41597-019-0091-9.
- [32] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Modello di Pericolosità sismica MPS04-S1 <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>
- [33] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV. DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it>
- [34] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Gruppo di lavoro ISIDe presso Osservatorio Nazionale Terremoti. Lista Terremoti <http://terremoti.ingv.it/>
- [35] ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaly HAZard from CApable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>
- [36] Lavecchia, G., P. Boncio and N. Creati (2003), A lithospheric-scale seismogenic thrust in central Italy. *J. Geodyn.*, 36, 79-94.
- [37] Lavecchia, G., R. de Nardis, F. Visini, F. Ferrarini and M. S. Barbano (2007), Seismogenic evidence of ongoing compression in eastern-central Italy and mainland Sicily: a comparison. *Boll. Soc. Geol. It.*, 126, 209-222.
- [38] Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>
- [39] Mutti E., Ricci Lucchi F. (1972) Le torbidity dell'Appennino settentrionale: introduzione all'analisi di facies. *Mem.Soc.Geol.It* Vol. 11 fasc,2 pp161-199
- [40] Nichols G. (2009) *Sedimentology and Stratigraphy* Wiley-Blackwell
- [41] Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli, P. Gasperini, and A. Antonucci (2021), Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>, doi: 10.13127/CPTI/CPTI15.3.
- [42] Scognamiglio, L., E. Tinti, E. Casarotti, S. Pucci, F. Villani, M. Cocco, F. Magnoni, A. Michelini, and D. Dreger (2018), Complex Fault Geometry and Rupture Dynamics of the Mw 6.5, 30 October

2016, Central Italy Earthquake. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123, 4, 2943-2964, doi: 10.1002/2018jb015603.

[43] The Laga Basin: Stratigraphic and Structural Setting 70th EAGE Conference and Exhibition . Rome 2008 In: "Geological Field Trips" 2009, Vol1 (1). ISPRA e Società Geologica Italiana

[44] Tondi, E., D. Jablonská, T. Volatili, M. Michele, S. Mazzoli, and P. P. Pierantoni (2020), The Campotosto linkage fault zone between the 2009 and 2016 seismic sequences of central Italy: Implications for seismic hazard analysis. *GSA Bulletin*, doi: 10.1130/b35788.1.

[45] Viandante M.G., Calamita F., Di Vincenzo M., Tavarnelli E. (2006) Il sistema a pieghe e sovrascorrimenti del Gran Sasso d'Italia nella culminazione assiale della catena pliocenico quaternaria centro-appenninica *Rend. Soc. Geol.It. 2, Nuova Serie*

9.5 Documenti di progetto

[46] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.007.00 Relazione Geotecnica

[47] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.009.00 Carta geologico-geomorfologica generale (scala 1:2.500)

[48] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.010.00 Sezioni geologiche - geotecniche trasversali della centrale (scala 1:500)

[49] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.011.00 Sezione geologica-geotecnica longitudinale della centrale (scala 1:500)

[50] GRE.EEC.D.99.IT.H.17171.00.012.00 Sezione geologica longitudinale galleria di scarico (scala 1:1.500)