

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

# Impianto di San Giacomo III Installazione di un nuovo gruppo di pompaggio Comune di Fano Adriano (TE)

## Progetto Definitivo **RELAZIONE GEOLOGICA**

File: GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.006.00 Relazione Geologica.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	15/06/2022	Emissione	D.Battaglia	C.Piccinin F.Maugliani	A.Balestra

### GRE VALIDATION

		Support Team:	Project Engineer: <b>P. VIGANONI</b>
COLLABORATORS		VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

SAN GIACOMO III

### GRE CODE

GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION
GRE	EEC	D	99	IT	H	171700000600			

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	15.06.2022	Bat	MFr/Bal
<b>Versione</b>	<b>Data</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>

**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	2
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	8
3.5	Prove di Point Load	9
4.	DATI BIBLIOGRAFICI	10
4.1	Documentazione bibliografica	10
4.2	Dati geognostici	10
5.	ASSETTO GEOLOGICO	11
5.1	Inquadramento geologico generale	11
5.2	Stratigrafia	16
5.2.1	Depositi terrigeni sin-orogenici	16
5.2.2	Successione Meso-Cenozoica	16
5.2.3	Depositi e coperture quaternarie continentali	19
6.	GEOMORFOLOGIA	20
6.1	Cartografia degli Enti	20
6.1.1	Inventario Fenomeni Franosi Italiani - IFFI	20
6.1.2	Piano Assetto Idrogeologico – PAI	22
6.1.3	Interferometria Satellitare (Ministero dell'Ambiente)	24
6.1.4	Carsismo	25
6.2	Forme e depositi	25
7.	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	28
7.1	Assetto stratigrafico	29
7.2	Assetto strutturale	30
7.3	Modello geologico 3D	31

7.4	Idrogeologia	33
7.5	Incertezze del modello geologico	33
8.	SISMICITA'	34
8.1	Sismicità Storica (DBMI15)	34
8.2	Sismicità recente (dal 1985 al 2020)	37
8.3	Valutazione fagliazione superficiale	38
8.4	Classificazione e pericolosità sismica	42
9.	BIBLIOGRAFIA	45
9.1	Documenti storici sull'opera	45
9.2	Dati forniti dalla Committenza	45
9.3	Dati da Enti	45
9.4	Riferimenti tecnico scientifici	46
9.5	Documenti di progetto	48

## INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1:</b> Ubicazione della centrale di San Giacomo (da Google Earth) .....	1
<b>Figura 2:</b> Planimetria generale e schema degli impianti dell'asta del Vomano [2] (parz. ridisegnato).	2
<b>Figura 3:</b> Schema idraulico delle centrali di San Giacomo .....	3
<b>Figura 4:</b> Modello digitale del terreno a 10m/pixel nella zona del crinale della centrale di San Giacomo .....	5
<b>Figura 5:</b> Vista dell'imbocco della galleria di accesso alla Centrale di San Giacomo lungo il corso del Fiume Vomano .....	7
<b>Figura 6:</b> Vista della dorsale di Colle Piano con gli edifici della centrale di San Giacomo (da Google Earth).....	7
<b>Figura 7:</b> Planimetria con l'ubicazione delle postazioni di rilievo geomeccanico. Il rilievo RG-SG01 è stato realizzato in caverna, in carta è rappresentata la sua proiezione in superficie.....	8
<b>Figura 8:</b> Schema tettonico dell'Appennino Centrale (da: [30] parz.ridisegnato), Nel cerchio blu la zona della Centrale di San Giacomo.....	12
<b>Figura 9:</b> Blocco diagramma del sistema a thrust del Gran Sasso (da [44] parz. ridisegnata). Il cerchio blu indica la zona di studio. ....	13

<b>Figura 10:</b> Stralcio dello schema tettonico dell'area di studio indicata nel riquadro rosso. In linea blu tratteggiata la traccia E-O della sezione di <b>Figura 11</b> (da: foglio 409 "Gran Sasso d'Italia" [11] parz. ridisegnato).....	14
<b>Figura 11:</b> Stralcio di sezione geologica tratta dal Foglio 349 Gran Sasso d'Italia" la cui traccia è indicata in <b>Figura 10</b> . In rosso l'area di studio.....	14
<b>Figura 12:</b> Pieghe di scollamento lungo il corso del Fiume Vomano (estratto dalle Note illustrative del Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia" [21] (in alto) e zone di taglio nella porzione più fine della litofacies marnoso-calcarenitica (CRRa) (stratificazione in arancione).....	15
<b>Figura 13:</b> Marne con Cerrognana (litofacies CRRa) lungo la S.S. 80. Si notano blande pieghe (piano assiale circa N-S) (sinistra). ....	17
<b>Figura 14:</b> Marne con Cerrognana (litofacies calcarenitico calciruditica CRRb) a valle della diga Piaganini in destra idrografica.....	17
<b>Figura 15:</b> Versante sinistro del T. San Giacomo si nota il contatto tra le litofacies CRRa e CRRb (vista dalla strada per Cerqueto, da est verso ovest) .....	18
<b>Figura 16:</b> Stralcio della Carta Inventario dei Fenomeni Franosi Progetto IFFI (da ISPRA). In figura i dissesti presenti nella BD sono numerati come in tabella <b>Tabella 1</b> e sono indicate la posizione della Centrale di San Giacomo I e II e dell'invaso di Piaganini .....	21
<b>Figura 17:</b> Estratto dalla tavola 349E 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 San Giacomo, l'invaso Piaganini e le località principali. Le zone numerate sono descritte in relazione. ....	23
<b>Figura 18:</b> Permanent Scatter relativi al monitoraggio InSar – Ministero dell'Ambiente. Le velocità sono espresse in mm/anno. ....	24
<b>Figura 19:</b> Grotte presenti sul Catasto Regionale delle Grotte e delle Aree Carsiche della Regione Abruzzo [14] (consultazione maggio 2022).....	25
<b>Figura 20:</b> Stralcio della Carta Geologica d'Italia F.349 "Gran Sasso d'Italia". Si notano le Deformazioni Gravitative Profonde lungo il versante destro del T. San Giacomo e nella zona degli abitati di Intermesoli e Pietracamela. In giallo la zona della centrale .....	26
<b>Figura 21:</b> Mappa geologico-geomorfologica generale (scala originale 1:5.000): in verde la zona delle centrali esistenti e di progetto .....	28
<b>Figura 22:</b> Profilo longitudinale all'asse di conduzione .....	29
<b>Figura 23:</b> Aspetto del Bisciario nel rilievo geomeccanico eseguito nella zona della centrale (RG-SG01) .....	30
<b>Figura 24:</b> <i>Stereoplot</i> delle discontinuità misurate nei due rilievi geomeccanici .....	31

<b>Figura 25:</b> Vista da SO modello geologico 3D .....	32
<b>Figura 26:</b> Vista da SE modello geologico 3D .....	32
<b>Figura 27:</b> Grafico della intensità degli 26 eventi riportati dal DBMI15 per la località Fano Adriano nel periodo 1000-2020 (in alto). In basso il dettaglio degli eventi dal 1900 al 2020 .....	34
<b>Figura 28:</b> Grafico della intensità degli 35 eventi riportati dal DBMI15 per la località Pietracamela nel periodo 1000-2020 (in alto). In basso il dettaglio degli eventi dal 1800 al 2020 .....	36
<b>Figura 29:</b> Distribuzione dei terremoti localizzati in tempo reale dall'INGV Centro Nazionale dei Terremoti in un raggio di circa 30 km dalla Centrale di San Giacomo (data base Centro Nazionale Terremoti dati al 31/05/2022). I colori rappresentano le profondità in km .....	38
<b>Figura 30:</b> Estratto mappa ITHACA - Catalogo faglie capaci [38] (ridisegnato).....	39
<b>Figura 31:</b> Estratto mappa DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche [36] Nel riquadro verde la zona di studio .....	40
<b>Figura 32:</b> Estratto mappa DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche [36] profondità della <i>Subduction Source</i> ITSD002. A destra ubicazione dell'area in rosso.....	42
<b>Figura 33:</b> Stralcio della mappa “Classificazione Sismica d'Italia al 31 marzo 2022” relativo ai Comuni di Pietracamela e Fano Adriano .....	43
<b>Figura 34:</b> Accelerazione massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Fonte INGV [35]). In giallo la zona della centrale di San Giacomo .....	44

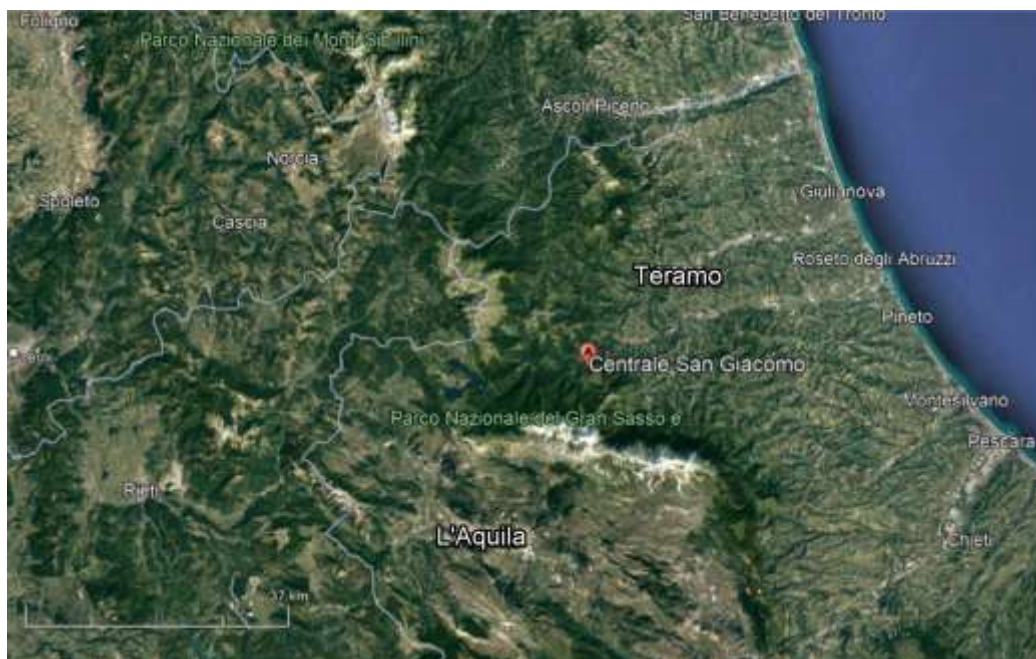
## INDICE DELLE TABELLE

<b>Tabella 1:</b> caratteristiche principali dei dissesti della Banca Dati IFFI .....	22
<b>Tabella 2:</b> Riassunto delle famiglie di giunti principali dei rilievi geomeccanici (Imm. Immersione; Incl: inclinazione) .....	31
<b>Tabella 3:</b> Estratto da DBMI15 di parte delle informazioni relative alla storia sismica di Fano Adriano .....	35
<b>Tabella 4:</b> Estratto da DBMI15 di parte delle informazioni relative alla storia sismica di Pietracamela .....	37
<b>Tabella 5:</b> Caratteristiche delle faglie capaci più prossime alla zona di interesse (da ITHACA) .....	39
<b>Tabella 6:</b> Informazioni parametriche della Sorgente Sismogenetica ITCS135 Castelnuovo Vomano-Campotosto (da DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche) .....	41
<b>Tabella 7:</b> Zone sismiche.....	43

## 1. INTRODUZIONE

Enel 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 (San Giacomo III) da realizzarsi in prossimità delle 2 esistenti (San Giacomo I e II), di proprietà Enel Produzione S.p.A., site nel territorio del comune di Fano Adriano, in provincia di Teramo (**Figura 1**). La centrale in caverna il salto tra il serbatoio della diga di Provvidenza e quello della diga di Piaganini.

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



**Figura 1:** Ubicazione della centrale di San Giacomo (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 illustra 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.

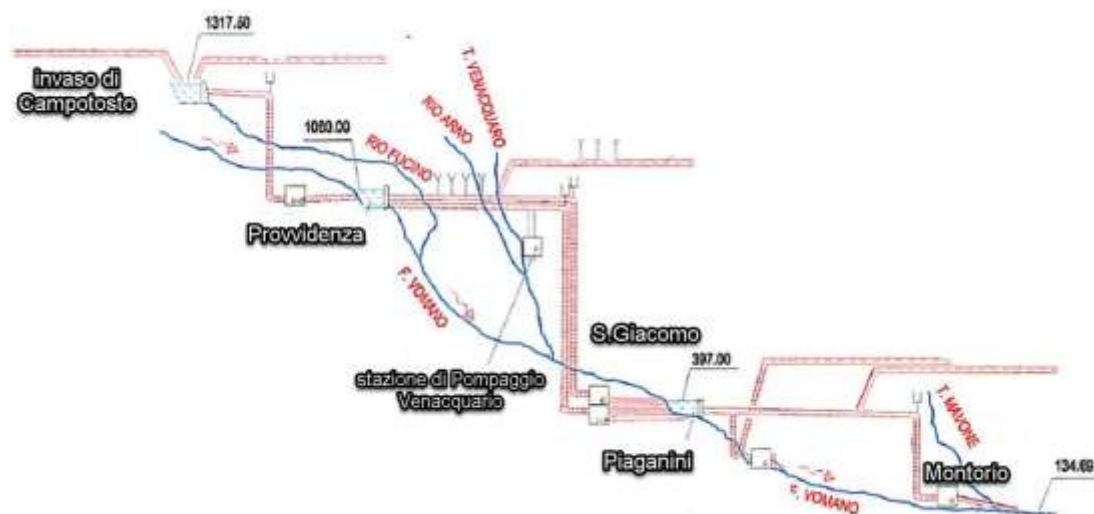
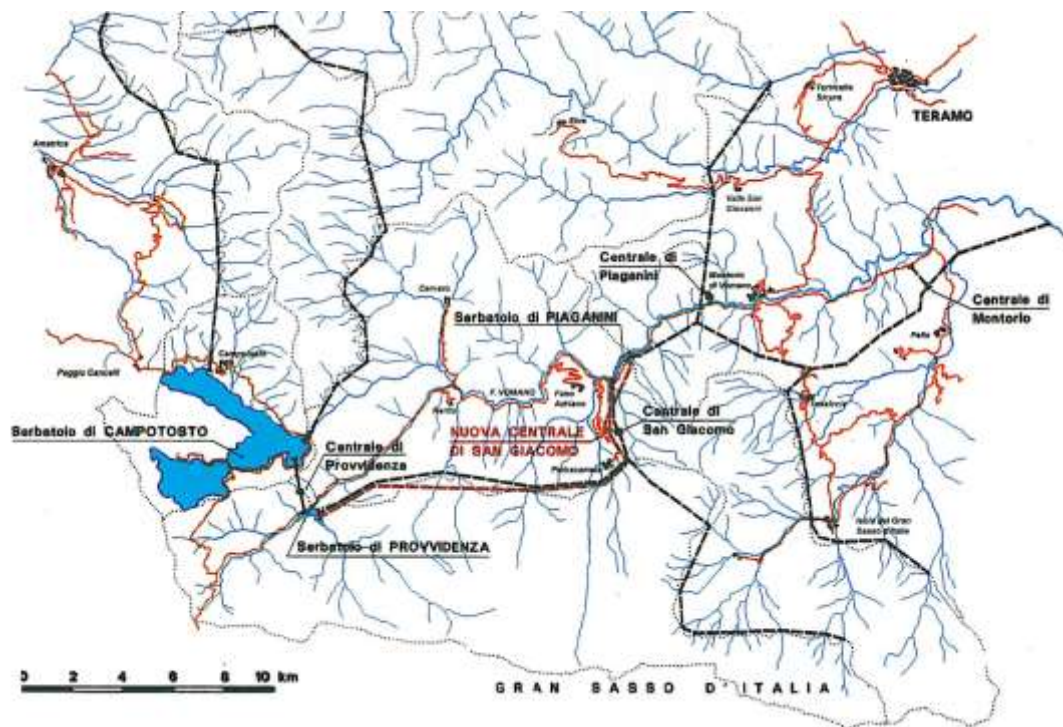
Gli elaborati progettuali a cui il presente rapporto fa riferimento sono:

- GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.007.00 Relazione Geotecnica
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.009.00 Carta geologico-geomorfologica generale
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.010.00 Sezioni geotecniche trasversali della centrale
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.011.00 Sezione geotecnica longitudinale della centrale

## 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

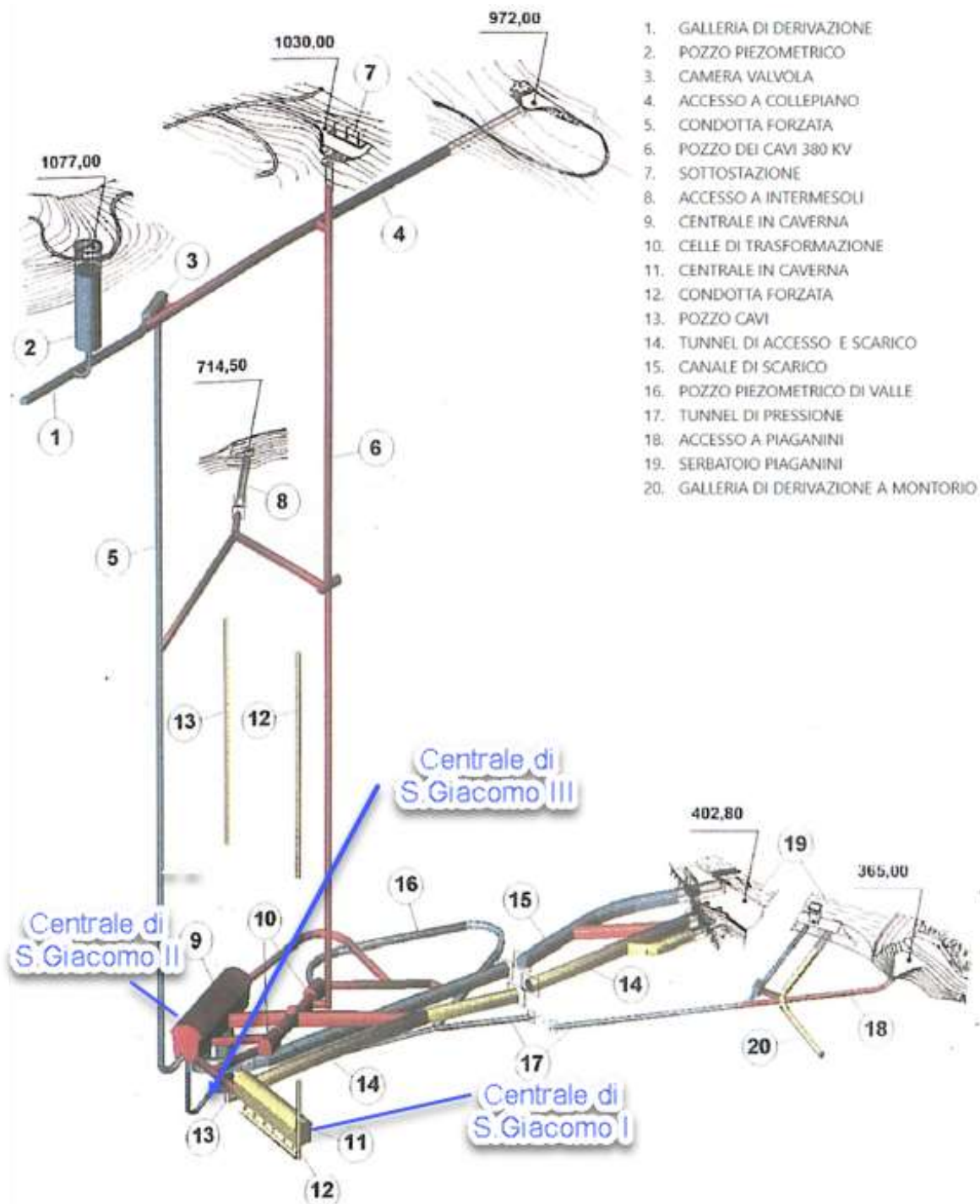
La centrale di San Giacomo (o Centrale Ignazio Silone) fa parte degli impianti che utilizzano a scopo idroelettrico le acque del Fiume Vomano. Questo corso d'acqua nasce alle pendici del Monte San Franco nel Parco Nazionale del Gran Sasso e sfocia nel Mar Adriatico nei pressi di Roseto degli Abruzzi per una lunghezza complessiva di circa 76 km. Tra i suoi affluenti nell'area di interesse si ricordano il Rio Fucino, il Rio Arno ed il Torrente Mavone.

Lo schema degli impianti presenti lungo l'asta del Vomano è illustrato in **Figura 2** e **Figura 3**.



**Figura 2:** Planimetria generale e schema degli impianti dell'asta del Vomano [2] (parz. ridisegnato)





**Figura 3:** Schema idraulico delle centrali di San Giacomo

L'intervento in progetto prevede:

- realizzazione di una nuova caverna sotto le caverne esistente in cui installare la nuova pompa, dotata di galleria accesso carrabile e galleria di via di fuga;
- connessione alla condotta forzate esistente di San Giacomo II;

- modifiche al pozzo piezometrico di monte con formazione di una camera di espansione superiore, interrata;
- Costruzione di un nuovo pozzo piezometrico di valle
- Costruzione di una nuova galleria di scarico/aspirazione con nuova opera di presa a lago nel serbatoio Piaganini
- connessione dei cavi MT al trasformatore esistente.

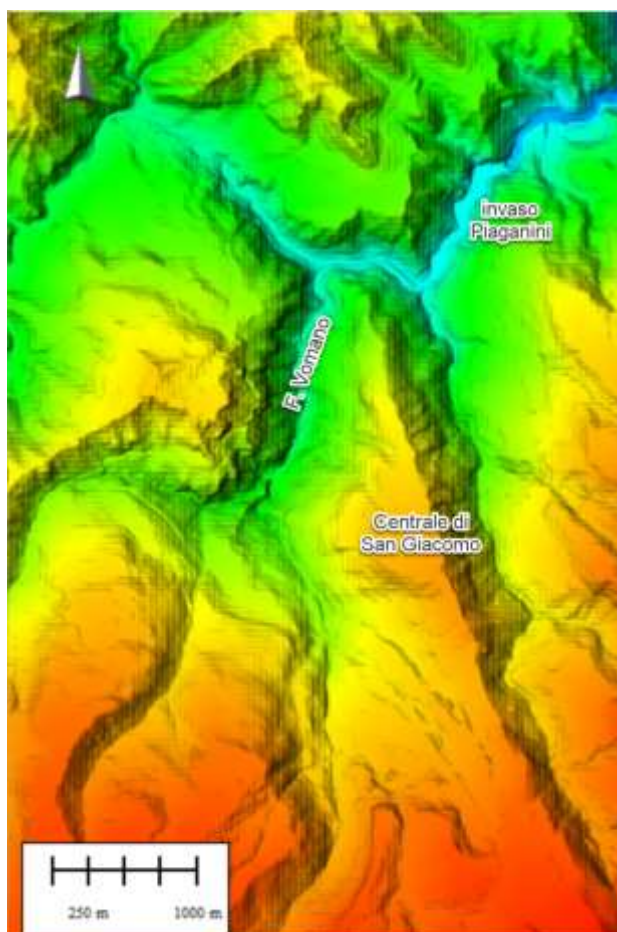
### 3. METODOLOGIA DI LAVORO

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

#### 3.1 Base topografica e Modello Digitale del Terreno

La base topografica utilizzata per lo studio deriva dal Modello Digitale del Terreno a 10 m/pixel reso disponibile dalla Regione Abruzzo [20]. 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 shapefile della Regione Abruzzo [16]



**Figura 4:** Modello digitale del terreno a 10m/pixel nella zona del crinale della centrale di San Giacomo

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 la dorsale di Colle Piano 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.

Sono state esaminate con attenzione le zone di dissesto indicate nell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI) e nella carta geomorfologica del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (formato shape) in un congruo intorno della centrale. I risultati dei rilievi di superficie sono illustrati nella Carta geologico-geomorfologica generale GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.009.00.



**Figura 5:** Vista dell'imbocco della galleria di accesso alla Centrale di San Giacomo lungo il corso del Fiume Vomano



**Figura 6:** Vista della dorsale di Colle Piano con gli edifici della centrale di San Giacomo (da Google Earth)

### 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 7). Il rilievo RG-SG01 è stato eseguito su rocce della formazione Bisciario in corrispondenza dell'unico, minuscolo (1.5x1m), affioramento di roccia visibile nella centrale di San Giacomo II (galleria di accesso al timpano), mentre il rilievo RG-SG02 è stato realizzato sulle Marne con Cerrognna lungo l'alveo del rio San Giacomo, immediatamente a monte del ponte stradale sul torrente San Giacomo.

I rilievi sono stati condotti allo scopo di definire l'assetto geostrutturale degli ammassi e le caratteristiche dei sistemi di discontinuità in essi presenti. 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 nella Relazione Geotecnica [45]



**Figura 7:** Planimetria con l'ubicazione delle postazioni di rilievo geomeccanico. Il rilievo RG-SG01 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 25 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 [48].

## **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" [13] che individua le forme sulla base dell'agente morfogenetico dominante.

Di grande importanza sono risultati i dati forniti dalla Committente relativi alla costruzione della Centrale di San Giacomo II [2] in particolare la relazione e le tavole dei rilievi strutturali redatte dopo l'esecuzione dei grandi scavi della centrale in caverna [6][7][8][9][10].

I dati costruttivi relativi alla Centrale San Giacomo II (anni '90) sono descritti in un articolo [1], redatto in fase di completamento delle opere, che riporta i principali aspetti geologici ed idrogeologici dell'opera.

### **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.



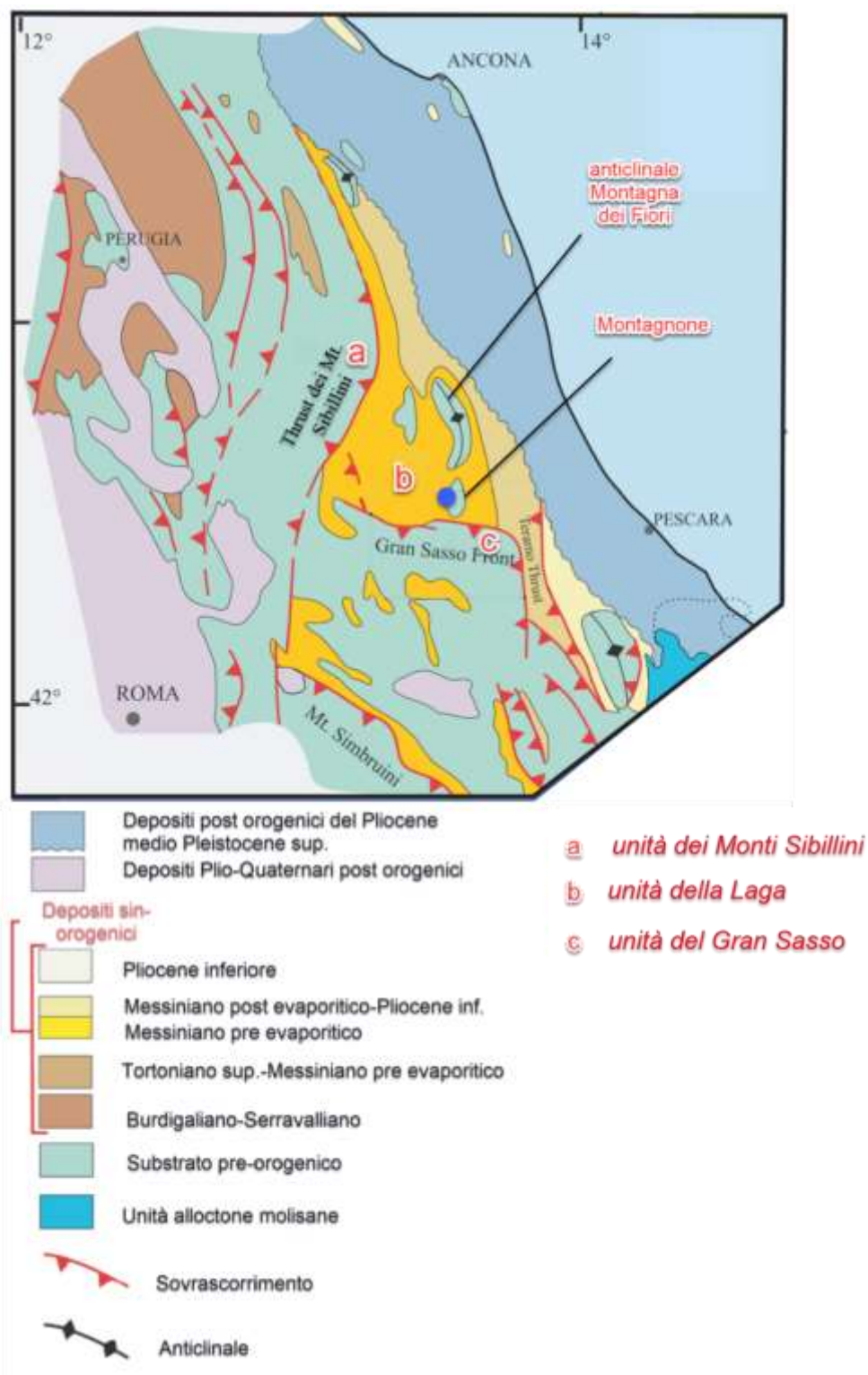
## 5. ASSETTO GEOLOGICO

### 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 [19].

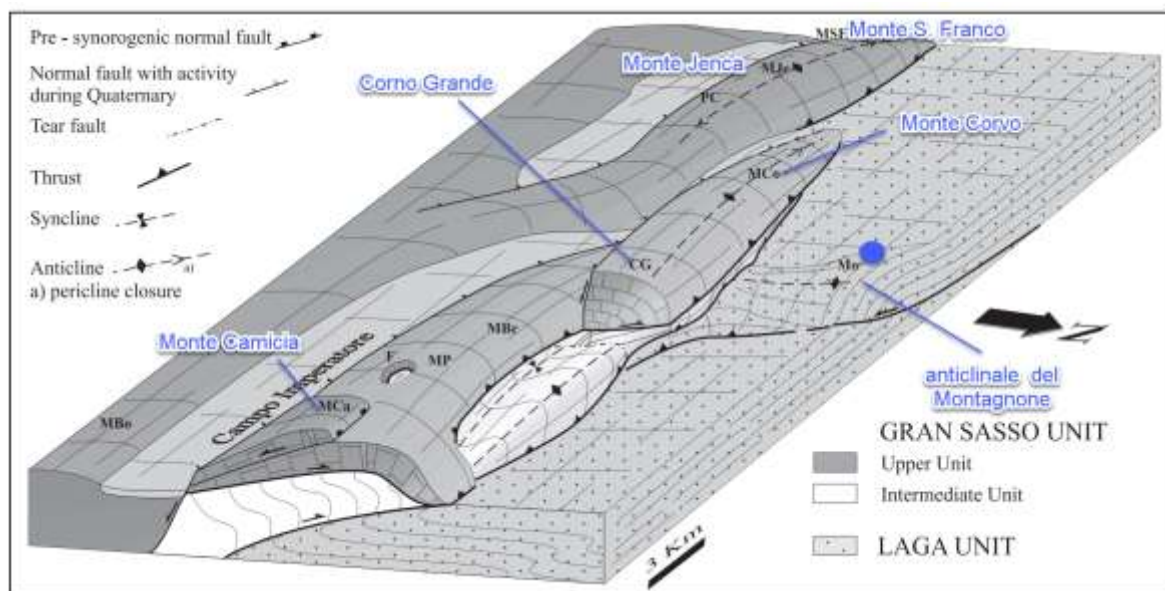
L'area di studio si colloca immediatamente a nord della struttura a thrust del Gran Sasso che rappresenta la culminazione assiale della catena centro-appenninica dove le successioni carbonatiche triassico-mioceniche raggiungono circa i 3000m di quota. La struttura del Gran Sasso è costituita da un segmento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



**Figura 8:** Schema tettonico dell'Appennino Centrale (da: [30] parz.ridisegnato), Nel cerchio blu la zona della Centrale di San Giacomo.

Recenti lavori riconoscono l'esistenza di 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.

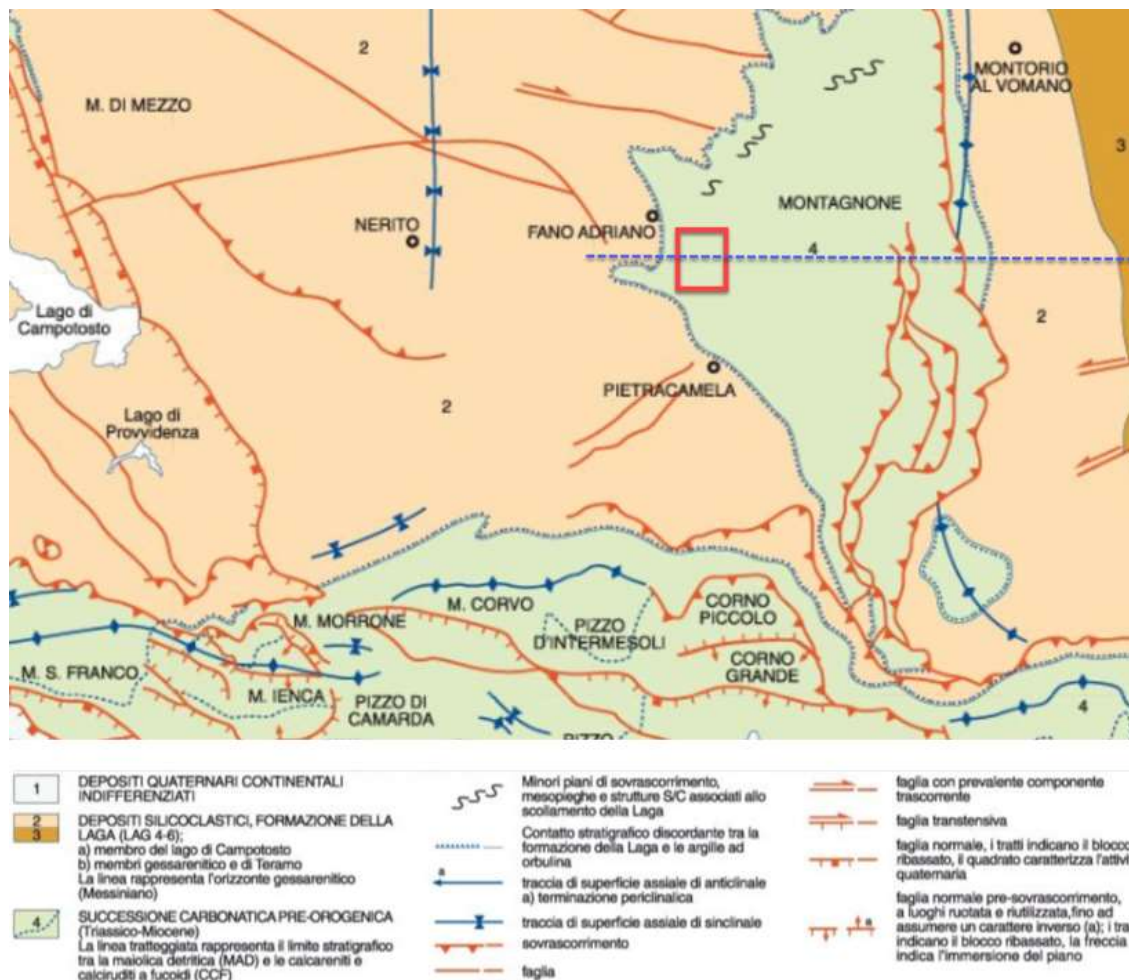
Camicia). Il sovrascorrimento inferiore sovrappone la successione carbonatica a quella silicoclastica della Formazione della Laga (**Figura 9**): secondo questa ricostruzione tale struttura “assume i caratteri di sovrascorrimento cieco e una distribuzione en-échelon con il sovrascorrimento Monte Jenca-Monte San Franco, evidenziata dalle terminazioni periclinali delle relative pieghe da propagazione” [44].



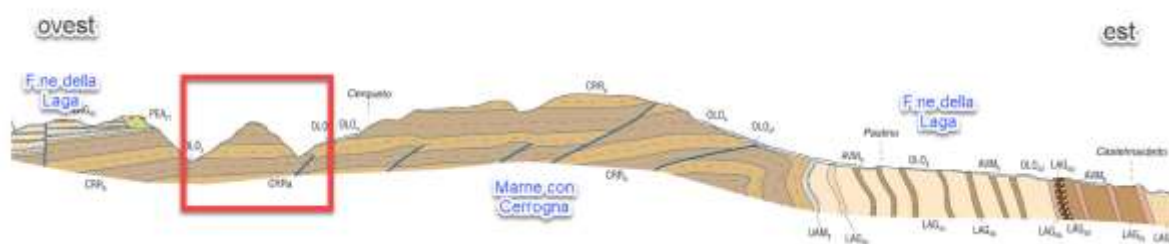
**Figura 9:** Blocco diagramma del sistema a thrust del Gran Sasso (da [44] parz. ridisegnata). Il cerchio blu indica la zona di studio.

Secondo la ricostruzione presente nella Carta Geologica d'Italia [11] la zona di studio appartiene alla Successione Carbonatica pre-orogena affiorante nella zona del Montagnone, e sulla quale si depositano stratigraficamente in discordanza i depositi silicoclastici dell'Unità della Laga (**Figura 10**).

Questo settore è caratterizzato da una struttura anticlinale (allineamento Montagnone-Montagna dei Fiori) ad andamento blandamente arcuato con direzione circa N-S e vergenza verso Est (**Figura 8**, **Figura 9**) nella quale affiorano le formazioni delle Marne con Cerrognana e delle Argille ad Orbulina (successione cenozoica di rampa distale). Spostandosi verso est la struttura si verticalizza e le successioni sono interessate da superfici di sovrascorrimento (**Figura 11**). Lo scollamento della Laga crea duplicazioni nella litofacies calcarenitica delle marne con Cerrognana che si evidenziano con piani di taglio nella litofacies marnoso-argillosa e con scollamenti ed embricazioni nelle litofacies calcarenitico calcirudite (**Figura 12**). Le Marne con Cerrognana sono talora interessate da pieghe blande visibili alla scala dell'affioramento (**Figura 13**).



**Figura 10:** Stralcio dello schema tettonico dell'area di studio indicata nel riquadro rosso. In linea blu tratteggiata la traccia E-O della sezione di **Figura 11** (da: foglio 409 "Gran Sasso d'Italia" [11] parz. ridisegnato).



**Figura 11:** Stralcio di sezione geologica tratta dal Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia" la cui traccia è indicata in **Figura 10**. In rosso l'area di studio.



**Figura 12:** Pieghe di scollamento lungo il corso del Fiume Vomano (estratto dalle Note illustrative del Foglio 349 “Gran Sasso d’Italia” [21] (in alto) e zone di taglio nella porzione più fine della litofacies marnoso-calcarenitica (CRRa) (stratificazione in arancione)

## 5.2 Stratigrafia

Di seguito si descrive la successione stratigrafica presente nella Carta geologico-geomorfologica generale della zona di studio partendo dalle unità di substrato seguite dai depositi e coperture. I termini fanno riferimento alle unità presenti nella Carta Geologica d'Italia foglio 349 "Gran Sasso d'Italia" [11] per le unità osservate in superficie ed alla documentazione del progetto della Centrale San Giacomo II per le unità di sottosuolo [6].

### 5.2.1 Depositi terrigeni sin-orogenici

#### Formazione della Laga – LAG

Depositi silicoclastici caratterizzati da una porzione inferiore prevalentemente arenacea in strati spessi ed una superiore più pelitica con strati arenacei più sottili. Sono presenti due orizzonti guida uno gessarenitico nella porzione basale ed uno tufitico nella parte alta. Nel foglio Gran Sasso d'Italia [11] l'unità è suddivisa in tre membri: il membro del Lago di Campotosto (LAG4), membro gessarenitico (LAG5), membro di Teramo (LAG6). La formazione della Laga che affiora marginalmente nella zona di studio è attribuibile al membro del Lago di Campotosto con facies arenacea ed arenaceo pelitica. Età: Messiniano p.p.

### 5.2.2 Successione Meso-Cenozoica

La successione Meso-Cenozoica interessata dalle opere in progetto è costituita dalle seguenti unità elencate per età crescente (dall'alto al basso stratigrafico).

#### Marne con Cerrognana - CRR

La formazione è distinta in due litofacies (**Figura 14**, **Figura 13**, **Figura 15**):

- litofacies marnoso-calcarenitica (CRRa). Marne, marne calcaree grigie e grigio avana, marne argillose con foraminiferi planctonici con intercalazioni di calcareniti in strati medi con granulometria da molto fine a media.
- Litofacies calcarenitico-calciruditea (CRRb). Calcareniti e calciruditi torbiditiche grigie e nocciola, in strati e banchi, con spongoliti e glauconite rimaneggiata e marne calcaree grigie (**Figura 14**). Verso la parte bassa è presente un livello a prevalenti calcareniti massicce con lamellibranchi, ostreidi e pectinidi.

Lo spessore complessivo della formazione è di circa 750m. Età: Langhiano-Tortoniano p.p.



**Figura 13:** Marne con Cerrognana (litofacies CRRa) lungo la S.S. 80. Si notano blande pieghe (piano assiale circa N-S) (sinistra).



**Figura 14:** Marne con Cerrognana (litofacies calcarenitico calcirudite CRRb) a valle della diga Piaganini in destra idrografica



**Figura 15:** Versante sinistro del T. San Giacomo si nota il contatto tra le litofacies CRRa e CRRb (vista dalla strada per Cerqueto, da est verso ovest)

### **Formazione di Bisciario - BIS**

La formazione è stata identificata negli scavi della centrale in caverna di San Giacomo II e della galleria di scarico, pertanto se ne riporta la descrizione tratta dalla documentazione tecnica [6].

Calcari marnosi e marne calcaree, con frequenti intercalazioni di calcari selciferi costituiti da microscopiche spicole di spugne silicee (calcari spongolitici). Gli spessori variano da banchi superiori al metro a settori con strati di spessore tra 20 e 40 cm. Strutture da slumping (deformazioni sinsedimentarie) sono riconosciute nello scavo della galleria di scarico. Nell'area della centrale Faitelli [6] segnala presenza rocce laminate con fenomeni di pressure solution.

Nel Foglio 359 "L'Aquila" della Carta Geologica d'Italia [12], confinante con il Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia", il Bisciario viene così descritto: "*Marne stratificate e calcari marnosi avana e avana chiaro con patine di alterazione giallo-ocracee, a foraminiferi planctonici e selce nera; presenza di intercalazioni calcarenitiche in strati spessi (BIS). Alla base orizzonti ricchi in glauconite (BIS1).*"

Lo spessore complessivo è stimato in circa 150 m. Età: Aquitaniano-Langhiano

### **Scaglia cinerea – SCC**

La formazione, pur non affiorando nella zona di studio né essendo stata intercettata nelle centrali già costruite, non si esclude che possa essere incontrata negli scavi di San Giacomo III in quanto la nuova opera si attesta ad una quota più bassa e stratigraficamente inferiore rispetto a San Giacomo II (**capitolo7**).



La Scaglia cinerea è costituita da alternanze di marne e marne calcaree grigio verdastre o rossastre in livelli ricchi di macroforaminiferi, con livelli di selce nera. Ad ovest del M. Ienca nella formazione si intercalano anche potenti banchi calcarei detritici lito- e bio- clastici. In altri settori, situati a sud della zona di studio, la litofacies marnosa viene sostituita da wackestone detritici e livelli calcarenitici.

Lo spessore massimo non supera qualche decina di metri. Età: Luteziano p.p. – Chattiano

### 5.2.3 *Depositi e coperture quaternarie continentali*

Sono stati distinti:

- **Depositi alluvionali (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
- **Detrito di versante a grossi blocchi (olob)** Clasti a spigoli vivi eterogenei ed eterometrici fino a grossi blocchi. Matrice calcarea o siltoso-sabbiosa. Di solito poco o nulla cementati.  
Età: Olocene-attuale
- **Depositi di frana (fr1, fr2)** Accumuli caotici di frammenti litici eterogenei di varie dimensioni fino ai grandi blocchi, con matrice siltoso-sabbiosa più o meno abbondante. Con fr1 si indicano le frane con indizi di evoluzione e con fr2 le frane quiescenti. Tale valutazione si è avvalsa di dati di Interferometria Satellitare forniti dal Ministero dell'Ambiente come descritto 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, lungo una dorsale ad andamento circa N-S, in destra del Fiume Vomano nel cui bacino idrografico si situano gli impianti di produzione idroelettrica dell'Asta del Vomano.

### 6.1 Cartografia degli Enti

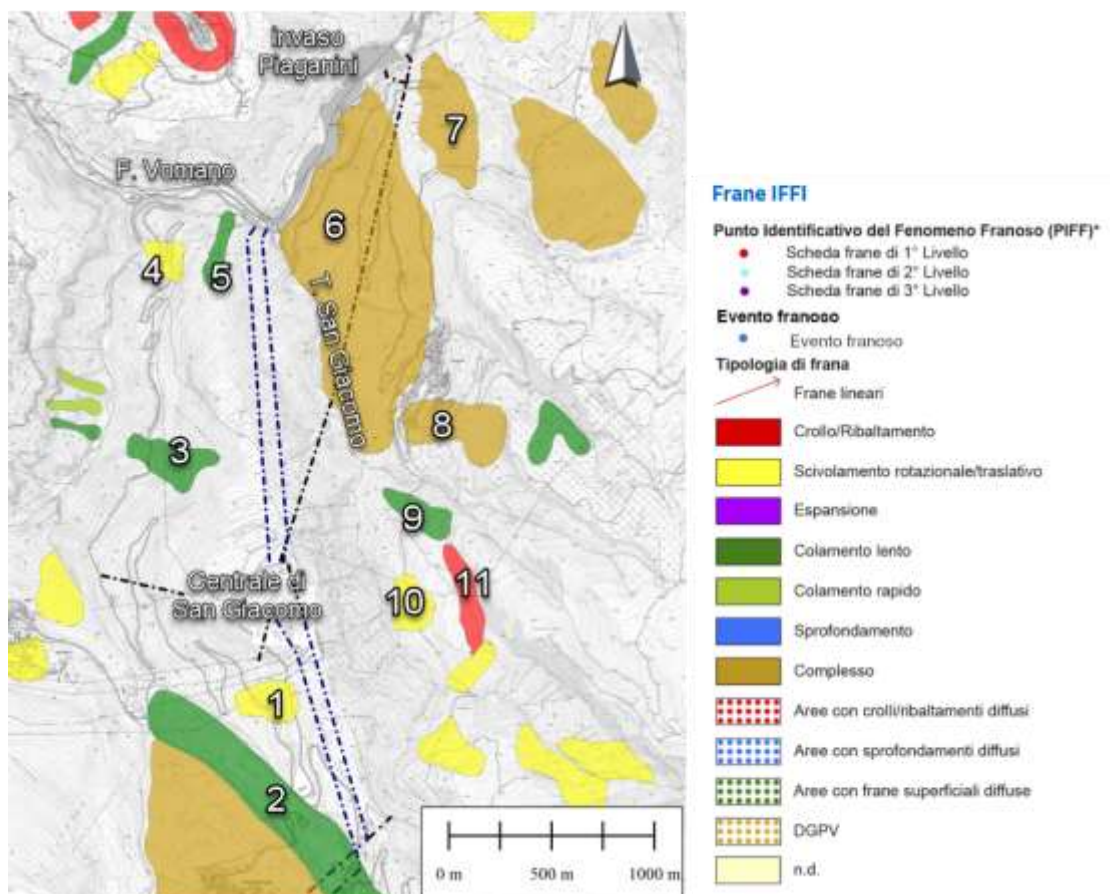
Per quanto concerne la valutazione della stabilità geomorfologica è stato fatto riferimento alle informazioni disponibili nei database pubblici quali:

- l'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI) [14]
- il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) [24]
- dati di Interferometria satellitare forniti dal Ministero dell'Ambiente

#### 6.1.1 *Inventario Fenomeni Franosi Italiani - IFFI*

L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) rappresenta la banca dati nazionale e ufficiale sulle frane [31]. 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 [14]. 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 riporta per l'area in esame alcuni fenomeni franosi attorno alla Centrale di San Giacomo. In **Tabella 1** sono indicate le caratteristiche dei dissesti numerati in **Figura 16**. Si tratta di frane di scivolamento rotazionale e traslativo, frane complesse, crollo/ribaltamento e colamento lento. Nessuno dei dissesti segnalati interferisce con le opere anche se alcuni di essi interessano la viabilità che sale al crinale dove è ubicata la sottostazione di San Giacomo.



**Figura 16:** Stralcio della Carta Inventario dei Fenomeni Franosi Progetto IFFI (da ISPRA). In figura i dissesti presenti nella BD sono numerati come in tabella **Tabella 1** e sono indicate la posizione della Centrale di San Giacomo I e II e dell'invaso di Piaganini

ID	ID Frana IFFI	Comune	Tipo di movimento	Attività	Metodo usato per la valutazione del movimento e dell'attività	Data
1	0670201900	Pietracamela	Scivolamento rotazionale/traslativo	Attivo/riattivato/sospeso	Fotointerpretazione	02/07/1981
2	0670201800	Pietracamela	Colamento lento	Attivo/riattivato/sospeso	Fotointerpretazione	02/07/1981
3	0670202000	Pietracamela	Colamento lento	Attivo/riattivato/sospeso	Fotointerpretazione	02/07/1981
4	0670198700	Fano Adriano	Scivolamento rotazionale/traslativo	Attivo/riattivato/sospeso	Fotointerpretazione	02/07/1981
5	0670198800	Fano Adriano	Colamento lento	Attivo/riattivato/sospeso	Fotointerpretazione	02/07/1981
6	0670198900	Fano Adriano	Complesso (scivolamento rotazionale)	Attivo	Rilevamento sul terreno/Fotointerpretazione	2005
7	0670199200	Fano Adriano	Complesso	Attivo/riattivato/sospeso	Fotointerpretazione	02/07/1981
8	0670199000	Fano Adriano	Complesso (scivolamento traslativo)	Attivo	Fotointerpretazione	2005

ID	ID Frana IFFI	Comune	Tipo di movimento	Attività	Metodo usato per la valutazione del movimento e dell'attività	Data
9	0670199700	Fano Adriano	Colamento lento	Attivo	Fotointerpretazione	02/07/1981
10	0670199900	Fano Adriano	Scivolamento rotazionale/traslativo	Attivo/riattivato/sospeso	Fotointerpretazione	02/07/1981
11	0670199800	Fano Adriano	Crollo/Ribaltamento	Attivo/riattivato/sospeso	Fotointerpretazione	02/07/1981

**Tabella 1:** caratteristiche principali dei dissesti della Banca Dati IFFI

### 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) [23].

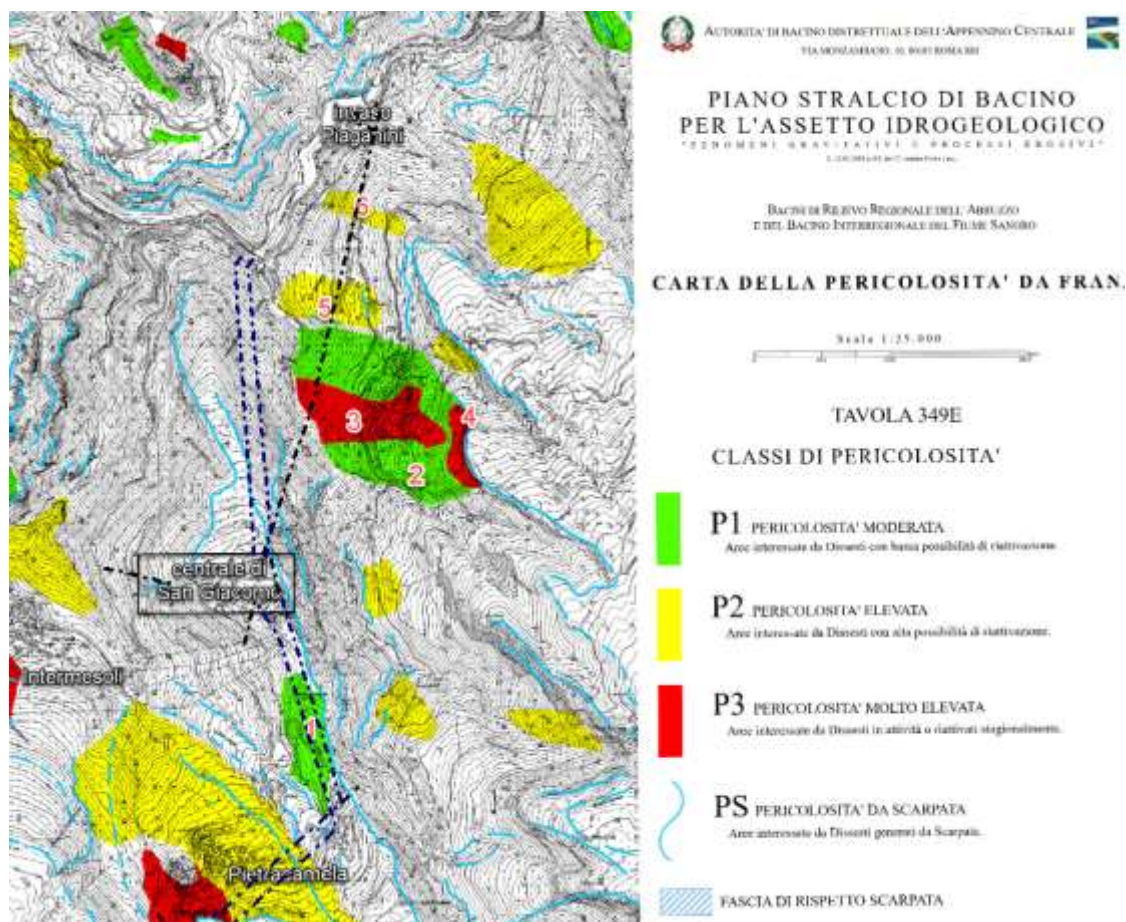
Relativamente alla tematica delle frane pertanto sono state consultate le cartografie del Piano per l'Assetto Idrogeologico PAI vigente relativo ai "Bacini abruzzesi e del bacino del Sangro" dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale nel quale ricade la zona di studio.

In particolare è stata acquisita la Tavola 349E 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 [23] (**Figura 17**). 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" [13].

La pericolosità da frana viene distinta in 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.

La dorsale montuosa all'interno della quale si collocano le centrali di San Giacomo non risulta interessata da fenomeni di dissesto. Solo più a monte è presente una zona a P1 - pericolosità moderata legata alla presenza di fenomeni erosivi ("superficie di dilavamento prevalentemente diffuso") quiescenti (area n°1 in **Figura 17**).



**Figura 17:** Estratto dalla tavola 349E 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 San Giacomo, l'invaso Piaganini e le località principali. Le zone numerate sono descritte in relazione.

In destra del Torrente San Giacomo, al di sopra del tracciato della galleria di aspirazione, il PAI classifica i seguenti settori:

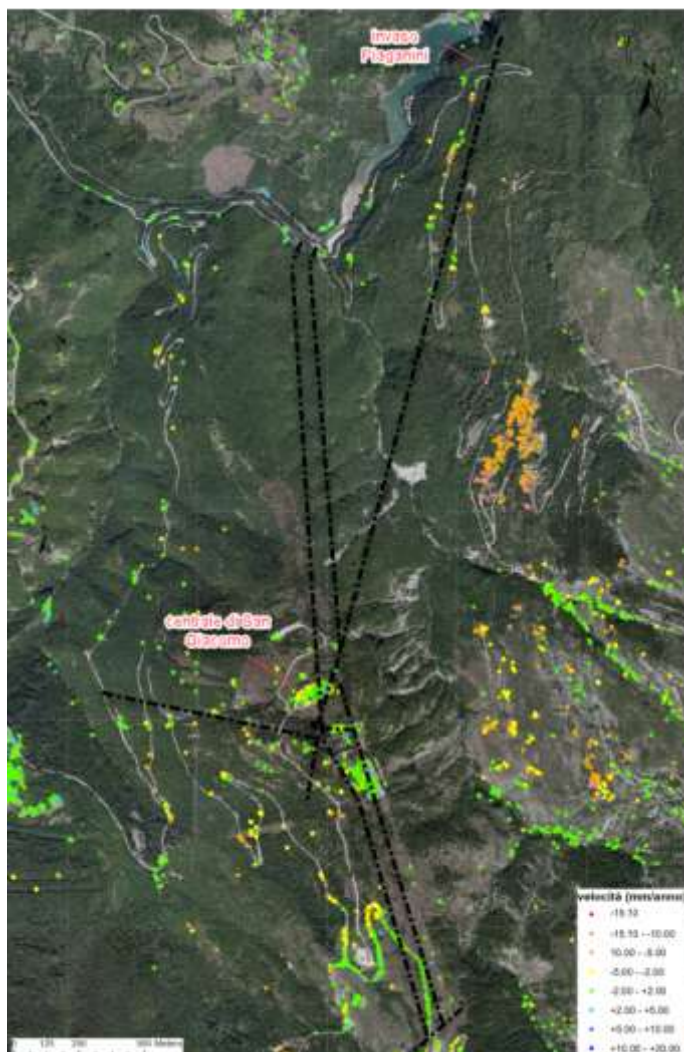
- Area n°2: classe P1 pericolosità moderata per la presenza di un ampio corpo di frana di scorrimento non attivo .
- Area n°3: classe P3 pericolosità molto elevata per la presenza di una frana di scorrimento attiva
- Area n°4: classe P3 pericolosità molto elevata connessa a fenomeni di crollo e ribaltamento attivi.
- Area n°5: classe P2 pericolosità elevata connessa ad un corpo di frana di colamento quiescente.

Lungo il versante destro del Fiume Vomano, all'altezza della parte mediana dell'invaso Piaganini, è perimetrato un settore (area n°6) in classe P2 pericolosità elevata per la presenza di un corpo quiescente di frana di colamento.

### 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 interferometrica di immagini radar satellitari acquisite tra il 1992 e il 2014. Si tratta dei riflettori a terra (Permanent Scatter) ottenuti dall'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 18**. Nella zona della centrale i dati dei riflettori indicano condizioni sostanzialmente stabili con velocità di spostamento dei PS generalmente incluse tra -2 e +2 mm/anno. Si segnala comunque che alcuni punti esterni al piazzale della centrale che mostrano spostamenti superiori a 4 mm/anno fino a raggiungere in un punto 13.7 mm/anno. Nell'area rilevata si notano alcuni cluster di punti con velocità di spostamento significative che ricadono in aree di frana. Questi dissesti sono stati pertanto considerati attivi nella carta geologico-geomorfologica generale GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.009.00.



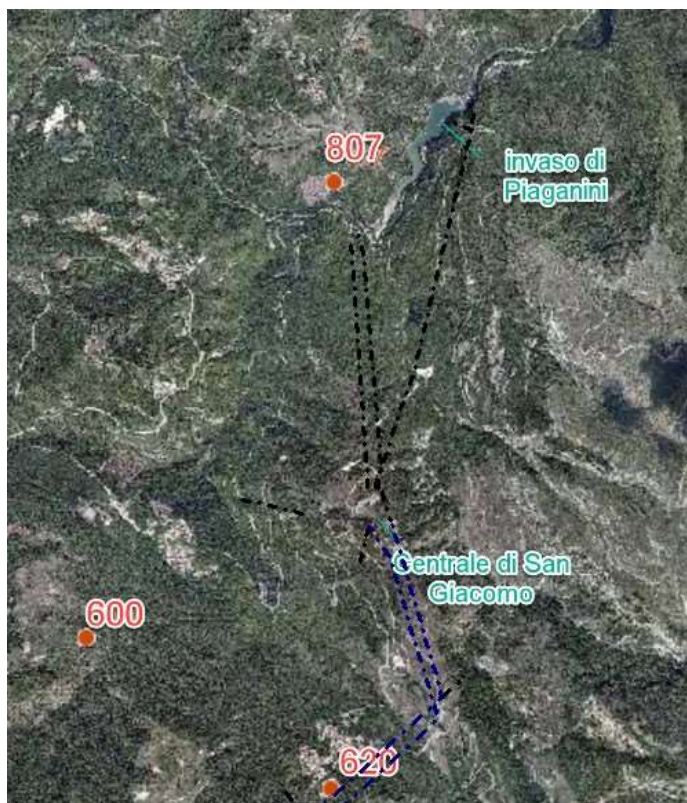
**Figura 18:** Permanent Scatter relativi al monitoraggio InSar – Ministero dell'Ambiente. Le velocità sono espresse in mm/anno.

#### 6.1.4 Carsismo

La Regione Abruzzo ha istituito il Catasto Regionale delle Grotte e delle Aree Carsiche della Regione Abruzzo consultabile sul geoportale regionale [15].

Nel rilievo che ospita la centrale di San Giacomo non sono segnalate cavità carsiche. Si nota comunque che la grotta 807 (Grotta del Cinghiale) si situa nella formazione delle Marne con Cerrognà.

Le altre due cavità presenti nel database si sviluppano nella formazione della Laga (600) e nei conglomerati plio-quadernari (620).



**Figura 19:** Grotte presenti sul Catasto Regionale delle Grotte e delle Aree Carsiche della Regione Abruzzo [14] (consultazione maggio 2022)

## 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 Modello Digitale del Terreno a 10 m, come descritto nel **Capitolo 3**. I dati sono stati successivamente verificati ed integrati nel corso dei rilievi di campagna.

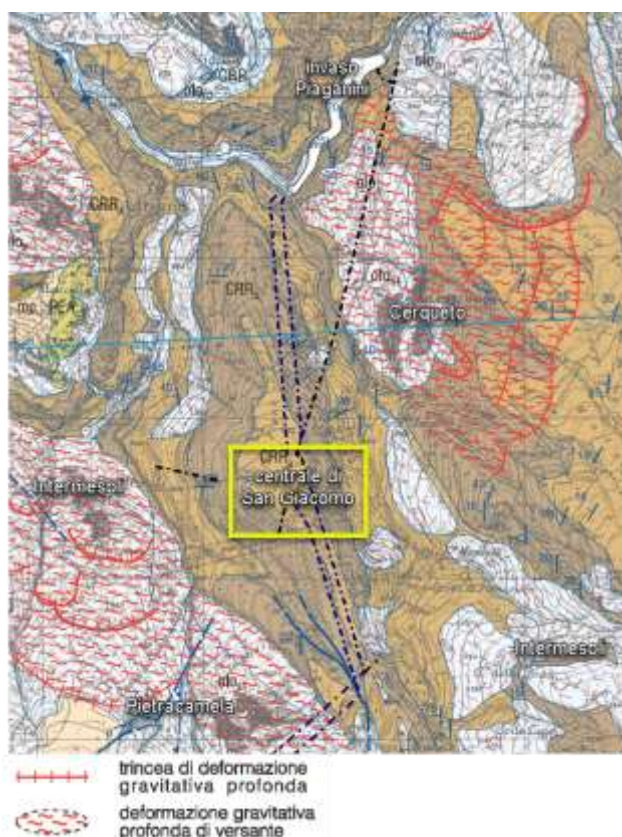
Di particolare ausilio sono risultate la Carta Geologica d'Italia Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia"[11] e la carta geomorfologica presente nei documenti del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) [13].

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. Le frane sono rappresentate in base alla tipologia di movimento ed allo stato di attività (frane attive, quiescenti e non attive).

Nella Carta Geologica d'Italia Foglio 349 vengono mappate alcune Deformazioni Gravitative Profonde (DGPV) solo in minima parte classificate come tali nella carta geomorfologica del PAI. Le DGPV sono definite come deformazioni che “dislocano ammassi rocciosi di grandi dimensioni con superfici di rottura e di distacco generalmente impostate lungo discontinuità preesistenti quali faglie, fratture, piani di stratificazione o contrasti litologici e con morfologie caratteristiche quali gradini, scarpate, trincee di notevoli dimensioni parallele al versante, profonde fratture da tensione beanti o in parte riempite, contropendenze talora associate a depressioni” [21]. In particolare, è presente una DGPV lungo il versante destro del Torrente San Giacomo che comprende il paese di Cerqueto. Anche gli abitati di Intermesoli e Pietracamela sono situati su versanti interessati da DGPV. Alle deformazioni gravitative profonde si associano spesso fenomeni franosi più superficiali come a Cerqueto dove il paese è coinvolto in una frana di scorrimento traslativo con superficie di movimento a circa 20m di profondità [21].

Dissesti DGPV non interessano la dorsale della centrale (**Figura 20**). Si nota che la galleria di scarico ed aspirazione verso l'invaso Piaganini sottopassa la DGPV indicata nel Foglio 349, tuttavia dai documenti di bibliografia non risulta che la abbia intercettata.



**Figura 20:** Stralcio della Carta Geologica d'Italia F.349 “Gran Sasso d'Italia”. Si notano le Deformazioni Gravitative Profonde lungo il versante destro del T. San Giacomo e nella zona degli abitati di Intermesoli e Pietracamela. In giallo la zona della centrale



Gli elementi geomorfologici riconosciuti sono rappresentati nella carta geologico-geomorfologica generale GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.009.00.

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 attive e quiescenti;
- le Deformazioni Gravitative Profonde (DGPV);
- le frane di piccole dimensioni (attive e quiescenti);
- le forme di dilavamento attive;
- le conoidi:
- gli impluvi che lungo i versanti più acclivi sono talora in erosione;
- le scarpate morfologiche, le scarpate fluviali e quelle antropiche;
- gli elementi antropici (manufatti antropici, depositi antropici, strade, invasi).

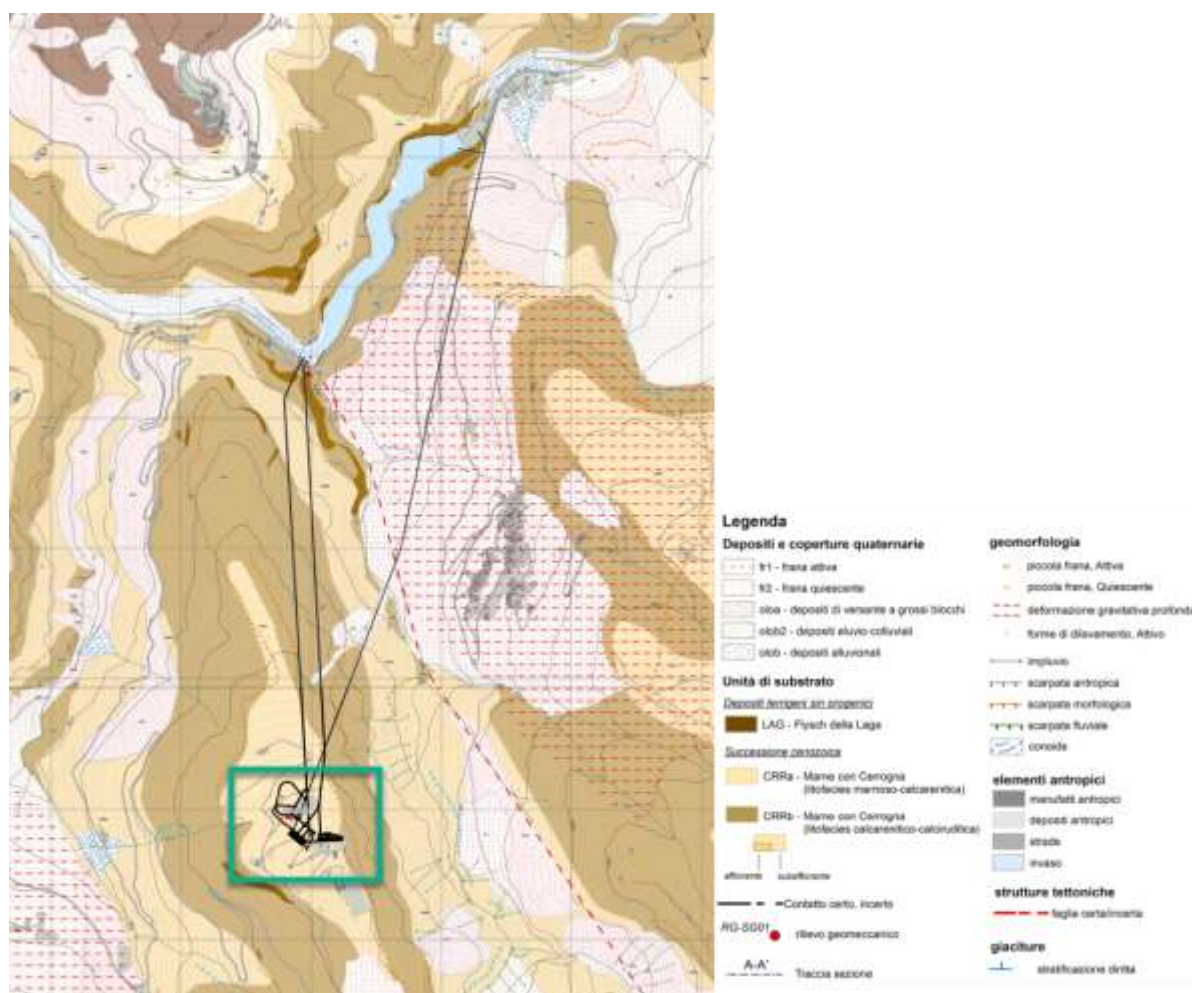
L'area della centrale si situa lungo il crinale a direzione N-S che scende da Poggio Castello fino al Fiume Vomano. La pendenza del crinale in questo tratto è di circa 10°. Nella zona non sono presenti frane. Immediatamente ad est della centrale il versante che scende verso il Torrente San Giacomo si fa molto acclive con pendenza media di 40° e settori fino a 75°. La rottura di pendio è marcata da una scarpata morfologica.

## 7. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

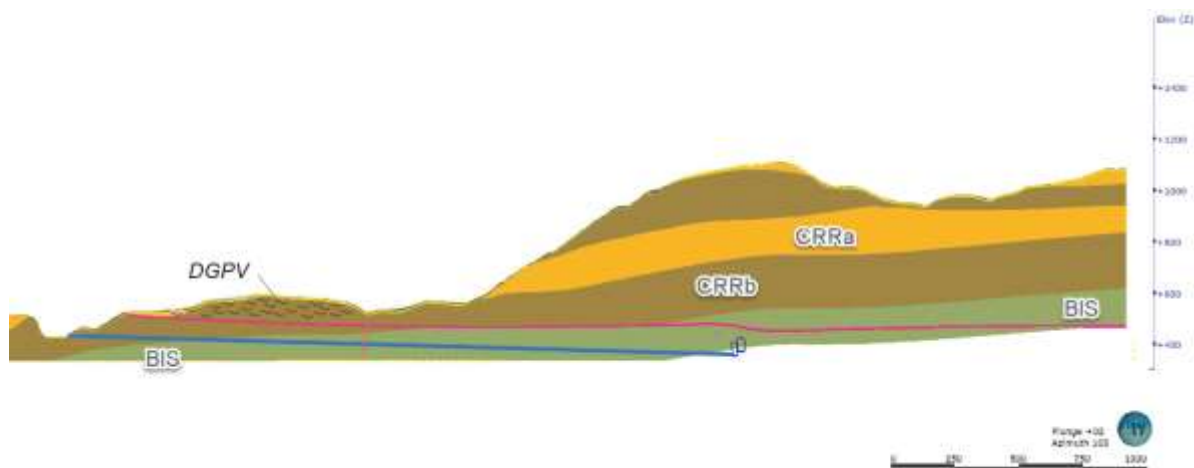
La centrale di San Giacomo è collocata in destra del Fiume Vomano nella dorsale ad andamento N-S appartenente alla struttura anticlinale dell'allineamento Montagnone-Monte dei Fiori (**Figura 8**) nella porzione costituita dalle rocce carbonatiche della Successione calcareaa meso-cenozoica abruzzese.

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. Esso viene illustrato per mezzo di:

- carta geologico-geomorfologica generale (GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.009.00-2 tavole) (**Figura 21**).
- sezione geotecnica longitudinale della centrale (GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.011.00),
- due sezioni geotecniche trasversali della centrale (GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.010.00),



**Figura 21:** Mappa geologico-geomorfologica generale (scala originale 1:5.000): in verde la zona delle centrali esistenti e di progetto



**Figura 22:** Profilo longitudinale all'asse di conduzione (linea rossa: faglia a basso angolo)

### 7.1 Assetto stratigrafico

Nel modello vengono rappresentate le due litofacies delle Marne con Cerroigna, ovvero quella marnoso-calcarenitica (CRRa) e quella calcarenitico-calciruditica (CRRb) (**Figura 14** e **Figura 13**), che si intercalano nella successione stratigrafica in corpi di circa 150m di spessore. Le Marne di Cerroigna si sviluppano con continuità a partire dal fondovalle (quota 400m circa) lungo i versanti fino al crinale della dorsale montuosa (quota circa 1100m) su cui è stata costruita la sottostazione di S. Giacomo.

La litofacies CRRa è rappresentata da marne, marne calcaree grigie e grigio avana, marne argillose con foraminiferi planctonici ed intercalazioni di calcareniti in strati medi con granulometria da molto fine a media. La litofacies CRRb è formata da calcareniti e calciruditi torbidityche grigie e nocciola, in strati e banchi, con spongoliti e glauconite rimaneggiata e marne calcaree grigie.

Le Marne con Cerroigna passano verso il basso alla formazione Bisciario non affiorante in superficie. Il contatto tra le due formazioni è stato riconosciuto nel pozzo della condotta forzata alla quota 495m slm, 65m sopra la calotta della caverna di San Giacomo II. Lo scavo di tale opera e di gran parte della galleria di scarico [6][5] ricade nella Formazione Bisciario che risulta composta da calcari marnosi e marne calcaree, con frequenti intercalazioni di calcari selciferi costituiti da microscopiche spicole di spugne silicee (calcari spongolitici). Gli spessori degli strati variano da 20 e 40 cm a banchi superiori al metro. Sono presenti strutture da slumping intercettate nel corso dello scavo della galleria di scarico a pelo libero (prog. 1+368 e 1+458). Il Bisciario è tuttora visibile in un minuscolo affioramento (rilievo geomeccanico RG-SG01) ubicato nella galleria di accesso al timpano della centrale di S. Giacomo II ove è costituito da marne e argilliti verdastre, sottilmente laminate e deformate con strutture da shear intrastrato **Figura 23**.



**Figura 23:** Aspetto del Bisciario nel rilievo geomeccanico eseguito nella zona della centrale (RG-SG01)

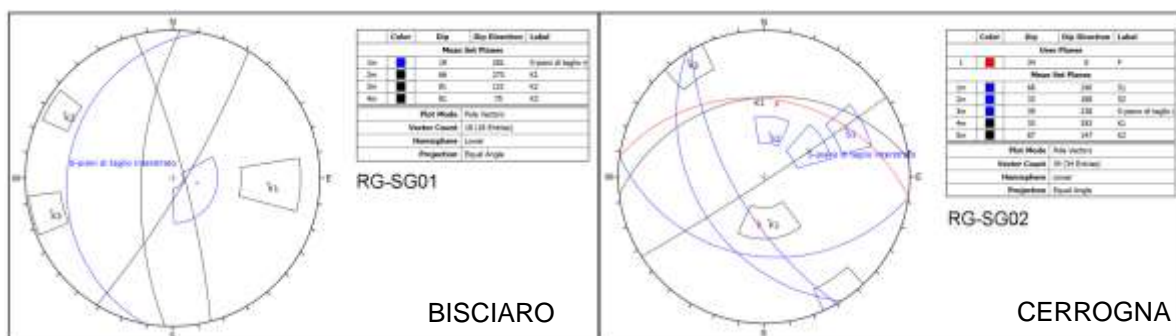
## 7.2 Assetto strutturale

I rilievi costruttivi della centrale di S. Giacomo II mostrano la stratificazione immergente mediamente verso O con un angolo di circa 30° e debolmente ondulata. Inoltre, presso lo spigolo E della caverna e nello scavo del pozzo reversibile [10] è stata intersecata una zona di taglio di circa 15m di spessore, parallela alla stratificazione, costituita da marne estremamente fratturate fino a laminate, spesso degradate. La giacitura della zona è coerente con l'orientazione dei piani di sovrascorrimento indicati nelle sezioni geologiche del CARG (**Figura 11**). Nella relazione geologico-strutturale sullo scavo della Centrale San Giacomo II [6] viene indicata una faglia situata a NO della centrale che ribassa di 20m la struttura di taglio sopra descritta e rappresentata nel modello geologico. Questa faglia viene interpretata come inversa coerentemente con le strutture compressive dell'area ma sulla sua giacitura ed esatta posizione non si hanno informazioni di maggior dettaglio.

Si sottolinea che la nuova centrale di S. Giacomo III è stata ubicata in modo che non intersechi la zona di taglio e che si mantenga sempre ad una distanza superiore a 25m da essa. Va tuttavia osservato che così facendo la porzione inferiore della caverna si estende in una zona priva di informazioni geologiche. L'opera, infatti, si colloca a quota più bassa di alcune decine di metri rispetto alle operi esistenti i cui rilievi sono l'unica fonte di informazione certa per l'interpretazione geologica. Va inoltre osservato che, considerando gli spessori delle formazioni delle Marne con Cerrognana e del Bisciario indicate in letteratura, è possibile che lo scavo della nuova centrale possa intersecare anche l'unità stratigrafiche inferiore costituita dalla formazione della Scaglia Cinerea (v. **capitolo 5.2**).

Per quanto concerne la galleria di aspirazione/scarico esse si svilupperà parallela alla esistente; in base a quanto indicato in [1] si prevede che per i primi 200m circa dall'invaso di Piaganini lo scavo attraversi la formazione delle Marne con Cerrognana CRR (litofacies CRRb) per poi passare al Bisciario procedendo verso la centrale. Il tracciato della galleria si mantiene sempre al di sotto del piano di sovrascorrimento identificato in centrale, tuttavia non si esclude che possa intercettare delle faglie secondarie, una delle quali probabilmente allineata con la valle del Torrente San Giacomo.

I sistemi di fratturazione degli ammassi nell'area sono stati definiti tramite i rilievi geomeccanici RG-SG01 e RG-SG02. Il rilievo RG-SG01 è stato eseguito su rocce della formazione Bisciario in corrispondenza di un affioramento di roccia visibile nella galleria di accesso al timpano della centrale San Giacomo II, mentre il rilievo RG-SG02 è stato realizzato sulle Marne con Cerrognia lungo l'alveo del torrente San Giacomo, immediatamente a monte del ponte stradale, ove la formazione risultava interessata da una piega antiforme che provoca la variazione di orientazione della stratificazione. In totale sono stati identificati 2-3 sistemi di disgiunzione principali oltre alla stratificazione le cui caratteristiche sono sintetizzate nello stereoplot di **Figura 24** e in **Tabella 2**.



**Figura 24:** Stereoplot delle discontinuità misurate nei due rilievi geomeccanici

RG	S		S		K1		K2		K3	
	Imm (°)	Inclin (°)	Imm (°)	Inclin (°)	Imm (°)	Inclin (°)	Imm (°)	Inclin (°)	Imm (°)	Inclin (°)
RG-SG01	281	19	-	-	273	66	121	81	75	81
RG-SG02	240	66	188	33	353	33	147	87	-	-

**Tabella 2:** Riassunto delle famiglie di giunti principali dei rilievi geomeccanici (Imm. Immersione; Incl: inclinazione)

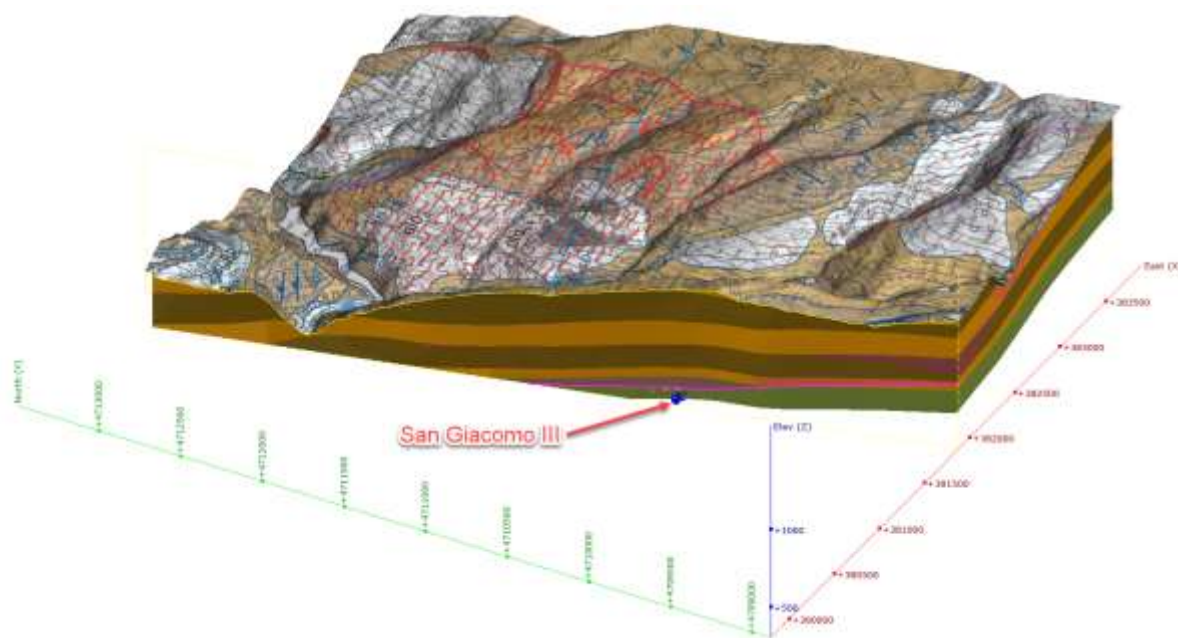
### 7.3 Modello geologico 3D

Le informazioni acquisite sono state utilizzate anche per generare tramite il software Leapfrog Works un modello geologico tridimensionale di estensione 4.4km in direzione N-S e 3.7km in direzione E-O. Il modello che include la zona della centrale e le gallerie in progetto contiene i seguenti elementi:

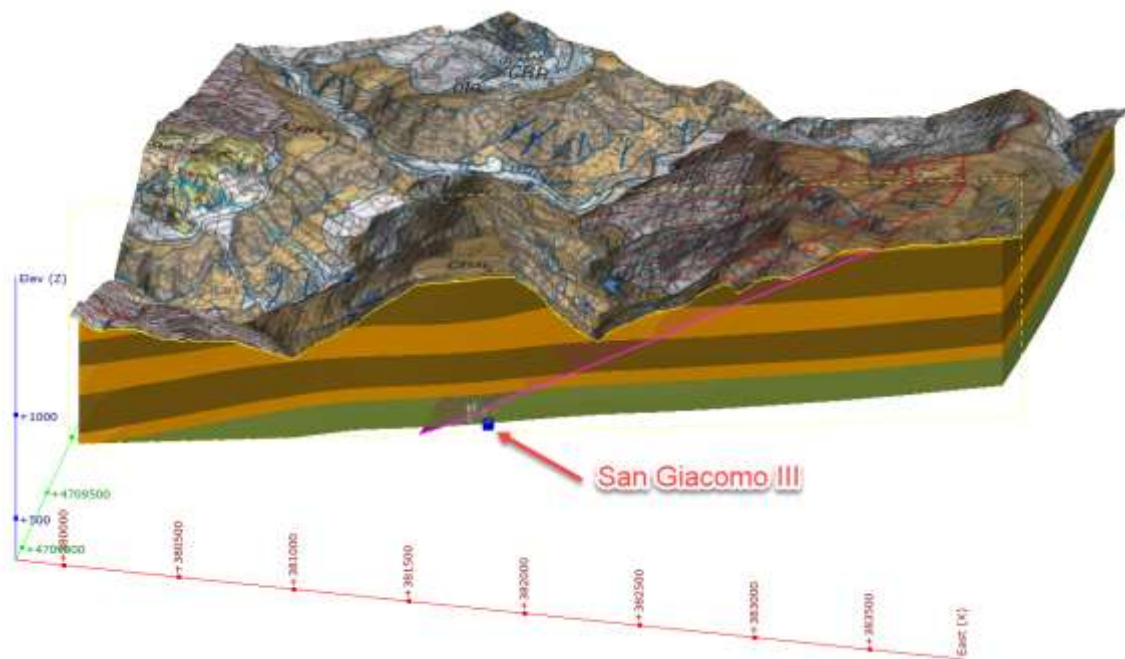
- DTM a risoluzione 10m/pixel
- Ortofoto
- Carta geologica drappeggiata sulla topografia;
- Giaciture dei piani di stratificazione e giunti nei punti di rilievo;
- Rilievi geologici costruttivi di San Giacomo II [7][8][9];
- Volumi rappresentativi delle unità geologiche;
- Volumi rappresentativi le unità geotecniche in prossimità della centrale;
- Zona di sovrascorrimento identificata in centrale;
- Opere esistenti;

- Opere in progetto.

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



**Figura 25:** Vista da SO modello geologico 3D



**Figura 26:** Vista da SE modello geologico 3D

#### **7.4 Idrogeologia**

Per quanto concerne le condizioni idrogeologiche le informazioni disponibili sono molto limitate. E' noto [1] che gli scavi nella zona della centrale non hanno incontrato particolari problemi, interessando terreni a bassissima permeabilità, mentre venute d' acqua di un'elevata consistenza hanno interessato lo scavo del tratto iniziale della galleria di scarico ed aspirazione la quale per i primi 220 m si sviluppa all'interno delle Mame con Cerrognna mentre la restante parte prosegue nella formazione del Bisciario. In particolare, a 265m dall'imbocco è stata riscontrata un'improvvisa forte venuta d'acqua con portate iniziali di 500 l/s stabilizzatesi poi a 120 l/s con pressioni intorno 0.5-0.6bar. Analisi chimiche sulle acque hanno dimostrato che si trattava di acqua di circolazione profonda non associabile con quella del bacino di Piaganini.

Attualmente il complesso di caverne delle centrali esistenti funge da elemento drenate per tutta la dorsale montuosa in cui si sviluppa, pertanto in via del tutto preliminare si può ipotizzare che il livello di falda in corrispondenza della nuova centrale San Giacomo III possa attestarsi alla quota minima del pozzo della centrale di San Giacomo II (480m).

#### **7.5 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 (oltre 700m) a cui si attestano le opere in progetto.

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

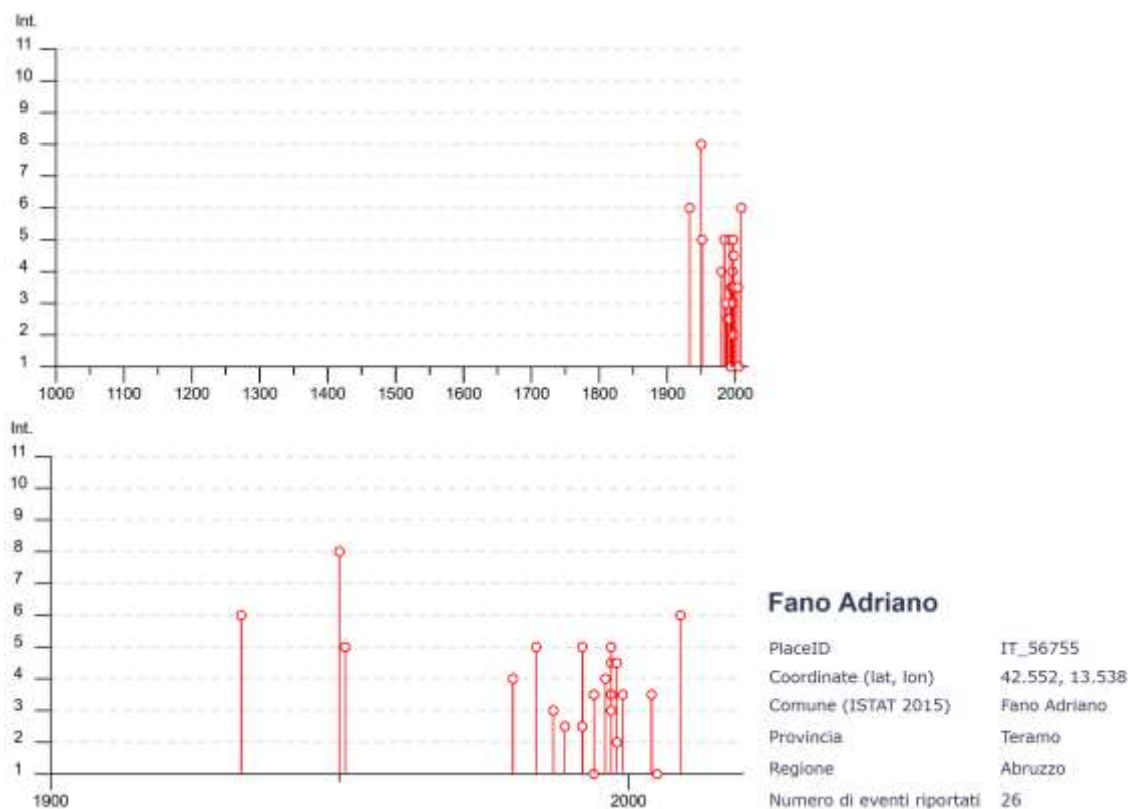
- posizione dei contatti delle unità stratigrafiche, incluse la possibile presenza di unità geologiche non note nella porzione inferiore della nuova centrale;
- ubicazione e orientazione delle faglie al di fuori di quelle registrate negli scavi già realizzati, inclusa una faglia menzionata in [6] in prossimità della centrale San Giacomo II di cui non è stato possibile ricostruire la posizione;
- posizione della falda freatica lungo il tracciato della galleria di aspirazione/scarico;
- possibile esistenza lungo il tracciato della galleria di cavità carsiche. Infatti, anche se nella zona rilevata non sono state osservate grotte o evidenze di fenomeni di dissoluzione, la Banca Dati di Regione Abruzzo [15] segnala la presenza di una grotta nella formazione delle marne con Cerrognna in sinistra del Fiume Vomano ad ovest dell'invaso di Piaganini; inoltre l'elevata portata della venuta d'acqua intersecata durante lo scavo della galleria esistente è tipica di rocce soggette a dissoluzione per carsismo.

## 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) [41]. 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 dei comuni di Fano Adriano, situato circa 2 km a NO della Centrale di San Giacomo, e di Pietracamela circa 1,4 km a sud della centrale (**Figura 27** **Figura 28** e **Tabella 3** **Tabella 4**).



**Figura 27:** Grafico della intensità degli 26 eventi riportati dal DBMI15 per la località Fano Adriano nel periodo 1000-2020 (in alto). In basso il dettaglio degli eventi dal 1900 al 2020.

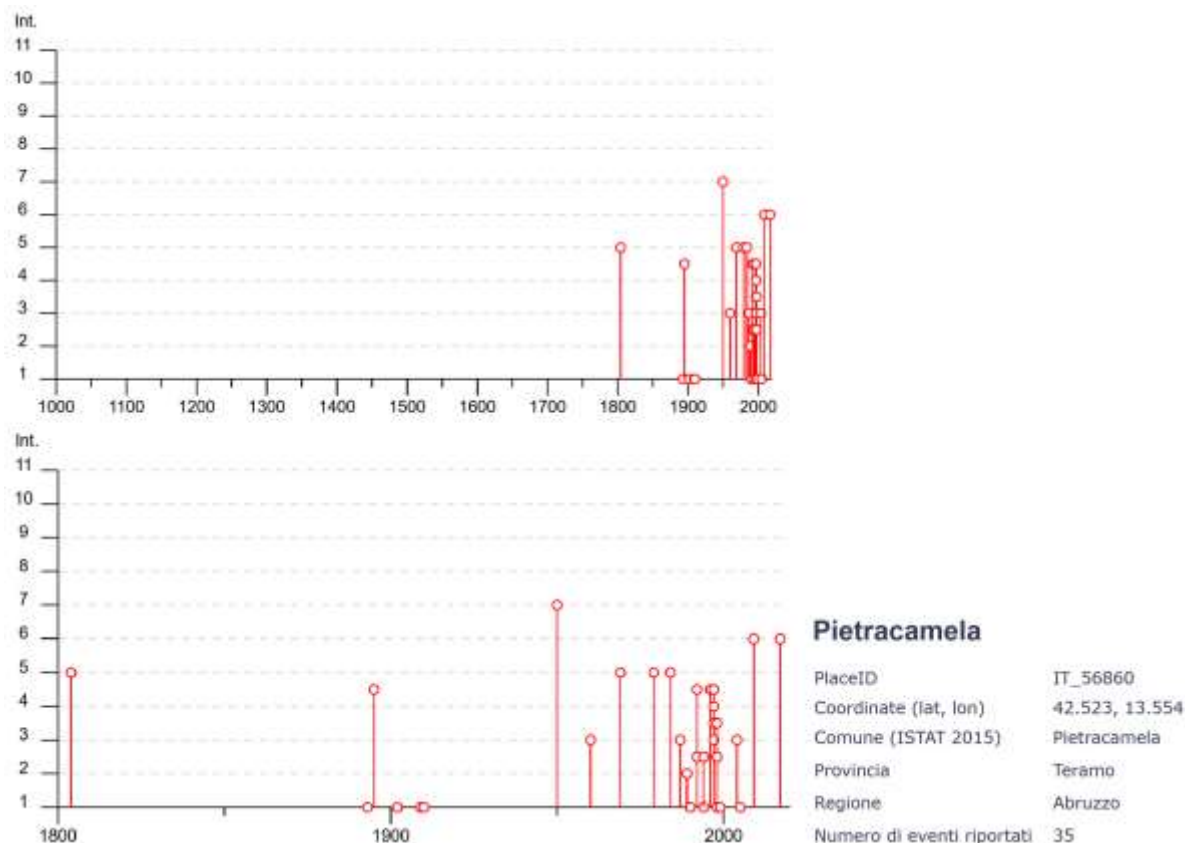


Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche principali dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 1, ovvero i valori relativi alla intensità al sito, il tempo all'origine (anno, mese, giorno), l'area epicentrale, le sue coordinate, la profondità se calcolata, l'intensità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

Gli eventi di maggiore intensità sono legati al terremoto del 1950 con epicentro nel Massiccio del Gran Sasso (Int. at place=8 a Fano Adriano e Int. at place=7 a Pietracamela). Il terremoto del 2009 ha registrato Int.at place=6 in entrambe le località, mentre per l'evento simico del 2017 nell'Aquilano è riportato il valore solo per la località Pietracamela (Int.at Place=6)

Intensità à sito (MCS)	Anno	Mese	Giorno	Area	Lat	Long	Intensità epicentrale (MCS)	Magnitudo momento (Mw)
6	1933	9	26	Maiella	42.079	14.093	9	5.9
8	1950	9	5	Gran Sasso	42.547	13.457	8	5.69
5	1951	8	8	Gran Sasso	42.466	13.461	7	5.25
5	1951	9	1	Monti Sibillini	43.029	13.288	7	5.25
4	1980	2	28	Valnerina	42.8	12.967	6	4.97
5	1984	5	7	Monti della Meta	41.667	14.057	8	5.86
3	1987	7	3	Costa Marchigiana	43.198	13.902	7	5.06
2-3	1989	12	22	Valle Umbra	42.991	12.706	5	4.44
5	1992	8	25	Aquilano	42.411	13.355	5	4.11
2-3	1992	10	24	Monti della Laga	42.618	13.251	5	4.08
NF	1994	1	5	Monti della Laga	42.577	13.244	4-5	3.47
3-4	1994	6	2	Aquilano	42.463	13.221	4-5	3.99
3-4	1994	6	2	Aquilano	42.476	13.226	5	4.21
4	1996	10	20	Appennino laziale- abruzzese	42.559	13.263	5	4.36
5	1997	9	26	Appennino umbro- marchigiano	43.022	12.891	7-8	5.66
4-5	1997	9	26	Appennino umbro- marchigiano	43.014	12.853	8-9	5.97
3-4	1997	10	3	Appennino umbro- marchigiano	43.042	12.824		5.22
3-4	1997	10	6	Appennino umbro- marchigiano	43.027	12.846		5.47
5	1997	10	14	Valnerina	42.898	12.898		5.62
3	1997	11	9	Valnerina	42.846	12.988		4.87
4-5	1998	4	5	Appennino umbro- marchigiano	43.189	12.767		4.78
2	1998	8	15	Reatino	42.362	13.056	5-6	4.42
3-4	1999	10	10	Alto Reatino	42.647	13.22	4-5	4.21
3-4	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

**Tabella 3:** Estratto da DBMI15 di parte delle informazioni relative alla storia sismica di Fano Adriano



**Figura 28:** Grafico della intensità degli 35 eventi riportati dal DBMI15 per la località Pietracamela nel periodo 1000-2020 (in alto). In basso il dettaglio degli eventi dal 1800 al 2020

Intensità a sito (MCS)	Anno	Mese	Giorno	Area	Lat	Long	Intensità epicentrale (MCS)	Magnitudo momento (Mw)
5	1804	5	22	Gran Sasso	42.529	13.646	8	5.42
NF	1893	8	2	Valnerina	42.608	13.002	5-6	4.55
4-5	1895	8	9	Adriatico centrale	42.54	15.015	6	5.11
NF	1902	10	23	Reatino	42.357	12.839	6	4.74
NF	1909	3	16	Gran Sasso	42.442	13.393	4-5	4.03
NF	1910	6	29	Valnerina	42.742	12.929	7	4.93
7	1950	9	5	Gran Sasso	42.547	13.457	8	5.69
3	1960	3	16	Monti della Laga	42.613	13.322	5	4.44
5	1969	9	26	Teramano	42.707	13.567	5	4.39
5	1979	9	19	Valnerina	42.73	12.956	8-9	5.83
5	1984	5	7	Monti della Meta	41.667	14.057	8	5.86
3	1987	7	3	Costa Marchigiana	43.198	13.902	7	5.06
2	1989	12	22	Valle Umbra	42.991	12.706	5	4.44
NF	1990	5	5	Potentino	40.738	15.741		5.77
4-5	1992	8	25	Aquilano	42.411	13.355	5	4.11
2-3	1992	10	24	Monti della Laga	42.618	13.251	5	4.08
NF	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

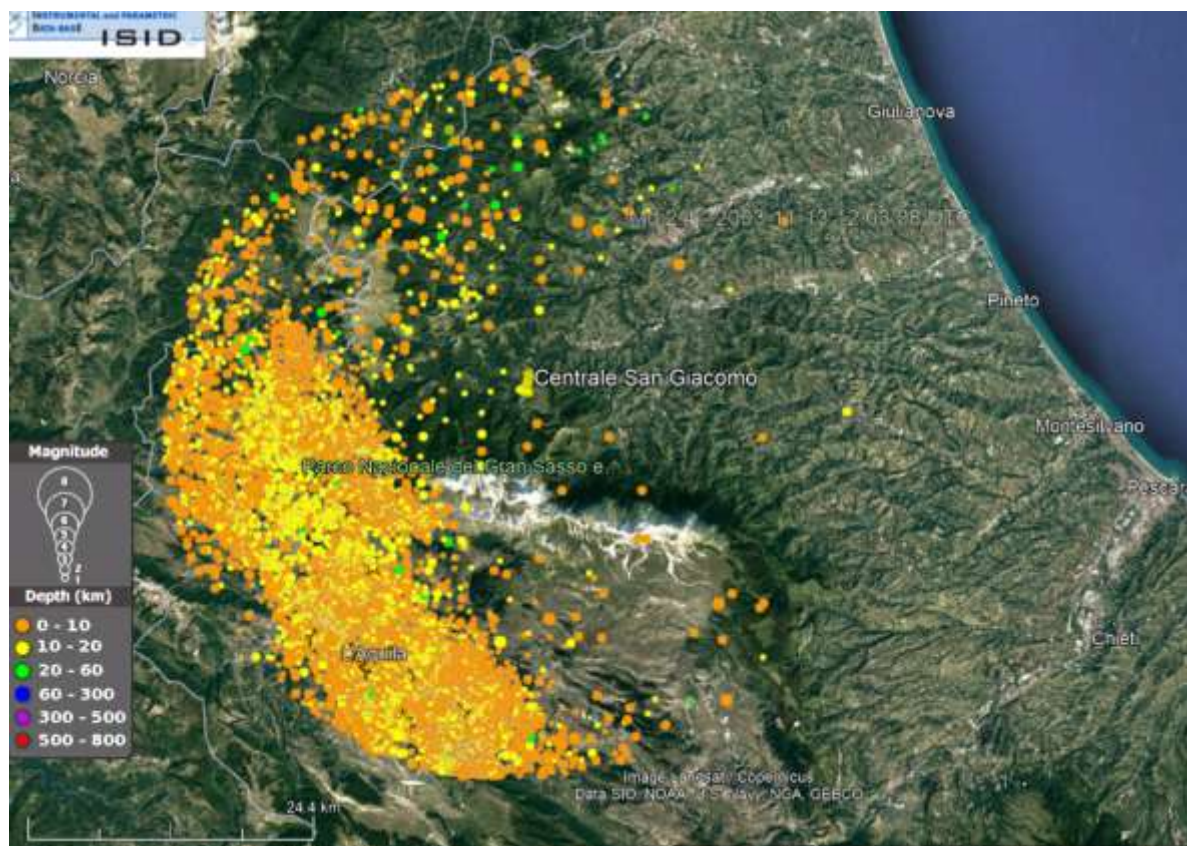
Intensità a sito (MCS)	Anno	Mese	Giorno	Area	Lat	Long	Intensità epicentrale (MCS)	Magnitudo momento (Mw)
4-5	1996	10	20	Appennino laziale-abruzzese	42.559	13.263	5	4.36
4-5	1997	9	26	Appennino umbro-marchigiano	43.022	12.891	7-8	5.66
4-5	1997	9	26	Appennino umbro-marchigiano	43.014	12.853	8-9	5.97
3-4	1997	10	3	Appennino umbro-marchigiano	43.042	12.824		5.22
4	1997	10	6	Appennino umbro-marchigiano	43.027	12.846		5.47
4	1997	10	14	Valnerina	42.898	12.898		5.62
3	1997	11	9	Valnerina	42.846	12.988		4.87
2-3	1998	3	26	Appennino umbro-marchigiano	43.145	12.809		5.26
3-4	1998	4	3	Appennino umbro-marchigiano	43.185	12.756		5.1
2-3	1998	4	5	Appennino umbro-marchigiano	43.189	12.767		4.78
NF	1998	8	15	Reatino	42.362	13.056	5-6	4.42
NF	1999	10	10	Alto Reatino	42.647	13.22	4-5	4.21
3	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
6	2017	1	18	Aquilano	42.531	13.283		5.7

**Tabella 4:** Estratto da DBMI15 di parte delle informazioni relative alla storia sismica di Pietracamela

## 8.2 Sismicità recente (dal 1985 al 2020)

Il portale dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia [37] 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 29** mostra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Data Base in un intorno di circa 30 km dalla Centrale di San Giacomo nel periodo 01/01/1985 e 31/05/2022. In tale area, per l'intervallo di tempo considerato, sono segnalati 9943 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 29:** Distribuzione dei terremoti localizzati in tempo reale dall'INGV Centro Nazionale dei Terremoti in un raggio di circa 30 km dalla Centrale di San Giacomo (data base Centro Nazionale Terremoti dati al 31/05/2022). I colori rappresentano le profondità in km

### 8.3 Valutazione fagliazione superficiale

Per la valutazione del rischio di fagliazione superficiale in corrispondenza della Centrale S.Giacomo si è fatto riferimento, in primo luogo, al catalogo italiano delle faglie capaci ITHACA [38]

Come si osserva in Figura 30 le faglie capaci più prossime alla centrale sono denominate Faglia delle Tre Selle composta di vari segmenti, così come la Laga Mountains Fault. Le loro principali caratteristiche sono riportate nella **Tabella 5**.

Per la Laga Mountains Fault viene indicato un intervallo di ricorrenza di 8.000 anni con lunghezza di rottura più credibile di 28 km. Il catalogo riporta che questa faglia ha causato il terremoto di Amatrice del 1639 e che la magnitudo massima nota è MW=6.6.



**Figura 30:** Estratto mappa ITHACA - Catalogo faglie capaci [38] (ridisegnato)

Codice	Nome	Direzione media (°)	Inclin.	Immers.	Lungh. (km)	Cinematica	Ultima attività	Slip rate (mm/anno)
25201	Faglia delle Tre Selle (M. Corvo-P.zo Intermesoli)	105	steep	SSW	6,2	Normale	< 3000	0.70
25207	Faglia delle Tre Selle (Sella del Brecciaio)	70	steep	SE	2.4	Normale	3000÷9000	0.70
22002	Laga Mountains Fault	150	steep	WSW	6.5	Normale	<10000	0.70

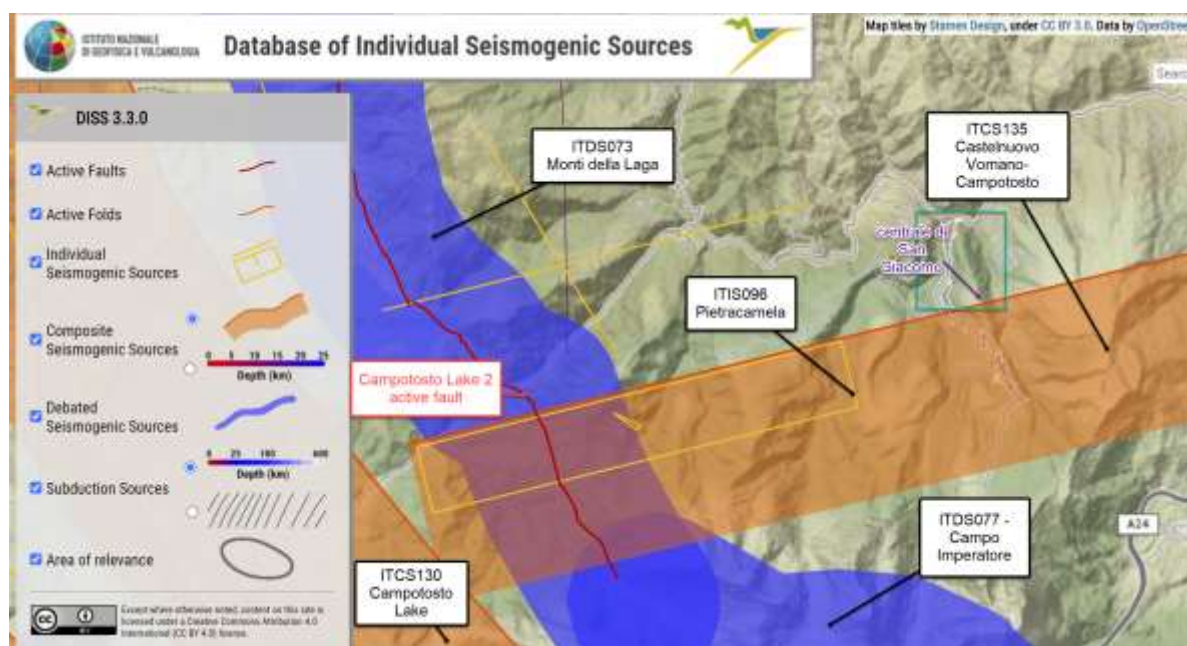
**Tabella 5:** Caratteristiche delle faglie capaci più prossime alla zona di interesse (da ITHACA)

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 [36]. L'area in esame ricade esattamente al di sopra del bordo superiore della Sorgente Sismogenetica Composita ITCS135 "Castelnuovo Vomano-Campotosto" (**Figura 31**) che si sviluppa tra 12 e 20km di profondità. Si tratta di un fascio di faglie attive in grado di generare terremoti di magnitudo massima MW pari a 6.9.

Il database riporta quanto segue: "Questa sorgente composita si trova a cavallo della fascia pedemontana nord-orientale della regione Abruzzo, dal confine settentrionale della dorsale del Gran

Sasso (ovest) fino a sud della città di Teramo, approssimativamente parallela al fiume Vomano. Rappresenta l'espressione più settentrionale del sistema di scivolamento obliquo-destro che interessa l'avampaese adriatico centrale e meridionale. La sorgente è una faglia ad alto angolo e immersione a S che delimita la parte meridionale del sovrascorrimento di base dell'Appennino centro-settentrionale. I cataloghi storici e strumentali (ISIDe Working Group, 2007; Guidoboni et al., 2019; Rovida et al., 2021) mostrano una scarsa sismicità in questa regione, fatta eccezione per il notevole terremoto del Gran Sasso del 5 settembre 1950 (Mw 5.7), avvenuto nel settore orientale di questa, e per la sua replica orientale dell'8 agosto 1951 (Mw 5.3). Questa sorgente rappresenta la sezione occidentale e più profonda di una discontinuità più ampia lungo la linea, riconosciuta dai dati di riflessione sismica in mare aperto. La sua presenza è suggerita dalla cessazione piuttosto brusca della sismicità profonda associata alla placca Adria in subduzione a sud del massiccio del Gran Sasso”.

In **Tabella 6** se ne riportano le informazioni parametriche.



**Figura 31:** Estratto mappa DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche [36] Nel riquadro verde la zona di studio

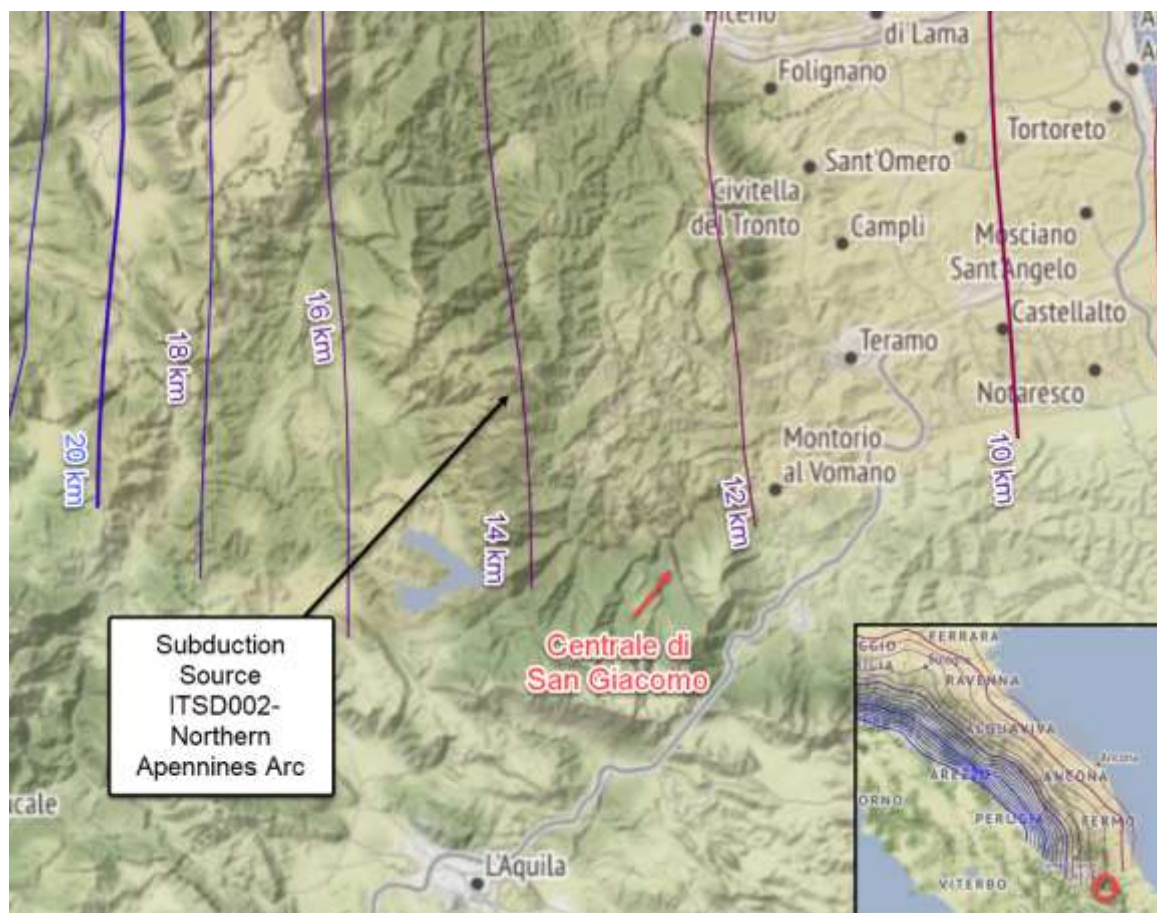
Parametro		Qualità	Prove
Profondità minima [km]	12	EJ	Desunto dalla profondità della monoclinale regionale.
Profondità massima [km]	20	EJ	Si deduce dallo spessore della placca inferiore.
Strike [gradi] min_ max	70...80	EJ	Si deduce dalla direzione della sorgente composta adiacente a est.
Dip [gradi] min_ max	50...80	EJ	Si deduce dall'immersione della sorgente composta adiacente a est.
Rake [gradi] min._max	120...150	EJ	Si deduce dal rake della sorgente composta adiacente a est.

Parametro		Qualità	Prove
Velocità di scorrimento [mm/a] min_ max	0,0800...0,7400	EJ	Si deduce dal tasso di slittamento della sorgente adiacente a est.
Magnitudo massima [Mw]	6,9	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 6:** Informazioni parametriche della Sorgente Sismogenetica ITCS135 Castelnuovo Vomano-Campotosto (da DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche)

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 TSD002, 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 San Giacomo la sorgente si colloca ad una profondità di circa 13 km (**Figura 32**).

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. [27]; Lavecchia et al. [39] [40]), e come l'elemento principale del prisma accrezionale della catena appenninica (Bally et al. [26]; Doglioni et al.[33]).



**Figura 32:** Estratto mappa DISS versione 3.3 – INGV. Catalogo zone sismogenetiche [36] profondità della *Subduction Source* ITSD002. A destra ubicazione dell'area in rosso

#### 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 7**).

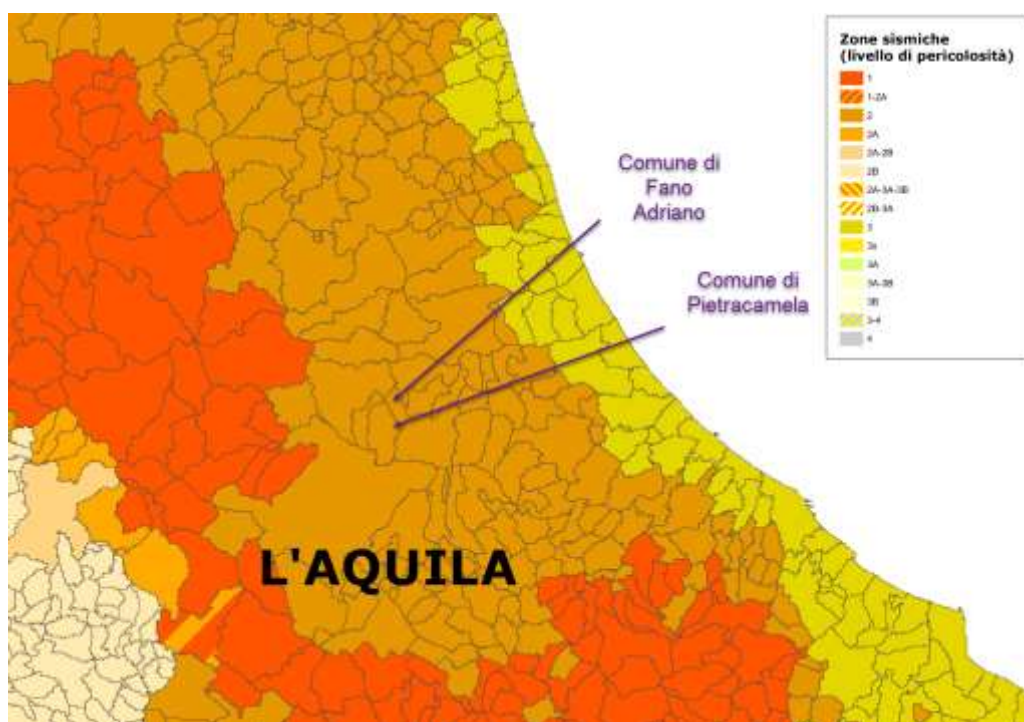
Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della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

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

**Tabella 7:** Zone sismiche.

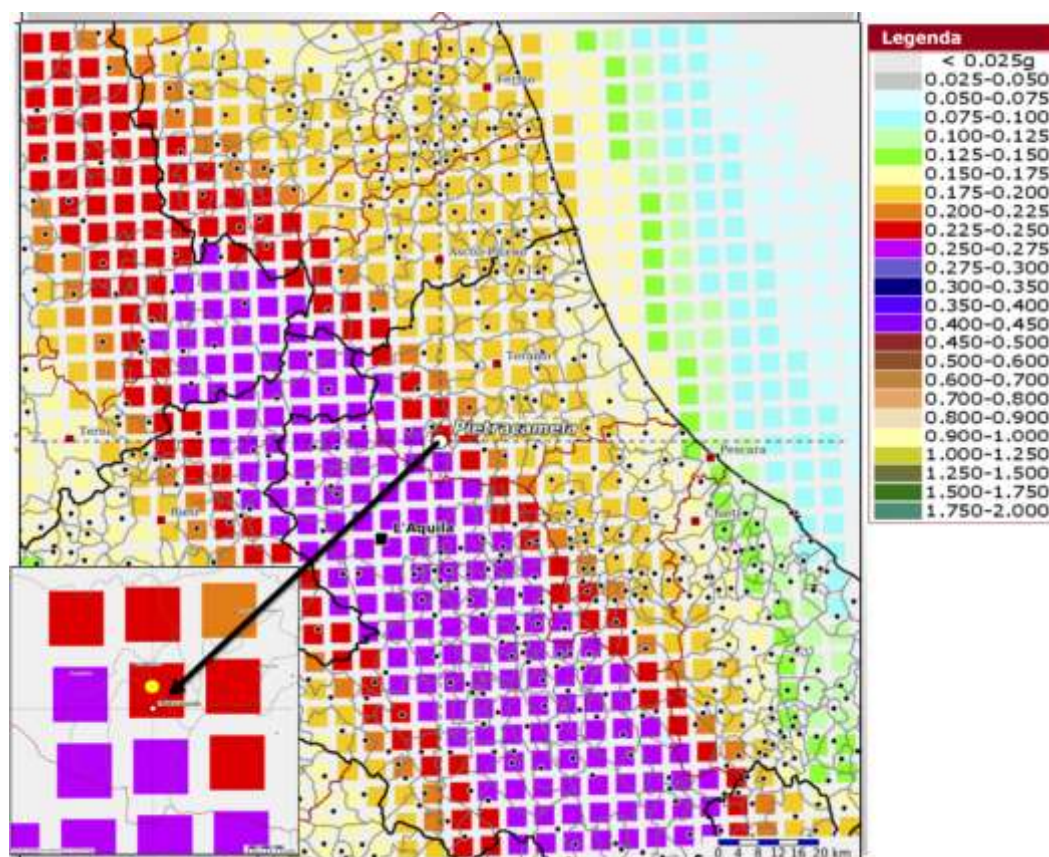


**Figura 33:** Stralcio della mappa “Classificazione Sismica d’Italia al 31 marzo 2022” relativo ai Comuni di Pietracamela e Fano Adriano

Il Comune di Fano Adriano nel cui territorio ricade la centrale è situato in zona sismica 2 identificata come zona nella quale possono verificarsi forti terremoti.

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 34**). 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. Il punto di griglia più vicino all’area della centrale ha valori di PGA compresi tra 0.225-0.250g.



**Figura 34:** Accelerazione massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Fonte INGV [35]). In giallo la zona della centrale di San Giacomo

## 9. BIBLIOGRAFIA

### 9.1 Documenti storici sull'opera

- [1] Cassinelli F., Santini A (1993) Utilizzazione idroelettrica del Fiume Vomano. Quarry and Construction maggio 1993.
- [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 (2018) Rapporto Diga di Piaganini - Comune di Fano Adriano (TE). Verifica sismica ai sensi della Nuova Normativa Dighe (DM 26/06/2014) Stato Limite di Danno (SLD)
- [4] ENEL (2007) Diga di Piaganini Indagini sul Calcestruzzo e nella Roccia di Fondazione Stralcio del Rapporto ISMES RAT – UCP – 026 del 23 novembre 1989
- [5] Faitelli G.M. (1989). Impianto di S.Giacomo (ampliamento). Rapporto geologico informativo del tratto di galleria già scavato Collepiano-Venacquaro con 2 tavole
- [6] Faitelli G.M. (1995) – Ampliamento dell' Impianto di S.Giacomo. Relazione geologico-strutturale definitiva dopo l'esecuzione dei grandi scavi della centrale in caverna.
- [7] Impianto di S.Giacomo (ampliamento). Rilievo geologico strutturale scala 1:100. Tavola 1 Parete lato accesso.
- [8] Impianto di S.Giacomo (ampliamento). Rilievo geologico strutturale scala 1:100. Tavola 2 Parete fronte accesso.
- [9] Impianto di S.Giacomo (ampliamento). Rilievo geologico strutturale scala 1:100. Tavola 3 Parete Sud-Est e Parete Nord-Ovest.
- [10] Impianto di S.Giacomo (ampliamento). Scavi pozzo reversibile Rilievo geologico Strutturale. Tavola 4.

### 9.3 Dati da Enti

- [11] Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 - Foglio 349 "Gran Sasso d'Italia" – ISPRA
- [12] Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 – Foglio 349 "L'Aquila"- ISPRA
- [13] 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>
- [14] Catalogo degli eventi franosi in Italia – IFFI, ISPRAmbiente  
<https://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartografia-on-line/>

- [15] 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>
- [16] 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>
- [17] D.B.T.R. Regione Abruzzo scala 1:25000 - Edizione2007 Dal sito:  
<http://opendata.regione.abruzzo.it/content/dbtr-regione-abruzzo-scala-125000-edizione-2007-formato-ecw>
- [18] Istituto Geografico Militare Carta Topografica Scala 1:250.000 (WGS84) Umbria. Marche
- [19] Guide Geologiche Regionali – Vol. 15 Abruzzo (2003) A cura della Società Geologica Italiana (coordinatori Crescenti U., Miccadei E., Praturlon A.), BE-MA Editrice
- [20] Modello Digitale del Terreno – Risoluzione 10x10m - Regione Abruzzo Dal sito:  
<http://opendata.regione.abruzzo.it/content/modello-digitale-del-terreno-risoluzione-10x10-metri>
- [21] 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
- [22] Ortofoto Regione Abruzzo - Servizio Open Data -  
(Da sito <http://opendata.regione.abruzzo.it/tema/cartografia-di-sfondo-raster>)
- [23] 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>
- [24] 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>
- [25] Progetto PST-Prodotti interferometrici. Ministero dell'Ambiente.

#### 9.4 Riferimenti tecnico scientifici

- [26] 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.
- [27] Barchi, M. R., G. Minelli and G. Piali (1998), The CROP 03 profile: A synthesis of results on deep structures of the northern Apennines Mem. Soc. Geol. It., 52, 383-400.
- [28] 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.

- [29] 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.
- [30] 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
- [31] *Catalogo degli eventi franosi in Italia – IFFI*, ISPRAmbiente
- [32] *Database Macrosismico Italiano DBMI15 v.4,0*, INGV <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Modello di Pericolosità sismica MPS04-S1 <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>
- [36] 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>
- [37] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Gruppo di lavoro ISIDe presso Osservatorio Nazionale Terremoti. Lista Terremoti <http://terremoti.ingv.it/>
- [38] 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>
- [39] Lavecchia, G., P. Boncio and N. Creati (2003), A lithospheric-scale seismogenic thrust in central Italy. *J. Geodyn.*, 36, 79-94.
- [40] 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.
- [41] 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>

- [42] 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.
- [43] 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.
- [44] 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**

- [45] GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.007.00 Relazione Geotecnica
- [46] GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.009.00 Carta geologico-geomorfologica generale
- [47] GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.010.00 Sezioni geotecniche trasversali della centrale
- [48] GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.011.00 Sezione geotecnica longitudinale della centrale