

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO DI VALCIMARRA II

Installazione di un nuovo gruppo reversibile

Centrale di Valcimarra

Comune di Caldarola (MC)

Progetto di Concessione

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

File: GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.110.01 Relazione Idrogeologica Concessione.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	25/08/2023	Emissione	D.Battaglia	C.Piccinin F.Maugliani	A.Balestra

GRE VALIDATION

COLLABORATORS		Support Team:	Project Engineer: G.RIPELLINO
VERIFIED BY		VALIDATED BY	

PROJECT / PLANT

VALCIMARRA

GRE CODE

GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION
GRE	EEC	D	99	IT	H	17168	01	100	01

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.

01	25.08.2023	DBa	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	6
3.1	Modello Digitale del Terreno	6
3.2	Immagini satellitari ed ortofoto	7
3.3	Attività di rilevamento	7
3.4	Documentazione bibliografica	8
4.	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	9
4.1	Indagini Diga Fiastrone	9
4.2	Indagini Progetto integrativo delle opere Civili (Pietrangeli, 2022)	10
	Sondaggi geognostici	10
	Indagini geofisiche	11
5.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE	13
5.1	Assetto geologico	13
5.2	Inquadramento idrogeologico	15
5.3	Carsismo	19
6.	ASPETTI METEOCLIMATICI	21
6.1	Inquadramento generale	21
6.2	Condizioni metereologiche dell'area	22
6.3	Temperatura	22
6.4	Precipitazione	23
6.5	Evapotraspirazione	24
7.	SCHEMA IDROGEOLOGICO	26
7.1	Complessi idrogeologici	26
	7.1.1 U.I.1 - Complesso dei depositi alluvionali	27
	7.1.2 U.I.2 - Complesso dei depositi detritici e di versante	27
	7.1.3 U.I.3 - Complesso della Scaglia calcarea	27

7.1.4	U.I.4 - Complesso delle Marne a Fucoidi	27
7.1.5	U.I.5 - Complesso della Maiolica	27
7.1.6	U.I.6 - Complesso dei calcari diasprini	28
7.1.7	U.I.7 - Complesso calcareo basale	28
7.2	Considerazioni sulla falda freatica	28
7.3	Schema idrogeologico locale	28
8.	SORGENTI	31
9.	VALUTAZIONE INTERFERENZE OPERE-SORGENTI	34
10.	BIBLIOGRAFIA	35
10.1	Documenti storici sull'opera	35
10.2	Norme e Dati da Enti	35
10.3	Riferimenti tecnico scientifici	36
10.4	Documenti di progetto	37
10.5	Impianto di Valcimarra II - Progetto integrativo delle opere Civili (Studio Pietrangeli, 2022)	37

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Ubicazione della centrale di Valcimarra (da Google Earth e IGM [3])	1
Figura 2: Planimetria generale dell'impianto idroelettrico di Valcimarra (in alto), in rosso la posizione della Centrale. Schema idraulico della centrale (in basso). (Da [1][2] - parz. ridisegnato)	4
Figura 3: Modelli digitali per la zona della centrale: in alto a sinistra DTM 1m, in alto a destra corrispondente DSM 1m; in basso DTM 20 cm realizzato per il progetto.....	6
Figura 4: Vista della centrale e della condotta della derivazione Chienti (bacino di Polverina).....	7
Figura 5: Ubicazione della diga del Fiastrone e della centrale di Valcimarra	9
Figura 6: Ubicazione dei sondaggi geognostici della diga del Fiastrone che interessano la roccia di fondazione	10
Figura 7: Pianta con indicazione e posizione dei carotaggi sulla nuova centrale di Valcimarra (da: Pietrangeli 2022)[36]	11
Figura 8: Ubicazione delle linee sismiche e geoelettriche (da: Pietrangeli, 2022)[36], con legenda aggiunta.....	12

Figura 9: Mappa geologico-geomorfologica generale – Area di Progetto (GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.009.01)	13
Figura 10: Stralcio della colonna stratigrafica dell'Appennino umbro-marchigiano ([20] ridisegnato). In rosso le formazioni presenti nella zona della centrale e nei suoi dintorni.....	15
Figura 11: Stralcio della Carta Idrogeologica tratta dallo Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale [20]. In verde l'area di studio	16
Figura 12: Estratto della Carta dell'Ambiente fisico delle Marche (Geologia-Geomorfologia.Idrogeologia) da [15]. In arancione la zona di studio. Legenda; 51 Scaglia, 52 Marne a Fucoidi, 53 Maiolica, 54 Calcari diasprini.....	17
Figura 13: Stralcio della carta “Schema Idrogeologico della Regione Marche – Foglio Sud” [28] Nel riquadro arancio l'area di studio	18
Figura 14: Schema dell'area marchigiana in relazione ai fenomeni carsici. In arancio affioramenti calcarei, in verde le aree con concentrazione di grotte. La freccia rossa indica la posizione dell'area di studio (da: Galdenzi, 2004 [28], parzialmente ridisegnata).....	19
Figura 15: Zone climatiche delle Marche. Nel riquadro nero la zona in esame (da: [17])	21
Figura 16: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone – Temperatura media mensile vicina al suolo (da[35])	22
Figura 17: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone –Temperatura mensile media degli ultimi 10 anni (da [35])	23
Figura 18: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone – Precipitazione mensile (da [35]).....	23
Figura 19: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone – Precipitazione mensile media ultimi 10 anni (da [35])	24
Figura 20: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone –valori di ET0 mensile (da [35])	24
Figura 21: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone – ET0 mensile media ultimi 10 anni (da [35])....	25
Figura 22: Unità idrogeologiche dello schema di Figura 23	26
Figura 23: Stralcio della mappa idrogeologica dell'area (parz. ridisegnato per migliorare la leggibilità). La legenda delle unità idrogeologiche è riportata nella figura precedente (Figura 22). I punti blu rappresentano le sorgenti, con la relativa area di tutela, le frecce blu indicano le principali direzioni di flusso delle acque sotterranee. In nero la traccia di sezione AA'.....	29
Figura 24: Sezione idrogeologica AA': la legenda è illustrata in Figura 22 , la traccia in planimetria è riportata in Figura 23	30
Figura 25: Schema idrogeologico 3D dell' area di studio. Sulla superficie è drappeggiata la mappa idrogeologica di Figura 23 . In nero, lungo il versante, la posizione delle opere in progetto.	30

Figura 26: Sorgenti e perimetrazione dell'area soggetta a vincolo di tutela. Estratto dal P.R.G. online del Comune di Caldarola [5] (consultazione giugno 2022) 31

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Valori statistici di permeabilità Lugeon in ammasso di Maiolica presso la diga del Fiastrone. 10

Tabella 2: Lista dei sondaggi della campagna indagini 2022 (da: Pietrangeli, 2022)[36]..... 11

Tabella 3: Estratto analisi chimiche su acque della sorgente di Valcimarra eseguite nel 2012 da ARPA Marche. (ILD=Inferiore al Limite di Determinazione) 33

1. INTRODUZIONE

Enel Produzione S.p.A. ha affidato a Lombardi SA l'incarico professionale di ingegneria per la progettazione di una nuova centrale di pompaggio da realizzarsi nel versante immediatamente a tergo della centrale di Valcimarra, sita nel territorio dei comuni di Caldarola, in provincia di Macerata (MC). La centrale in caverna sfrutterà il salto tra i bacini di Fiastrone e Polverine le cui condotte di adduzione raggiungono la centrale di Valcimarra.

La presente relazione vuole soddisfare, ai sensi dell'applicabile L.R. del 9 giugno 2006 n. 5 "*Disciplina delle derivazioni di acqua pubblica e delle occupazioni del demanio idrico*" la necessità informativa ai fini del rilascio della corrispondente concessione di uso di acqua pubblica per l'intervento proposto. Si configura quindi come Relazione Tecnica di Concessione, ed è redatta in osservanza delle prescrizioni in materia di contenuti tecnici di cui al DM 16.12.1923.

La presente relazione illustra le caratteristiche idrogeologiche dell'area interessata dal progetto. Lo studio è stato condotto basandosi su informazioni da bibliografia, rilievi di terreno e dai risultati dello studio geologico per il Progetto integrativo delle opere Civili (Pietrangeli, 2022) [36] che include una serie di indagini geognostiche e geofisiche.



Figura 1: Ubicazione della centrale di Valcimarra (da Google Earth e IGM [3])

- **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** illustra le indagini geognostiche e geofisiche;
- **Capitolo 5** inquadra l'idrogeologia dell'area;
- **Capitolo 6** illustra gli aspetti meteorologici;
- **Capitolo 8** descrive le caratteristiche delle sorgenti;
- **Capitolo 7** illustra i complessi idrogeologici;
- **Capitolo 8** descrive le sorgenti;
- **Capitolo 9** valuta le interferenze
- **Capitolo 10** elenca i riferimenti bibliografici.

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

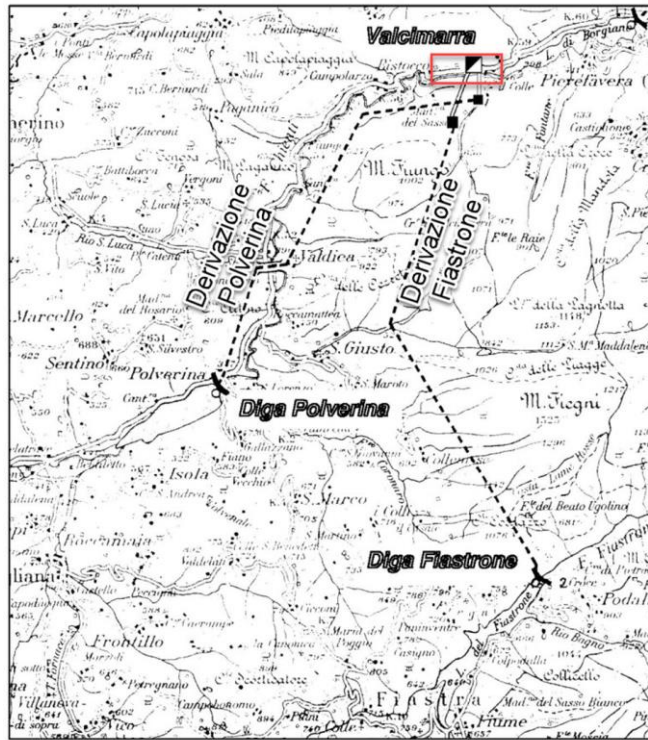
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.006.01 Relazione Geologica
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.007.00 Relazione Geotecnica
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.009.01 Mappa geologico-geomorfologica generale – Area di Progetto (scala 1:5.000)
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.010.01 Mappa geologico-geomorfologica di dettaglio – Area di Centrale (scala 1:500)
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.011.01 Sezione geologica generale del versante – Sezione A-A' (scala 1:2.000)
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.012.01 Sezioni geologico-geotecniche trasversale e longitudinale della centrale (scala 1:500)
- GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.004.00 Relazione Idrologica

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La centrale di Valcimarra è ubicata nel comune Caldarola ed è alimentata da due condotte di idrauliche provenienti dal serbatoio del Fiastrone, sul torrente omonimo, e dal bacino di Polverina, sul fiume Chienti. L'impianto è stato costruito nel 1952 con la derivazione sul T. Fiastrone ed ampliato nel 1967 con la derivazione sul F. Chienti (**Figura 2**). La Centrale è situata in destra del F. Chienti. Di seguito si riportano le caratteristiche principali dell'impianto idroelettrico esistente.

L'invaso del Fiastrone, ubicato nel Comune di Fiastra, è stato realizzato per la regolazione stagionale delle portate del T. Fiastrone per la produzione di energia elettrica nella centrale di Valcimarra. Il bacino ha livello di ritenuta di 640 m slm e quota di massimo vaso di 641 m slm. La diga è di tipo ad arco-gravità con altezza del piano di coronamento a 642 m slm. La derivazione Fiastrone parte dall'opera di presa posta sulla sponda sinistra dell' vaso ed è costituita da una galleria in pressione di circa 8.9 km. Al termine della galleria, prima del pozzo piezometrico, è presente una camera di espansione con ampliamento interno alla galleria. Il pozzo piezometrico presenta una vasca di espansione all'aperto. La condotta forzata, intercettata da valvola a farfalla, è in acciaio nel primo tratto a giorno e in quello finale in galleria.

L'invaso di Polverina, situato nel Comune di Camerino, viene utilizzato per la regolazione giornaliera settimanale dell'energia producibile dalla centrale di Valcimarra. Il livello di ritenuta e di massimo vaso sono posti a 400 m slm. La diga è in terra con nucleo centrale impermeabile con quota del coronamento a 402 m slm. L'opera di presa è posta in sponda sinistra, la galleria di derivazione Chienti è in pressione ed è lunga complessivamente 7.335 metri. Si sviluppa per circa un terzo in sponda sinistra e per la parte restante in sponda destra del F. Chienti. L'attraversamento del F. Chienti e della S.S. n° 77 è effettuato con un tubo di acciaio saldato (Ponte Sifone). Il pozzo piezometrico è del tipo differenziale. È presente una galleria di espansione inferiore. La condotta forzata è lunga 154,22 m, di cui 34,72 m in roccia ed il resto all'aperto.



LEGENDA

- | | | | |
|--|---------------------|--|--|
| | Diga | | Pozzo piezometrico coperto o in galleria |
| | Centrale all'aperto | | Derivazione scoperta o in galleria |
| | Opera di presa | | Condotta forzata scoperta |

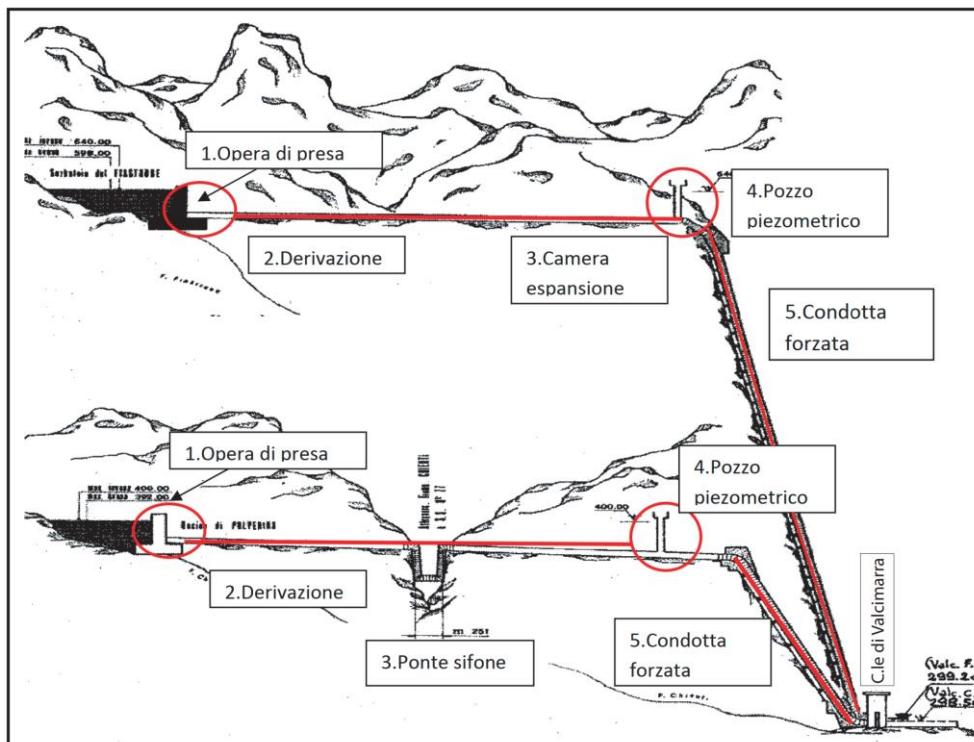


Figura 2: Planimetria generale dell'impianto idroelettrico di Valcimarra (in alto), in rosso la posizione della Centrale. Schema idraulico della centrale (in basso). (Da [1][2] - parz. ridisegnato)

L'intervento prevede la parziale trasformazione dell'impianto idroelettrico di generazione di Valcimarra Chienti in un impianto reversibile, di generazione e pompaggio, mediante la costruzione di una nuova centrale in caverna di dimensioni circa 46x18x30H, il suo collegamento alle vie d'acqua esistenti (scavo di cunicoli orizzontali e pozzi verticali con tecnologia raise-boring), di cui vengono modificate alcune opere: pozzo piezometrico sulla derivazione Fiastrone (estensione del pozzo mediante una galleria con sezione a D 4x4m lunga circa 270 m avente pendenza 12%), camera valvole sulla derivazione Polverina (ampliamento del fabbricato esistente), area della Sottostazione collocata lateralmente rispetto alla Centrale (realizzazione di nuovo fabbricato tecnico monopiano e di cunicoli portacavi).

3. METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Ricerca ed analisi del materiale bibliografico disponibile a tema geologico-geomorfologico ed idrogeologico;
- Esame di immagini satellitari;
- Rilevamento geologico-geomorfologico;
- Integrazione dati derivati da Progetto integrativo delle opere Civili redatto dallo Studio Pietrangeli (2022) [36]
- Stesura della relazione idrogeologica.

3.1 Modello Digitale del Terreno

La base topografica utilizzata per lo studio deriva da DTM 20 cm, eseguito per il presente progetto, e da DTM e DSM "first" e "last" a risoluzione 1m x 1m, ottenuti dal Ministero dell'Ambiente [8], (**Figura 3**). I DTM ad 1m e quello a 20 cm sono stati inoltre utilizzati per l'analisi geomorfologica in ambiente GIS che permette di visualizzare il terreno con vari angoli di illuminazione, esaltano così le forme morfologiche e i cambi di pendenza del modello.

Per i rilievi di campagna è stata inoltre utilizzata la Carta Tecnica numerica 1:10000 (cartografia di base) formato .dwg (licenza Open Data) [11][10].

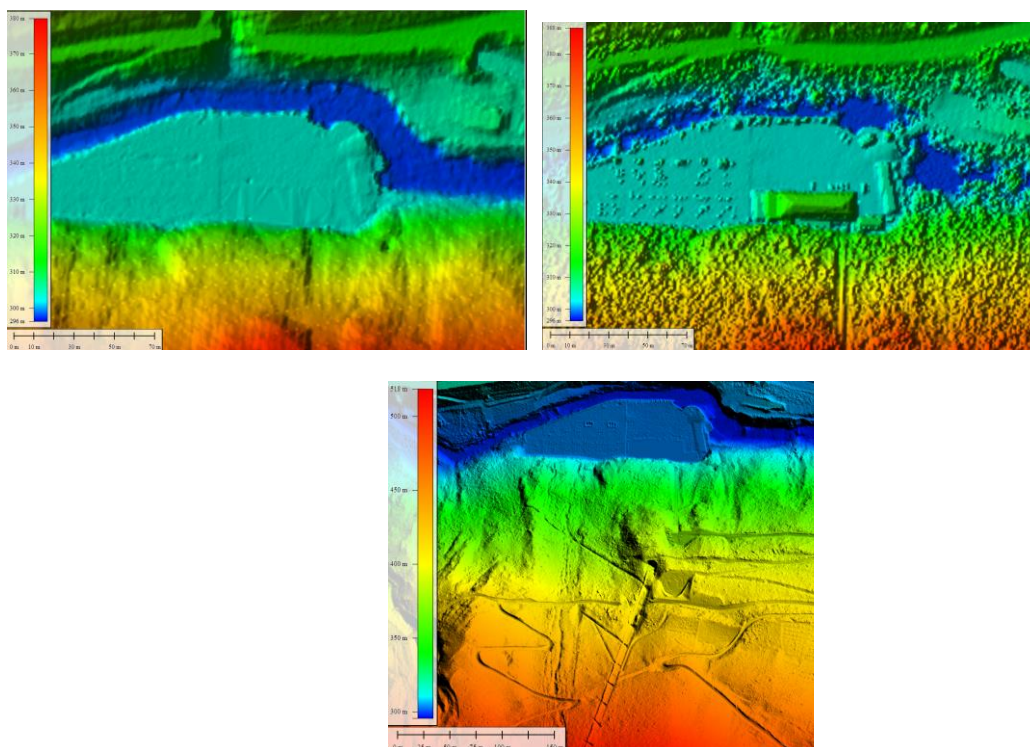


Figura 3: Modelli digitali per la zona della centrale: in alto a sinistra DTM 1m, in alto a destra corrispondente DSM 1m; in basso DTM 20 cm realizzato per il progetto

3.2 Immagini satellitari ed ortofoto

A supporto dei rilevamenti in campagna oltre ai modelli digitali del terreno sopra descritti sono state analizzate le immagini satellitari multitemporali disponibili sulla piattaforma Google Earth. È stato inoltre utilizzata l'immagine ortofoto 35mm realizzata per il progetto lungo il tratto di versante di interesse.

3.3 Attività di rilevamento

La verifica delle condizioni geologiche dell'area è stata effettuata tramite rilevamento geologico-geomorfologico nel mese di gennaio 2022. Gli ammassi rocciosi sono stati descritti dal punto di vista litologico e strutturale, ponendo particolare attenzione allo stato di fratturazione. Sono state misurate con bussola strutturale le orientazioni della stratificazione e delle principali strutture identificate.

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



Figura 4: Vista della centrale e della condotta della derivazione Chienti (bacino di Polverina)

Durante il rilevamento geologico sono state raccolte anche informazioni relative agli aspetti idrogeologici, in particolare la posizione dei principali punti di captazione (sorgenti) presenti nelle vicinanze della centrale.

3.4 Documentazione bibliografica

La ricerca bibliografica ha permesso di recuperare molte informazioni utili a definire le caratteristiche geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area in esame. La documentazione di riferimento viene elencata nel **Capitolo 10**.

In particolare per gli aspetti geologici sono risultati utili i dati di cartografia geologica e geomorfologica, in scala 1:10.000, di proprietà della Regione Marche, distribuiti con Licenza Creative Commons Attribuzione 4.0 Internazionale e Italian Open Data Licence 1.0 disponibili sul sito regionale [12][13]. Questi dati che hanno costituito la base di partenza per i rilievi di terreno.

Sono stati inoltre analizzati i dati forniti dalla Committente relativi alla verifica di sicurezza sismica della diga del Fiastrone [24] le cui unità stratigrafiche sono le stesse del settore in esame.

Per gli aspetti idrogeologici si è fatto riferimento i seguenti documenti:

- Relazioni e tavole del Piano di Tutela delle Acque della Regione Marche [14][15][16][17] che hanno permesso l'inquadramento idrogeologico dell'area del Bacino del Fiume Chienti in cui si collocano gli impianti;
- Piano Regolatore degli Acquedotti della Regione Marche [18]. Nei documenti di Piano oltre all'inquadramento idrogeologico sono riportate informazioni sugli acquedotti, le località di presa e sorgenti e pozzi utilizzati. L'area ricade all'interno dell'Ambito Territoriale Ottimale 3 (A.T.O.3) – Marche Centro- Macerata.
- Documentazione dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche (ARPAM) [3] che per i corpi idrici significativi della Regione [19], riporta i punti di monitoraggio e definisce la qualità chimica delle acque.
- Libro bianco sulle acque potabili Attività di laboratorio: analisi chimiche e batteriologiche. Qualità delle Acque della Regione Marche [4] relativo alla Provincia di Macerata.
- Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale [20].
- Cartografia idrogeologica sperimentale nel settore nord-occidentale dei Monti Sibillini (Marche) [21].
- Il Piano Regolatore del Comune di Caldarola che riporta la perimetrazione dei vincoli delle sorgenti del territorio comunale [5] [6].
- Tavoletta 124 III NE "Polverina" [8] nella quale sono riportati dati storici di sorgenti , pozzi e opere di presa dell'acquedotto
- Archivio Nazionale delle Indagini di Sottosuolo (Legge 464/1984) di ISPRA [7] relativamente alla presenza di pozzi.

La documentazione relativa alle indagini geognostiche e geofisiche è esplicitata nel capitolo seguente.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

4.1 Indagini Diga Fiastrone

Gli studi elaborati da Cesi [24][25][26] per la verifica sismica della diga del Fiastrone, ubicata circa 8km a sud dell'area in esame (**Figura 5**) includono una serie di indagini geognostiche, prove in situ e di laboratorio condotte sulla medesima unità geologica (Formazione della Maiolica) interessata dagli interventi in progetto.



Figura 5: Ubicazione della diga del Fiastrone e della centrale di Valcimarra

L'ubicazione in pianta dei sondaggi che hanno raggiunto la roccia di fondazione della diga è visibile in **Figura 6**. In particolare nel 1989 sono stati realizzati due sondaggi al piede diga: S1 e S2; in una campagna indagini successiva svoltasi nel 2020 sono stati realizzati due sondaggi S1 e S9 che partono dal coronamento in corrispondenza delle due spalle e si spingono per circa 30m nella roccia di fondazione. Le litologie carotate sono consistite sempre in calcari micritici bianchi della Formazione della Maiolica (MAI).

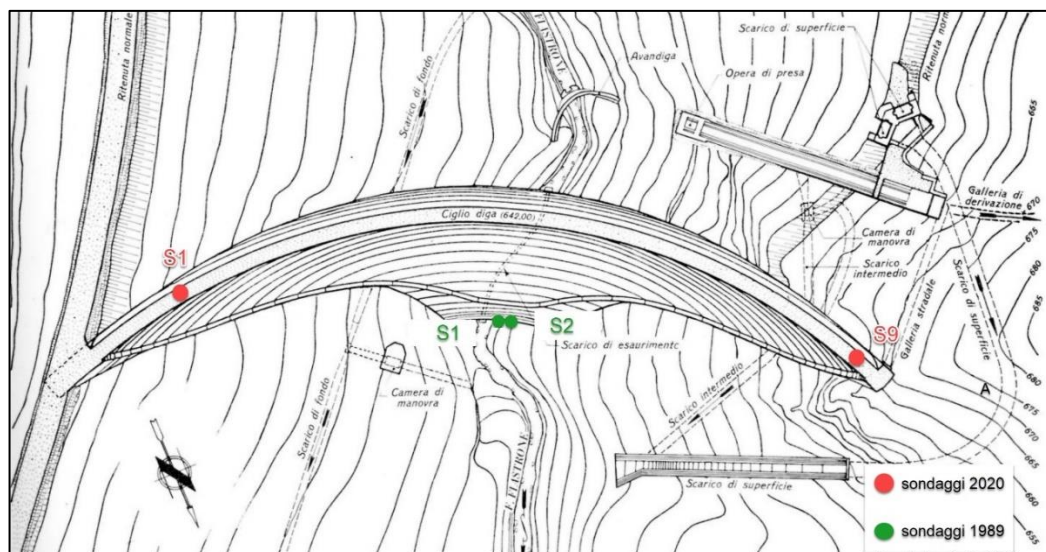


Figura 6: Ubicazione dei sondaggi geognostici della diga del Fiastrone che interessano la roccia di fondazione.

Tra le varie indagini condotte all'interno dei fori di sondaggio sono state eseguite anche una serie di prove Lugeon per valutare la permeabilità dell'ammasso. La statistica dei risultati relativa ai calcari della Maiolica è riportata in **Tabella 1** e indica valori molto bassi, con una permeabilità K compresa tra 10^{-6} - 10^{-7} e assorbimento nullo, tipici di amassi poco fratturati.

Permeabilità Lugeon (%)					
Litologia	N	Minimo	Media	Massimo	Deviazione Standard
Calcari (MAI)	14	0	5.29	28	7.81

Tabella 1: Valori statistici di permeabilità Lugeon in ammasso di Maiolica presso la diga del Fiastrone.

4.2 Indagini Progetto integrativo delle opere Civili (Pietrangeli, 2022)

Nel corso dell'anno 2022 sono state svolte le indagini previste nell'ambito del Progetto integrativo delle opere Civili allo scopo di implementare le conoscenze geologiche in corrispondenza delle singole opere da realizzarsi.

Le informazioni disponibili sono riportate in vari documenti ed elencati in bibliografia [36][37][41].

Sondaggi geognostici

Come riportato nell'elaborato Relazione geologica di Pietrangeli [36]:

Sono stati eseguiti tre sondaggi, con una lunghezza totale di 169 m suddivisa come segue:

- S_01 – inclinato di 70° rispetto al piano campagna, direzione Nord e profondità 78 metri;
- S_02 – inclinato di 75° rispetto al piano campagna, direzione 245°N e profondità 86 metri;
- S_03 – orizzontale, direzione 180°N e profondità 5 m.

I sondaggi sono ubicati in corrispondenza della camera valvole di Polverina (**Figura 7**).

- S_01 con inclinazione di 70° rispetto al piano campagna e direzione nord, che va ad intercettare una delle due gallerie di imbocco
- S_02 con andamento sub-verticale (75° rispetto al piano campagna) che va ad intercettare la nuova centrale in caverna
- S_03 ad andamento orizzontale fatto sul muro di contenimento a tergo della camera valvole esistente.



Figura 7: Pianta con indicazione e posizione dei carotaggi sulla nuova centrale di Valcimarra (da: Pietrangeli 2022)[36]

La seguente tabella riporta le principali caratteristiche dei sondaggi perforati.

SONDAGGI	X	Y	Z	Lunghezza	Inclinazione	Azimuth	Componente di Progetto investigata
(nome)	(UTM 33N, m)	(UTM 33N, m)	(slm)	(m)	°	°	
S_01	350885.92	4777588.96	373.7	78	70	355	Tunnel di ingresso
S_02	350885.18	4777585.16	373.7	86	75	245	Centrale in caverna
S_03	350884.78	4777583.53	373.7	5	0	180	Muro e scarpata

Tabella 2: Lista dei sondaggi della campagna indagini 2022 (da: Pietrangeli, 2022)[36]

Dopo la loro realizzazione sul foro S02 è stato eseguito un log ottico e successivamente attrezzato per la realizzazione di prove Down-Hole.

Indagini geofisiche

Le indagini geofisiche hanno previsto seguenti attività in due principali aree della zona di studio:

- Nuova centrale in caverna e camera valvole di Polverina:
 - 3 profili sismici a rifrazione ad onde P della lunghezza compresa tra 120 e 240 metri, denominati PR3, PR4 e PR5;
 - 1 profilo geoelettrico di resistività denominato PDP-2 e della lunghezza di 235 metri o 1 rilievo Down-Hole eseguito sul foro di sondaggio S2, denominato DH-S2 e della profondità di 80 metri dal p.c.
- Pozzo piezometrico di Fiastrone
 - profili sismici a rifrazione ad onde P della lunghezza compresa tra 120 e 240 metri, denominati PR1 e PR2;
 - 1 profilo geoelettrico di resistività denominato PDP-1 della lunghezza di 235 metri.

L'ubicazione in pianta delle indagini geofisiche è illustrata in **Figura 8**.

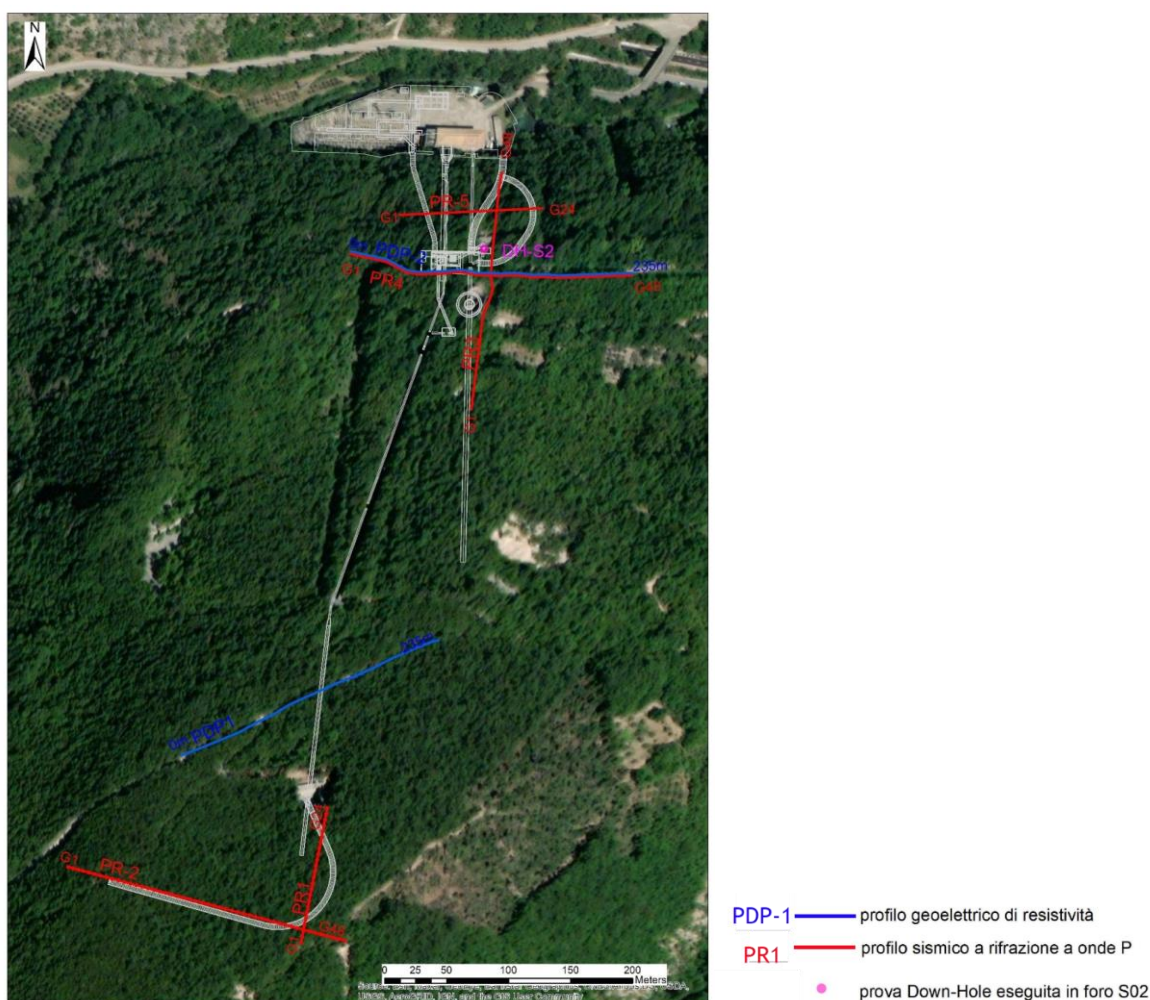


Figura 8: Ubicazione delle linee sismiche e geoelettriche (da: Pietrangeli, 2022)[36], con legenda aggiunta

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

5.1 Assetto geologico

L'area di studio si colloca nella porzione centrale dell'Appennino umbro-marchigiano che rappresenta il settore esterno della catena dell'Appennino Settentrionale. Rimandando alla relazione geologica per gli aspetti di inquadramento generale dell'area si descrive la successione stratigrafica riconosciuta zona di studio riportata in **Figura 9** partendo dal termine più antico verso il più recente.

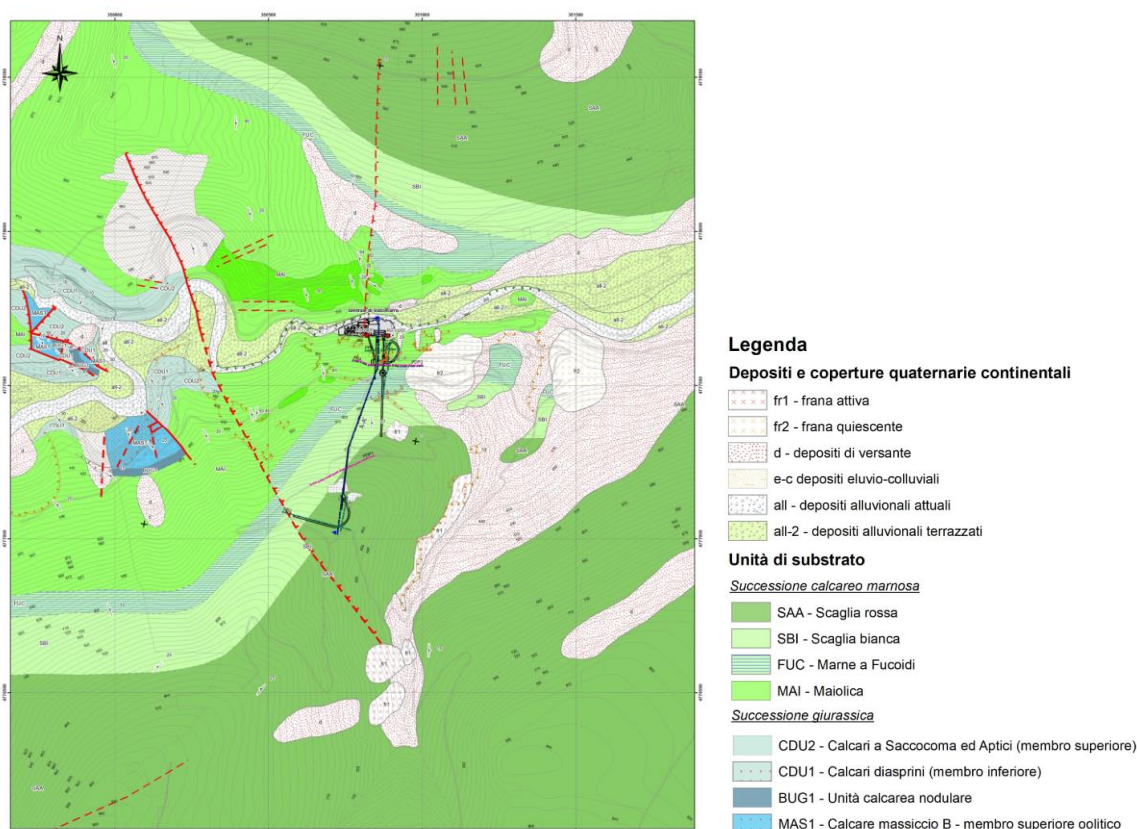


Figura 9: Mappa geologico-geomorfologica generale – Area di Progetto (GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.009.01)

Successione Giurassica condensata

- **Calcare Massiccio (MAS)** Calcari biancastri in strati massicci con intercalazioni di calcari nocciola in strati medio-sottili. Età: Sinemuriano inferiore - Hettangiano
- **Gruppo del Bugarone (BUG)** Calcari e calcari marnosi nodulari talora ricchi in fossili (ammoniti, aptici, belemniti) Età: Pleinsbachiano inferiore p.p. – Titoniano inferiore

Successione Giurassica completa

- **Calcari diasprini (CDU)** Calcari selciferi e selci varicolori. Talora distinti in due membri:
- **CDU1** Calcari selciferi e selci di colore verdastro. Età: Bajociano superiore – Kimmeridgiano inferiore

- **CDU2** Calcari selciferi bioclastici ricchi in Aptici, colore grigio verde talora rossastro Età: Kimmeridgiano inferiore - Titoniano inferiore

Successione calcareo marnosa

- **Maiolica (MAI)** Calcari micritici bianchi talora a frattura concoide, in strati da sottili a spessi con liste e noduli di selce grigia e nerastra. Sottili livelli bituminosi. In zone adiacenti sono segnalati locali *slump* (Foglio 302 "Tolentino" [23]). Verso la base della formazione talora sono presenti livelli dolomitici spessi e molto spessi o calcari bianco verdastrati medio-spessi. Verso la parte alta della formazione, al passaggio con le Marne a Fucoidi, i litotipi calcarei presentano colori più scuri ed intercalazioni di peliti scure. Età: Titoniano superiore p.p.- Aptiano inferiore p.p.
- **Marne a Fucoidi (FUC)** Marne e marne argillose policrome con sottili intercalazioni calcareo marnose verdine e beige. Nella parte alta della formazione sono presenti calcari marnosi e marne calcaree biancastre in strati medi ed intercalazioni sottili di marne argillose grigio-verdi. Sporadica presenza di selce in liste e noduli. Sono frequenti livelli di scisti neri (*black shales*) il più basso dei quali rappresenta un livello regionale (livello Selli). Età: Aptiano inferiore p.p.- Albiano superiore p.p.
- **Scaglia bianca (SBI)** Calcari e calcari marnosi biancastri con selce rosata nella parte bassa della formazione e nerastra nella parte alta. Età; Albiano superiore p.p. - Turoniano inferiore p.p.
- **Scaglia Rossa (SAA)** Calcari e calcari marnosi rosati e rossastri per lo più con selce, Nella parte intermedia della serie presenti locali intercalazioni di calcareniti e livelli marnosi rossi. Età: Turoniano inferiore p.p. - Luteziano p.p.

Depositi e coperture quaternarie continentali

Nelle cartografie ISPRA e Regione Marche i depositi quaternari della zona sono riferiti al Sistema del Torrente Musone (MUS). Nelle cartografie di progetto tali depositi vengono indicati utilizzando la nomenclatura più tradizionale sotto riportata:

- **Alluvioni terrazzate (all-2)** Depositi ghiaioso ciottolosi, sabbia e limo Età: Olocene
- **Alluvioni attuali e recenti (all)** Depositi ghiaioso-ciottolosi, sabbie, limi sabbiosi. Età: Olocene
- **Depositi eluvio-colluviali (e-c)** Depositi limoso argillosi con frazione sabbiosa e con elementi marnosi e calcareo marnosi Età: Olocene
- **Detrito di versante (d)** Clasti a spigoli vivi con matrice argillosa abbondante Età: Olocene
- **Depositi di frana (fr1, fr2)** Materiali eterogenei ed eterometrici argilloso-marnosi, calcareo-marnosi e calcarei. Con fr1 si indicano le frane con indizi di evoluzione e con fr2 le frane quiescenti. Età: Olocene

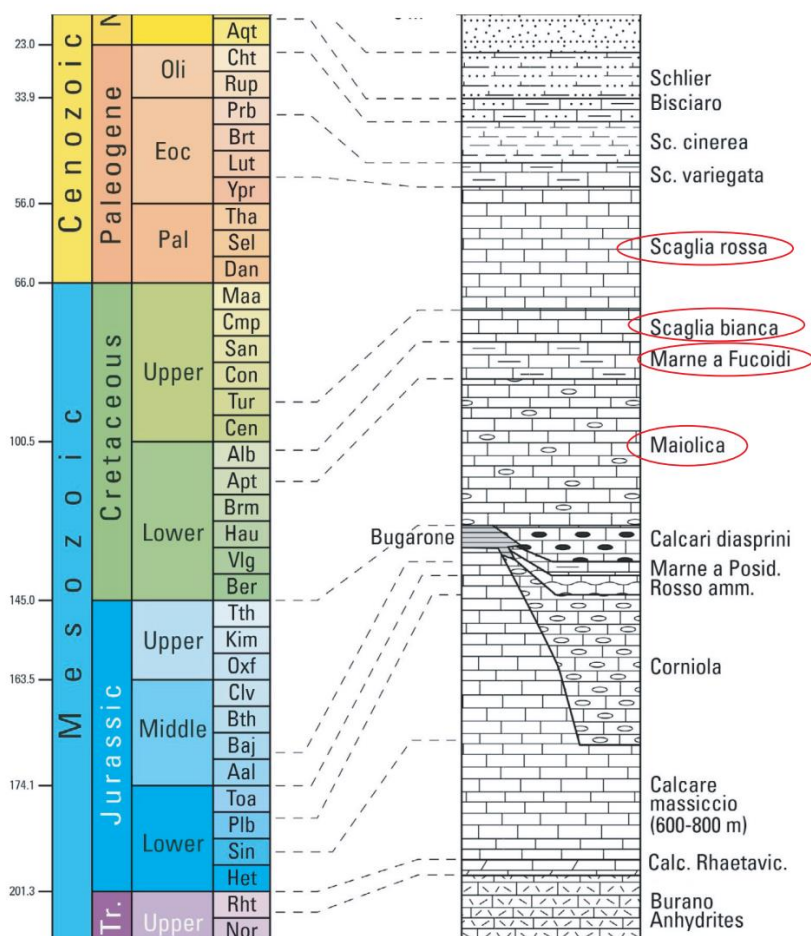


Figura 10: Stralcio della colonna stratigrafica dell'Appennino umbro-marchigiano ([20] ridisegnato). In rosso le formazioni presenti nella zona della centrale e nei suoi dintorni.

5.2 Inquadramento idrogeologico

Sono disponibili vari studi a diversa scala che indagano le caratteristiche idrogeologiche del settore in cui si colloca l'area di studio. Lo schema idrogeologico regionale è rappresentato dalla Carta Idrogeologica dell'Appennino Centrale [20] della quale si riporta uno stralcio per l'area di Valcimarra in **Figura 11**. Il settore ricade nel Complesso dei depositi pelagici costituito da formazioni calcaree intercalate a formazioni marnose e siliciche (Età: Giurassico p.p. – Oligocene). Lo studio valuta che questo complesso idrogeologico sia caratterizzato da una infiltrazione efficace media annua compresa tra 500 e 700 mm/anno.

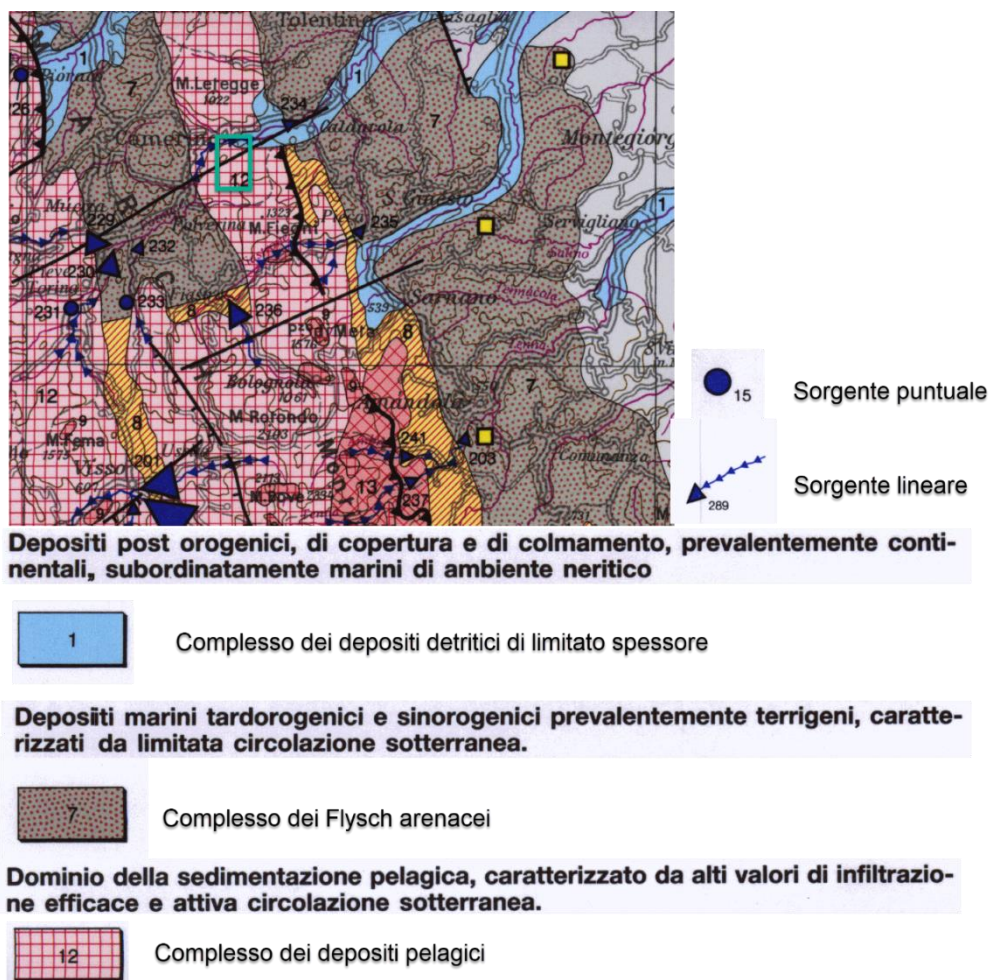


Figura 11: Stralci della Carta Idrogeologica tratta dallo Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale [20]. In verde l'area di studio

Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Marche include vari documenti che riportano i principali elementi idrogeologici quali le sorgenti (**Figura 12**) e descrivono lo schema idrogeologico regionale (**Figura 13**). In base a tale schema la centrale in progetto ricade all'interno del Complesso idrogeologico della Maiolica che è delimitato a tetto dal Complesso delle Marne a Fucoidi caratterizzato da una permeabilità molto bassa e un comportamento da acquiclude. Al di sopra di esso si sviluppa il Complesso idrogeologico della Scaglia (Scaglia rossa, bianca e variegata), che costituisce il principale acquifero della zona di studio.

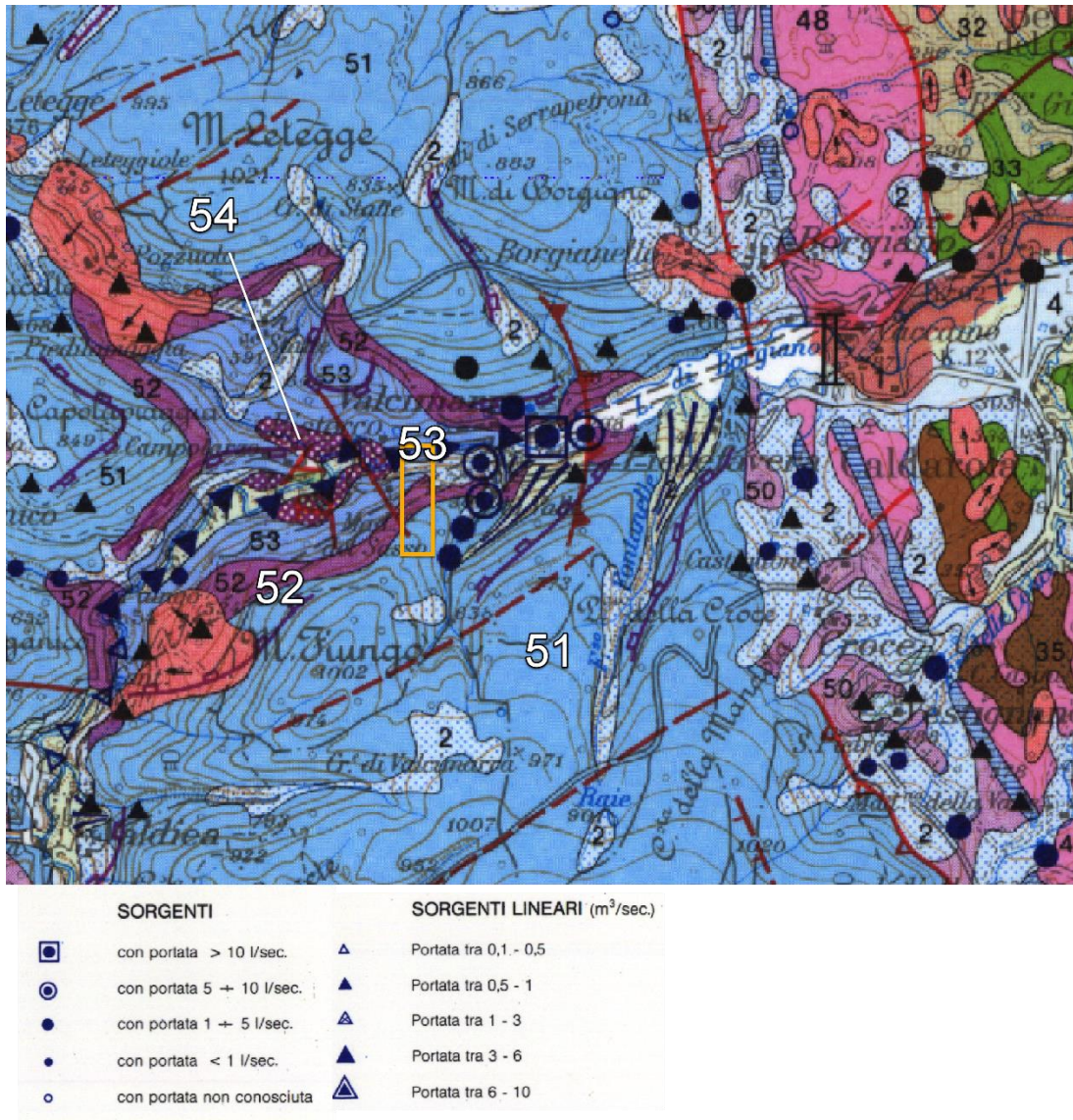
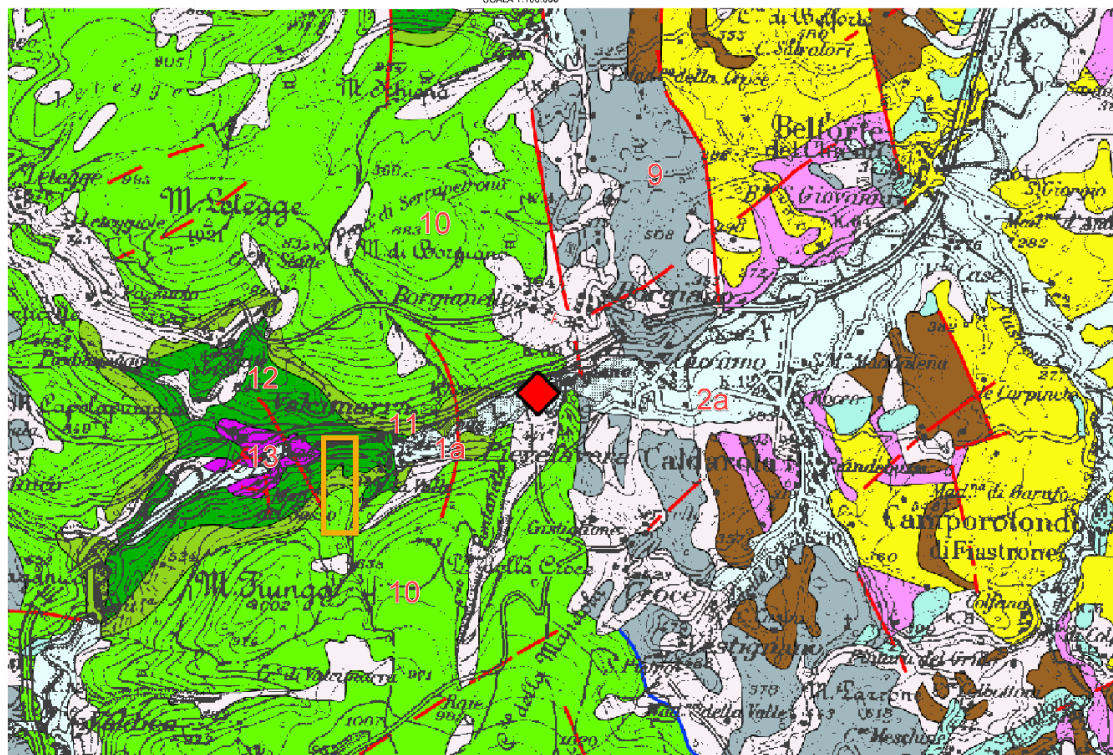


Figura 12: Estratto della Carta dell'Ambiente fisico delle Marche (Geologia-Geomorfologia.Idrogeologia) da [15].
 In arancione la zona di studio. Legenda; 51 Scaglia, 52 Marne a Fucoidi, 53 Maiolica, 54 Calcari diasprini

SCHEMA IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE MARCHE

COORDINAMENTO: T. NANNI, P. VIVALDA²
 C. FOLCHI VICI D'ARCEVIA³, T. NANNI³, S. PALPACELLI³, A. SICILIANI⁴, E. VITA⁴ & P. VIVALDA²
 Contratti nn. 9602909.PF42 - 97 00050.PF42
 SCALA 1:100.000



<p>1a</p> <p>1 : Complesso idrogeologico dei depositi eluvio colluviali, detritici di versante</p> <p>2 : Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali</p> <p>2a</p> <p>2a terrazzi</p> <p>2b</p> <p>2b terrazzi</p> <p>◆</p> <p>Sorgenti</p>	<p>9</p> <p>9 : Complesso idrogeologico delle marne, marne calcaree e calcari marnosi dello Schlier, Bisciario e Scaglia Cinerea</p> <p>10</p> <p>10 : Complesso idrogeologico della Scaglia</p> <p>10</p> <p>10 Scaglia rossa, bianca e variegata</p> <p>11</p> <p>11 Marne a Fuocidi (acquiclide)</p>	<p>12</p> <p>12 : Complesso idrogeologico della Maiolica</p> <p>12</p> <p>12 Maiolica</p> <p>13</p> <p>13 Calcari e marne del Sentino, F.ne del Bosso, Calcari di sprini e diaspri</p>
--	---	--

Figura 13: Stralcio della carta “Schema Idrogeologico della Regione Marche – Foglio Sud” [28] Nel riquadro arancio l’area di studio

Un ulteriore documento di grande interesse è il lavoro di cartografia idrogeologica sperimentale realizzato nel settore nord-occidentale dei Monti Sibillini che comprende gran parte dei bacini idrografici sottesi dalle dighe di Polverina e Fiastrone [21] e include le medesime unità litologiche presenti nell’area in esame. Lo studio valuta il grado di permeabilità dei vari complessi idrogeologici sulla base dei valori dell’infiltrazione efficace media e permette un inquadramento di maggior dettaglio delle unità idrogeologiche presenti nella zona di intervento. In particolare vengono distinti “tre complessi calcarei di estensione regionale sovrapposti, prevalentemente costituiti da calcari dotati di particolare attitudine ad assorbire, immagazzinare e restituire in superficie le acque meteoriche in corrispondenza di sorgenti puntuali, lineari o diffuse:

- a) *Complesso calcareo basale indifferenziato;*
- b) *Complesso della Maiolica;*
- c) *Complesso della Scaglia calcarea.*

Tali complessi costituiscono, in affioramento, vaste aree di infiltrazione e, nel sottosuolo, estesi acquiferi in corrispondenza dei settori saturati da una falda. Questi complessi sono tra loro separati da complessi dotati di minore permeabilità che hanno la funzione di acquiclude o di aquitard, in relazione alla loro capacità di costituire dei limiti a flusso nullo o di consentire uno scambio idrico significativo tra acquiferi differenti.”

5.3 Carsismo

La Regione Marche presenta un notevole patrimonio carsico che ha il suo esempio più noto nelle forme ipogee delle Grotte di Frasassi. Le forme carsiche si sviluppano lungo le due dorsali montuose principali (Dorsale Umbro-Marchigiana verso ovest e Dorsale Marchigiana ad est), ad andamento NNO-SSE, che si uniscono a sud nei rilievi dei Monti Sibillini (**Figura 14**). Le dorsali sono costituite prevalentemente da rocce carbonatiche e sono separate da una zona collinare (bacino marchigiano interno) in cui affiorano depositi miocenici terrigeni. Tale orografia deriva dall'assetto strutturale regionale costituito da pieghe antiformi sovrascorse verso est e parzialmente sepolte dai terreni terrigeni messiniani e pliocenici.

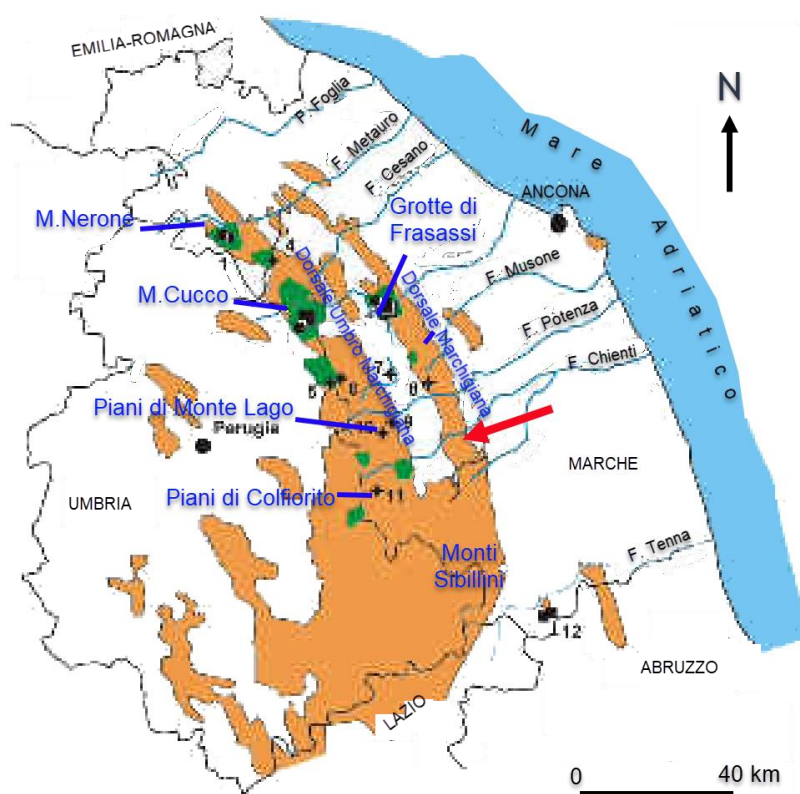


Figura 14: Schema dell'area marchigiana in relazione ai fenomeni carsici. In arancio affioramenti calcarei, in verde le aree con concentrazione di grotte. La freccia rossa indica la posizione dell'area di studio (da: Galdenzi, 2004 [28], parzialmente ridisegnata)

Nel patrimonio carsico regionale non sono riconosciute frequentemente forme classiche quali doline ed inghiottitoi, solo nella parte meridionale dell'Appennino Umbro Marchigiano nelle depressioni strutturali endoreiche dei Piani di Monte Lago, Piani di Colfiorito e Piani di Castelluccio si è sviluppata una circolazione di tipo carsico dove le acque di ruscellamento vengono smaltite da inghiottitoi di piccole dimensioni (Galdenzi, 2004)[28]. Le forme carsiche maggiori, come accennato, sono di tipo ipogeo (grotte e sistemi carsici) e si sviluppano nella formazione del Massiccio.

Ricerche condotte sui processi speleogenetici hanno portato a riconoscere fenomeni carsici di differente origine: *“le grotte epigeniche, derivate dalla circolazione entro i calcari di acque meteoriche, assorbite sulla superficie dei rilievi calcarei e drenate verso le sorgenti dopo una breve permanenza nel sottosuolo; le grotte ipogeniche, la cui formazione è dovuta alla risalita di acque di derivazione relativamente profonda verso la superficie.”* [28]

Le grotte ipogeniche sono meno numerose ma sono decisamente più estese e sviluppate (Grotte di Frasassi, complesso carsico del M. Cucco, sistemi carsici del M.Nerone) (**Figura 14**). Le grotte epigeniche hanno uno sviluppo decisamente minore sia per estensione che per volumi. A questo tipo sono riferibili le forme carsiche che si sviluppano nelle formazioni della Maiolica e della Scaglia calcarea.

Per l'area in esame, relativamente all'interferenza di fenomeni carsici con le opere in progetto, si riportano le conclusioni della relazione geologica del Progetto integrativo delle opere Civili (Pietrangeli, 2022) [36] che a valle delle indagini eseguite asserisce:

“la presenza di fenomeni carsici sembra essere esclusa all'interno della formazione della Maiolica le indagini geofisiche non hanno evidenziato presenza di vuoti o fenomeni carsici evidenti nell'area di studio”.

6. ASPETTI METEOCLIMATICI

6.1 Inquadramento generale

Fisiograficamente la Regione Marche è caratterizzata da una piana costiera di larghezza variabile da qualche centinaio di metri a qualche decina di chilometri, che si collega, verso l'interno, ad una fascia collinare piuttosto bassa, (300-400 m slm) incisa da valli i cui corsi d'acqua hanno per lo più carattere torrentizio. Alla zona collinare seguono le pendici della dorsale appenninica che raggiungono il crinale in più zone con quote comprese tra 1500-1800 m slm, fino a superare i 2000 m slm nella catena dei Monti Sibillini.

La maggior parte dei corsi d'acqua scorre dal crinale appenninico verso l'Adriatico ad est, lungo una serie di valli ad andamento subparallelo che determinano il tipico aspetto "a pettine" della fisiografia marchigiana.

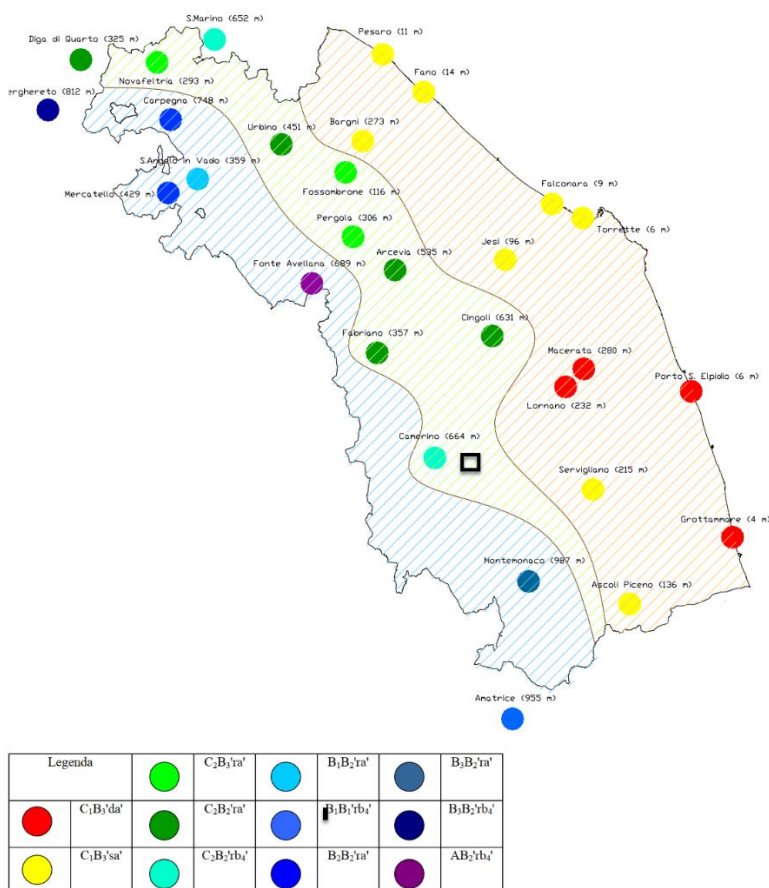


Figura 15: Zone climatiche delle Marche. Nel riquadro nero la zona in esame (da: [17])

Secondo la classificazione dei climi di Thornthwaite (**Figura 15**) il settore di interesse ricade in una classe C2B2'rb4' che rappresenta un clima da umido a subumido (C2), tipico della fascia interna medio-collinare e valliva, con Evapotraspirazione annua compresa tra 712 e 855mm (B2'), senza o con molto limitata deficienza idrica (r) e con concentrazione estiva dell'indice di efficacia CE compreso tra 48,0-51,9% (b4').

6.2 Condizioni metereologiche dell'area

La caratterizzazione termo-pluviometrica dell'area di studio fa riferimento a quanto riportato nella Relazione Idrologica di progetto (GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.004.00). In tale elaborato la caratterizzazione storica dei principali dati climatici è stata effettuata utilizzando i dati satellitari NASA, mediati sull'area dei bacini idrografici sottesi dalle dighe di Polverina e Fiastrone.

6.3 Temperatura

A partire dal 1950 si nota che i valori della temperatura media mensile mostrano una tendenza crescente, in particolare nell'ultimo ventennio (**Figura 16**). La temperatura indicata è quella dell'aria vicina al suolo.

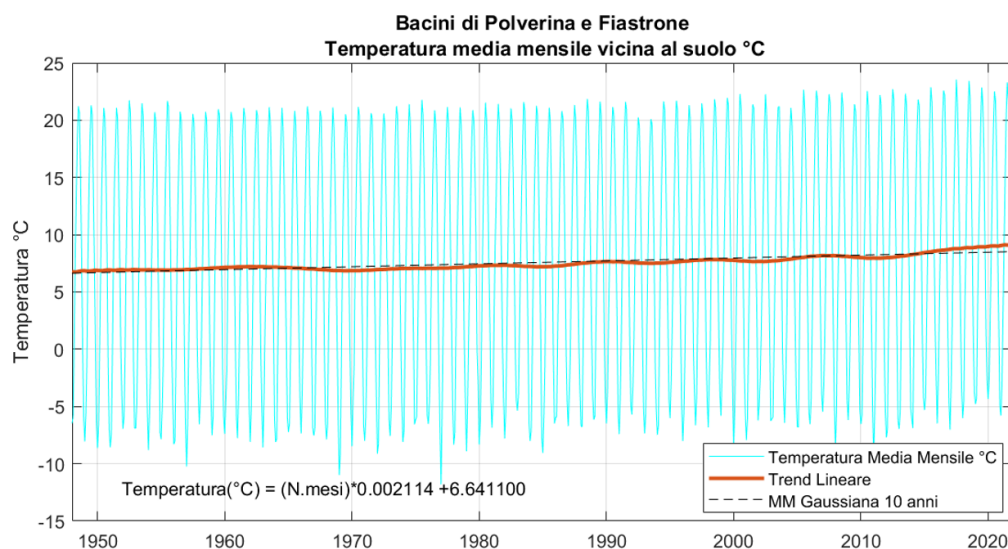


Figura 16: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone – Temperatura media mensile vicina al suolo (da[35])

La media dei valori delle temperature mensili dell'ultimo decennio è riportata in **Figura 17**.

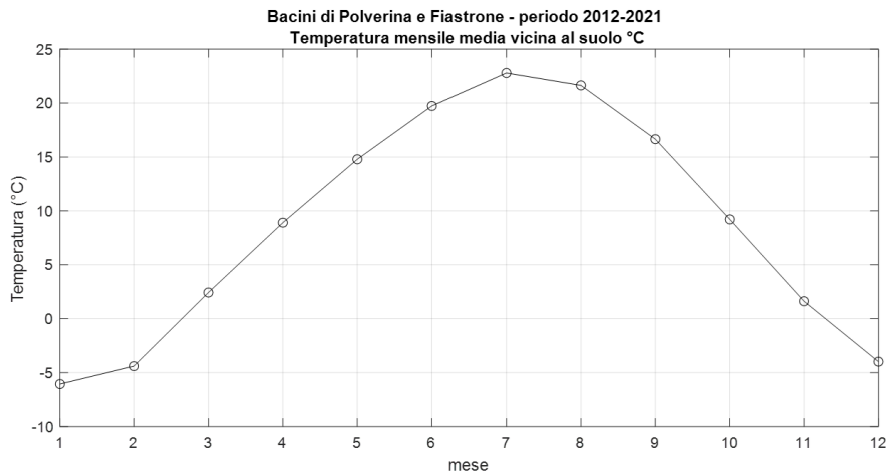


Figura 17: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone –Temperatura mensile media degli ultimi 10 anni (da [35])

6.4 Precipitazione

La precipitazione mensile sia liquida che solida nei bacini sottesi dalle due dighe è riportata nella Figura 18 che evidenzia una tendenza crescente per i bacini in oggetto.

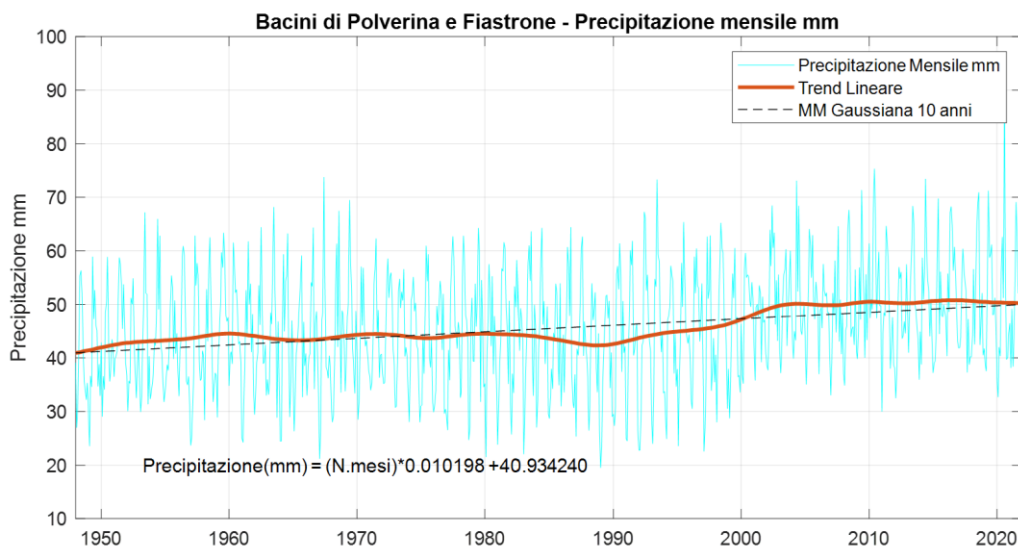


Figura 18: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone – Precipitazione mensile (da [35])

In Figura 19 viene riportata la media della precipitazione mensile totale relativamente all' ultimo decennio: l'afflusso totale annuo medio negli ultimi 10 anni risulta pari a 609 mm.

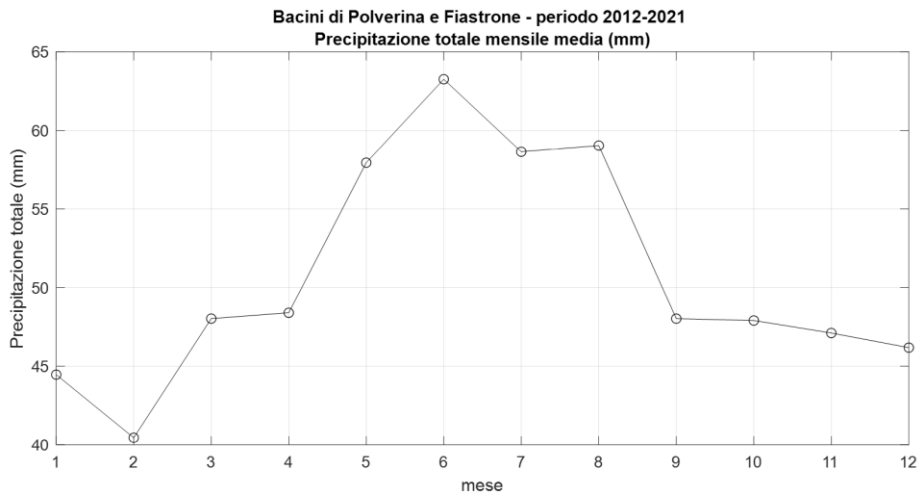


Figura 19: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone – Precipitazione mensile media ultimi 10 anni (da [35])

6.5 Evapotraspirazione

Anche relativamente all'andamento dell'evapotraspirazione si nota una tendenza crescente nel tempo partendo dai dati del 1950.

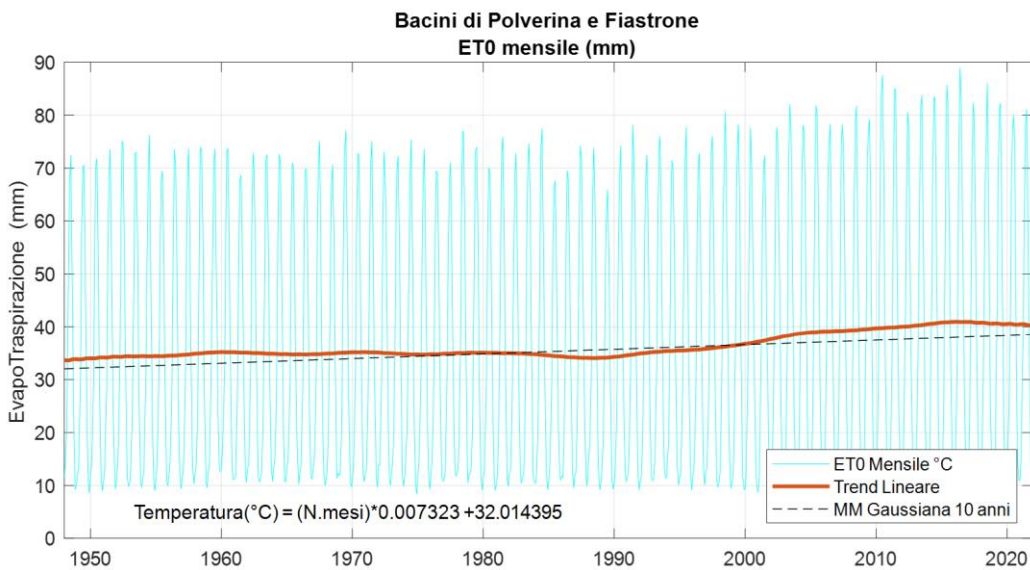


Figura 20: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone –valori di ET0 mensile (da [35])

I valori medi dell'ET0 mensile negli ultimi 10 anni sono riportati in **Figura 21**.

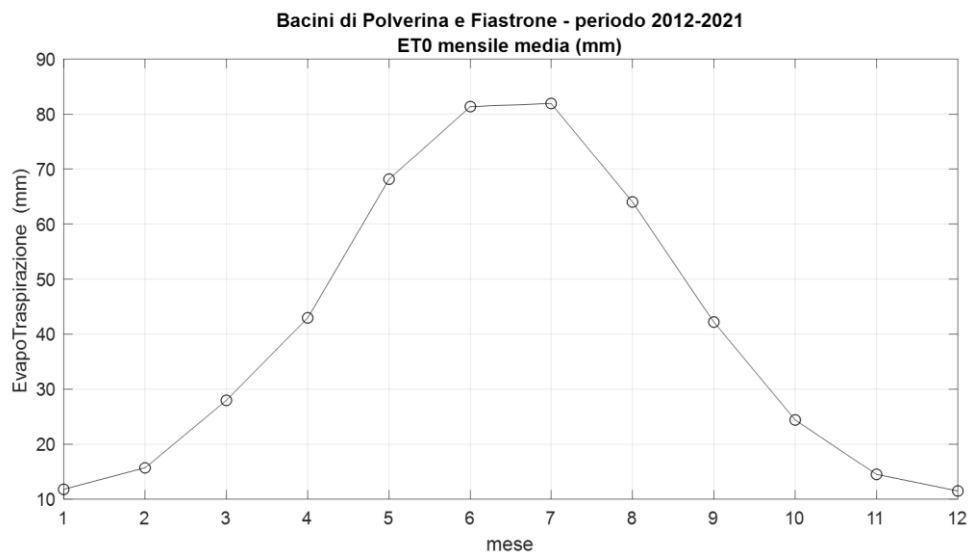


Figura 21: Bacini idrografici Polverina e Fiastrone – ET0 mensile media ultimi 10 anni (da [35])

7. SCHEMA IDROGEOLOGICO

Viene di seguito illustrato lo schema idrogeologico dell'area di studio sviluppato a partire dai dati di rilevamento geologico, da bibliografia e dai dati del Progetto integrativo delle opere Civili (Pietrangeli, 2022) [36]. Dalla cartografia geologica di progetto [31] è stata derivata una mappa idrogeologica (**Figura 23**) nella quale vengono rappresentati i complessi idrogeologici, le sorgenti e le direzioni principali di flusso delle acque sotterranee. Le direzioni di flusso sotterraneo sono state ricavate analizzando la posizione delle sorgenti e l'assetto strutturale della zona che presenta una generale immersione dei contatti tra formazioni a diversa permeabilità verso est con blande pieghe con piano assiale circa N-S.

7.1 Complessi idrogeologici

Sono stati distinti 7 complessi idrogeologici (**Figura 22**) che rappresentano volumi litologici continui caratterizzati dalle medesime caratteristiche di permeabilità. La ripartizione riguarda in primo i depositi superficiali rispetto alle unità costituenti il substrato roccioso: per le prime si parla di "Permeabilità di tipo primario" cioè legata alla porosità e per il substrato di "Permeabilità di tipo secondario" per fratturazione e dissoluzione.

Riguardo alle unità di substrato sono stati riconosciuti tre complessi carbonatici (U.I.3, U.I.5, U.I.7) che costituiscono aree di infiltrazione in affioramento e acquiferi in sottosuolo ove saturati da falda. Questi complessi sono separati da complessi a minore permeabilità con comportamento aquicludante o di aquitard (U.I.4, U.I.6). Di seguito si illustrano le caratteristiche salienti di ciascun complesso, mentre la loro posizione in carta è indicata in **Figura 23**.

	Unità Idrogeologiche	Unità Geologiche	Grado di permeabilità'			
			Molto Alto 10^{-4} m/s	Medio 10^{-6} m/s	Basso 10^{-8} m/s	Molto basso 10^{-10} m/s
Permeabilità primaria per porosità	U.I. 1 (complesso dei depositi alluvionali)	Depositi alluvionali attuali e terrazzati (all, all-2)				
	U.I. 2 (complesso dei depositi detritici di versante)	Depositi di versante, frane (d, e-c, fr1, fr2)				
Permeabilità secondaria per fratturazione	U.I.3 (complesso della Scaglia calcarea)	Scaglia rossa (SAA) Scaglia bianca (SBI)		← F		
	U.I. 4 (complesso delle Marne a Fucoidi)	Marne a Fucoidi (FUC)			← F	
	U.I. 5 (complesso della Maiolica)	Maiolica (MAI)		← F		
	U.I. 6 (complesso dei calcari diasprini)	Calcari diasprini (CDU1, CDU2)				
	U.I. 7 (complesso calcareo basale)	Bugarone (BUG) Calcare Massiccio (MAS1)		← F		

F=Fratturazione

Figura 22: Unità idrogeologiche dello schema di **Figura 23**

7.1.1 U.I.1 - Complesso dei depositi alluvionali

Comprende sia dai depositi alluvionali attuali (all) che i depositi terrazzati (all-2). Il grado di permeabilità, di tipo primario, varia da alto a molto alto ed è legato all'elevata porosità dei depositi di natura alluvionale composti da ghiaie, prevalentemente calcaree, sabbia e limo.

7.1.2 U.I.2 - Complesso dei depositi detritici e di versante

Vi appartengono le unità geologiche dei depositi di detrito di versante ed eluvio colluviale (d, e-c) e dei depositi di frana (fr1, fr2). Il complesso è caratterizzato da permeabilità primaria generalmente alta con elevata capacità di assorbimento delle acque meteoriche che vengono trasmesse al complesso sottostante, se questo è permeabile. In caso di substrato impermeabile possono ospitare acquiferi minori che alimentano i corsi d'acqua,

7.1.3 U.I.3 - Complesso della Scaglia calcarea

Complesso caratterizzato da calcari e calcari marnosi di colore bianco e rosato con liste e noduli di selce. Si presentano ben stratificati con spessore complessivo nell'area di 250-300 m circa. In generale la scaglia presenta discreta permeabilità permettendo l'infiltrazione delle acque meteoriche e l'immagazzinamento in sotterraneo. Il complesso costituisce infatti un buon acquifero delimitato verso il basso dal complesso delle Marne a Fucoidi. Dati di letteratura in aree adiacenti hanno stimato valori di infiltrazione mediamente compresi tra 450 e 750 mm/a [20]. La galleria di estensione del pozzo piezometrico della condotta del Fiastrone verrà scavata in questa unità.

7.1.4 U.I.4 - Complesso delle Marne a Fucoidi

Complesso formato da marne e marne argillose policrome con sottili intercalazioni calcareo marnose verdine e beige. Nella parte alta della formazione sono presenti calcari marnosi e marne calcaree biancastre in strati medi ed intercalazioni sottili di marne argillose grigio-verdi. Sporadica presenza di selce in liste e noduli. Spessore di circa 60 m. Costituisce un livello con permeabilità bassa a comportamento acquicludante che separa il sovrastante acquifero del complesso della Scaglia calcarea (U.I.3) dal sottostante acquifero del complesso della Maiolica (U.I.5).

7.1.5 U.I.5 - Complesso della Maiolica

Calcari micritici bianchi talora a frattura concoide, in strati da sottili a spessi con liste e noduli di selce grigia e nerastra. Sottili livelli pelitici. Presenta una discreta permeabilità e costituisce un acquifero indipendente delimitato alla base dal acquitardo/acquicludante del complesso diasprino (U.I.6) e a tetto dal acquicludante del complesso delle Marne a Fucoidi (U.I.4). Nella zona in esame l'acquifero del complesso della Maiolica risulta connesso principalmente all'infiltrazione delle acque del Fiume Chienti. La nuova centrale sotterranea di Valcimarra, la galleria di accesso e i pozzi di connessione alle linee di conduzione esistenti verranno scavati all'interno di questa unità.

7.1.6 U.I.6 - Complesso dei calcari diasprini

Comprendono i calcari selciferi e selci varicolori dell'omonima formazione Talora distinti in due membri: CDU1 Calcari selciferi e selci di colore verdastro e CDU2 Calcari selciferi bioclastici ricchi in Aptici, colore grigio verde talora rossastro. La permeabilità di queste litologie è bassa e costituiscono un acquitardo/acquiclude.

7.1.7 U.I.7 - Complesso calcareo basale

Comprende i Calcari Massicci (calcari micritici biancastri di piattaforma carbonatica, talora dolomitizzati, in strati massicci con intercalazioni di calcari nocciola in strati medio-sottili) e la formazione del Bugarone (calcari e calcari marnosi nodulari talora ricchi in fossili). E' il complesso più profondo e potente della successione umbro-marchigiana ed è sede dell'acquifero basale della regione. In presenza delle successioni condensate e lacunose, con la Formazione del Bugarone impostata direttamente sul Calcare Massiccio, si creano le condizioni che permettono il contatto idraulico tra i calcari della formazione del Calcare Massiccio e quelli della soprastante Maiolica.

7.2 Considerazioni sulla falda freatica

Nel corso dell'anno 2022 è stata effettuata la campagna di indagini geognostiche nell'ambito del Progetto integrativo delle opere Civili (Studio Pietrangeli, 2022) [36] (v. **capitolo 4.2**). Relativamente alla presenza di falda lungo il versante dove sono previste le opere la Relazione Geologica riporta:

“Sembra non essere presente una vera falda freatica all'interno del versante date le numerose perdite d'acqua riscontrata durante le fasi di perforazione. Non è da escludere però la presenza di una falda o venute d'acqua dal versante specie durante i periodi invernale o piovosi. L'alta permeabilità dell'ammasso può portare abbondanti venute con l'immagazzinamento di acqua da monte”.

Inoltre viene riportato che anche se non è stata individuata una vera e propria falda freatica:

“.. è possibile averne una a circa il livello del fiume, quindi aspettarsi di trovare acqua nella parte più profonda della nuova centrale in caverna”.

7.3 Schema idrogeologico locale

Le informazioni acquisite permettono di formulare uno schema idrogeologico per l'area di studio rappresentato sinteticamente nella carta idrogeologica di **Figura 23**, nella sezione idrogeologica di **Figura 24** e nello schema di **Figura 25**.

Si riconoscono due acquiferi, quello superiore sviluppato nel complesso idrogeologico della Scaglia calcarea (U.I.3) e quello inferiore nel complesso idrogeologico della Maiolica (U.I.5). L'interposizione dell'orizzonte a comportamento acquiclude delle Marne a Fucoidi (U.I.4) determina la venuta a giorno delle principali sorgenti della zona alimentate dall'acquifero della Scaglia. Il flusso idrico sotterraneo

si sviluppa principalmente all'interno della unità U.I.3 con direzione N – NE e alimenta 3 sorgenti con portate compressive medie fino a 60 l/s che sono captata per scopo idropotabile.

Nella sezione idrogeologica di **Figura 24** si nota che le principali opere in progetto sono posizionate al di sotto dell'acquifero idropotabile U.I.3 e da esso separate tramite l'orizzonte impermeabile dell'acquicluda U.I.4. L'acquifero della Maiolica nell'area in esame non risulta sfruttato a scopi idropotabili.

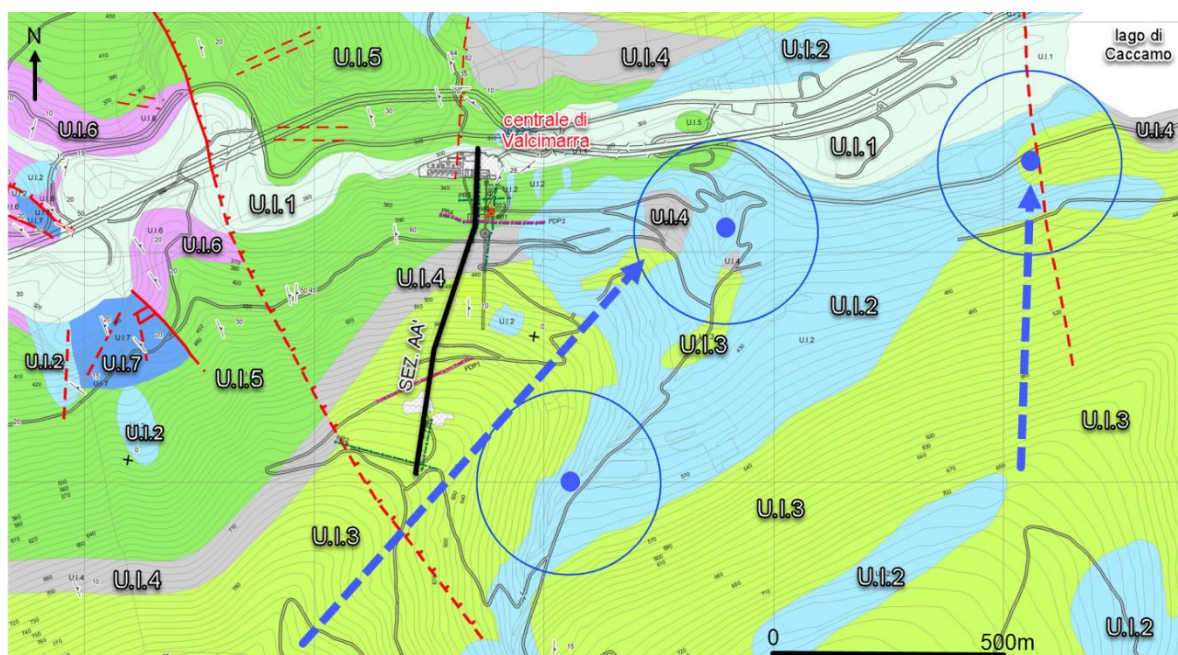


Figura 23: Stralcio della mappa idrogeologica dell'area (parz. ridisegnato per migliorare la leggibilità). La legenda delle unità idrogeologiche è riportata nella figura precedente (**Figura 22**). I punti blu rappresentano le sorgenti, con la relativa area di tutela, le frecce blu indicano le principali direzioni di flusso delle acque sotterranee. In nero la traccia di sezione AA'.

Il sondaggio S_02 (Pietrangeli [36]), che intercetta la centrale in caverna, indica che almeno fino a quota 290.6 m s.l.m., non è stata rinvenuta una falda impostata nell'acquifero della Maiolica come rappresentato nella sezione idrogeologica di **Figura 24**. Tuttavia in periodi maggiormente piovosi non si può escludere che il livello di tale falda si alzi e, pertanto, che gli scavi possano interferire con tale falda direttamente connessa al livello idraulico del fiume Chienti.

Relativamente alla galleria di estensione del pozzo piezometrico del Fiastrone si osserva che pur ricadendo gli scavi all'interno del complesso idrogeologico della Scaglia calcarea (U.I.3), sede dell'acquifero principale, la sua profondità limitata (massimo 30m di copertura) rende alquanto improbabile che possa intersecare la superficie freatica dell'acquifero e pertanto impattarne la capacità.

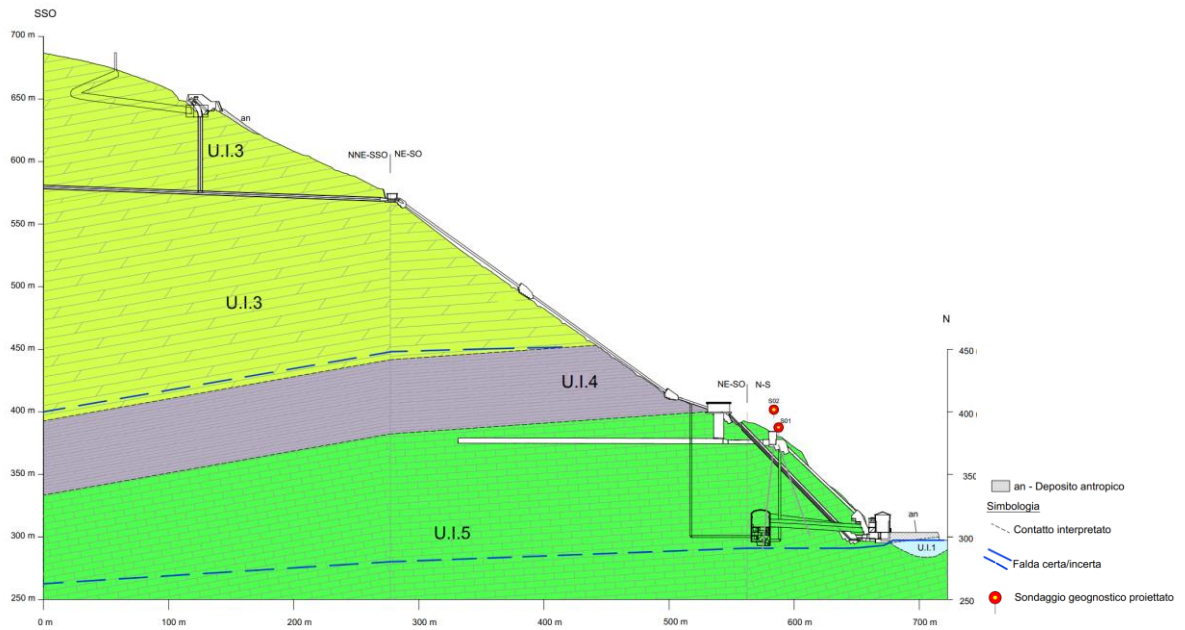


Figura 24: Sezione idrogeologica AA': la legenda è illustrata in **Figura 22**, la traccia in planimetria è riportata in **Figura 23**.

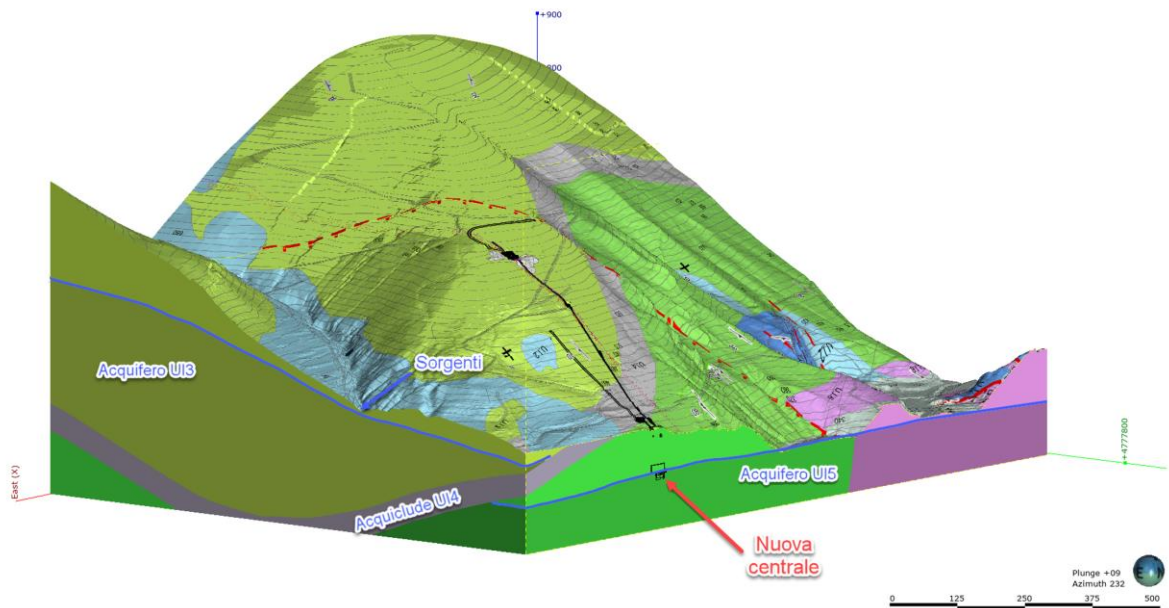


Figura 25: Schema idrogeologico 3D dell'area di studio. Sulla superficie è drappeggiata la mappa idrogeologica di **Figura 23**. In nero, lungo il versante, la posizione delle opere in progetto.

8. SORGENTI

Nel settore ad est della centrale di Valcimarra, al limite dell'area di studio sono presenti 3 sorgenti captate a scopo idro-potabile. Le informazioni relative a queste sorgenti sono state ricavate dalla documentazione del Piano Regolatore Generale del Comune di Caldarola (**Figura 26**) che riporta inoltre le perimetrazioni delle aree vincolate a tutela delle sorgenti [5][6]. Le sorgenti fanno parte della rete acquedottistica comunale.



Figura 26: Sorgenti e perimetrazione dell'area soggetta a vincolo di tutela. Estratto dal P.R.G. online del Comune di Caldarola [5] (consultazione giugno 2022)

La sorgente più orientale, denominata Valcimarra Trevase, è la principale di questo settore con portata media di 50 l/s, mentre le 2 venute presenti lungo l'impluvio di Valcimarra hanno una portata decisamente inferiore, compresa tra 1 – 5 l/s. Le 3 sorgenti sono correlate alla circolazione idrica sotterranea che avviene all'interno dell'unità della Scaglia. I dati di letteratura [17] indicano per l'acquifero del complesso della Scaglia calcarea una facies idrochimica bicarbonato-calcica con tenore salino tra 0,3 e 0,5 g/l.

La sorgente Valcimarra Trevase è anche un punto di monitoraggio della qualità delle acque per ARPAM: secondo la D.G.R. 2224 del 28/12/2009 la zona fa parte del corpo idrico sotterraneo significativo delle dorsali calcaree (CIS) e la stazione monitora la qualità idrochimica dell'acquifero carbonatico.

Lo stato chimico delle acque risulta di classe 1 secondo il D.Lgs 152/99 con impatto antropico nullo o trascurabile con pregiate caratteristiche idrochimiche. La tabella seguente riporta i risultati di rapporto

di prova eseguito dal laboratorio di ARPA Marche nel 2012 su campioni di acque prelevate alla sorgente di Valcimarra i quali mostrano l'assenza di contaminazioni chimiche o batteriologiche.

Parametro	Metodo di determinazione	Risultato
Parametri fisico-chimici		
Colore	(APAT CNR IRSA 2020A Man 29 2003)	INCOLORE
Odore	(APAT CNR IRSA 2050 Man 29 2003)	INODORE
Cloro residuo libero (Cl ₂)	(APAT CNR IRSA 4080 Man 29 2003)	ILD
Conducibilità	(APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003)	250 pS/cm a 20 °C
pH	(APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003)	7,6 Unità pH
Fluoruri	(APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003)	0,10 mg/l
Clorito	(APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003)	ILD
Cloruri (Cl)	(APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003)	1,7 mg/l
Azoto nitroso (NO ₂)	(APAT CNR IRSA 4050 Man 29 2003)	ILD
Azoto nitrico (NO ₃)	(APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003)	1,1 mg/l
Fosforo (P ₂ O ₅)	(APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003)	ILD
Solfati (SO ₄)	(APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003)	21.2 mg/l
Sodio (Na)	(APAT CNR IRSA 3030 Man 29 2003)	1,3 mg/l
Az Ammoniacale (NH ₄)	(APAT CNR IRSA 3030 Man 29 2003)	ILD
Potassio (K)	(APAT CNR IRSA 3030 Man 29 2003)	0,4 mg/l
Magnesio (Mg)	(APAT CNR IRSA 3030 Man 29 2003)	6,40 mg/l
Calcio (Ca)	(APAT CNR IRSA 3030 Man 29 2003)	47.0 mg/l
Durezza totale	(APAT CNR IRSA 3030 Man 29 2003)	14,3 °F
Materiali in sospensione	(APAT CNR IRSA 2000B Man 29 2003)	ILD
Torbidità	(APAT CNR IRSA 2110 Man 29 2003)	ILD
Residuo fisso a 180X	(APAT CNR IRSA 2090A Man 29 2003)	155 mg/l
Alluminio (Al)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Arsenico (As)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Cadmio (Cd)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Cromo totale (Cr)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Rame (Cu)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Ferro (Fe)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Manganese (Mn)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Nichel (Ni)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Piombo (Pb)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Antimonio (Sb)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Selenio (Se)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
Vanadio (V)	(APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003)	ILD
*1,1,1 Tricloroetano	(EPA 5021A/8260C)	ILD
*1,1,2 Tricloroetilene	(EPA 5021A/8260C)	ILD
*1,1 - 2,2 Tetracloroetilene	(EPA 5021A/8260C)	ILD
*1.2 Dicloroetano	(EPA 5021A/8260C)	ILD
*1,2 Dicloropropano	(EPA 5021A/8260C)	ILD
*Bromoformio	(EPA 5021A/8260C)	ILD
Cloroformio	(EPA 5021A/8260C)	ILD

*Dibromoclorometano	(EPA 5021A/8260C)	ILD
Diclorobromometano	(EPA 5021A/8260C)	ILD
Melilene Cloruro	(EPA 5021A/8260C)	ILD
Parametri biologici		
Escherichia coli	(UNI EN ISO 9308-1:2002)	0 U.F.C 7100 ml
Coliformi	(UNI EN ISO 9308-1:2002)	0 U.F.C /100 ml
Enterococchi	(UNI EN ISO 7899-2:2003)	0 U.F C7100 ml
Conteggio delle colonie su agar a 22UC	(UNI EN ISO 6222 2001)	83 U.F.C./1 ml

Tabella 3: Estratto analisi chimiche su acque della sorgente di Valcimarra eseguite nel 2012 da ARPA Marche.
(ILD=Inferiore al Limite di Determinazione)

9. VALUTAZIONE INTERFERENZE OPERE-SORGENTI

Lo schema idrogeologico sviluppato permette una valutazione preliminare dei possibili impatti delle opere sulle sorgenti captate dalla rete acquedottistica della zona.

Per quanto riguarda la realizzazione della nuova centrale in caverna, che si attesta all'interno del complesso idrogeologico della Maiolica (U.I.5) (**Figura 24**), si ritiene che il rischio di impatto sulle 3 sorgenti idropotabili alimentate dall'acquifero della Scaglia (U.I.3) sia da molto basso a nullo grazie all'effetto di separazione idraulica prodotto dall'acquiclide delle Marne a Fucoidi (U.I.4)

Relativamente alla galleria di estensione del pozzo piezometrico del Fiastrone si osserva che pur ricadendo gli scavi all'interno del complesso idrogeologico della Scaglia calcarea (U.I.3), sede dell'acquifero principale, la sua profondità limitata (massimo 30m di copertura) rende alquanto improbabile che possa intersecare la superficie freatica dell'acquifero e pertanto impattarne la capacità. Tuttavia si ritiene indispensabile prevedere durante lo scavo l'utilizzo di accorgimenti di protezione dell'acquifero che impediscano alle acque di lavorazione e di cantiere di infiltrarsi nel sottosuolo.

10. BIBLIOGRAFIA

10.1 Documenti storici sull'opera

- [1] Diga di Polverina – Impianto di Valcimarra (derivazione Chienti) Opere di derivazione di adduzione – Piano di Manutenzione, ottobre 2012
- [2] Diga di Fiastrone – Impianto di Valcimarra (derivazione Fiastrone) Opere di derivazione di adduzione – Piano di Manutenzione, ottobre 2012

10.2 Norme e Dati da Enti

- [3] Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche (ARPAM) e Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Stato delle Acque sotterranee Regione Marche Rapporto Triennale 2018-2020.
- [4] Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche (ARPAM) – Libro bianco sulle acque potabili. Attività di laboratorio: analisi chimiche e batteriologiche. Qualità delle Acque della Regione Marche. Provincia di Macerata
- [5] Comune di Caldarola Piano Regolatore Comunale consultazione online presso il sito <http://montiazzurri.silverbrowser.it/PRG/ui/kelydra/silverprg/SilverPrg.html?codamm=B398>
- [6] Comune di Caldarola - PRG Approvazione definitiva – Adeguamento al PPAR, Serie I tav.07 (febbraio 2013) - Individuazione vincoli paesaggistici, idrogeologici, zone a vincolo speciale e fasce di rispetto infrastrutture tecnico distributive.
- [7] ISPRA Archivio Nazionale delle Indagini di Sottosuolo Legge 464/1984 (consultazione online del luglio 2022)
- [8] Istituto Geografico Militare - Cartografia Raster Georeferita UTM (ED50) - Serie 25v - Tavoletta 124 III NE "Polverina", anno 1955
- [9] DSM e 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
- [10] Regione Marche - Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000) <https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartatecnica numerica110000>
- [11] Regione Marche Carta tecnica numerica 1:10000 (Cartografie di base) <https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica-Genio-Civile/Cartografia-regionale/Repertorio/Carta-tecnica-numerica-110000/opendata>
- [12] Regione Marche - Carta Geologica Regionale 1:10.000 (Cartografie tematiche) <https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartageologicaregionale10000>

- [13] Regione Marche - Carta Geomorfologica Regionale 1:10.000 (Cartografie tematiche)
<https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartageomorfologicaregionale10000>
- [14] Regione Marche, CNR, Università di Ancona - Piano di Tutela Acque - Schema idrogeologico della Regione Marche alla scala 1:100.000 – Foglio sud. Coord. T.Nanni, Vivalda P. et al. - Tav.2-A.1.3 (dic. 2008)
- [15] Regione Marche - Piano di Tutela Acque - Ambiente Fisico delle Marche – Geologia - Geomorfologia – Idrogeologia, scala 1:100.000 - Foglio Sud. A cura di Centamore G., Pambianchi G., Deiana E., Calamita F. et al. - Tav.2-A.1.2 del Piano Tutela Acque della Regione Marche (dic. 2008)
- [16] Regione Marche - Piano di Tutela Acque - Schema idrogeologico, isoiete e stazioni di monitoraggio ambientale del bacino del F- Chienti (scala 1:100.000) Tavola 56-A.1.5 della Regione Marche (dic. 2008).
- [17] Regione Marche (2010) – Piano di Tutela delle Acque. Relazione di Sintesi (Allegato alla Deliberazione 26 gennaio 2010, n.145). Sezione A Stato di Fatto
- [18] Regione Marche Servizio Infrastrutture, Trasporti ed Energia P.F. Tutela delle Acque (2014) - Piano Regolatore degli Acquedotti della Regione Marche - Elaborato di Piano
- [19] D.G.R. 2224 del 28/12/2009 Identificazione dei corpi idrici sotterranei (CIS) della Regione Marche.

10.3 Riferimenti tecnico scientifici

- [20] Boni C., Bono P., Cappelli G. (1986) - Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale. Mem.Soc.Geol.It., 35, pp 991-1012 2 tavv.
- [21] Boni C.F., Tarragoni C., Martarelli L. (2008) - Cartografia idrogeologica sperimentale nel settore nord-occidentale dei Monti Sibillini (Marche) Mem Descr. Carta Geol. d'It. LXXXI, pp. 89-114
- [22] Boni C.F., Tarragoni C., Martarelli L. Pierdominici S. (2009) - Studio idrogeologico del settore nord-occidentale dei Monti Sibillini: un contributo alla cartografia idrogeologica ufficiale. Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 1, Casa Editrice Università La Sapienza, pp. 25-40
- [23] Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 302 "Tolentino", ISPRA, 2009
- [24] CESI - Diga del Fiastrone (MC) Valutazione delle condizioni geologiche delle sponde e caratterizzazione geomeccanica dei materiali della sezione d'imposta ai fini delle verifiche di sicurezza sismica secondo il Decreto 26 giugno 2014 "Norme Tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)", Rapporto del 15/09/2021
- [25] CESI - Diga di Fiastrone (MC) - Esecuzione di indagini geotecniche in sito, prove geotecniche geomeccaniche di laboratorio e studio geologico e geomorfologico con caratterizzazione geomeccanica abbinata dei materiali della sezione d'imposta ai fini delle verifiche di

- sicurezza sismica secondo il Decreto 26 giugno 2014 “Norme Tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)”, (data 15/12/2020)
- [26] CESI - Diga di Fiastrone (MC) - Esecuzione di prove geotecniche-geomeccaniche di laboratorio ai fini delle verifiche di sicurezza sismica secondo il Decreto 26 giugno 2014 “Norme Tecniche per la progettazione e costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)”, (data 15/12/2020)
- [27] Conti P., Cornamusini G., Carmignani L. (2020) - An outline of the geology of the Northern Apennines (Italy), with geological map at 1:250,000 scale. Ital. J. Geosci., Vol. 139, No. 2 (2020), pp. 149-194
- [28] Galdenzi S., 2004 – Il carsismo nella regione marchigiana. In: Galdenzi S. (Ed.), Frasassi 1989-2004: gli sviluppi nella ricerca, 6-20, Jesi

10.4 Documenti di progetto

- [29] GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.006.01 Relazione Geologica
- [30] GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.007.00 Relazione Geotecnica
- [31] GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.009.01 Mappa geologico-geomorfologica generale – Area di Progetto (scala 1:5.000)
- [32] GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.010.01 Mappa geologico-geomorfologica di dettaglio – Area di Centrale (scala 1:500)
- [33] GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.011.01 Sezione geologica generale del versante – Sezione A-A' (scala 1:2.000)
- [34] GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.012.01 Sezioni geologico-geotecniche trasversale e longitudinale della centrale (scala 1:500)
- [35] GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.004.00 Relazione Idrologica

10.5 Impianto di Valcimarra II - Progetto integrativo delle opere Civili (Studio Pietrangeli, 2022)

- [36] GRE.EEC.R.99.IT.H.17168.00.185.00 – Relazione Specialistica - Relazione geologica
- [37] GRE.EEC.R.99.IT.H.17168.00.186.00 - Carta Geologica - Geomorfologica (scala 1:5000)
- [38] GRE.EEC.R.99.IT.H.17168.00.187.00 - Geologia - Sezione A-A' (scala 1:2500)
- [39] GRE.EEC.R.99.IT.H.17168.00.188.00 - Carta Geologica - Geomorfologica (scala 1:1200)
- [40] GRE.EEC.R.99.IT.H.17168.00.189.00 - Geologia - Sezioni B-B' e C-C' (scala 1:1200)
- [41] GRE.EEC.R.99.IT.H.17168.00.190.00 - Geologia Sezione B-B' con indagini
- [42] GRE.EEC.R.99.IT.H.17168.00.230.00 - Rapporto d'Indagine - Relazione Geofisica