



Regione Lombardia



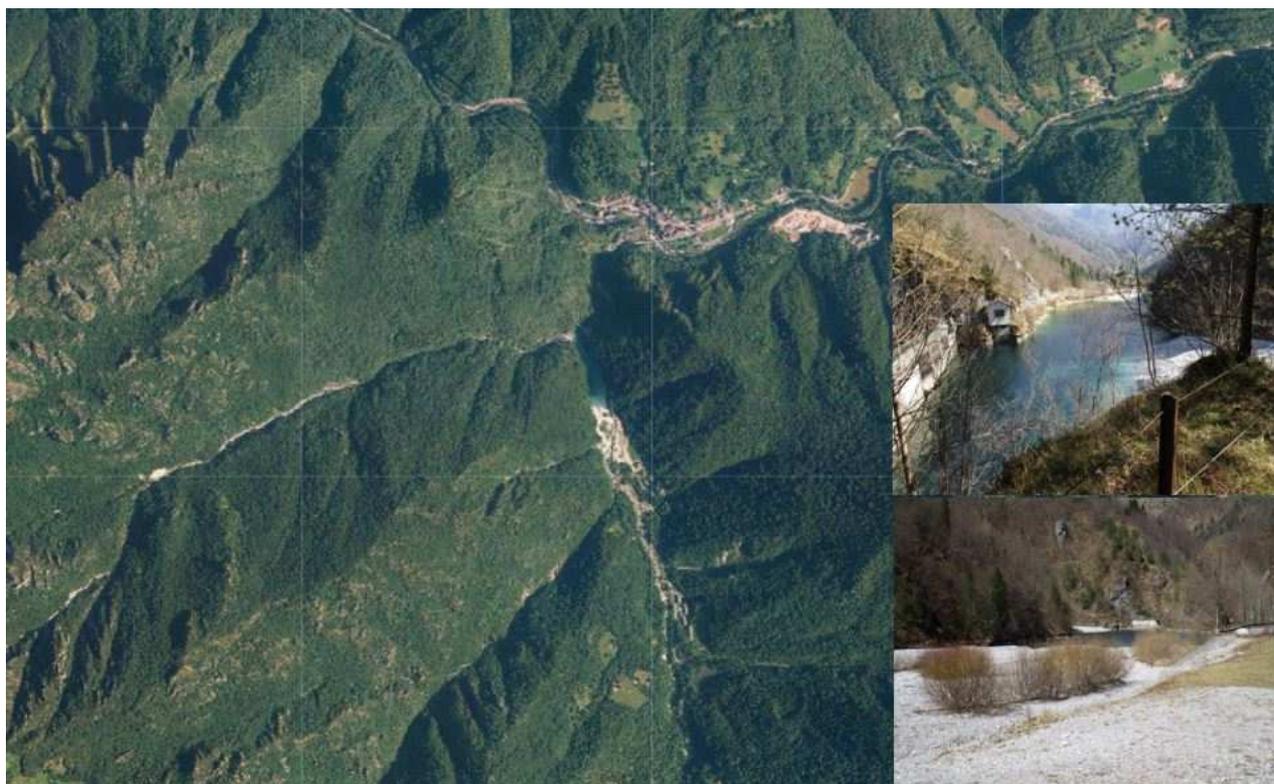
Provincia di Bergamo

COMUNE DI CASSIGLIO

Committente: "Italgen spa" – Via Kennedy, 1 – 24020 – Villa di Serio (BG)



IMPIANTO IDROELETTRICO DI OLMO AL BREMBO – DERIVAZIONE VAL STABINA



STUDIO DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DEL BACINO IDROGRAFICO A MONTE DELL'OPERA DI PRESA SUL TORRENTE STABINA E AFFERENTE ALL'INVASO DI CASSIGLIO (BG)

Pisogne, maggio 2019



Dott. Geol. Fabio Fenaroli

Fabio Fenaroli

Prima stesura

versione: rev.00

Via Giuseppe Palini, 5
25055 Pisogne (BS)
cell. 328.059.00.24
geologo.fenaroli@gmail.com



GEOLOGO
FABIO
FENAROLI

INDICE

1. PREMESSA	4
2. FASE DI RACCOLTA DATI	5
2.1. Componente geologica, idrogeologica e sismica vigente del PGT dei Comuni ricompresi nel bacino idrografico in esame	5
2.2. Aree a rischio idrogeologico molto elevato derivanti dalla classificazione del PGRA per l'area in esame	7
2.3. Bacino idrografico ricompreso nell'area a monte opera di presa.....	9
2.4. Bacino idrografico ricompreso nell'area a monte opera di presa.....	9
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DELLA ZONA DI INDAGINE	11
3.1. Localizzazione geografica	11
3.2. Inquadramento geologico e tettonico generale	11
3.3. Inquadramento geologico e stratigrafico di riferimento.....	13
3.4. Inquadramento climatico e aspetti pluviometrici dell'area in esame.....	18
4. SINTETICA DESCRIZIONE DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI PRODOTTI	20
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	22

TAVOLE CARTOGRAFICHE:

Tav. 01: Carta Geologica e strutturale (scala 1:20.000).

Tav. 02: Carta Geomorfologica e del dissesto idrogeologico (scala 1:20.000).

Tav. 03: Carta delle pendenze e dell'acclività di versante (scala 1:20.000).

Tav. 04: Carta dell'Uso del suolo e della copertura vegetazionale (scala 1:20.000).

1. PREMESSA

A completamento dell'incarico relativo allo "Studio geologico di supporto alla stesura del progetto di gestione dell'invaso di Cassiglio(BG) – Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo – Derivazione Val Stabina" realizzato su incarico della Società "Italgen spa" di Villa di Serio (BG) è stata realizzata la presente integrazione spontanea tesa ad inquadrare, dal punto di vista geologico, le problematiche territorialmente presenti nell'ambito del bacino idrografico posto a monte dell'opera di presa sul torrente Stabina ed afferente all'invaso di Cassiglio così da fornire al Committente un quadro esaustivo dello stato delle conoscenze attualmente disponibili e relative agli aspetti geologici / geomorfologici / idrogeologici dei sottobacini idrografici che si sviluppano a monte dell'opera di presa stessa (Fig. 1).



Fig. 1: ubicazione area di indagine compresa nel territorio comunale di Cassiglio (estratto carte di base scala 1:25.000; SiTer@ della Provincia di Bergamo).

Come si evince dalla figura 1 l'area d'indagine chiusa verso valle dall'opera di presa sul torrente Val Stabina risulta prevalentemente ricompresa nell'ambito dei territori comunali di Valtorta e Ornica oltre a lambire porzioni dei territori comunali di Cusio, Cassiglio, Vedeseta e Barzio.

Nel dettaglio le attività realizzate fanno riferimento alla:

- a) **Consultazione delle diverse fonti di natura bibliografica disponibili per l'areale in esame** con particolare attenzione a quanto indicato nel foglio CARG Lecco (076) della Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000) e nelle relative note illustrative, nella Carta Geologica della Provincia di Bergamo a cura del Servizio Territorio della Provincia di Bergamo (scala 1:50.000) oltre che alle informazioni ed alla documentazione di natura geologica presente sui geoportali della Provincia di Bergamo e della Regione Lombardia sia per gli aspetti geologici della pianificazione territoriale a scala comunale (componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT dei Comuni interessati) che sovracomunale (PTCP Provincia di Bergamo, PAI e PGRA).
- b) **Valutazione delle principali problematiche geologiche e di dissesto idrogeologico presenti** nell'areale in esame con restituzione cartografica alla scala 1:20.000 dei seguenti elaborati cartografici:
- **Tav. 01:** Carta Geologica e strutturale (scala 1: 20.000).
 - **Tav. 02:** Carta Geomorfologica e del dissesto idrogeologico (scala 1: 20.000).
 - **Tav. 03:** Carta delle pendenze e dell'acclività di versante (scala 1: 20.000).
 - **Tav. 04:** Carta dell'Uso del suolo e della copertura vegetazionale (scala 1: 20.000).
- c) **Stesura della presente relazione geologica di sintesi.**

2. FASE DI RACCOLTA DATI

2.1. Componente geologica, idrogeologica e sismica vigente del Piano di Governo del Territorio dei Comuni ricompresi nel bacino idrografico in esame.

L'area interessata dalla presente indagine rientra nell'ambito dei territori comunali di Valtorta e Ornica per la maggiore, e in porzione minore interessa anche i territori comunali di Cusio, Cassiglio, Vedeseta e Barzio. I suddetti comuni rientrano nel territorio della provincia di Bergamo, fatta eccezione per il comune di Barzio che rientra nel territorio della provincia di Lecco. Nei vari comuni risultano attualmente vigenti le seguenti documentazioni di natura geologica e più precisamente:

Nel comune di Valtorta

- “Componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della LR 11/03/2005 n. 12” del Gennaio 2009 a cura del dott. Geol. Sergio Ghilardi (O.G.L. 258);
- “Variante n.1 al PGT della Componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio in attuazione dell’art. 57 della LR 11/03/2005 n. 12” del Febbraio 2012 a cura del dott. Geol. Sergio Ghilardi (O.G.L. 258);
- “Variante n.2 al PGT della Componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio in attuazione dell’art. 57 della LR 11/03/2005 n. 12” del Giugno 2016 a cura del dott. Geol. Sergio Ghilardi (O.G.L. 258).

Nel comune di Ornica

- “PGT: adeguamento all’art. 4 LR n. 41/1997” del Gennaio 2001 con aggiornamenti nell’Ottobre 2004 e nel Luglio 2006 a cura del dott. Geol. Claudio Trovenzi;
- “PGT: aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica in attuazione della LR 11 marzo 2005 n.12” del Settembre 2015 a cura del dott. Geol. Stefania Cabassi (O.G.L. 1123).

Nel comune di Cusio

- “Studio geologico, idrogeologico e sismico del piano di governo del territorio, redatto ai sensi dell’art. 57 della LR 12/2005 e della DGR n. 8/7374 del 28/05/2008” dell’Aprile 2009 a cura del dott. Geol. Gianluca Boffelli con revisione nel Marzo 2010.

Nel comune di Cassiglio

- “Componente geologica ed ambientale per la pianificazione territoriale a livello comunale” dell’Ottobre 2000 a cura del dott. Geol. Marco Maggi (O.G.L. 826);
- “Adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio ai sensi della LR 11/03/2005 n.12” del Febbraio 2013 a cura del dott. Geol. Alessandro Chiodelli (O.G.L. 1361AP – sezioe A).

Nel comune di Vedeseta

- “Analisi della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio ai sensi dell’art. 57 della LR 12/2005 e DGR IX/2616/2011” del Settembre 2015 a cura del dott. Geol. Umberto Locati (O.G.L. 818) e versione definitiva a seguito approvazione PGT nel Marzo 2016.

Nel comune di Barzio

- “Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio ai sensi dell’art. 57 della LR 11 marzo 2005, n.12” dell’Agosto 2010 a cura del dott. Geol. Pierfranco Invernizzi con aggiornamento della carta di fattibilità geologica nell’Ottobre 2012.

Dalla consultazione della documentazione sopracitata e con particolare attenzione per gli aspetti che maggiormente impattano sulla tipologia di attività da effettuarsi per gli scopi della presente relazione sono stati considerati maggiormente i seguenti elaborati:

- Comune di Valtorta “Carta geomorfologica (tavola 3A e tavola 3B - scala 1:5000)” e “Carta del dissesto con legenda uniformata PAI (tavola 7 – scala 1:10000);
- Comune di Ornica “Analisi generale: elementi geomorfologici (tavola 2/a – scala 1:10000) e “Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI (tavola 10 – scala 1:10000)”
- Comune di Cusio “Carta della dinamica geomorfologica e dissesto (tavola 2 – scala 1:5000) e “Carta del dissesto con legenda uniformata PAI (tavola 3 – scala 1:5000);
- Comune di Cassiglio “Carta geomorfologica (tavola 2 – scala 1:10000) e “Carta del dissesto con legenda uniformata PAI (tavola 7 – scala 1:10000);
- Comune di Veduggio “Lineamenti geomorfologici (tavola GEO_03 – scala 1:10000) e “Zonazione del dissesto con legenda uniformata PAI (tavola GEO_11 – scala 1:10000);
- Comune di Barzio “Elementi geologici, geomorfologici e dinamica geomorfologica (tavola 1 – scala 1:10000) e “Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI (tavola 9 – scala 1:10000).

Oltre ai suddetti elaborati sono state consultate anche le Carte di Sintesi e dei Vincoli dei PGT comunali, oltre che per l’inquadramento geologico al quale si rimanda al capitolo 3 per la descrizione dettagliata, sono state consultati:

- Carta Geologica d’Italia – scala 1:50000, servizio geologico d’Italia dell’ISPRA – Regione Lombardia – Foglio CARG 076 “Lecco” e relative note illustrative.
- Carta geologica della provincia di Bergamo – scala 1:50000, a cura della Provincia di Bergamo, Dipartimento di scienze della terra dell’università degli studi di Milano, Centro di studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR.

Le informazioni contenute negli studi e nella documentazione bibliografica precedentemente citata è stata sintetizzata e riportata nei seguenti elaborati cartografici:

- **Tav. 01:** Carta Geologica e strutturale (scala 1: 20.000).
- **Tav. 02:** Carta Geomorfologica e del dissesto idrogeologico (scala 1: 20.000).

2.2. Aree a rischio idrogeologico molto elevato derivanti dalla classificazione del Piano di Gestione Rischio Alluvione nel bacino del Fiume Po (PGRA) per l'area in esame

A seguito della pubblicazione della D.G.R. X/6778 del 19 Giugno 2017 “ Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 del comitato istituzionale di bacino del fiume Po”, nell'ambito del territorio regionale è entrato in vigore il Piano di Gestione Rischio Alluvione (PGRA).

Quest'ultimo è stato predisposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Ora Distretto Idrografico) di comune accordo con le Regioni interessate, in attuazione del D. Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE (nota come “Direttiva Alluvioni”) ed è stato adottato con deliberazione n. 4 del 17/12/2015, approvato con deliberazione n. 2 del 03/03/2016 e n. 5 del 07/12/2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po e successivamente con DPCM 27/10/2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 30 del 6 Febbraio 2017). Nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni e viene stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree “alluvionabili”. Dalla consultazione della cartografia allegata al PGRA, l'area in esame è contraddistinta dalla presenza di criticità riferibili ad area di Pericolosità relative al Reticolo Secondario con individuazioni di diversi elementi antropici di rischio fra cui ovviamente anche la diga dell'invaso in questione (vedi Fig. 2 e 3).



Fig. 2: stralcio della mappa di pericolosità del PGRA relativa alle aree dei bacini idrografici afferenti all'opera di presa sulla Val Stabina.

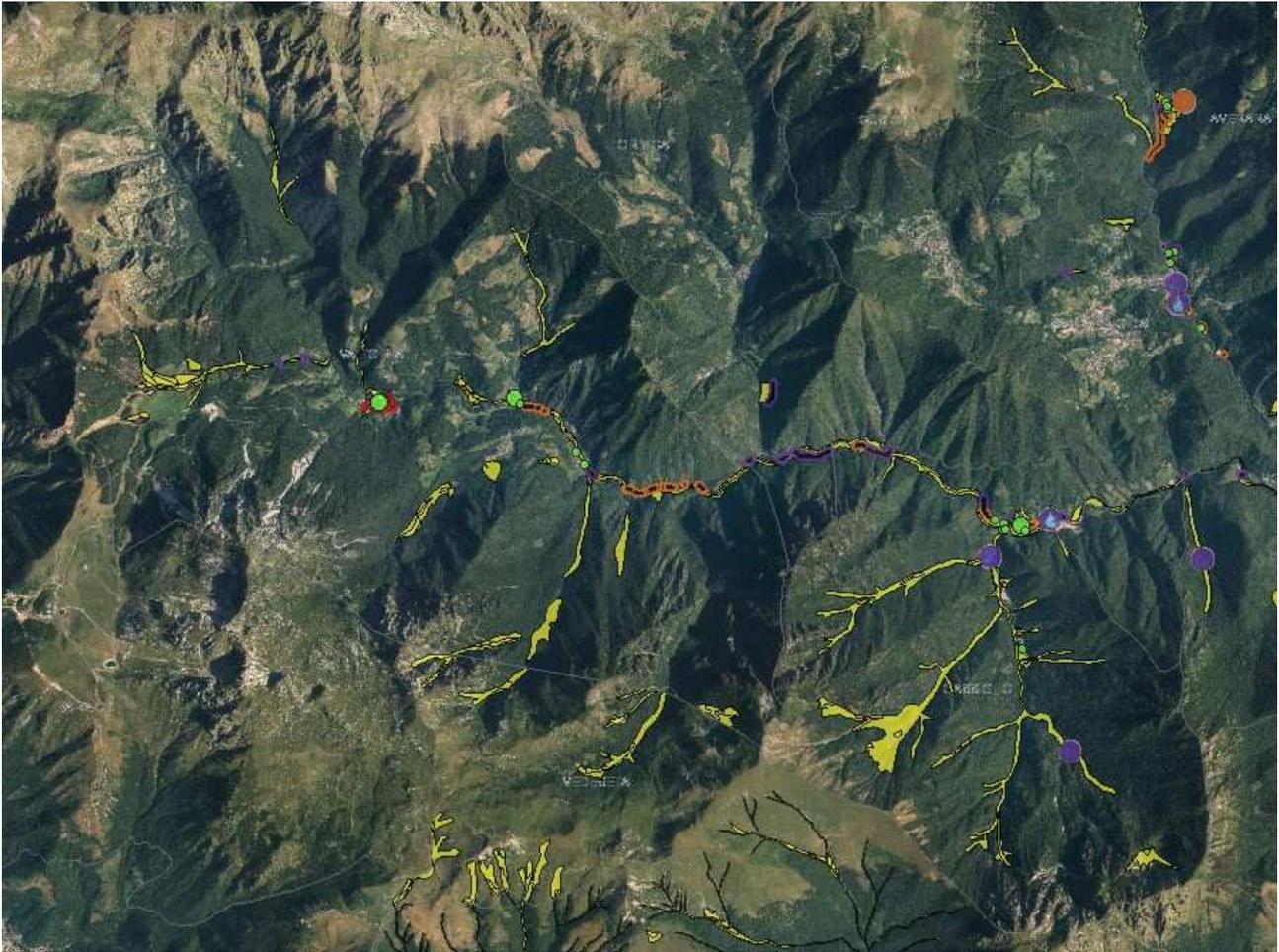


Fig. 3: stralcio della mappa del rischio del PGRA relativa alle aree dei bacini idrografici afferenti all'opera di presa sulla Val Stabina.

2.3. Bacino idrografico ricompreso a monte dell'opera di presa

Da informazioni di carattere bibliografico fornite dal Committente nel presente paragrafo si forniranno le informazioni relative al bacino imbrifero del torrente Stabina che alimenta l'invaso di Cassiglio. Il bacino imbrifero che alimenta la presa sullo Stabina ha un'estensione di 57 Km² ed è così delimitato:

- A Nord da Bocca di Trona, Lago Piazzotti (2213 m s.l.m.), Passo di Salmurano (2020 m s.l.m.);
- A Est da Monte Valletto (2370 m s.l.m.), Monte Avaro (2088 m s.l.m.), Pizzo di Cusio (1464 m s.l.m.);
- A Sud da Monte Aralalta (2003 m s.l.m.), Bocchetta di Regadur (1882 m s.l.m.), Monte Sodadura (2010 m s.l.m.), Cima di Piazza (2057 m s.l.m.);
- A Ovest da Zuccone dei Campelli (2158 m s.l.m.), Cima di Camisolo, Pizzo dei Tre Signori (2553 m s.l.m.).

Le principali caratteristiche geografiche, morfologiche e idrologiche del suddetto bacino imbrifero sono le seguenti:

superficie (A)	57 Km ²
Perimetro del poligono di chiusura (P)	34 Km
Orientamento prevalente	OE
Altitudine massima (H _{max})	2553 m s.l.m.
Altitudine della sezione di chiusa	630 m s.l.m.
Lunghezza dell'asta principale (L _{max})	6 Km

2.3.1. Portate disponibili e d'impianto (da documentazione tecnica Committente)

Per la valutazione del regime idrologico del corso d'acqua sono state analizzate le registrazioni orarie dei livelli d'acqua nel bacino a partire dal 2001. Conoscendo la quota e lo sviluppo dello sfioratore e l'altezza di sfioro, è stata calcolata la portata in ingresso, tenendo conto che il gruppo idroelettrico, in occasione di portate d'acqua eccedenti la massima dell'impianto, turbinò l'intera portata nominale (2,90 m³/s). Per semplice differenza si ha:

$$Q_{\text{ingresso}} = Q_{\text{sfioro}} + Q_{\text{impianto}}$$

La disponibilità in questo caso di misure dirette rappresenta un'informazione preziosa e comunque più attendibile di uno studio a carattere regionale, ovvero compiuto sulla base di dati riguardanti bacini limitrofi, anche in considerazione della scarsità di dati generalmente disponibili per le valutazioni in campo idrologico, le quali spesso vengono necessariamente condotte utilizzando informazioni indirette.

Altezza di sfioro sullo sfioratore a quota 626 m s.l.m. (cm)	Portata in ingresso (m ³ /s)
5	3,20
10	3,93
15	4,87

20	5,99
25	7,65
30	8,65
55	17,63
60 ¹	19,35
95 ²	35,78

Tabella 1 – Portate in ingresso nel bacino di Cassiglio (1) Registrato il 13 aprile 2002 (2)
Registrato il 5 maggio 2002.

Dalle registrazioni dei peli d'acqua risulta che presso la diga di Cassiglio si hanno sfiori dell'entità di circa 5 cm per 7 mesi all'anno per una durata di circa tre giorni.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DELLA ZONA DI INDAGINE

3.1. Localizzazione geografica

L'area analizzata nel presente studio (Fig. 4) si sviluppa nei territori comunali di Valtorta e Ornica per la quasi totalità dell'area del bacino, mentre in porzione minore interessa i comuni di Cusio, Cassiglio, Vedeseta e Barzio. Il bacino è percorso dal torrente Stabina fino all'opera di presa che immette acqua nell'invaso di Cassiglio e delimitato a Nord da Bocca di Trona, Lago Piazzotti (2213 m s.l.m.), Passo di Salmurano (2020 m s.l.m.); a Est da Monte Valletto (2370 m s.l.m.), Monte Avaro (2088 m s.l.m.), Pizzo di Cusio (1464 m s.l.m.); a Sud da Monte Aralalta (2003 m s.l.m.), Bocchetta di Regadur (1882 m s.l.m.), Monte Sodadura (2010 m s.l.m.), Cima di Piazza (2057 m s.l.m.); a Ovest da Zuccone dei Campelli (2158 m s.l.m.), Cima di Camisolo, Pizzo dei Tre Signori (2553 m s.l.m.).

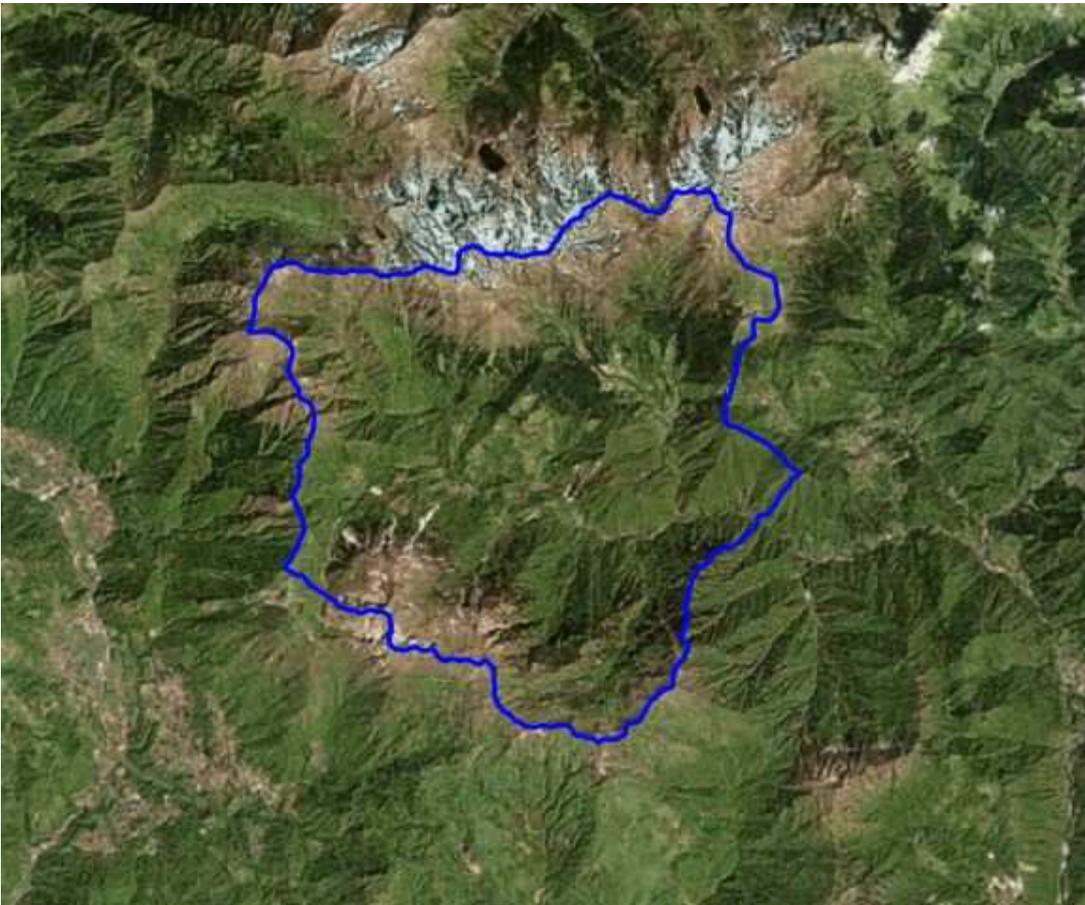


Fig. 4: Individuazione area d'interesse.

3.2. Inquadramento geologico e tettonico generale

L'area oggetto dello studio si posiziona all'interno di un contesto geologico abbastanza complesso, originato da diversi fenomeni tettonico-deformativi che hanno contribuito alla formazione delle litologie presenti, come si evince dalla consultazione del foglio CARG 076 "Lecco" (vedi fig.5) e dalla "Carta geologica della provincia di Bergamo". Da un punto

di vista geologico il settore settentrionale del bacino e del Foglio "Lecco" corrisponde all'Anticlinale Orobica, il più occidentale di quattro anticlinori disposti en échelon che in tutta la Lombardia si collocano al passaggio tra il Basamento Sudalpino e le coperture sedimentarie. Il Basamento Sudalpino affiora al nucleo dell'Anticlinale Orobica tra Prato S. Pietro (Valsassina) e Ornica. Si tratta di paragneiss e micascisti a quarzo, feldspati, biotite, clorite e muscovite, che includono rari relitti di cianite e possono essere interpretati come i prodotti di un metamorfismo barroviano, seguito da retrocessione nella facies degli scisti verdi. Tra Prato S. Pietro e Valtorta, il basamento metamorfico ospita una serie di intrusioni delle quali la più nota e volumetricamente più importante è la Granodioriti della Val Biandino. L'evoluzione paleogeografica della successione sedimentaria ha inizio nel Permiano con la formazione dei bacini continentali subsidenti in seno all'orogene varisco. Sono interpretati come connessi al collasso estensionale dell'orogene stesso oppure come la conseguenza dei grandi movimenti transtensionali che interessarono la fascia di contatto tra Laurasia e Gondwana. A una fase di attività vulcanica parossistica, testimoniata dai depositi di flusso piroclastico che segnano la base della vulcanite del Monte Cabbianca, segue l'affermarsi di ambienti lacustri (formazione del Pizzo del Diavolo) delimitati da apparati di conoide. Su questi depositi poggiano, in discordanza angolare, i conglomerati del Verrucano Lombardo. Segue, a partire dal Triassico, un'ingressione marina che porta alla diffusione di ambienti marini epicontinentali a sedimentazione mista (Servino, Carniola di Bovegno), al cui tetto la successione sedimentaria delle Orobie si interrompe per troncatura tettonica. Dal punto di vista strutturale, l'**Anticlinale Orobica** si pone in contatto tettonico con il sistema delle falde tettoniche con terreni di età mediotriassica e norica lungo due importanti lineamenti: la base del thrust della Grigna settentrionale verso O e la Faglia di Valtorta verso E. Nell'insieme, il substrato roccioso è ammantato da coltri di depositi di versante e glaciali di spessore generalmente modesto. I versanti sono acclivi ma ben modellati.

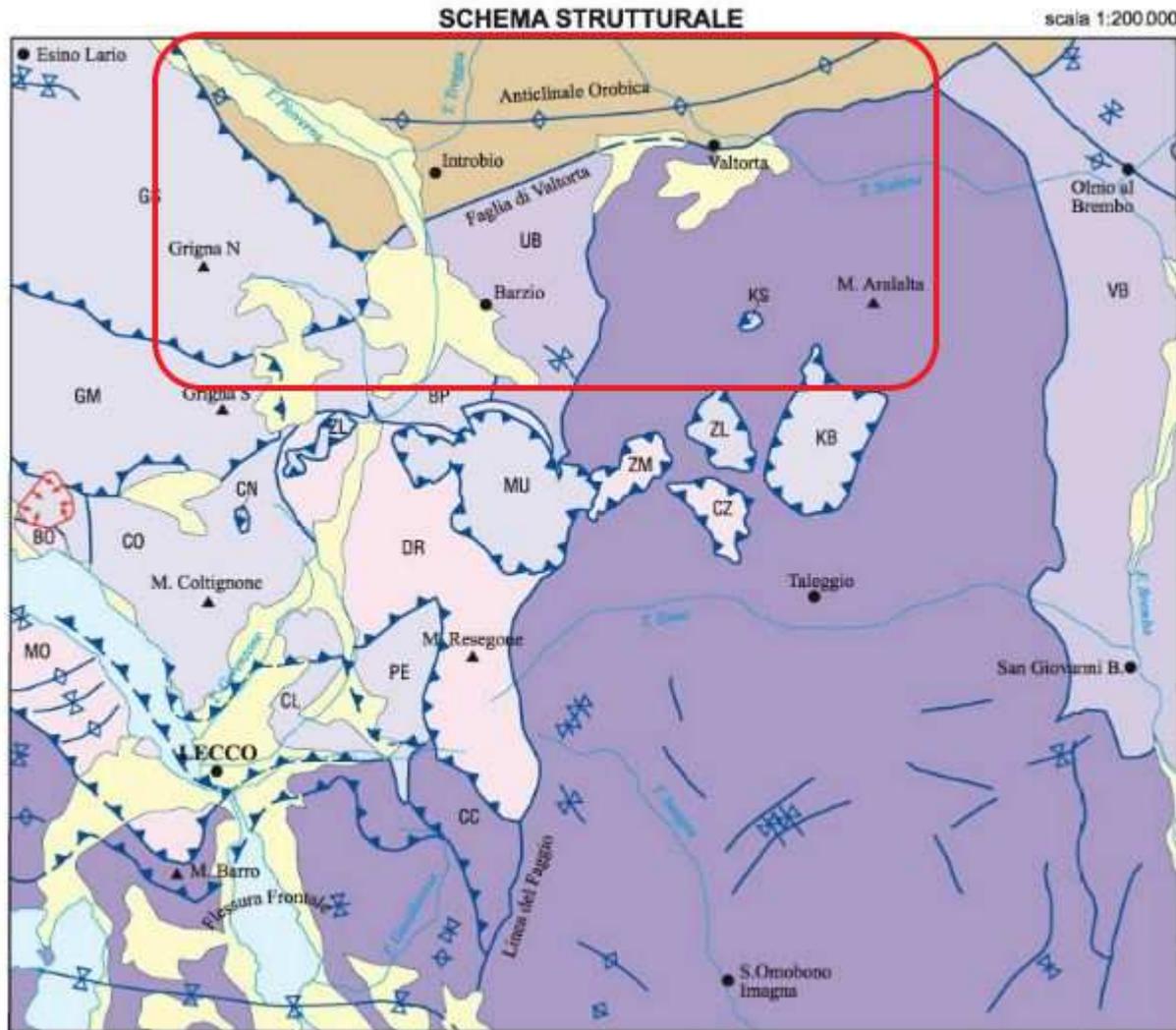


Fig. 5: schema di inquadramento tettonico e strutturale con ubicazione areale di indagine (da Foglio CARG 076 “Lecco”).

Quest’area ricade interamente nel dominio strutturale delle Alpi Meridionali o Sudalpino e il suo assetto geologico è stato determinato dall’orogenesi alpina, ovvero dalla collisione dei margini della placca europea con quella africana (o Adria) dopo la chiusura dell’oceano Tetide che le separava, e dall’attività tettonica successiva che vede per l’areale in esame e l’applicazione del metodo delle sezioni bilanciate consente di stimare un raccorciamento complessivo in senso N-S, legato alla tettonica Alpina di accavallamento, nell’ordine degli 80Km. L’applicazione del metodo su una serie di transetti nell’ambito delle Alpi Meridionali consente di correlare temporalmente le maggiori fasi di deformazione e di datarle, in senso relativo, rispetto all’intrusione del batolite dell’Adamello. Con questo procedimento indiretto è possibile stimare che, nell’area del Foglio CARG in esame, 24Km di raccorciamento crostale i sono prodotti in tempi pre-Adamello (“fase Eoalpina” e “Mesoalpina”) mentre i rimanenti 56Km sarebbero da ricondurre a una tettonica post-Adamello (“Fase neoalpina”).

Per quanto attiene all’evoluzione paleogeografica del contesto in esame si inserisce nell’ambito di quella del settore centrale dell’area del Foglio CARG Lecco e che si estende grosso modo dall’allineamento “Prato S. Pietro – Introbio –

Valtorta – Averara” sino all’allineamento “Civate-Galbate-Carenno” e che è contraddistinto da litotipi sedimentari di età mesozoica, tra i quali prevalgono le dolomie e i calcari del Triassico ed i calcari selciferi del Giurassico. L’evoluzione di questa parte della successione ha inizio nel Triassico medio (Anisico), quando una baia marina a sedimentazione carbonatica (Calcare di Angolo) riceveva ancora cospicui apporti terrigeni dal basamento metamorfico esposto a NO (Formazione di Bellano). Una successiva ingressione marina, nell’Anisico superiore, porta al progressivo esaurimento degli apporti terrigeni e all’impostarsi di una grande piattaforma carbonatica (calcare di Esino, Ladinico), disarticolata da solchi intrapiattaforma in cui si deponivano torbidi calcaree (calcare di Perledo-Varenna), talora miste a detrito neovulcanico (Formazione di Buchenstein, Formazione di Wengen). Una superficie di emersione, localmente mineralizzata a piombo e zinco (Piani Resinelli), segna la sommità del Calcare di Esino e il passaggio al Carnico, caratterizzato dapprima da facies di piattaforma carbonatica poco profonda (Formazione di Breno, Calcare Metallifero Bergamasco) e poi dalla progradazione di un apparato deltizio-lagunare (arenaria di Val Sabbia, formazione di Gorno) legato all’impostarsi di un arco vulcanico a S. Il ritorno a condizioni di piattaforma, è testimoniato dalla complessa associazione litologica della Formazione di San Giovanni Bianco. Con il Norico torna ad affermarsi una grande piattaforma carbonatica (Dolomia Principale), il cui annegamento, con deposizione di sedimenti per lo più lutitici su fondali scarsamente ossigenati (**Gruppo dell’Aralalta**), è interpretato come un prodromo della futura apertura della Tetide Alpina. Una lenta tendenza regressiva segna tuttavia il progressivo ritorno a facies di piattaforma carbonatica poco profonda (Calcare di Zù, Formazione dell’Albenza già Dolomia a Conchodon, Norico sommitale – Hettangiano inferiore) e solo con il Calcare di Sadrina (Hettangiano) riprendono i segnali di quell’annegamento che diventerà definitivo a partire dal Sinemuriano, come testimonia la cospicua massa di calcari selciferi del Gruppo del Medolo.

Nel settore in esame le forti differenze reologiche che interessano i litotipi della successione triassica hanno avuto un ruolo chiave nella strutturazione della pila di sovrascorrimenti alpini, determinando nell’insieme una tettonica di tipo *thimskinned*. I piastroni carbonatici del Calcare di Esino e della Dolomia Principale hanno infatti accusato una deformazione interna, che si concentra sotto forma di faglie inverse (rampe) lungo i passaggi laterali di facies e i limiti piattaforma-bacino, mentre le formazioni evaporitiche (Carniola di Bovegno e Formazione di San Giovanni Bianco) e le argilliti norico-retiche hanno agito da lubrificanti tettonici, favorendo l’impostarsi di superfici di accavallamento piane (flats) nell’ambito di edifici a *thrust* limitati alla crosta superiore e con geometria d’insieme tipo *ramp-and-flat*.

3.3. Inquadramento geologico e stratigrafico di riferimento.

Per quanto riguarda il contesto geologico e stratigrafico di riferimento per l’area in esame, dalla documentazione relativa al Foglio CARG 076 “Lecco” e dalla “Carta geologica della provincia di Bergamo” nonché dalle informazioni desunte dal geoportale della Provincia di Bergamo e della Regione Lombardia si può asserire che nell’area in esame risulterebbero affiorare principalmente i litotipi riferibili al **Gruppo dell’Aralalta** al **Gruppo dei Laghi Gemelli** e al **Basamento cristallino delle Alpi Meridionali** (vedi figura 6) e più precisamente:

Gruppo dell’Aralalta:

- **Dolomia Principale (DPR e DPR₅)**: Trattasi di Dolomicriti e doloareniti (DPR) da grigio-scure a biancastre, da microcristalline a saccaroidi. Strati spessi e sovente poco distinti, organizzati in ciclotemi. Frequenti livelli con laminazione stromatolitica, intercalazioni di livelli di breccie intraformazionali, i banchi doloarenitici sono frequentemente bioclastici. Locali biocostruzioni (Ostreidi, Serpulidi e microbialiti). Depositi di piana carbonatica peritidale con spessore tra 900 e 1500m. Il Membro inferiore (DPR₅) è caratterizzato da dolomicriti e subordinatamente doloareniti di colore da grigio scuro a nerastro, con laminiti algali a stratificazione sottile. A Cassiglio rare breccie intraformazionali e rarissimi straterelli arenacei (DPR₅). Norico inferiore – medio.
- **Dolomie Zonate (DZN e DZN_a)**: Trattasi di Doloruditi a clasti centimetrici e doloareniti laminate e gradate, da grigio-chiaro a nerastro o rosso cupo, in strati medi medi e spessi, fetidi, organizzati in sequenze torbiditiche distali (DZN). Ambiente subtidale entro bacino intrapiattaforma. Spessore 0 – 220m. Litofacies a breccie prevalenti (DZN₂): breccie dolomitiche da grigiastre a ocracee, megabreccie e doloareniti in corpi lenticolari massivi o in strati amalgamati, con olistoliti riccamente bioclastici. Spessori ridotti alla sommità della piattaforma carbonatica, spessori più consistenti e brusche variazioni laterali sui pendii antistanti al margine di piattaforma. Norico medio.
- **Calcarea di Zorzino (ZOR)**: Calcari micritici e calcareniti di colore scuro, ad abbondante sostanza organica, in lamine e strati sottili. Sequenze torbiditiche distali e intercalazioni di marne nere. Localmente abbondanti resti di vertebrati nella parte sommitale. Bacino confinato intrapiattaforma. Spessore 0 – 400m. Norico Medio.
- **Formazione di San Giovanni Bianco (SGB)**: Alternanze di arenarie rosse e peliti policrome, dolomie impure giallastre, talora cariate e subordinati calcari grigi. Localmente sono presenti lenti di gesso (Santa Brigida, Moggio). Delta interdigitato con piana costiera poco profonda passante a sabkha. Spessore massimo 200m. Carnico Superiore – Norico basale.
- **Calcarea Metallifero Bergamasco (CMB)**: Calcari micritici ben stratificati grigio scuro, spesso stromatolitici. Sottili intercalazioni di marne scure, rari interstrati tufacei sottili e tempestiti bioclastiche ad alghe dasycladacee. Nella parte superiore localmente mineralizzazioni stratoconcordanti a Pb, Zn, Fl e Qz. Laguna costiera e piana tidale. Spessore da pochi metri a 80m. Carnico inferiore.
- **Formazione di Breno (BRE)**: Calcari grigi ben stratificati, organizzati in cicli peritidali con alla sommità livelli stromatolitici ricchi di fenestrate. Comuni oncoidi e livelli bioclastici. Il contenuto fossilifero è limitato a rare alghe dasycladacee e foraminiferi. Piattaforma carbonatica peritidale. Spessore 0 – 130m. Carnico inferiore.
- **Calcarea di Perledo-Varenna (CPV)**: Calcari micritici scuri, in strati da centimetrici a decimetrici, ricchi di materia organica, con laminazioni e gradazioni. Frequenti strutture da scivolamento sinsedimentario e sottili intercalazioni tufacee. Bacino confinato intrapiattaforma poco profondo. Spessore > 250m. Ladinico.
- **Calcarea di Esino (ESI e ESla)**: Calcari, calcari dolomitici e dolomie di colore da grigio a nocciola, massivi o in strati spessi, ricchi di stromatoliti, concoidi e talli di alghe dasycladacee. Piattaforma carbonatica con numerosi sub-ambienti. Spessore medio 800m, minimo 250m, massimo 1200m. Litofacies di margine e pendio (ESla), calcari massivi con biocostruzioni e breccie carbonatiche intraformazionali. Anisico superiore – Ladinico.

- **Calcare di Angolo (ANG):** Calcari e calcari marnosi grigio scuri, in strati decimetrici suddivisi da lamine di marna siltosa micacea. Significative le variazioni laterali e verticali. Baia marina poco profonda con significativi apporti terrigeni ad Ovest. Spessore da decine fino a oltre 300m. Anisico inferiore – medio.
- **Carniola di Bovegno (BOV):** Dolomie cavernose massicce di colore per lo più giallastro, con rare geodi evaporitiche e ciottoletti di siltite policroma; localmente (Averara, Ponte della Folla) frequenti intercalazioni di siltiti e arenarie fini quarzoso-micacee. Ambiente di sabkha. Spessore circa 50m. Olenekiano superiore – Anisico inferiore.
- **Servino (SRV):** Ricca associazione di litotipi terrigeni e carbonatici, riferibili ad ambienti di delta-conoide, piana tidale e piattaforma, localmente ricchi di fossili marini. Spessore medio 150m. Litofacies prevalentemente carbonatica (SRVb) marne dolomitiche policrome e dolomie arenacee per lo più giallastre, fossilifere a gasteropodi, bivalvi e ammonioidi. Rampa mista carbonatica/terrigena. Litofacies prevalentemente silicoclastica (SRVa) arenarie quarzose e siltiti quarzoso-micacee, ben stratificate, fossilifere a bivalvi. Ambiente litorale ad alta energia, da piana tidale sabbiosa a delta-conoide distale. Induiano – Olenekiano.
- **Verrucano Lombardo (VER):** Conglomerati massivi passanti ad arenarie spesso a stratificazione incrociata e siltiti micacee. Colore d'insieme rosso cupo, localmente verde pallido per effetti di riduzione. Ambiente fluviale prevalentemente braided. Spessore 40 – 300m. Permiano medio – superiore.

Gruppo dei Laghi Gemelli:

- **Formazione del Pizzo del Diavolo (FPZ):** Depositi terrigeni e vulcanoclastici continentali (“Formazione di Collio superiore” Auct). Arenarie di colore da grigio a verdino, a grana per lo più medio-fine e ricche di strutture sedimentarie in strati decimetrici ben distinti, passanti a intervalli centimetrici di peliti scure per gradazione normale alla scala dello strato. Frequenti orme di tetrapodi. Ambiente continentale di delta-conoide e bacini lacustri. Spessore 0 – 600m. Alternanze di epiclastiti e vulcaniti: arenarie vulcaniche, siltiti micacee e conglomerati, di colore da grigio verdastro a nerastro, ocraceo in alterazione, con subordinati intercalazioni di vulcaniti ignimbriche e di colate andesitiche. Rari bivalvi continentali mal conservati. Spessore 0 – 600m. Permiano inferiore.
- **Vulcanite del Monte Cabianca (VUC):** Tufi rinsaldati e ignimbriti di chimismo da intermedio ad acido, con struttura per lo più massiccia e colore da biancastro a rosso cupo. (“Formazione di Collio inferiore” Auct.). Tufi laminati (epiclasti e breccie vulcaniche intraformazionali): breccie vulcaniche rossastre, localmente (Introbio) ricoperte da livelli tufacei nerastri, ricchi di strutture sedimentarie (VUCa). Effusioni vulcaniche in contesto continentale. Spessore 0 – 250m. Permiano inferiore.

Basamento cristallino delle Alpi Meridionali:

- **Quarzodiorite di Val Biandino (BAN):** Prevalenti dioriti, quarzodioriti e granodioriti melanocrate, ricche in biotite, a grana per lo più minuta, localmente orientate in prossimità della roccia incassante ma prive di scistosità varisca. Quarzodioriti grossolane, con biotite lamellare, presso Cortabbio. Localmente si intercalano filoni leucogranitici e aplitici (non cartografabili). Carbonifero superiore – Permiano inferiore.

- **Gneiss di Morbegno (MOB):** Paraderivati a quarzo-plagioclasio-biotite-clorite-muscovite, con relitti di granato, staurolite e cianite e rara cordierite, andalusite e sillimanite nelle aureole di contatto; localmente frequenti le vene di quarzite, livello milonitizzati e limitati corpi di paragneiss anfibolitico (non cartografabili). Pre – Westfaliano.

Per quanto riguarda i depositi continentali neogenico – quaternari nelle aree di fondovalle del bacino troviamo depositi riferibili a:

- **Unità Postglaciale del Sintema del Po (POI):** Depositi di origine glaciale, di versante, fluviale, lacustre di conoide, palustre e di torbiera, chimici e di ambiente misto. Pleistocene superiore – Olocene;
- **Gruppo di Prato Grande (GR):** Depositi di versante non cementati, alterati. Pleistocene medio – superiore.

Unità del bacino del Brembo:

- **Supersintema di Lenna (LE):** Diamicton massivo a supporto di matrice con ciottoli e blocchi: depositi glaciali. Ghiaie a supporto clastico o di matrice, ciottoli arrotondati o sudarrotondati: depositi alluvionali. Diamicton a clasti spigolosi: depositi di versante. Superficie limite superiore caratterizzata da: morfologie ben conservate, copertura loessica assente, profilo di alterazione poco evoluto con profondità massima del fronte di decarbonatazione inferiore a 2m. Colore 10YR. Cementazione solo locale. Pleistocene superiore.

Unità del bacino dell'Adda

- **Sintema di Cantù (LCN):** Diamicton massivo a supporto di matrice, non sovraconsolidato: till di ablazione. Diamicton massivo a supporto di matrice; clasti calcarei dominanti, subangolari, striati, a “ferro da stiro”; sovraconsolidato: till di alloggiamento. Diamicton massivo a supporto di clasti; clasti allineati, immergenti in senso opposto al versante: till di colata. Sabbia con clasti sparsi e ghiaia fine a supporto dei clasti; laminazione pianoparallela orizzontale e obliqua da barra: depositi fluvioglaciali. Limo argilloso e limo sabbioso in lamine millimetriche piano parallele; dropstone, till di colata e depositi di torbida intercalati: depositi lacustri margino-glaciali. Diamicton massivo a clasti cristallini alterati; ghiaie costituite da clasti carbonatici, angolosi, a supporto di clasti, immergenti secondo il versante: depositi di versante. Superficie limite superiore caratterizzata da profilo di alterazione di spessore inferiore ai 2m, colore 10YR, morfologia ben conservata. Limite inferiore costituito da superficie di erosione.
- **Sintema dei Piani di Bobbio (LBB):** Diamicton massivo a supporto di matrice, con clasti esclusivamente carbonatici: depositi glaciali. Ghiaie a ciottoli ben arrotondati, supporto clastico e subordinate sabbie a laminazione obliqua e parallela: depositi fluvioglaciali e/o alluvionali. Diamicton a ciottoli e blocchi spigolosi, matrice assente e supporto clastico, in corpi stratoidi e lenticolari clinostratificati: depositi di versante. Pleistocene superiore.

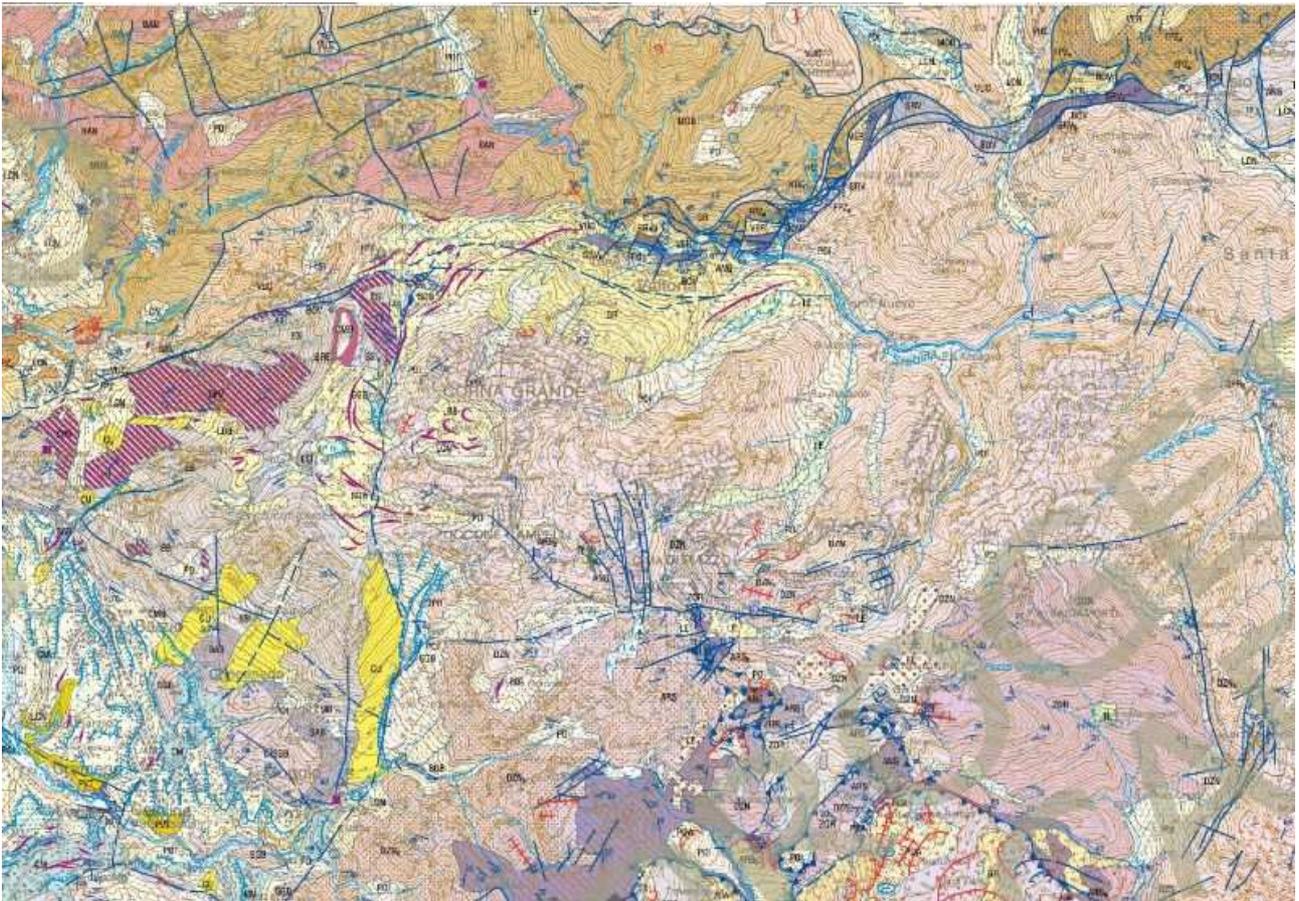


Fig. 6: stralcio carta geologica per l'area di indagine (da Foglio CARG 076 "Lecco").

3.4. Inquadramento climatico e aspetti pluviometrici dell'area in esame.

Per quanto riguarda gli aspetti climatologici si farà prevalentemente riferimento a quanto indicato per l'area di indagine nel volume "Atlante dei climi e microclimi della Lombardia" edito nel 2011 dal Centro Meteorologico Lombardo.

Il clima dell'area di nostro interesse risulta influenzato dalla presenza della barriera orobica, che raggiunge con tre cime i 3000 metri, e fa sì che le correnti settentrionali non apportino mai precipitazioni, e anche le invasioni di aria fredda da est non riescono a penetrare nelle zone più interne delle vallate principali relegando gli eventuali fenomeni alla fascia pedemontana e prealpina prospiciente la Pianura Padana. L'intero complesso orobico è invece sede della maggior concentrazione di inneschi temporaleschi di natura orografica: in qualunque regime di circolazione, se le condizioni termodinamiche sono favorevoli alla convezione, questa si innesca alla testa delle valli bergamasche, favorita dal surriscaldamento dei versanti esposti al sole nonché dal fatto che si sommano i contributi delle brezze di valle provenienti da sud e da nord. L'area di maggior piovosità è quella più occidentale, comprendente l'alta Val Brembana e i massicci dell'Alben e dell'Arera, grazie all'orientamento delle valli e alla maggiore elevazione delle cime. Secondo quanto riportano gli studi della Comunità Montana della Val Brembana (www.vallebrembana.bg.it) "il rischio idraulico in valle è elevato anche se la presenza di numerosi bacini artificiali a monte permette una buona regimazione delle acque

anche in caso di eventi estremi; numerosi inoltre sono stati gli interventi di messa in sicurezza dopo l'alluvione del 1987. Il dissesto è un fenomeno diffuso in tutta la valle; in particolare i principali squilibri sono costituiti da frane di crollo e fenomeni di conoide che interessano centri abitati e infrastrutture”.

Secondo i dati forniti dall'Arpa sulle precipitazioni giornaliere (espresse in mm) nell'anno 2018 nella stazione pluviometrica di Valtorta (Fig. 7) presa a riferimento e che risulta essere la più significativa nell'area di nostro interesse, in media sono caduti circa 5.7 mm di pioggia al giorno. Come si può notare dal grafico che mostra le precipitazioni riguardanti l'intero anno 2018 i picchi di maggiore intensità di pioggia si hanno nel periodo autunnale e primaverile, evidente è l'evento straordinario dei giorni 27, 28 e 29 ottobre 2018.

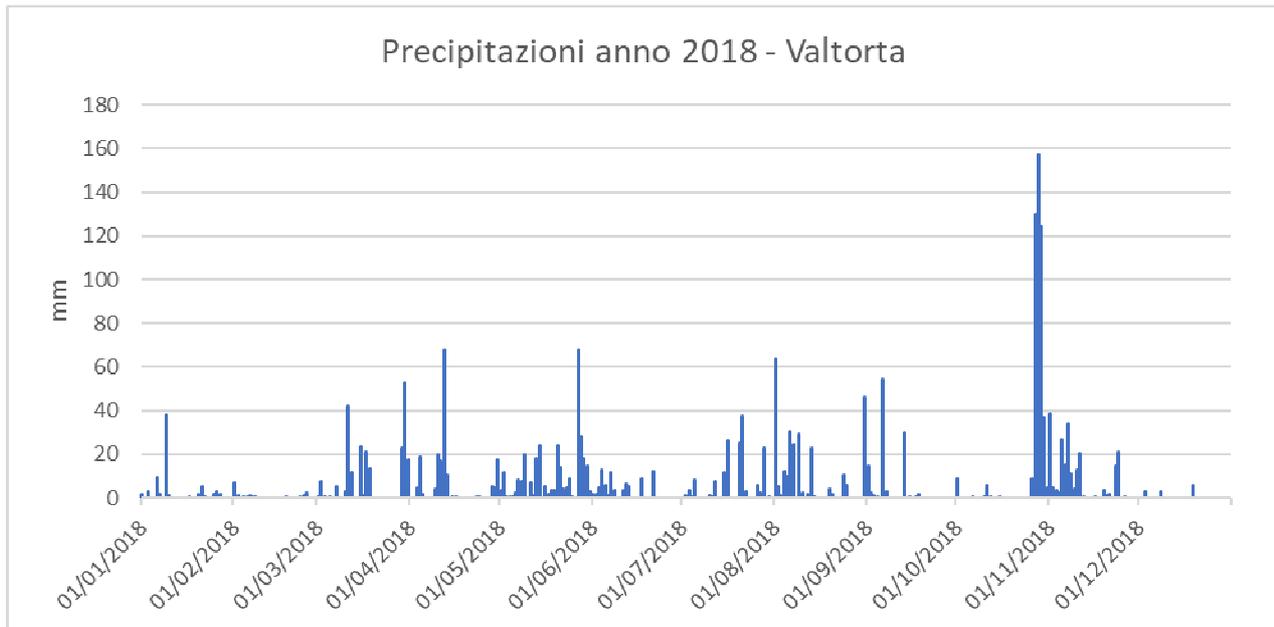


Fig. 7: Regime precipitazionale alla stazione pluviometrica di Valtorta per l'anno 2018 (ARPA Lombardia).

4. SINTETICA DESCRIZIONE DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI PRODOTTI.

Gli elementi cartografici elaborati si riferiscono al bacino idrografico del torrente Stabina, fino all'opera di presa nel torrente stesso che trasporta acqua nell'invaso di Cassiglio. Lo sfondo cartografico di riferimento, utilizzato per tutti gli elaborati, si riferisce al database topografico della Regione Lombardia, scaricato dal Geoportale della Regione. Di seguito saranno sinteticamente descritte le informazioni utilizzate per la stesura degli elaborati cartografici e più precisamente:

- Tav. 01 – Carta geologica e strutturale (scala 1:20.000): derivante dall'analisi del Foglio 076 "Lecco" del progetto CARG realizzato dal Servizio Geologico d'Italia (ISPRA) e dalla "Carta geologica della provincia di Bergamo". Per quanto riguarda la geologia (per maggior dettagli si rimanda ai capitoli 3.2. e 3.3.) nel bacino oggetto del seguente studio si ritrovano litologie facenti parte del Basamento cristallino delle Alpi Meridionali affioranti nella parte N-NW dell'area in studio, e della successione sedimentaria Triassica (in particolare Dolomia Principale) nella parte S-SE. Le due litologie che affiorano maggiormente sono la Dolomia Principale e gli Gneiss di Morbegno.
- Tav. 02 – Carta geomorfologica e della dinamica geomorfologica (scala 1:20.000): derivante dalla consultazione dei Piani di Governo del Territorio (in particolare carte geomorfologiche e del dissesto con legenda uniformata PAI) dei comuni rientranti nel bacino considerato. Le aree di frana attiva occupano circa il 26% dell'area totale del bacino e si impostano maggiormente sui versanti più acclivi.
- Tav. 03 – Carta delle pendenze e dell'acclività di versante (scala 1:20.000): derivante dall'elaborazione del Modello Digitale del Terreno (DTM 5x5m) della provincia di Bergamo e Lecco e scaricato dal Geoportale di Regione Lombardia. Il territorio del bacino in esame è stato classificato in base alle pendenze del terreno (esprese in percentuale) per evidenziare le situazioni di maggiore acclività. Gran parte del territorio del bacino, precisamente il 31.69%, risulta avere una pendenza maggiore dell'80%.
- Tav. 04 – Carta dell'uso del suolo e della copertura vegetazionale (scala 1:20.000): derivante dall'elaborazione della banca dati relativa all'uso del suolo del progetto DUSAF (Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali) per tutte le provincie della Lombardia aggiornata al 2015. L'area del bacino oggetto dello studio risulta per la maggior parte caratterizzato dalla presenza di "boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo", quasi il 36%, "Praterie naturali d'alta quota in assenza di specie arboree ed arbustive" quasi il 18% e "Boschi di conifere a densità media e alta" quasi il 14% dell'area del bacino in esame. Il contesto geologico strutturale dell'area di indagine vede la presenza quasi continuativa, in tutto l'areale investigato, di affioramenti rocciosi afferenti alla formazione litostratigrafica della "Dolomia Principale" che con continuità affiora uniformemente partendo dal fondovalle principale e lungo i pendii dei versanti orografici contigui con l'eccezione delle porzioni apicali sia della Valle dei Faggi, della Valle Gazonera e della Valle di Cassiglio, dove si rinvencono litotipi afferenti alla formazione litostratigrafica delle Dolomie Zonate e del calcare di Zorzino mentre nella valle afferente al Canale del Chignolo si

conferma la presenza di affioramenti roccioso riferibili alla Dolomia Principale anche per le porzioni sommitali del sottobacino idrografico.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A completamento dell'incarico relativo allo "Studio geologico di supporto alla stesura del progetto di gestione dell'invaso di Cassiglio(BG) – Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo – Derivazione Val Stabina" realizzato su incarico della Società "Italgen spa" di Villa di Serio (BG) è stata realizzata la presente integrazione spontanea tesa ad inquadrare, dal punto di vista geologico, le problematiche territorialmente presenti nell'ambito del bacino idrografico posto a monte dell'opera di presa sul torrente Stabina ed afferente all'invaso di Cassiglio così da fornire al Committente un quadro esuastivo dello stato delle conoscenze attualmente disponibili e relative agli aspetti geologici / geomorfologici / idrogeologici dei sottobacini idrografici che si sviluppano a monte dell'opera di presa stessa (Fig. 1).

Nel dettaglio le attività realizzate per la stesura della presente relazione hanno fatto riferimento alla:

- d) **Consultazione delle diverse fonti di natura bibliografica disponibili per l'areale in esame** con particolare attenzione a quanto indicato nel foglio CARG Lecco (076) della Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000) e nelle relative note illustrative, nella Carta Geologica della Provincia di Bergamo a cura del Servizio Territorio della Provincia di Bergamo (scala 1:50.000) oltre che alle informazioni ed alla documentazione di natura geologica presente sui geoportali della Provincia di Bergamo e della Regione Lombardia sia per gli aspetti geologici della pianificazione territoriale a scala comunale (componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT dei Comuni interessati) che sovracomunale (PTCP Provincia di Bergamo, PAI e PGRA).
- e) **Valutazione delle principali problematiche geologiche e di dissesto idrogeologico presenti** nell'areale in esame con restituzione cartografica alla scala 1:20.000 dei seguenti elaborati cartografici:
- **Tav. 01:** Carta Geologica e strutturale (scala 1: 20.000).
 - **Tav. 02:** Carta Geomorfologica e del dissesto idrogeologico (scala 1: 20.000).
 - **Tav. 03:** Carta delle pendenze e dell'acclività di versante (scala 1: 20.000).
 - **Tav. 04:** Carta dell'Uso del suolo e della copertura vegetazionale (scala 1: 20.000).
- f) **Stesura della presente relazione geologica di sintesi.**

Si resta comunque a disposizione per eventuali approfondimenti d'indagine nonché per presenziare, se ritenuto necessarie, ad eventuali sopralluoghi congiunti con i referenti tecnici del Committente nonché con i funzionari delle Autorità preposte alla valutazione dei contenuti del presente studio.

Pisogne, maggio 2019



Dott. Geol. Fabio Fenaroli

Fabio Fenaroli

Ha collaborato: Dott.ssa Sonia Botticchio.

COMMITTENTE: "Italgen spa" – Via Kennedy, 1 - 24020 – Villa di Serio (BG)

IMPIANTO IDROELETTRICO DI OLMO AL BREMBO – DERIVAZIONE STABINA

STUDIO DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DEL BACINO IDROGRAFICO A MONTE DELL'OPERA DI PRESA SUL TORRENTE VAL STABINA E AFFERENTE ALL'INVASO DI CASSIGLIO