



Comune di BRENTA
(Provincia di Varese)

**STUDIO RELATIVO ALLA COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO
DEL TERRITORIO (P.G.T.) AI SENSI DELLA L.R. 12/2005
E SECONDO I CRITERI DELLA D.G.R. N. 8/7374/08**

RELAZIONE TECNICA

PARTE PRIMA

RELAZIONE GEOLOGICA ILLUSTRATIVA



Luglio 2010

Revisione_1 (dicembre 2010)



INDICE

1. PREMESSA ED OBIETTIVI	6
2. METODOLOGIA D'INDAGINE	8
3. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFIA	9
3.1. <i>ESONDAZIONI DEL TORRENTE BOESIO</i>	10
4. INQUADRAMENTO CLIMATICO	10
5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	15
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	16
6.1. <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE</i>	16
6.2. <i>CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-STRUTTURALE</i>	16
7. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	23
7.1. <i>FORME DOVUTE A PROCESSI GRAVITATIVI</i>	23
7.2. <i>FORME DOVUTE ALL'AZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI</i>	26
7.3. <i>FORME DOVUTE ALL'AZIONE DEL GHIACCIO</i>	27
7.4. <i>FORME DOVUTE ALL'AZIONE ANTROPICA</i>	28
7.5. <i>FORME DOVUTE AD ALTRI PROCESSI</i>	29
8. AREA DI ESPANSIONE URBANISTICA	29
8.1. <i>ESTENSIONE AREALE E LOCALIZZAZIONE</i>	29
8.2. <i>DINAMICA GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</i>	30



8.3. ZONAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA PRELIMINARE DEL SOTTOSUOLO INQUADRAMENTO LITOTECNICO	33
8.4. TERRENI-CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	34
8.5. ROCCE-CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE	36
9. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA	38
9.1. PERMEABILITÀ	39
9.2. CLASSE I: PERMEABILITÀ MOLTO BUONA ($K \geq 10^{-1}$ CM/S)	40
9.3. CLASSE II: PERMEABILITÀ DA BUONA A DISCRETA ($10^{-1} < K < 10^{-4}$ CM/S).....	40
9.4. CLASSE III: PERMEABILITÀ DA DISCRETA A SCARSA ($10^{-4} < K < 10^{-6}$ CM/S)	41
9.5. CLASSE IV: PERMEABILITÀ SCARSA ($10^{-6} < K < 10^{-9}$ CM/S).....	42
9.6. CLASSE V: PERMEABILITÀ NULLA ($K > 10^{-10}$ CM/S).....	42
9.7. BACINI IDROGEOLOGICI E FALDE ACQUIFERE	42
9.8. SORGENTI	43
9.9. POZZI E VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	44
9.10. BILANCIO IDRICO COMUNALE.....	47
9.10.1. SCHEMA IDRAULICO DELL'ACQUEDOTTO DEL COMUNE DI BRENTA	48
9.10.2. FABBISOGNO IDRICO ATTUALE.....	49
9.10.3. PORTATE DISPONIBILI.....	50
9.10.4. CALCOLO DEL BILANCIO.....	51
9.10.5. CALCOLO DEL BILANCIO IDRICO FUTURO.....	51
9.11. AREE DI RISERVA E DI CRISI.....	52
9.12. BILANCIO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO	53



10.	CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA	61
10.1.	RETICOLO PRINCIPALE	61
10.2.	RETICOLI SECONDARI	62
10.3.	STUDIO IDROLOGICO.....	63
11.	ANALISI DEL RISCHIO SISMICO	64
11.1.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	64
11.2.	PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE.....	67
11.2.1.	ANALISI DI 1° LIVELLO	67
11.2.2.	ANALISI DI 2° E 3° LIVELLO.....	68
12.	QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI VIGENTI SUL TERRITORIO	73
12.1.	VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L.83/1989	73
12.2.	PAI “PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO”	73
12.3.	PTCP “PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE”	75
12.4.	AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE.....	77
12.5.	VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA	78
13.	CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA A QUELLA DEL P.A.I.	79
14.	AMBITI DI PERICOLOSITÀ OMOGENEA (SINTESI)	81
14.1.	AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DI INSTABILITÀ DEI VERSANTI	82
14.2.	AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO	83
14.3.	AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO	83
14.4.	AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	84



15. CARTA DELLA FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO 84

16. CONCLUSIONI 86

TAVOLE

Tavola 1: Carta Geologico-Strutturale	SCALA _1:10000
Tavola 2 : Carta Geomorfologica	SCALA _1:5000
Tavola 3 : Carta Litologica e Geologico tecnica	SCALA _1:5000
Tavola 4 : Carta Idrogeologica	SCALA _1:5000
Tavola 5 : Carta Idrografica, idrologica e idraulica	SCALA _1:5000
Tavola 6 : Carta della Pericolosità Sismica Locale	SCALA _1:5000
Tavola 7 : Carta dei Vincoli	SCALA _1:5000
Tavola 8 : Carta di Sintesi	SCALA _1:5000
Tavola 9 : Carta di Fattibilità	SCALA _1:5000
Tavola 9A : Carta di Fattibilità	SCALA _1:2000
Tavola 10 : Carta dei Dissesti	SCALA _1:5000

ALLEGATI

Allegato 1: Stratigrafie del pozzo presso Molino di Prada

Allegato 2: Estratto dello "Studio di approfondimento del grado di pericolosità del torrente Boesio finalizzato alla mappatura di possibili aree di esondazione (D.G.R. 8 Novembre 2002 n. 7/11047)

Allegato 3: Studio di microzonazione sismica

Allegato 4: Osservazioni al "Progetto di piano stralcio per l'assetto idrogeologico (P.A.I.)" dell'Autorità di Bacino del fiume Po nel territorio comunale di Brenta (Ottobre 1999).

Allegato 5: Tavola "Determinazione del reticolo idrico minore" redatte dall'Associazione temporanea di professionisti e commissionate dalla Comunità montana della Valcuvia (2008)



1. PREMESSA ED OBIETTIVI

La "Legge per il Governo del Territorio" (L.R. 12/2005 e successive modifiche ed integrazioni) ha modificato l'approccio alla materia urbanistica passando da concetti pianificatori a concetti di Governo del Territorio, secondo il quale i diversi livelli di pianificazione devono prevedere anche le singole tematiche territoriali in funzione della sostenibilità ambientale delle scelte pianificatorie da effettuare.

L'assetto del territorio comunale verrà quindi definito tramite il Piano di Governo del Territorio (PGT), che come imposto ai sensi dell'art. 8, comma 1, lettera c) della L.R. 12/05, deve definire l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio ai sensi dell'art. 57, comma 1, lettera a); ai sensi dell'art. 10 della stessa legge, nel Piano delle Regole deve essere contenuto quanto previsto dall'art. 57, comma 1, lettera b, in ordine all'individuazione delle aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, nonché alle norme e prescrizioni a cui le medesime aree sono assoggettate.

La D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", definisce delle linee guida di tipo tecnico da seguire per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei Comuni secondo quanto stabilito dalla Legge 11 marzo 2005.

Con l'emanazione della D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12" approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, i criteri ed indirizzi per la stesura degli studi geologici vengono aggiornati e integrati essenzialmente a seguito dell'approvazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento ordinario n. 30 ed entrato in vigore il 6 marzo 2008, e della L. 28 febbraio 2008, n. 31 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 2007", n. 248, recante proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni urgenti in materia finanziaria", pubblicata sulla G.U. n. 51 del 29 febbraio 2008.

Il Comune di Brenta, in esecuzione al Piano di Governo del Territorio (PGT) redatto ai sensi della Legge Regionale n. 41/91 e della successiva Legge Regionale n. 12/2005, ha affidato alla G&T srl, ed al proprio Direttore Tecnico Dott. Geol. Claudio Galli, l'incarico di predisporre l'adeguamento dello studio geologico di supporto alla pianificazione territoriale redatto ai sensi della legge Regione Lombardia n. 12 del 2005 con Determina dell'Ufficio Tecnico n. 60 del 25.10.2007.

Il presente studio ha comunque utilizzato quanto già riportato nel precedente "*Studio della componente geologica*" redatto dal Dott. Geol. Claudio Galli (1995).

La presente relazione geologica è stata realizzata in due fasi:



- la **prima fase di raccolta e consultazione dati** presso Enti di competenza (Regione Lombardia, Provincia di Varese, Uffici tecnici comunali, Comunità montana della Valcuvia, etc.), revisione dei dati ottenuti dal precedente studio e di rilievi **diretti in campo** ha comportato, la stesura delle carte tematiche di tipo *geologico, geomorfologico, litologico, idrografico, idrogeologico, e di pericolosità sismica locale*.
- la **seconda di sintesi/valutazione** ha portato alla realizzazione della *Carta dei Vincoli, di Sintesi, del Dissesto con legenda uniformata PAI e di Fattibilità geologica* delle azioni di piano e delle relative Norme geologiche da considerare in fase di progetto.

Le carte tematiche della prima fase e le carte di Sintesi e del Dissesto sono state realizzate con una base cartografica 1:10000 mentre le rimanenti sono state costruite su base cartografica 1:5000.

La presente relazione terrà conto anche di uno studio rivolto alla definizione della pericolosità sismica a seguito della entrata in vigore della classificazione sismica del territorio nazionale contenuta nell' O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", nell'O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone" . La successiva emanazione del Voto n. 36 del 27 luglio 2007 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale" stabilisce le direttive di attuazione alla nuova zonazione sismica su reticolo di riferimento in coordinamento con i procedimenti presenti nel nuovo Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

Il presente documento costituisce una revisione al precedente rapporto "PARTE PRIMA-RELAZIONE GEOLOGICA ILLUSTRATIVA del Luglio 2010".

La revisione si è resa necessaria per ottemperare a quanto indicato nelle prescrizione allo "*Studio geologico del territorio comunale-l.r. 11 marzo 2005, n.12 Rif. Nota n. 3224 del 26 ottobre 2010*" redatte dalla Regione Lombardia con Prot. Z1.2010.0030161 del 22/11/2010 e dalla Provincia di Varese con Deliberazione della Giunta Provinciale Prot. n. 113667 in data 17/11/2010.



2. METODOLOGIA D'INDAGINE

Punto di partenza dello studio svolto è rappresentato dallo "*Studio della Componente Geologica*" redatto dal Dott. Geol. Claudio Galli nel 1995.

L'inquadramento geologico del territorio comunale (**Tavola 1**), che riprende il precedente riportato nello "*Studio della Componente Geologica*" redatto dal Dott. Geol. Claudio Galli per il Piano Regolatore del comune di Brenta, è stato effettuato integrando i dati ed i rilievi disponibili nella bibliografia tecnica con dati raccolti in campo, utilizzando come base topografica l'aerofotogrammetria della Comunità Montana Valcuvia in scala 1:5000.

Le fasi preliminari del lavoro sono state finalizzate alla ricerca dei dati esistenti nella letteratura geologica e relativi ad un intorno ragionevole del territorio comunale.

Le pubblicazioni consultate sono state reperite presso la biblioteca del dipartimento di Scienze della Terra di Milano. I dati di carattere geologico-ambientale sono stati ottenuti presso l'Ufficio cartografico della regione Lombardia e presso la Comunità Montana della Valcuvia. Sono stati anche reperiti i dati bibliografici comunali, particolarmente utili per la caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni e per la definizione dei parametri idrogeologici di interesse.

Una volta individuate le aree di prevista espansione ed utilizzati i dati geotecnici esistenti, si è provveduto all'esecuzione di una nuova fase di rilievo, più dettagliata e condotta a scala 1:2000 sulla base di rilievi aerofotogrammetrici del 1992.

Sono stati quindi verificate le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche in sito, in corrispondenza degli spaccati naturali esistenti; sulla parete sottostante l'abitato di Brenta è stato inoltre eseguito un rilievo geostrutturale di dettaglio.

È stata posta particolare attenzione alla stabilità di versanti, sia dal punto di vista geotecnico che morfodinamico, individuando così le aree a maggiore rischio idrogeologico, ivi comprese le aree esondabili.

Durante questa fase sono state ottenute utili informazioni dai privati relativamente a dissesti o inondazioni verificatesi in tempi storici o a memoria d'uomo.

Per la stesura della cartografia tematica e di dettaglio conseguente a tale fase di lavoro, sono stati consultati i dati ottenuti dalla bibliografia presente nell'Ufficio Tecnico Comunale.

Dopo avere evidenziato le aree critiche, si è provveduto quindi ad effettuare un'integrazione con gli aspetti normativi gravanti sul territorio di Brenta, rappresentando su un'unica Carta di Sintesi in scala 1:5000 tutti gli elementi ritenuti significativi ai fini della Pianificazione.

Il risultato finale, derivato da tutti gli elementi analitici raccolti, è stato rappresentato nella "Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano", ove sono state riconosciute Classi di Fattibilità ai fini edificabili relative alla pericolosità geologica.



3. RICERCA STORICA E BIBLIOGRAFIA

La ricerca storica è propedeutica alla predisposizione della cartografia di analisi e alla stesura della relazione. Per la creazione delle carte tematiche si è effettuata una consultazione On Line del Sistema Informativo Territoriale (SIT) della Regione Lombardia e il database cartografico del sito della Provincia di Varese.

Per la raccolta dei dati nella fase iniziale di analisi si sono raccolti documenti tecnici di carattere generale, riguardanti gli aspetti geologici, idrogeologici, geotecnici ed idraulici del territorio. Di seguito si elencano tali documenti:

- Belloni M. (1975). *"Il clima delle provincie di Como e di Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici"*. Ist. Geol. E Pal. Univ. Di Milano, n.171.
- Benda L.E., Cundy T.W. (1990). *"Predicting Deposition of Debris Flows in Mountain Channels"*. Can. Geotech. Journal, 27; 409-417.
- Buchannan P., Savigny K.W. (1990). *"Factors Controlling Debris Avalanche Initiation"*. Can. Geotech. Journal, 27.
- Camera di Commercio, Industria, Artigianato ed Agricoltura della Provincia di Varese (1988). *"Atlante della Provincia di Varese"*.
- Casati P. (1976). *"Tettonismo e sedimentazione nel settore occidentale delle Alpi Meridionali durante il Paleozoico, il Triassico ed il Giurassico"*. Riv. Ital. Paleont., v.84, n.28, pp. 313-326.
- Centro Studi per il Carsismo e la Tutela Ambientale (1986). *"Il massiccio del campo dei Fiori (VA): Carsismo ed idrologia Ipogea"*.
- Comunità Montana della Valcuvia- Regione Lombardia. *"Carta Geoambientale della Valcuvia"*.
- Comunità Montana della Valcuvia- Regione Lombardia. *"Riqualificazione paesistico-ambientale dell'ambito fluviale e perfluviale del torrente Boesio: un progetto pilota di gestione integrata e partecipata"*.
- Provincia di Varese *"Studio di approfondimento del grado di pericolosità del torrente Boesio finalizzato alla mappatura di possibili esondazioni (D.G.R. 8 novembre 2002 N°7/11047)"*
- Comunità Montana della Valcuvia- Regione Lombardia. *"Relazione di polizia idraulica"*
- Gaetani M. *"Jurassic Stratigraphy of the Southern Alps: a Review"*.
- Gnaccolini M. *"Il Trias in Lombardia"*. Studi Geol. E Paleont.
- Johnson K.A., Sitar N. (1990). *"Hydrologic Conditions leading to debris flow Initiation"*. Can. Geotech. Journal, 27.
- Pasquare g. *"Il Giurassico superiore nelle Prealpi Lombarde"*.



- Spagna V., Cabriel M. (1987). *"Cartografia geologico-tecnica per gli strumenti urbanistici: dal P.T.R.C. al P.R.G."*. Mem. Soc. Geol. It., 37-pp.669-688.

3.1. ESONDAZIONI DEL TORRENTE BOESIO

Le informazioni utilizzate per il **censimento delle zone inondate nel passato** e per la definizione dell'idrologia di piena del bacino del torrente Boesio sono state ricavate dallo "Studio di approfondimento del grado di pericolosità del torrente Boesio finalizzato alla mappatura di possibili aree di esondazione". Tale studio è stato realizzato dalla Provincia di Varese, che ha tratto fonti dai dati raccolti dal Prof. Ugo Moisello dell'Università degli Studi di Pavia, nel 1998, per uno studio redatto per conto dell'Amministrazione Provinciale di Varese, settore Ambiente e Protezione Civile, dal titolo: "Piano di Previsione e Prevenzione di Protezione Civile – Rischio Idraulico e Rischio Dighe".

Gli eventi sono stati individuati attraverso la consultazione di libri, giornali, documenti del Genio Civile, documenti della Comunità Montana della Valcuvia, documenti della Provincia e Prefettura, documenti del Centro Geofisico Prealpino e pubblicazioni del Servizio Idrografico e Mareografico.

I dati raccolti rappresentano un arco temporale vasto, dal 1880 al 2002. Dalla consultazione delle tabelle il comune di Brenta ha subito un'esondazione del torrente Boesio nel 1983, che ha provocato l'isolamento di una casa colonica e successivamente nel Giugno 1992 e Settembre 1995, episodio in cui la comunità montana della Valcuvia ha provveduto allo spurgo dell'alveo, alla costruzione di briglie, la manutenzione degli argini ed alla realizzazione di adeguate protezioni spondali e vasche di calma, come più diffusamente descritto nei capitoli successivi.

I comuni adiacenti, Cittiglio e Laveno, invece, sono stati soggetti a numerose esondazioni dello stesso torrente che hanno provocato danni ingenti all'industria Monterosa (circa 4km a Nord-Ovest dal comune di Brenta) e nell'alluvione del 2002 hanno costretto il comune di Cittiglio ad evacuare parzialmente l'ospedale.

4. INQUADRAMENTO CLIMATICO

I dati meteorologici utilizzati nello "Studio di approfondimento del grado di pericolosità del torrente Boesio finalizzato alla mappatura di possibili aree di esondazione" sono stati ricavati da stazioni pluviometriche o pluviografiche esistenti all'interno o in prossimità del bacino del torrente Boesio: Vararo, Cuvio, S. Maria del Monte, Gavirate, (tutte dotate di semplice pluviometro), Ispra e Verbania (dotate di pluviografo registratore). A queste stazioni sono state aggiunte quelle di Lavena Ponte Tresa e di Varese, dotate di pluviografo registratore, i cui dati sono stati utilizzati insieme a quelli di Verbania e Ispra nelle elaborazioni a scala spaziale maggiore, a cui si è dovuti ricorrere per estendere l'analisi regionale alle piogge di durata inferiore all'ora.



All'interno del bacino è presente una sola stazione di misura dotata di pluviografo che è quella di Cuvio.

La **temperatura** dell'aria assume un valore medio annuo di circa 12°C; la **Figura 1** riporta le temperature registrate per la stazione meteorologica di Varese dal 1967 al 2008. La linea di tendenza assume un andamento crescente con una variazione di circa 1.6 gradi in 41 anni. L'anno più caldo è stato quello del 2003 seguito dalla primavera-estate del 2007. Il record del 2003 è di 14.1 gradi mentre la media calcolata sui 42 anni più recenti risulta di 12.5 gradi. Si conferma quindi la tendenza al riscaldamento di 0.43 gradi ogni 10 anni.

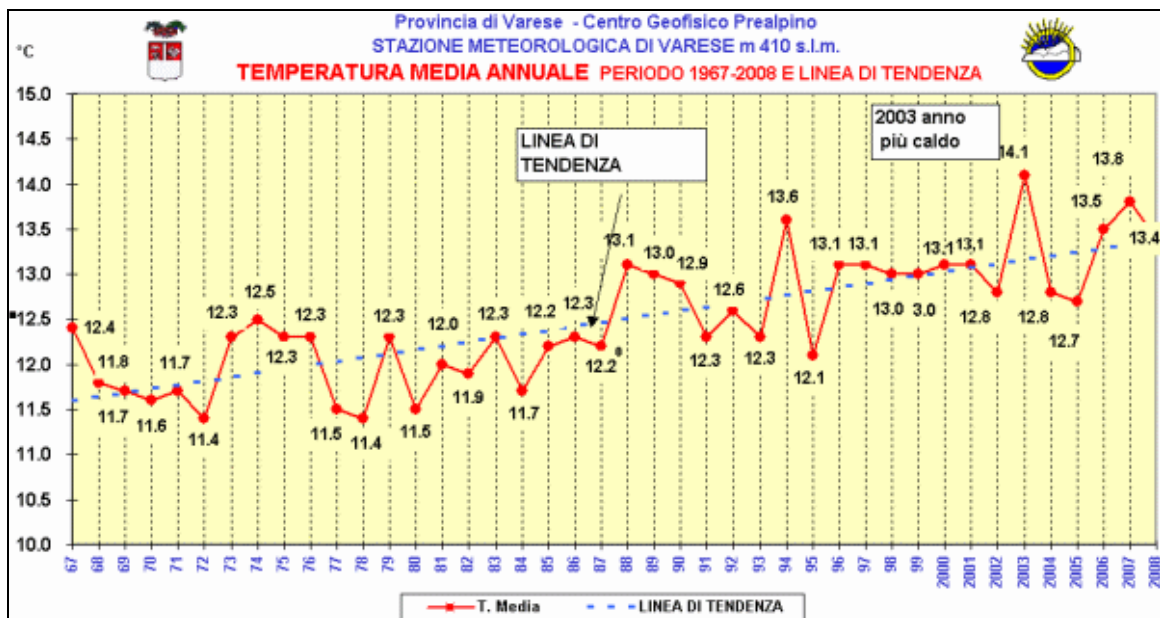


Figura 1: Andamento della temperatura media registrata in 41 anni nella Provincia di Varese (dal sito internet del "Centro Geofisico Prealpino")

Le **precipitazioni** registrate, come si può notare dalla **Figura 2**, sono abbondanti e si aggirano mediamente intorno a 1500/1600 mm annui.

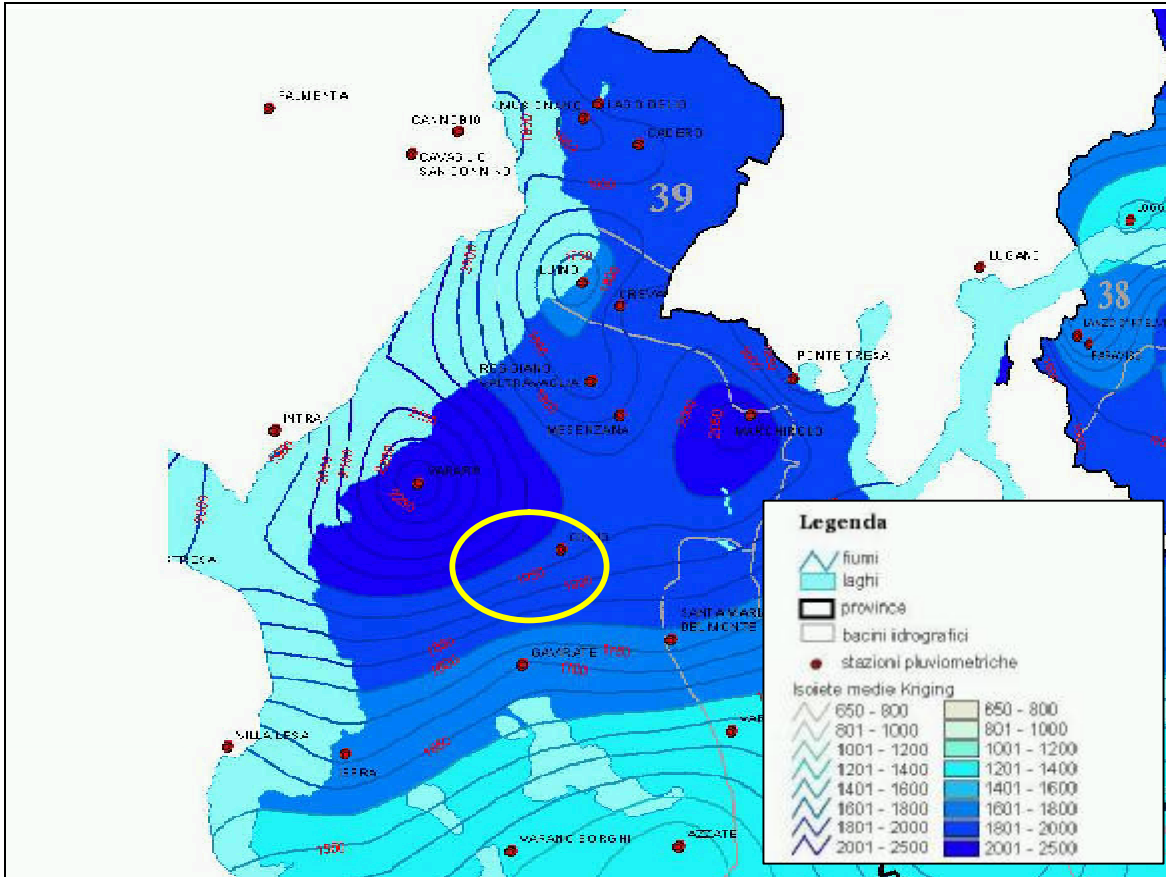


Figura 2: Carta delle isoiete di precipitazione (dal sito internet del “Centro Geofisico Prealpino”). Le stazioni pluviometriche più prossime al comune di Brenta sono quelle di Cuvio (circa 4 km a Est) e di Santa Maria del Monte (circa 9 km a Sud-Est), di cui si riportano i dati in **Tabella 1**.

Stazione	Santa Maria del Monte	Cuvio
Ente gestore	Servizio Idrografico Mareografico Nazionale	Servizio Idrografico Mareografico Nazionale
Comune	Varese (VA)	Cuvio (VA)
Quota	881 m s.l.m.	305 m s.l.m.
Coordinate geografiche (φ; λ)	45°52'08" 08°48'11"	45°54'08" 08°44'11"
Coordinate Gauss-Boaga	5079348 N 1484657 E	5083067 N 1479494 E
Periodo di misura	1992-1993	-
Temperatura (media annua)	11,6 °C	- °C
Periodo di misura	1970-1995	1970-1992
Precipitazioni totali (media annua)	1514 mm a ⁻¹	1973 mm a ⁻¹

Tabella 1: Caratteristiche delle stazioni metereologi in prossimità del comune di Brenta.

In **Figura 3** è riportato l'andamento delle precipitazioni per le due stazioni di riferimento nell'anno 1992-1993. La distribuzione è abbastanza disforme durante l'anno; come si può notare la stazione di Cuvio registra valori più elevati di piovosità, concentrati nei mesi di aprile, maggio e ottobre con picchi di circa 240 mm/mese.

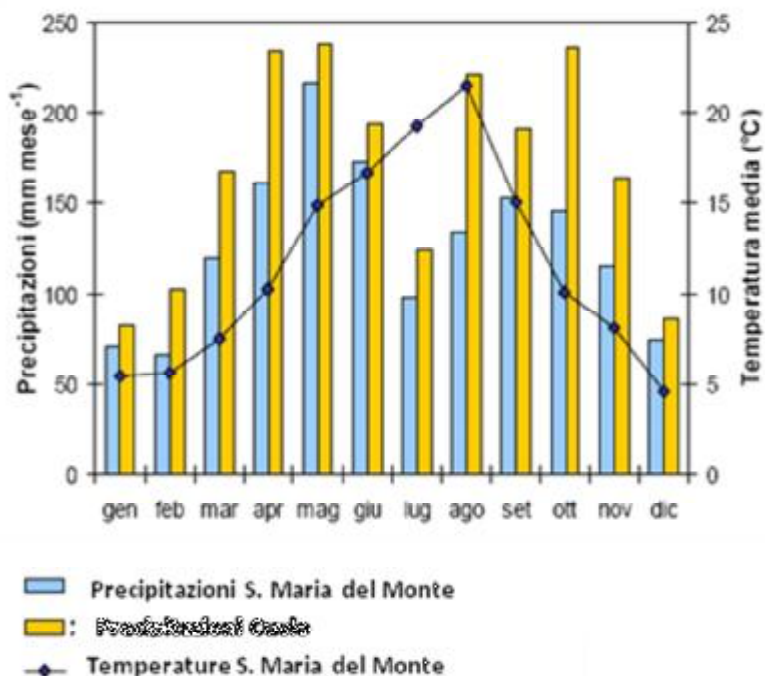


Figura 3: Andamento mensile delle precipitazioni a Cuvio e a Santa Maria del Monte e andamento mensile delle temperature dell'aria a santa Maria del Monte per l'anno 1992-1993.

Nel grafico successivo (Figura 4) è riportata la serie temporale delle precipitazioni annue registrate alla stazione di Varese con in evidenza le altezze misurate nel 2002 (anno più piovoso negli ultimi 43 anni) e nel 2005 (anno più asciutto).

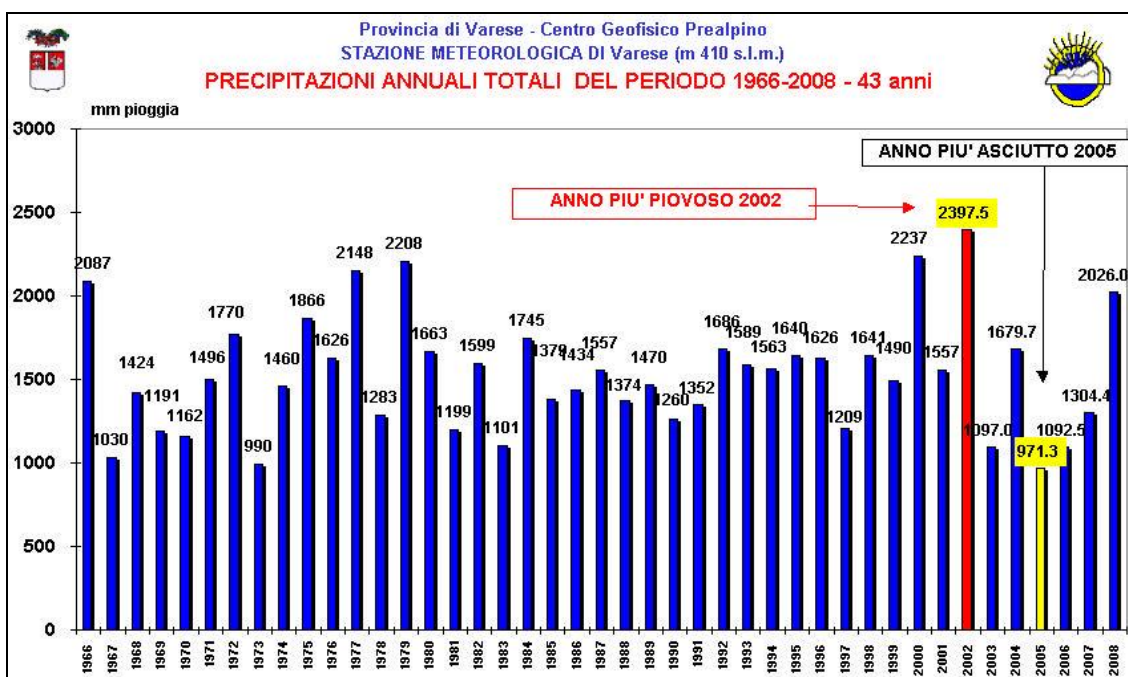


Figura 4: Andamento delle precipitazioni annue registrate in 41 anni nella Provincia di Varese (dal sito internet del "Centro Geofisico Prealpino")



Il regime pluviometrico dell'area studiata è caratterizzato nel complesso da elevata piovosità media annua, in particolar modo il picco di piovosità media annua è presente proprio in corrispondenza del Monte Nudo, con oltre 2100mm.

Il territorio di Brenta è quindi caratterizzato da piovosità compresa tra 1900 e 2150mm, crescente regolarmente con l'altitudine.

Tenendo conto del numero di giorni piovosi relativamente non elevato (circa 100 gg.), è stato possibile determinare il valore di intensità media delle precipitazioni, che oscilla tra 19 e 22 mm/24h (valore relativo alla stazione di Cuvio).

Sulla base di questi dati, è possibile ottenere il valore di portata massima, facendo riferimento a formule empiriche usate in letteratura.

In particolare, il parametro più importante per il calcolo della portata massima è il *tempo di corrivazione*, tempo impiegato dall'acqua per raggiungere il punto di misura.

Si può calcolare ad esempio il tempo di corrivazione all'incrocio tra Via Marconi e Vie ai Chiosi, lungo il Rio Scarpin, in un'area caratterizzata da frequenti esondazioni.

Si osserva che il tempo di corrivazione è:

$$T_C = (4 \cdot \sqrt{S_b} + 1.5L) / 0.8 \cdot \sqrt{H}$$

Dove: S_b : superficie del bacino sottesa nel punto di misura=2kmq (200000mq);

L :lunghezza asta torrentizia=3.3 km=3300m;

H :altezza massima del bacino meno la quota del punto di misura (908m).

Da cui si ottiene:

$$T_C = 440 \text{ sec.}$$

Se si considera uno dei valori più elevati di precipitazione raggiunti dal 1965 al 1995 ($P_c=212$ mm/24h), si osserva che la portata massima è pari a:

$$Q_{\max} = k \cdot P_c \cdot \frac{S_b}{T_C} = 15.545 \frac{mc}{h} = 4.300 \frac{l}{s}$$

Per il valore di indice di piovosità media, pari a 2 mm/24h, il valore di Q diventa pari a circa 430 l/s, che appare comparabile con la sezione d'alveo attualmente presente nel punto di misura.

Per quanto riguarda l'**evapotraspirazione**, da dati di bibliografia, questa varia tra il 30 ed il 55%; dunque una discreta porzione degli apporti meteorici riesce effettivamente ad infiltrarsi nel sottosuolo.

La stazione meteorologica di Varese riporta il rapporto tra l'evapotraspirazione e la precipitazione registrate nel primo semestre dell'anno in corso (**Figura 5**). A giugno 2009 la precipitazione totale registrata è pari a 861.7mm di cui il 53% (459mm) è stato traspirato dalle piante ed evaporato dal terreno.

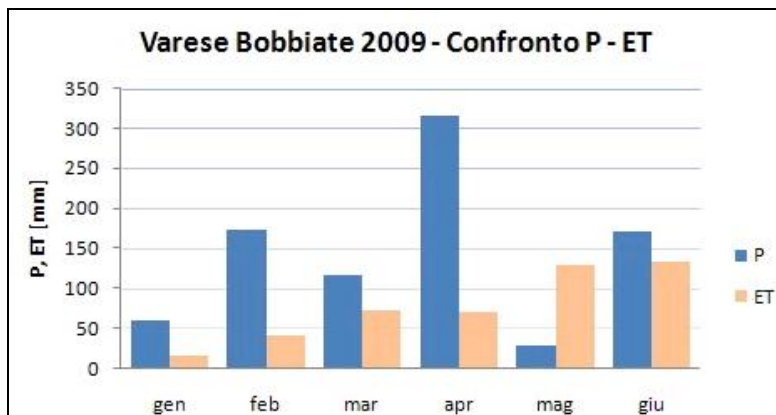


Figura 5: Confronto tra la pioggia P e l'evapotraspirazione ET.

5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio si colloca entro le seguenti coordinate geografiche, secondo la costruzione di Gauss-Boaga:

- Latitudine Nord: 5.082.000÷5.085.700
- Longitudine Est:1.474.750÷1.477.000

Il territorio comunale risulta compreso tra le sezioni A4b2 "Castelveccana", A4b3 "Laveno Mombello" e A4c3 "Casalzuigno", della Carta tecnica Regionale in scala 1:10000.

L'area è ubicata in corrispondenza del margine pedemontano delle Prealpi Varesine e si colloca a ridosso della Valcuvia, incisione entro cui scorre il torrente Boesio.

Tale torrente, il cui bacino imbrifero è di 4715 ettari, si inserisce entro il più vasto bacino del Lago Maggiore ed attraversa un fondovalle poco acclive; anche lo spartiacque con il bacino del Margorabbia è infatti situato alla quota di 283 m s.l.m. (Sella di Canonica).

Il Monte Nudo domina il paesaggio del territorio di Brenta e raggiunge la quota di 1238 m, che rappresenta la vetta più alta della Provincia di Varese dopo il Campo dei Fiori (1266 m).

Il territorio comunale è attraversato da 3 principali affluenti: il Rio Scarpin, il Torrente Luera con il Rio Cangella, che in esso confluisce, e il Torrente Crucione. Tutti gli affluenti del Boesio hanno andamento grossomodo N-S e con regime torrentizio ad elevata pendenza media (18°-20°).



6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

6.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'area di Brenta è collocata entro il dominio strutturale depresso denominato "Bacino del Monte Nudo", separato dall'alto strutturale della "Soglia dell'Arbostora" (Campo dei Fiori) per mezzo della Faglia di Marzio, grossomodo diretta ENE-WSW.

L'età di questi elementi strutturali, riferibile al Paleozoico, è assai antica (oltre 200 milioni di anni).

Durante l'evoluzione paleogeografica successiva dell'area del varesotto si sono succeduti episodi di emersione ad altri di subsidenza e quindi di trasgressione della linea di costa verso l'interno.

A ciò si associano deposizioni di sedimenti carbonatici o sedimentazione di breccie conseguenti ad erosione ed accumulo.

Durante il Trias nell'area del Monte Nudo non è stata riscontrata una vera e propria emersione; si è assistito piuttosto alla deposizione di sedimenti di mare basso ("Formazione di Saltrio") al contatto tra Triassico e Giurassico.

Una lacuna notevole riguarda l'intervallo tra il Lias ed il Malm (si veda colonna stratigrafica della **Tavola1**), connessa con ogni probabilità ad eventi tettonici.

La deposizione delle Radiolariti e della Maiolica segnala un notevole approfondimento dell'antico bacino.

Da un punto di vista strutturale l'area si inserisce in una conca sinclinatica asimmetrica orientata ENE-WSW, con strati rovesciati lungo il fianco meridionale del Monte Nudo.

La chiusura della sinclinale è ben visibile verso Cittiglio, ove gli strati subiscono variazioni di immersione fino a 90°.

Il nucleo di questa piega, prevalentemente costituito dalla Maiolica, appare intensamente fratturato e deformato a causa di movimenti tettonici anche ortogonali alla direttrice tettonica principale.

Tutta la situazione sopra descritta si basa su correlazioni tra scarsi affioramenti, difficilmente osservabili per la presenza di una potente copertura morenica e fluvioglaciale, che localmente supera i 100m di spessore.

I depositi riferibili a tale coltre sono da ricollegare all'arretramento del fronte glaciale del Wurm (Quaternario), che, a seguito dello scioglimento dei ghiacci, ha determinato la deposizione di tali sedimenti a granulometria generalmente assai grossolana.

6.2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-STRUTTURALE

Come già sottolineato, il rilievo geologico-strutturale ha permesso di individuare le unità litostratigrafiche affioranti, distinguibili sulla base della composizione litologica e della genesi deposizionale, partendo comunque da un modello geologico che fa riferimento alle conoscenze bibliografiche raccolte.



Affinando i dati con continui sopralluoghi è stato così possibile definire in dettaglio la serie delle unità presenti nell'area di studio, la cui distribuzione areale è rappresentata nella Carta Geologico Strutturale della **Tavola 1**, in cui è stata anche riportata una sezione interpretativa del Territorio Comunale di Brenta.

In particolare, partendo dalle unità incoerenti più recenti, fino ad arrivare alle unità rocciose più antiche, la serie può essere così schematizzata:

DEPOSITI DI COPERTURA

- Alluvioni attuali e recenti del Torrente Boesio (a)
- Detrito di versante e di frana (dt-dfr)
- Depositi di conoide (dc)
- Depositi morenici del fluvioglaciale Wurm (fgw)

SUBSTRATO ROCCIOSO

- Maiolica (Ma)
- Rosso ad Aptici (Ra)
- Radiolariti (R)
- Calcarea a Cefalopodi (facies flyschoide) (Cc¹)
- Calcarea a Cefalopodi (facies calcarea massiccia) (Cc²)
- Calcarea a selcifero lombardo (Cs)
- Dolomia a conchodon (Dc)
- Dolomia principale (Dp)

DEPOSITI DI COPERTURA

- Alluvioni attuali e recenti del Torrente Boesio (a)

Sabbie e ghiaie limose affioranti in corrispondenza delle scarpate di erosione spondale generate dal torrente.

Sono localizzate in fasce asimmetriche rispetto al torrente e caratterizzate da morfologia pianeggiante.

Si stimano spessori massimi di 15-20 m anche sulla base delle stratigrafie dei pozzi eseguiti nell'area (vedi **Allegato 1**).

- Detrito di versante e di frana (dt-dfr)

Si tratta di depositi di copertura di limitata estensione, costituiti da ghiaie grossolane, sovente con ciottoli, blocchi e massi, in matrice limoso-sabbiosa.



Un'ulteriore distinzione in base alla genesi di questi depositi ed alla loro possibile evoluzione morfodinamica verrà definita in dettaglio nel capitolo successivo.

Gli spessori di questi corpi detritici sono assai variabili, fino a valori massimi di circa 6-7m.

I depositi più importanti sono stati localizzati in corrispondenza di S.Quirico e sui versanti del rio Scarpin e del Torrente Luera.

- Depositi di conoide (dc)

Occupano buona parte del nucleo abitativo di Brenta, sviluppandosi a ventaglio per una larghezza di circa 800m.

Si tratta in realtà di conoidi coalescenti, cioè generati dalla giustapposizione dei diversi eventi alluvionali riferibili ai rii che, con andamento N-S, attraversano il territorio comunale.

Si segnala inoltre la presenza di un' altra conoide nel settore orientale, in prossimità del confine comunale di Casalzuigno.

Da un punto di vista litologico l'unità si caratterizza come un deposito sciolto ghiaioso con ciottoli, blocchi e massi in matrice sabbioso-limosa, incoerente, con spessori difficilmente quantificabili, ma ipotizzabili fino a 20m.

Le unità sopra descritte derivano dal rimaneggiamento, diretto e indiretto, di tutte le unità che seguono.

- Depositi morenici del fluvioglaciale Wurm (fgw)

Occupano l'estensione areale maggiore tra tutte le unità presenti nel territorio comunale di Brenta.

Si tratta di un'unità da incoerente a semi coerente, di età quaternaria, generata dal lento movimento di ghiacciai e, in particolare, dalla deposizione di ingenti spessori di sedimenti, conseguente al ritiro delle lingue glaciali.

In considerazione della notevole distanza percorsa dai ghiacciai nel Quaternario, le rocce coinvolte nel movimento sono riferibili ai domini più disparati.

Entro il Territorio Comunale di Brenta sono stati quindi osservati depositi costituiti da blocchi e massi di rocce metamorfiche ed ignee, affioranti solo presso il confine con la Svizzera (a circa 30 km di distanza).

I depositi fluvioglaciali, in considerazione della loro notevole erodibilità possono dar luogo a frane localizzate.

Spesso la vegetazione impedisce di osservare direttamente in affioramento l'unità, che tuttavia è stata cartografata e descritta partendo dagli spaccati naturali nella coltre erbosa e vegetale ed effettuando le opportune correlazioni.

Discreti affioramenti si osservano in prossimità di Loc. Cascine Chiosi e risalendo il Rio tra Cascina Ronco d'Emezzo e Cariola.



Generalmente si riscontrano brecce e conglomerati poligenici eterometrici a supporto granulare in scarsa matrice sabbiosa, talora più abbondante e con componente limosa.

La cementazione varia sia in funzione del grado di alterazione, sia, in modo più localizzato, dalle modalità di percolazione delle acque calcaree.

I clasti ed i ciottoli si presentano da subangolari a subarrotondati, di dimensioni anche oltre i 2 m e litologicamente eterogenei (gabbri, gneiss, quarziti, micascisti, serizzi e calcari).

Gli spessori di questi depositi sono ingentissimi e, nella fascia compresa tra quota 275 e 325 m s.l.m., possono anche raggiungere i 100m di spessore.

Da un punto di vista litologico, la cementazione di questi depositi può essere completamente assente a seguito di fenomeni di imbibimento nella frazione più fine della matrice; considerando la notevole acclività dei pendii si potrebbero quindi innescare fenomeni franosi.

SUBSTARTO ROCCIOSO

- Maiolica

È una formazione rocciosa presente in tutte le Alpi Meridionali.

Si presenta come una calcilutite (calcare a grana finissima) beige con diffusissimi noduli e/o straterelli di selce da grigia a rossastra.

Nell'area di Brenta la "Maiolica" si presenta intensamente disturbata tettonicamente; ovunque sono infatti evidenti fitte pieghe ad assi tra loro ortogonali, con il risultato di rendere assai problematica la ricostruzione dell'assetto giaciturale regionale di questa unità.

È comunque possibile riconoscere una faglia principale, diretta grossomodo E-W, entro l'incisione del Rio Scarpin (Valmaggione) a quota 365 m s.l.m. circa, ove si osserva un brusco cambiamento d'inclinazione degli strati, che dai 20° osservati verso valle passa a giaciture subverticali verso monte.

Il passaggio è contrassegnato da una fascia di cataclasiti, cioè di rocce generate dall'azione tettonica, che si osserva direttamente in affioramento.

Interessantissimi affioramenti si osservano anche lungo la strada S.P. 54, in corrispondenza dello sperone roccioso su cui sorge l'abitato di Brenta; in particolare, lo spaccato presente in prossimità della conceria Fraschini mostra in affioramento una serie di pieghe ravvicinate con una direttrice di movimento perpendicolare a quella regionale N-S.

La roccia si presenta compatta, a frattura concoide, poco alterata e con caratteristiche giaciture favorevoli alla stabilità al di sotto dell'abitato.

L'età di questa formazione è riferibile alla fine del periodo Giurassico (Titoniano-Barremiano) ed è caratteristica di condizioni paleogeografiche di mare relativamente profondo.



- Rosso ad Aptici

Affiora solo in una ristretta zona a Sud della sorgente Bosco Piangelli, a quota 420m circa, ove è presente un limitatissimo affioramento di calcari e marne di colore rosato con liste di selce rossa, discontinua.

La stratificazione è di difficile distinzione, lo spessore stimato è pari a circa 10m e, con ogni probabilità la formazione è in eteropia con le Radiolariti, visto che il "Rosso ad Aptici" non affiora al contatto con la Maiolica al di sotto dell'abitato di Brenta.

Si tratta di una unità che indica condizioni deposizionali di mare profondo.

L'età è Oxfordiana (Giurassico medio-superiore).

- Radiolariti

Gli affioramenti si concentrano in un ristretto settore, ubicato a S-SW del territorio comunale, in corrispondenza del Monte Scirlago e dello spessore roccioso su cui sorge il centro storico di Brenta.

In questo caso è chiaramente visibile il limite con la formazione della "Maiolica".

Le Radiolariti sono caratterizzate litologicamente da selci rosse e verdi, stratificate, prive di componente non silicea, e, nell'area di studio, sovente assai alterate.

La potenza stimata sulla base delle osservazioni di terreno è pari a circa 40÷50m; il limite con la formazione del "Rosso ad Aptici" appare transazionale.

Si osservano in affioramento fenomeni di pieghe "en echelon" alla mesoscala, con fratturazione in corrispondenza delle cerniere.

L'età della formazione, come per il "Rosso ad Aptici" è Oxfordiana; l'ambiente di deposizione è di mare profondo.

- Calccare a Cefalopodi

La suddivisione qui adottata non trova riscontro nella bibliografia geologica, ove spesso tutta la successione liassica è stata raggruppata con il nome di "Moltrasio".

È parso tuttavia opportuno caratterizzare le facies separatamente, in considerazione delle differenze litologiche riscontrate sul terreno, tenendo conto anche delle finalità del presente studio.

a) Facies flyschoid

Gli affioramenti di questa litofacies sono piuttosto limitati e si concentrano in corrispondenza del rio Valmaggiora, laddove cioè l'erosione torrentizia ha agito maggiormente, mettendo a nudo il substrato lapideo.

Sembra facilmente ipotizzabile una continuità laterale verso est di questo litotipo, completamente obliterato dalla potente serie fluvioglaciale.



La facies si caratterizza litologicamente come un flysch calcarenitico-marnoso verdastro, con rapporto 2:1 a favore delle calcareniti, stratificazione generalmente sottile, con strati al massimo decimetrici.

La giacitura è subverticale, la potenza complessiva del litotipo è di circa 400 m, ma la copertura morenica impedisce di valutarne con precisione lo spessore.

Il "Calcarea a Cefalopodi" è separato dalle unità sovrastanti per mezzo di un "hiatus" temporale e cioè di una lacuna nella sedimentazione, evidenziata a scala regionale.

La facies è riferibile comunque ad una probabile diminuzione di profondità del bacino del Monte Nudo, associata ad una generale emersione dell'area del Varesotto, riferibile al periodo a cavallo tra il Carixiano ed il Domeriano (Lias Medio).

Questa litofacies si caratterizza più marcatamente dalla successiva per la presenza di fauna a cefalopodi (ammoniti).

b) Facies calcarea

Gli affioramenti di questa litofacies sono particolarmente abbondanti nel territorio Comunale di Brenta, soprattutto nell'incisione della Valmaggiora (quota 445) ove è stato osservato il limite con la facies flyschoidale.

Affioramenti continui sono stati osservati anche sopra quota 550 entro il Torrente Luera e l'incisione ad Ovest di Cariola; a quote inferiori il litotipo è coperto dalla coltre fluvioglaciale.

In questo settore la facies è molto alterata e fratturata in affioramento e si presenta sotto forma di calcari grigi a strati pluridecimetrici con componente pelitica quasi assente.

Le fratture isolano blocchi e cunei, frammentando la roccia e rendendo il pendio localmente instabile. La medesima facies, osservata nell'alveo del rio di Valmaggiora è invece caratterizzata da calcari massicci in banchi di 50 cm di spessore, grigi ed estremamente compatti; ciò è determinato dal continuo dilavamento del rio che incide il litotipo.

La giacitura osservata ($340^{\circ}/90^{\circ}$) è concorde a quella regionale, lo spessore è pari a circa 700 m.

Si tratta fondamentalmente di una facies di piattaforma carbonatica, quindi di mare relativamente poco profondo.

L'età, come per la facies flyschoidale è riferibile al Lias medio.

- Calcarea Selcifera lombarda

È di gran lunga l'unità lapidea prevalente nell'area di Brenta, affiorando pressoché in modo continuo da quota 650 m circa fino alla cima del Monte Nudo (1235 m).

Gli affioramenti migliori sono osservabili lungo il sentiero alto che a mezza costa delimita a partire da quota 1140 m il territorio di Brenta da ovest ad est.



Contrariamente a quanto riportato dalla bibliografia, il limite con il "calcare a cefalopodi" appare piuttosto netto e non transizionale.

Mitologicamente l'unità è caratterizzata di calcari massicci, stratificati, grigio-scuri alla frattura, a grana media-grossolana, bituminosi, con una notevole percentuale di selce che può essere distribuita uniformemente (affioramenti lungo il Rio Valmaggione) oppure organizzata in noduli.

In altri affioramenti la selce si presenta sotto forma di spongoliti, ovvero spicole silicee di spugne marine dall'aspetto farinoso e poroso bianco-giallastro alla frattura fresca.

La selce comunque appare sempre in rilievo rispetto alla componente calcarea, in conseguenza dell'erosione differenziale.

Il "calcare selcifero" appare spesso interessato da famiglie di discontinuità, spesso beanti, che, oltre a generare probabili fenomeni di carsismo in profondità (vd. Campo dei Fiori), smembrano la roccia in cunei potenzialmente instabili.

Si potrebbero così generare sui versanti a notevole acclività limitati fenomeni di scorrimento traslazionale in roccia, che potrebbero depositarsi sugli alvei dei rii e generare un rischio potenziale legato all'"effetto-diga", come osservato lungo il Rio Scarpin.

Inoltre, tenendo conto della notevole pendenza dei versanti immediatamente al di sotto del Monte Nudo, associata alla subverticalità degli strati, vengono a generarsi diffusi fenomeni di "toppling" ovvero di ribaltamento degli strati verticali.

Per l'analisi dettagliata delle dirette conseguenze sulla stabilità dei versanti si rimanda al capitolo di caratterizzazione geomorfologica.

Come accennato, l'inclinazione degli strati è prossima ai 90° e la giacitura segue l'andamento regionale.

L'unità, assai potente, ha uno spessore prossimo ai 900÷1000 metri.

L'età della formazione è riferibile al Sinemuriano-Pliensbachiano, corrispondente al Giurassico inferiore; l'ambiente di deposizione è bacinale, quindi indicativo di un approfondimento del bacino.

- Dolomia a Conchodon

L'unità, diffusissima in tutte le Alpi Meridionali lombarde, affiora nell'area di studio in una limitatissima fascia ubicata all'estremità NW del territorio comunale.

La formazione, a dispetto del nome, si presenta sotto forma di calcare massiccio, a grana fine, grigio in alterazione, rosa alla frattura fresca.

Si caratterizza, inoltre, per la diffusa presenza di forme carsiche superficiali. La potenza è di circa 100 metri, ma il limite con la Dolomia Principale è di tipo tettonico. L'età è riferibile al Retico Superiore ovvero alla sommità del Trias.



Il periodo corrispondente è contrassegnato da una generale emersione dell'area del Varesotto, mentre nel Bacino del Monte Nudo permaneva un ambiente marino poco profondo.

- Dolomia Principale

Affiora al di fuori del territorio Comunale di Brenta, lungo le pendici settentrionali del Monte Nudo.

Si tratta di dolomie grigio-chiare e biancastre, a stratificazione massiccia, giunti di strati amalgamati e superficialmente alterate a "pelle d'elefante". La giacitura varia leggermente (300° ÷ 330° immersione, 50° ÷ 60° inclinazione), ma tende ad uniformarsi a quella regionale avvicinandosi alla faglia che la separa dalla formazione della Dolomia Conchodon.

L'età della formazione è Norica (Trias Sup.), l'ambiente deposizionale è quello tipico della piattaforma carbonatica.

7. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di studio è caratterizzata da morfologia prevalentemente montuosa-collinare, con gradiente crescente procedendo verso la vetta del Monte Nudo.

Le pendenze aumentano progressivamente procedendo verso l'alto, fino a superare i 35° nel tratto sommitale.

Particolare attenzione andrà quindi alla stabilità dei versanti ricercando soprattutto eventuali evidenze morfodinamiche attive in condizioni critiche.

Nella **Tavola 2** sono state riportate tutte le evidenze di fenomeni morfologici, distinguendo forme attive e quiescenti, riconoscendo anche processi e le cause che le hanno indotte.

La carta, in scala 1:5000, riveste notevole importanza anche per le aree di espansione urbanistica, sebbene queste ultime siano ubicate solo in zone subpianeggianti; è necessario infatti verificare anche le condizioni di rischio determinate dai processi esterni a tali zone.

7.1. FORME DOVUTE A PROCESSI GRAVITATIVI

Si tratta di forme di cui il processo dominante è ovviamente rappresentato dalla gravità.

A questa categoria, quindi vanno ascritti i fenomeni franosi, potenziali o in atto, sia in roccia che in materiali detritici.

Nel territorio comunale di Brenta sono stati riconosciuti un certo numero di fenomeni franosi, sempre di limitatissima entità e concentrati essenzialmente lungo le aste torrentizie dei rii affluenti del Torrente Boesio.



Proprio l'azione esercitata da questi corsi d'acqua sulle sponde determina l'asportazione del materiale al piede delle scarpate, provocando locale instabilità.

In particolare, i principali fenomeni sono stati osservati in corrispondenza dell'alveo del Rio Valmaggioro (estremità ovest dell'area di studio); ciò è diretta conseguenza del bacino di alimentazione e dell'importanza di questo corso d'acqua, che rappresenta il principale affluente del Boesio all'interno del territorio di Brenta.

Nella **Tavola 2** sono state riconosciute 2 diverse categorie di forme.

La prima categoria comprende forme d'erosione, che rivestono grande importanza per la serie di fenomeni franosi, in quanto la presenza di nicchie di distacco o di "fessure di trazione" costituiscono segni preliminari di un'evoluzione morfodinamica futura.

Le forme d'accumulo riguardano invece fenomeni già avvenuti, ma i depositi così generati presentano prevalentemente scarso grado di addensamento rispetto ai materiali in posto e quindi, in corrispondenza di pendii acclivi, sono maggiormente soggetti a fenomeni di rimobilizzazione.

Facendo riferimento alla **Tavola 2** è inoltre possibile effettuare una suddivisione in due aree, caratterizzate da fenomeni morfologici differenti.

Il primo settore, ubicato al di sopra di quota 700 m s.l.m., si caratterizza per la presenza di fenomeni principalmente erosivi e raramente coinvolgenti spessori superiori ai 50cm.

Sono stati riscontrati, infatti, fenomeni di creep e soliflusso, dovuti essenzialmente all'elevata acclività dei pendii ed alla presenza di roccia subaffiorante.

Il fenomeno è evidenziato anche dalla curvatura dei tronchi degli alberi ("reptazione" vd. AA).

Sporadicamente si sono osservati limitatissimi fenomeni di crollo in roccia, principalmente dovuti a "toppling", ovvero al ribaltamento di pacchi di rocce stratificate a giacitura sub verticale, che, se fratturate o comunque alterate in superficie possono staccarsi e mobilizzarsi.

Questa situazione è particolarmente evidente in corrispondenza del crinale del Monte Nudo e l'azione del gelo e disgelo funge indubbiamente da catalizzatore.

L'area sottostante alla quota di 700m s.l.m. è invece caratterizzata dalla presenza di un maggior numero di frane di accumulo, tutte di modestissima entità.

Alcuni fenomeni sono correlati a crolli in roccia, altri dovuti a fenomeni gravitativi all'interno della coltre dei depositi fluvioglaciali.

Associati a questi accumuli si osservano nicchie di distacco attive o cicatrizzate (stato quiescente), come già sottolineato non si osservano nell'area di studio fenomeni gravitativi di rilevante entità.

Va posta tuttavia particolare attenzione all'aree in cui l'erosione agisce lungo le direttrici E-W, ovvero trasversali rispetto a tutti gli affluenti del Boesio presenti nell'area.

In effetti, il Torrente Boesio, ad andamento E-W non può esercitare un'azione d'erosione al piede dei depositi fluvioglaciali, quindi non né può provocare la mobilizzazione in massa; ciò è dovuto sia alla presenza di roccia



in affioramento e con giacitura favorevoli alla stabilità al di sotto dell'abitato di Brenta, sia alla limitata pendenza che caratterizza i versanti al di sotto di quota 400 m s.l.m.

D'altra parte al di sopra di tale quota non sono state osservate incisioni con orientazione trasversale.

Forse l'unica parziale incisione è ubicata al di sotto di sorgente Bosco Piangelli, da cui parte un impluvio assai pronunciato (si veda **Tavola 2**), affluente di sinistra del rio di Valmaggione, che presenta andamento NE-SW e che, associato alla presenza di nicchie ed erosione quiescenti, isola una porzione di depositi morenici che può risultare potenzialmente instabile.

Si tratta comunque di un fenomeno appena pronunciato e per il quale non appare possibile prevedere una rapida evoluzione.

In molti casi i fenomeni franosi rilevati erano di così limitata entità che appariva problematico rappresentarli singolarmente.

Nella **Tavola 2** sono state quindi evidenziate aree in cui questi fenomeni puntuali erano particolarmente numerosi.

Tali aree sono essenzialmente concentrate lungo l'alveo del Rio Scarpin e, più sporadicamente, nel settore a monte.

Tutti i depositi possono costituire, soprattutto se ubicati in corrispondenza delle incisioni, fonte d'alimentazione per fenomeni noti in letteratura come "**debris flows**".

Si tratta di movimenti che coinvolgono una massa di materiale eterogeneo, prevalentemente grossolano, organico e inorganico, convogliato lungo le incisioni preesistenti o che il flusso stesso genera.

I fattori scatenanti e predisponenti possono essere così sintetizzati:

- Caratteristiche geologiche: particolarmente in relazione agli spessori dei depositi di copertura e alla permeabilità;
- Caratteristiche morfologiche, ovvero pendenza dell'incisione, entro cui si distingue:
 - a) Zona di distacco ($\alpha > 25^\circ$)
 - b) Zona di trasporto ($\alpha > 10^\circ$)
 - c) Zona d'accumulo ($\alpha < 10^\circ - 15^\circ$)
- Vegetazione ed uso del territorio. Incremento della resistenza al taglio grazie alla presenza delle piante e, contemporaneamente, mancato controllo della loro crescita; infatti, a seguito di un aumento del peso dell'albero, può avvenire lo sradicamento e l'innescarsi di ulteriori fenomeni d'instabilità.
- Precipitazioni, con particolare attenzione alle piogge intense e brevi.

Nell'area di Brenta non sono stati osservati fenomeni rilevanti di "debris flows", tuttavia la presenza di locali accumuli di materiale grossolano lapideo e vegetale costituisce un rischio potenziale di non trascurabile rilevanza.



Si suggerisce pertanto una costante pulizia degli alvei mediante la rimozione del materiale dalle aree caratterizzate da maggior pendenza.

7.2. FORME DOVUTE ALL'AZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Le acque superficiali costituiscono, in determinate condizioni, uno dei principali fattori scatenanti fenomeni d'instabilità.

Grande importanza ai fini della prevenzione del dissesto idrogeologico riveste il riconoscimento di queste forme.

Così come per i processi gravitativi, appare necessario distinguere forme d'erosione da forme d'accumulo.

Le forme d'erosione sono generalmente concentrate negli impluvi, ove le acque superficiali incidono in misura differente le rocce ed i terreni affioranti.

Si osservano cioè tratti di alvei caratterizzati da un maggiore approfondimento rispetto ad altri in cui il fondovalle appare più ampio.

Il diverso grado d'approfondimento è funzione essenzialmente di due fattori:

- La pendenza dell'asta fluviale; tratti a maggiore pendenza determinano una più elevata velocità di deflusso delle acque e, di conseguenza, una maggiore capacità di trasporto solido associata ad un incremento dell'azione erosiva.
- La presenza di litotipi a maggiore consistenza; in queste unità l'erosione agisce determinando crolli e quindi pareti sub verticali, mentre in litotipi più teneri l'erosione agisce più gradualmente, con la conseguente formazione di scarpate più dolci.

Nell'area di Brenta, i tratti di alveo maggiormente approfonditi si osservano al di sopra di quota 400m s.l.m., ove cambia bruscamente la pendenza, sia per la presenza di facies cementate nei depositi fluvioglaciali, sia per la presenza di roccia affiorante.

Fenomeni di erosione concentrati delle sponde sono stati osservati lungo tutti i principali corsi d'acqua presenti nell'area.

Si segnala in particolare l'importante attività erosiva del Boesio in prossimità della Conceria Fraschini, con possibili conseguenze sui manufatti; tali effetti sono stati limitati con un opportuno adeguamento delle esistenti opere di inalveamento (si veda il Progetto L.185/92 della Comunità Montana della Valcuvia "Sistemazione idraulica dei Torrenti Boesio, Bulgherone e Marianne" e relativa variante del Febbraio 1997).

Fenomeni d'erosione spondale sono poi ovviamente associati a tratti in cui l'alveo dei rii affluenti del Boesio sono in accentuato approfondimento.



Un fenomeno di una certa importanza è ubicato in prossimità di località Cascine, ove il terrazzo di erosione presente, associato al piccolo corpo di frana, ha le caratteristiche di un fenomeno in evoluzione, chiaramente innescato dall'erosione spondale.

La nicchia di distacco, in possibile arretramento, potrebbe interessare parzialmente la viabilità vicinale e interpodereale.

Evidenze di limitata entità e legate alle acque superficiali sono poi i fenomeni di ruscellamento, diffuso e concentrato.

A questo riguardo occorre sottolineare che in tutti i casi i solchi di ruscellamento evolvono brevemente in impluvi regolari e già perfettamente inseriti nel reticolo idrografico esistente.

I fenomeni di ruscellamento diffuso si sono osservati essenzialmente in corrispondenza del settore settentrionale, entro la coltre colluviale di copertura del substrato e in zone caratterizzate dai fenomeni franosi più recenti.

In queste ultime aree, assai limitate e pressoché non cartografabili, sono stati osservati anche fenomeni di ristagno delle acque a tergo dei piccoli accumuli generati dai movimenti gravitativi.

Diverso è il discorso per il piccolo ristagno osservato poco a sud di località Pianura, riferibile ad una limitata manifestazione sorgiva.

Le più importanti forme di accumulo legate alle acque superficiali sono comunque le conoidi di deiezione, che occupano buona parte dell'abitato di Brenta e dell'area di prevista espansione urbanistica.

Le conoidi si impostano allo sbocco delle principali incisioni torrentizie e si concentrano essenzialmente nel settore sud-ovest del territorio comunale.

Un conoide isolato si osserva verso est, al confine con il comune di Casalzuigno, allo sbocco della valle ad W di Cariola.

Queste particolari forme di accumulo si riconoscono dai limitrofi depositi fluvioglaciali, non tanto per la composizione litologica, quanto per l'angolo di naturale declivio, assai limitato.

In effetti, i depositi di conoide sono connessi essenzialmente ai più importanti fenomeni alluvionali e quindi mobilizzano materiale sciolto, a differenza del fluvioglaciale cementato.

La conoide alluvionale più importante è ubicata allo sbocco della Valmaggiora ed appare coalescente con altri conoidi minori delle valli limitrofe.

L'azione di parziale erosione e trasporto legata a questi episodi alluvionali maggiori ha probabilmente rimaneggiato anche i depositi fluvioglaciali rendendoli sciolti.

7.3. FORME DOVUTE ALL'AZIONE DEL GHIACCIO

I fenomeni crioclastici di fratturazione della roccia, legati all'azione del gelo e del disgelo, sono concentrati nella zona più alta del territorio comunale e danno luogo a limitati depositi di massi privi di matrice.



Tuttavia, la limitata estensione di questi depositi non ne ha permesso la rappresentazione cartografica. Non si sono osservate nell'area di progetto evidenze di fenomeni legati all'azione erosiva del ghiaccio. Le uniche manifestazioni presenti nell'area di studio, che possono essere attribuibili all'azione, sono i depositi fluvioglaciali del Wurm, legati quindi a fenomeni antichi. Tali depositi sono stati trattati ampiamente nei paragrafi precedenti. Dal punto di vista morfologico va sottolineata la differenza tra i depositi cementati e sciolti. Nel caso della presenza di cementazione, infatti, si osservano scarpate talora assai ripide, incise profondamente dai corsi d'acqua. Se i depositi sono a più scarsa cementazione, la morfologia è subpianeggiante e caratterizza buona parte del settore meridionale dell'area di studio.

7.4. FORME DOVUTE ALL'AZIONE ANTROPICA

Le buone caratteristiche granulometriche di gran parte dei terreni presenti nell'area di fondovalle, ha incentivato in passato l'attività estrattiva di terreni granulari per inerti da calcestruzzo. Il successivo abbandono di tale attività ha comunque determinato variazioni sulla morfologia del territorio. In particolare, sono stati osservati 2 orli di terrazzo riferibili a questo tipo di attività nel settore ad est del centro abitato; le scarpate appaiono subverticali e dalla forma piuttosto regolare. Particolare attenzione dovrà essere posta alla stabilità di versanti nel caso di futura espansione urbanistica a ridosso delle scarpate. Nell'area di studio sono state eseguite alcune opere di sistemazione idraulico-forestale, tra cui intubamenti, inalveamenti, gabbionature, e briglie di ritenuta. Opere di imbrigliamento sono state eseguite nell'alveo del rio ad est di Ronchè, ma non è stata eseguita la conseguente manutenzione; infatti, si osservano detriti di varia origine che intasano la briglia inficiandone l'azione di contenimento. Le gabbionature osservate appaiono al momento divelte e riempite con materiale di risulta assolutamente non idoneo. In corrispondenza del limite comunale con il comune di Cittiglio (quota 550 m s.l.m.) è stata inoltre osservata un'opera di captazione delle acque del rio Scarpin protetta da opere di contenimento non idonee. Infatti, il versante verso Cittiglio è caratterizzato da instabilità diffusa ed il rio, come già osservato, possiede elevata capacità di trasporto solido. Nel corso degli ultimi quindici anni, le opere di protezione trasversale all'incisione costituite da reti e travi metalliche, talora divelte o comunque fortemente danneggiate, sono state rimosse o sostituite; sono stati realizzati dei salti di fondo per ridurre la velocità di deflusso; parte dell'alveo, soprattutto a nord del centro abitato, è stato ripavimentato; gli argini e i versanti sono stati ripuliti e difesi con scogliere di massi ciclopici.



Un'opera decisamente inadeguata si osserva al confine con Casalzuigno, ove le acque del rio vengono incanalate in un tubo di 600mm di diametro al di sotto della strada, generando esondazioni nei prati adiacenti. Oltre all'opera sopra descritta sono presenti altri manufatti finalizzati alla captazione di acque superficiali e sotterranee.

L'ubicazione di tali opere è rappresentata nella **Tavola 2**, mentre per una più accurata descrizione idrogeologica si rimanda al capitolo 9.

Si segnala poi la presenza di spessori di 2-3m di terreno di riporto in corrispondenza della strada presso S.Quirico e messo a dimora per consentire un allargamento del rilevato stradale.

Rimane poi confermata la presenza di un deposito di fanghi industriali sul fondovalle del Boesio, su cui un'indagine ambientale da parte della A.S.L. nel 1998 non ha riscontrato elementi giustificanti interventi di bonifica (Prot. N. 65953 GR).

7.5. FORME DOVUTE AD ALTRI PROCESSI

A questa categoria appartengono tutte le forme dovute ad una sovrapposizione di diversi processi.

Tra queste forme si osserva nell'area di progetto la presenza di depositi alluvionali di fondovalle determinata dall'azione di erosione, trasporto e deposito del torrente Boesio e dal continuo rimaneggiamento esercitato dallo stesso.

Si tratta quindi di depositi connessi alla dinamica fluviale, con aree di erosione ed aree di accumulo, meandri ed isolotti che si distinguono come caratteristiche dai depositi presenti lungo le aste torrentizie degli affluenti del Boesio.

Inoltre la genesi di questi depositi va riferita a bacini di alimentazione assai distanti ed a fenomeni di esondazione innescati nella parte più alta della Valcuvia, ben più a monte quindi dell'abitato di Brenta.

8. AREA DI ESPANSIONE URBANISTICA

8.1. ESTENSIONE AREALE E LOCALIZZAZIONE

L'area di espansione urbanistica è collocata nel settore meridionale del territorio comunale, in una zona caratterizzata da morfologia subpianeggiante o comunque con pendenze medie di $7^\circ \div 10^\circ$.

Per la caratterizzazione geologica è stata presa in considerazione un'area più ampia, pari a circa 1.5 km², delimitata a monte da S.Quirico e da C. Ronco d'Emezza ed estesa verso valle fino al Boesio e quindi al limite comunale con Gemonio.



8.2. DINAMICA GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

Gli aspetti legati ai processi morfodinamici attivi e potenziali rivestono grande importanza per la verifica del rischio idrogeologico, in stretta correlazione con le aree potenzialmente esondabili, già descritte nei paragrafi precedenti.

Il rilievo eseguito alla scala 1:2000, utilizzato nel precedente studio, ha permesso di dettagliare maggiormente tutti questi fenomeni, che possono limitare pesantemente le azioni di piano.

La **Tavola 2** "Carta Geomorfologica" mostra per buona parte dell'area di espansione urbanistica una sostanziale assenza di fenomeni, particolarmente evidente nel settore orientale, ove la presenza di facies fluvioglaciali talora cementate, il limitato angolo di naturale declivio e l'assenza di corsi d'acqua favoriscono la stabilità, mentre i fenomeni più rilevanti si concentrano attorno al torrente Serpillo ed agli affluenti del Boesio ad esso limitrofi.

Una zona di particolare rischio è stata localizzata nei pressi di C. Chiosi, ove è stata riscontrata una nicchia di distacco in potenziale arretramento, che può indirettamente coinvolgere la viabilità vicinale nei pressi delle abitazioni.

L'instabilità appare chiaramente innescata dall'erosione spondale del torrente Serpillo con limitati fenomeni di scalzamento al piede e richiamo di modeste quantità di depositi fluvioglaciali sciolti.

Il punto più critico nei confronti dei manufatti antropici è al limite ovest della Cascina Chiosi.

Nel 2002 la Comunità Montana della Valcuvia ha ottenuto l'autorizzazione per l'esecuzione di lavori di sistemazione idraulica del torrente Serpillo, rinforzando i ponti di via Cascine e di via ai Chiosi, creando nuove difese spondali e ripulendo l'alveo dai detriti trasportati dalla corrente negli anni.

Procedendo verso est, si segnalano limitatissimi fenomeni di "Debris Flow" entro incisioni torrentizie di limitata entità.

Come già accennato, si tratta di fenomeni che, vista la loro limitata entità, non producono danni ingenti, possono tuttavia generare depositi mobilizzabili in caso di ondate di piena lungo le incisioni.

Il corpo detritico su cui si imposta il cimitero di S. Quirico appare stabile.

In particolare, per l'ampliamento del cimitero è stata verificata nei primi metri la successione stratigrafica, composta da:

- 0÷3 m: terreno di riporto;
- 3÷7 m: detrito ghiaioso in matrice fine sciolta;
- Da 7 m: ghiaia e ciottoli a matrice sabbioso-limoso, addensata.

Le incisioni torrentizie nei tratti a sud di S. Quirico si presentano in moderato approfondimento e in larga parte inalveate.

Anche i terrazzi morfologici generati dalle incisioni non presentano segni di attività.



Osservando il corpo fluvioglaciale cementato isolato a sud di S. Quirico e confrontandolo con la situazione ad ovest di Via Botterat e compresa tra due limitati conoidi, è possibile riconoscere il motivo predominante di evoluzione morfodinamica nell'area di Brenta.

Nel 2° sito infatti si osserva un lembo fluvioglaciale cementato ed inciso a monte da un rio ad asse NW-SE, che ha determinato una piccolissima nicchia di distacco.

Longitudinalmente il corpo cementato è isolato da 2 incisioni e verso sud, nella zona del piede, è soggetto ad erosione spondale.

Quest'ultimo fenomeno, provocando progressive nicchie in arretramento, di cui una già visibile, innescherebbe la mobilitazione del lembo verso valle, che andrebbe a costituire una situazione del tutto analoga a quella presente a sud di S. Quirico, con un corpo cementato isolato tra due incisioni.

Questa tipologia morfodinamica caratterizza tutto il settore pedecollinare del territorio del Brenta, ma non presenta caratteri di imminente pericolosità.

Una situazione di potenziale rischio si riscontra nelle prime abitazioni a sud di Ronco di Mazza, ove si registra una nicchia di erosione con accumulo di frana del tutto simile a quella presente a ovest di C. Chiosi (anche in questo caso quindi si prevede un progressivo arretramento del terrazzo morfologico, innescato da scalzamento al piede del versante per erosione spondale)

Sull'altra sponda del rio ad est di Besozzo, una nicchia attiva può potenzialmente arretrare ed interessare l'abitazione anche se il fenomeno sembra ancora ad uno stadio iniziale rispetto ai casi precedenti.

L'esondabilità di determinate aree, collocate in prossimità dei corsi d'acqua maggiori, appare, allo stato attuale dell'evoluzione morfodinamica, il fattore di maggiore rischio.

Occorre a questo punto evidenziare due differenti aree:

1. Boesio
2. Affluenti

1. Boesio

Tutta l'area a sud del rilevato stradale della Provinciale per Luino fino ai primi rilievi del territorio di Gemonio è caratterizzata da frequenti esondazioni da parte del Boesio.

Tali eventi alluvionali presentano tempi di ritorno assai ravvicinati, ricorrendo praticamente in corrispondenza di ogni piena autunnale.

L'area ad oggi caratterizzata da maggiore rischio si ubica presso l'abitazione immediatamente ad est della Conceria Fraschini, ove, anche in occasione della recente alluvione del 2002, si sono registrate esondazioni.

La principale causa delle esondazioni è legata alla presenza di meandri privi di adeguata protezione spondale e di argini naturali ed artificiali.



Ne consegue che, una volta superato il livello delimitato dall'incisione torrentizia attuale, il Boesio allaga l'intera piana a valle del ponticello senza trovare particolari ostacoli.

A ciò si aggiunga un ulteriore fattore di rischio, determinato dalla creazione di dighe naturali generate da franamenti delle sponde ed accumuli di materiale detritico di varia origine. In questo modo si creano ostacoli al normale deflusso del Boesio, con la possibilità di improvvisi ed ingenti rilasci di acqua e detriti a seguito della rottura di questi sbancamenti.

In questo senso, una situazione ad alto rischio è ad esempio riscontrabile a sud della Conceria, in corrispondenza di una piccola traversa attualmente in disuso.

Qui si osserva, in sponda destra, un affioramento dei "Calcarì a Cefalopodi", intensamente alterato, fratturato ed a giacitura subverticale.

Il versante, collocato in sponda sinistra, è soggetto periodicamente a fenomeni di crollo, i quali, se di notevole entità, possono creare uno sbarramento naturale in un punto assai critico della valle con accumuli e successivi rilasci di energia difficilmente controllabili.

L'attuale posizione del Boesio è inoltre il risultato sia della sua evoluzione naturale sia di interventi antropici, che ne ha localmente deviato il corso.

Nel 1994 la Comunità Montana della Valcuvia ha presentato il progetto L.185/92 "Sistemazione idraulica dei torrenti Boesio, Bulgherone e Marianne" e nel 1997 una variante a tale progetto come conseguenza dell'alluvione del Settembre 1995. Riferendoci alla variante proposta, questa pone come obiettivi:

- L'aumento della quantità di scavo e l'aumento della lunghezza delle protezioni spondali in massi ciclopici previste nel progetto base, al fine di eliminare in modo definitivo i fenomeni di erosione spondale.
- Formazione a monte del ponticello esistente, una ampia vasca di calma al fine di limitare la velocità di deflusso delle acque in corrispondenza del manufatto di attraversamento.

A seguito dell'alluvione del 2002, nel maggio 2008 la Regione Lombardia ha stanziato del denaro per la sistemazione del torrente Boesio tramite la realizzazione di bacini di espansione a monte delle zone a rischio esondazione. Tali opere verranno realizzate nei diversi comuni della Valle a monte delle zone più a rischio, come la località Molinetto e la zona dell'ospedale di Cittiglio.

2. Affluenti

Gli affluenti del Boesio compresi nel territorio comunale sono:

- Il Rio Scarpin (Valmaggioro) e il torrente Serpillo;
- Il Torrente Luera ed il suo affluente, il Rio Cangella;
- Il Torrente Crucione, che segna ad est il limite Comunale con Casalzuigno.



Lungo il Rio Scarpin è stata osservata un'area di particolare rischio in corrispondenza del ponticello all'incrocio tra Via Guglielmo Marconi e Via Ai Chiosi, nelle vicinanze del confine con Cittiglio.

In questo caso l'inallveamento del rio entro anse molto strette, ma non sufficientemente incise, può provocare esondazioni, con possibili accumuli di detriti sul manto stradale e sul prato immediatamente a sud della Cappellina.

Nel 2002 la Comunità Montana della Valcuvia ha rinforzato i ponti di via Cascine e di via ai Chiosi, creando nuove difese spondali e ripulendo l'alveo dai detriti trasportati dalla corrente negli anni.

Si sottolinea inoltre la presenza di lesioni nei muri di un edificio posto a ridosso dell'incisione torrentizia.

Le fessure sono probabilmente provocate dallo scalzamento esercitato dal corso d'acqua e dalla creazione di nicchie di erosione progressivamente in arretramento.

Molto meno a rischio la situazione del Rio Cangella e del Torrente Luera, ove si registra solo la possibilità di locali accumuli di detriti in corrispondenza della viabilità interpodereale.

Occorre in questo caso provvedere alla periodica pulizia degli alvei ed alla rimozione di opere di contenimento non idonee (gabbionate riempite con materiale di risulta non adatto).

Fenomeni di esondazione sono stati inoltre osservati presso il rio all'estremità est ove, imboccata la strada per Casale, si osservano opere di regimazione idraulica assolutamente sottodimensionate.

Il particolare, l'attraversamento del rio avviene tramite un blocco in calcestruzzo la cui unica luce per il passaggio dell'acqua è costituita da un tubo $\Phi 600$.

Si evidenzia la possibilità di frequenti esondazioni in casi di piena.

Allo stato attuale, l'attraversamento costituisce una specie di briglia, che però crea uno sbarramento e permette la dispersione di detriti sulle strade e nei prati adiacenti.

Si ritiene quindi necessario sostituire l'opera, ad esempio con uno scatolare ad ampiezza sufficiente ad incanalare al di sotto della strada la portata di massima piena del rio.

8.3. ZONAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA PRELIMINARE DEL SOTTOSUOLO INQUADRAMENTO LITOTECNICO

Il presente paragrafo si propone di fornire un quadro preliminare delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei terreni e delle rocce presenti nel territorio comunale di Brenta relativamente alle aree di prevista espansione urbanistica.

Si tratta, come accennato, di una caratterizzazione non definitiva, ma che cerca di essere il più possibile esaustiva in rapporto alle finalità del presente lavoro.

È stata posta quindi particolare attenzione alla qualità dei litotipi in funzione della edificabilità.

Nelle aree di prevista espansione sono presenti le seguenti litologie (si veda **Tavola 3**):

- Depositi di copertura sciolti;



- Depositi di copertura cementati;
- Unità rocciose, affioranti e subaffioranti.

Entro ognuna di queste unità litologiche sono state identificate le formazioni geologiche di appartenenza, prestando particolare attenzione agli spessori delle coperture.

I dati numerici di seguito riportati si basano su esperienze maturate su litotipi a caratteristiche analoghe, caratterizzati grazie a numerose prove in sito ed in laboratorio, nonché a dati disponibili in letteratura.

8.4. TERRENI-CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Per la definizione della qualità dei terreni si è fatto riferimento alla tabella CNR UNI 10006, che distingue i terreni sulla base delle caratteristiche granulometriche e delle proprietà indice (Limiti di Atterberg).

Tale suddivisione è sembrata la più idonea in relazione al tipo di dati disponibili ed alla finalità del presente lavoro.

Tutti i terreni considerati, in larga parte a granulometria grossolana, presentano qualità portanti da buone ad eccellenti, con cedimenti di consolidazione prossimi a zero.

Solo localmente, in particolare nelle vicinanze del Boesio, non si esclude la presenza di lenti di materiale a granulometria più fine.

In tutti i casi in cui debbano essere eseguite nuove costruzioni nell'area di prevista espansione urbanistica, occorrerà svolgere indagini tanto più accurate, quanto più importante sarà l'opera o l'edificio da realizzare (si vedano le Norme Tecniche per le Costruzioni 2008).

Prendendo in esame le singole unità geotecniche o litologiche distinte nella **Tavola 3**, è quindi possibile definire i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

- Depositi alluvionali del Torrente Boesio
 - Facies limoso-argillosa (lenti discontinue)

Densità	$\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$;
Coazione	$c' = 0.0 \text{ t/m}^2$
Angolo d'attrito	$\phi' = 23^\circ$
 - Facies ghiaioso-sabbiosa

Densità	$\gamma = 2.0 \text{ t/m}^3$;
Coazione	$c' = 0.0 \text{ t/m}^2$
Angolo d'attrito	$\phi' = 35^\circ$



Come osservabile anche nella **Tavola 3**, l'unità è caratterizzata da qualità portanti mediamente buone (gruppi A"-4, A"-5), tendenti a peggiorare nei termini coesivi limoso-argillosi, comunque mai riscontrati né in affioramento, né nei dati provenienti dalle indagini svolte in sito (perforazioni, scavi, ecc.), ad eccezione dei fanghi industriali presenti sul fondovalle.

- Depositi di copertura cementati (Fluvioglaciale Wurm)

Densità $\gamma = 2.0 \div 2.2 \text{ t/m}^3$

Coesione $c' = 10 \div 12 \text{ t/m}^2$

Angolo d'attrito $\phi' = 38^\circ \div 40^\circ$

I depositi si configurano nel gruppo A1, a caratteristiche portanti eccellenti, strettamente collegate alla presenza di cementazione.

Si sottolinea altresì che questo litotipo rappresenta di fatto un termine transazionale tra roccia e terreno; in considerazione dell'alterazione e della discontinua presenza di cemento è stata preferita una classificazione di tipo geotecnico piuttosto che geomeccanico.

- Depositi di copertura sciolta

Questa unità sono state raggruppate diverse formazioni che appare opportuno considerare separatamente in relazione alle loro caratteristiche genetiche.

- Detrito di frana

È connesso ad eventi franosi che ne hanno determinato l'accumulo; si presenta come materiale grossolano eterogeneo con scarsa matrice fine e poco addensato.

Si definiscono:

Densità $\gamma = 2.0 \div 2.1 \text{ t/m}^3$

Coesione $c' = 0.0 \text{ t/m}^2$

Angolo d'attrito $\phi' = 35^\circ$

Si sottolinea tuttavia che, pur considerando il terreno nel gruppo A1-b (qualità portanti buone), occorre valutare la stabilità del pendio in corrispondenza del quale si prevede di costruire, al fine di prevenire eventuali nuove rimobilizzazioni; in tutti i casi è necessario uno studio di carattere geologico e geomorfologico di dettaglio con una analisi di stabilità.

- Detrito di versante



Si tratta in generale di terreni granulometricamente e geotecnicamente simili ai precedenti, ma maggiormente addensati e stabili, quindi con caratteristiche geotecniche globalmente migliori.

- Depositi di conoide

Si distinguono dai precedenti per una maggiore classazione granulometrica ed una maggiore percentuale di sabbia e, subordinatamente, limo.

L'attuale nucleo abitativo di Brenta sorge in larga parte su questi depositi, che presentano caratteristiche di qualità portanti da eccellenti a buone:

Densità	$\gamma = 2.0 \div 2.1 \text{ t/m}^3$
Coesione	$c' = 0.0 \text{ t/m}^2$
Angolo d'attrito	$\phi' = 33^\circ \div 36^\circ$

- Depositi fluvioglaciali

Caso in cui la frazione limosa sia assente o trascurabile, i terreni in oggetto assumono caratteristiche geotecniche del tutto analoghe alla formazione precedente (depositi di conoide); nel caso in cui si riscontri una percentuale limosa non trascurabile si assume:

Densità	$\gamma = 2.0 \div 2.1 \text{ t/m}^3$
Coesione	$c' = 0.0 \div 0.2 \text{ t/m}^2$
Angolo d'attrito	$\phi' = 32^\circ \div 34^\circ$

Che, associati alle proprietà indice della tabella di **Tavola 3**, sono caratteristici di terreni a qualità portanti buone (gruppo A2-4).

8.5. ROCCE-CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE

Nella **Tavola 3** sono state identificate le unità rocciose affioranti entro l'area di prevista espansione urbanistica.

Sono state anche riconosciute le zone in cui la roccia è subaffiorante, ovvero sovrastata solo da una limitata coltre colluviale (alterazione in posto) spesso al massimo 0.50 m.

Per la parametrizzazione degli ammassi rocciosi è stata utilizzata la classificazione di Bieniawski (Rock Mass Rating-1979).



Per una lettura corretta della tabella riportata in **Tavola 3**, occorre sottolineare che, in generale, la capacità portante degli ammassi rocciosi è sempre elevata se presa indipendentemente dal contesto morfologico in cui si inseriscono di volta in volta le problematiche geomeccaniche da affrontare.

Per esempio, nel caso di fondazioni di un edificio civile poggianti su roccia, appare evidente che non si presenteranno problematiche connesse alla portanza, mentre occorrerà verificare la stabilità di eventuali fronti di scavo a tergo ed a monte dei manufatti, ponendo particolare attenzione all'orientamento delle superfici di discontinuità.

La tabella riportata dovrà quindi essere di volta in volta completata, relativamente alla casella "Orientamento delle discontinuità-fattore di Riduzione", tenendo conto delle indicazioni presenti nella RMR, e precisamente:

Posizione degli strati rispetto allo scavo	Giudizio	Parametro di riduzione
A reggipoggio $0 < \alpha < 90$	Da favorevole a molto favorevole	0÷2
A franapoggio $0 < \alpha < 90$	Da sfavorevole a mediocre	5

In considerazione della presenza preponderante della Formazione della Maiolica entro l'area di espansione, è stato eseguito un rilievo geostrutturale di dettaglio dell'abitato di Brenta in corrispondenza dello sperone roccioso che fiancheggia a nord la Strada Provinciale della Valcuvia e che mostra in affioramento l'unità calcarea.

a) Maiolica

L'unità si presenta compatta, a frattura conoide, ma nel punto di stazione sono stati rilevati 3 sistemi di discontinuità principali, così orientati:

Classi	Immersione	Inclinazione
S (stratificazione)	0	$10^{\circ} \div 20^{\circ}$
K1	$330^{\circ} \div 340^{\circ} \text{ N} / 150^{\circ} \div 160^{\circ} \text{ N}$	$80^{\circ} \div 90^{\circ}$
K2	$20^{\circ} \div 30^{\circ} \text{ N} / 200^{\circ} \div 210^{\circ} \text{ N}$	$80^{\circ} \div 90^{\circ}$

Alla luce delle considerazioni sopra elencate, associate a dati ed elementi raccolti sulla base di esperienze maturate in contesti geomeccanici analoghi, è stato possibile riferire la "Maiolica" alla classe II della classificazione di Bieniawski, caratteristica di rocce di qualità buona, escludendo sempre l'influenza delle discontinuità sui fronti di scavo.

Il caso peggiore si avrebbe per superfici a franappoggio con una riduzione del coefficiente RMR.



b) Radiolariti-Rosso ad Aptici

Gli affioramenti di questa unità sono assai limitati nell'area di espansione urbanistica e non si verificano mai le condizioni per cui gli edifici potranno poggiare su queste formazioni ad elevata componente silicea.

Anche in corrispondenza dello scavo lungo la Strada Provinciale della Valcuvia, le radiolariti sono decisamente subordinate alla Maiolica ed il comportamento dell'ammasso risulterà governato da quest'ultima.

Facendo riferimento alla tabella di **Tavola 3**, le radiolariti sono state definite come roccia a qualità buona (classe II), con valore di RMR più basso rispetto alla Maiolica.

Ciò è determinato dall'alterazione lungo i giunti di strato, osservata ad esempio in corrispondenza degli affioramenti presso la Conceria Fraschini entro il territorio di Cittiglio.

c) Calcari a Cefalopodi-facies flyshoide

Gli affioramenti dell'unità sono limitati ad una piccolissima area ubicata all'estremità N-W del sito di studio.

Vista l'inaccessibilità dei siti, tra l'altro ubicati in zona soggetta a Vincolo Idrogeologico (R.D. 3267/23), non appare possibile considerare l'eventualità di edificare su questa unità, della quale si fornisce comunque una breve classificazione.

Conseguentemente alla presenza di alternanze tra litotipi teneri (marne) e lapidei (calcareniti), i valori di Point Load e di Resistenza a Compressione Monoassiale sono da ritenersi intermedi tra le due litologie, anche se l'unità mantiene un comportamento anisotropo.

A seguito di tali fattori, la formazione è stata definita come una roccia a qualità discreta (RMR=68, classe III).

Anche in questo caso, come nei precedenti, si dovrà tenere conto del fattore di riduzione legato all'orientamento delle discontinuità.

9. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Il territorio comunale di Brenta si sviluppa in larga parte in un'area collinare e montuosa, caratterizzata da considerevoli affioramenti di unità lapidee.

Al fine di ricostruire il flusso idrico sotterraneo, si ritiene indispensabile procedere ad una disamina del grado di ricettività che i litotipi affioranti e descritti in dettaglio nel cap. 6 offrono alle acque meteoriche.



Appare quindi di fondamentale importanza caratterizzare i terreni e le rocce esistenti secondo classi di permeabilità primaria e secondaria.

Solo in questo modo sarà possibile ricostruire la circolazione delle acque nel sottosuolo e definire la geometria dei serbatoi idrici, allo scopo di verificarne le potenzialità per lo sfruttamento e la vulnerabilità nei confronti di eventuali agenti inquinanti.

Importanti indicazioni in tale senso provengono dalle sorgenti, captate e non, ma anche dai pozzi di emungimento ad uso irriguo, civile, industriale, zootecnico.

9.1. PERMEABILITÀ

La permeabilità, ovvero l'attitudine di un mezzo a farsi attraversare dall'acqua, viene valutata in modo diverso, a seconda che il litotipo considerato sia un terreno od una roccia.

In particolare, la *permeabilità primaria* si riferisce ad un terreno ed è collegata strettamente alla porosità efficace dello stesso, ovvero all'entità dei vuoti intercomunicanti.

In questo caso viene applicata la formula di Darcy:

$$v = k \cdot i$$

Con v (m/s): velocità di flusso idrico;

k (m/s): coefficiente di permeabilità;

i (m/m): gradiente idraulico.

Appare chiaro che i terreni a granulometria più grossolana sono caratterizzati da maggiore permeabilità.

Nell'area in esame pressoché tutti i terreni presentano caratteristiche di elevata conducibilità idraulica.

Nel caso delle rocce, di per sé impermeabili, entrano in gioco fattori quali il grado di alterazione, la fratturazione meccanica o il carsismo, che fanno aumentare notevolmente la conducibilità idraulica, definita *permeabilità secondaria*.

In questo caso l'espressione è la seguente:

$$k = g \cdot e^3 / 12v \cdot b$$

Con g (=9.81 m/s²): accelerazione di gravità;

e (mm): apertura dei giunti;

v (0.0101 cm²/s): coefficiente di viscosità cinematica;

b (mm): spaziatura dei giunti.

Ai fini del presente studio ed in assenza di prove in sito ed in laboratorio, talora assai costose, si ritiene ugualmente esauriente una classificazione delle rocce e dei terreni presenti nel territorio comunale di Brenta



effettuata sulla base di numerose esperienze maturate in litotipi analoghi e di informazioni bibliografiche, tale classificazione è rappresentata schematicamente nella **Tavola 4** "Carta idrogeologica".

9.2. CLASSE I: PERMEABILITÀ MOLTO BUONA ($K \geq 10^{-1}$ CM/S)

Dovranno essere qui collocati principalmente i litotipi ghiaiosi-sabbiosi, che costituiscono la quasi totalità dei terreni sciolti presenti nel territorio comunale di Brenta.

In dettaglio, le unità geologico-strutturali appartenenti a questa classe sono (si veda cap.6):

- Depositi alluvionali di fondovalle (**a**);
- Detrito di versante e di frana (**dt** e **dfr**);
- Depositi di conoide (**dc**).

I depositi di questa classe sono ubicati esclusivamente nell'area di fondovalle, a quote generalmente inferiori a 400m (si veda **Tavola 4**).

In questi litotipi le acque vengono facilmente assorbite ed il deflusso in profondità è rapido, pur non escludendo la presenza di limitate lenti limose a scarsa permeabilità, che comunque incidono in modo trascurabile sulla valutazione della conducibilità idrica.

Per quanto concerne i depositi alluvionali del Boesio, si sottolinea la presenza di aree di stoccaggio di fanghi industriali, investigati dall'A.S.L. nel 1998, che localmente abbatterebbero il valore di permeabilità sopra assunto.

In generale, le unità sopra definite costituiscono comunque potenziali ottimi acquiferi.

9.3. CLASSE II: PERMEABILITÀ DA BUONA A DISCRETA ($10^{-1} < K < 10^{-4}$ CM/S)

Appartengono a questa classe tutti i litotipi rocciosi caratterizzati da elevata permeabilità secondaria ($k=10^{-1} \div 10^{-2}$ cm/s), nonché i depositi di copertura più o meno cementati ($k=10^{-2} \div 10^{-3}$ cm/s).

Nell'area in oggetto questi litotipi sono rappresentati rispettivamente dal "*Calcarea selcifera lombardo*" e dai "*Depositi fluvioglaciali del Wurm*".

Il "Selcifero" è sempre accompagnato da fratturazione dovuta quasi sicuramente a fenomeni crioclastici, legati cioè a gelo ed a disgelo, nonché in parte a disturbi tettonici.

L'elevata solubilità della componente calcarea, provocata dalle acque percolanti, il cui deflusso è tra l'altro favorito dalla presenza di fratture beanti, innesca fenomeni di carsismo che aumentano notevolmente la permeabilità.

Ne consegue che in zone particolarmente fratturate ed alterate k supera sempre i 10^{-1} cm/s.

Anche la giacitura subverticale degli strati favorisce l'assorbimento delle acque meteoriche entro la formazione calcarea, anche a notevoli profondità.



Dalle considerazioni sopra esposte si evince che questa formazione rappresenta un acquifero di grande interesse per le sue potenzialità.

Il "*Fluvioglaciale Wurm*" presenta anch'esso caratteristiche di buona permeabilità, determinata però da fattori completamente diversi.

Infatti, mentre la permeabilità delle unità lapidee sopra citate è secondaria, i depositi morenici quaternari sono caratterizzati da permeabilità primaria, connessa fundamentalmente alla granulometria grossolana ed alla locale assenza di cementazione.

Tuttavia si segnala la presenza, pur se non abbondante, di matrice limosa, che può fare notevolmente abbassare il valore.

Si può quindi assumere il valore medio per il litotipo pari a $k=10^{-2} \div 10^{-3}$ cm/s.

Anche questa ultima unità costituisce un interessante serbatoio idrico.

9.4. CLASSE III: PERMEABILITÀ DA DISCRETA A SCARSA ($10^{-4} < K < 10^{-6}$ CM/S)

La facies più marcatamente calcarea dei "*Calcari a Cefalopodi*" è caratterizzata da una discreta permeabilità secondaria per fratturazione ($k=10^{-4} \div 10^{-5}$ cm/s).

Si tratta di calcari che, particolarmente nel settore occidentale, non si presentano fratturati e costituiscono un limite di permeabilità, pur se non nettissimo, rispetto al "*Selcifero*".

A questa classe vengono generalmente ascritte anche unità flyschoidi, costituite cioè da alternanze di strati a diversa competenza, oppure a limi sabbiosi.

Nell'area di studio è presente l'unità dei "*calcari a Cefalopodi-facies 1*", che presenta caratteristiche tali da costituire la vera barriera impermeabile nei confronti dei litotipi delle classi precedenti, particolarmente il "*Selcifero*".

Infatti, la permeabilità media della formazione, costituita da alternanze di calcari e marne, può essere valutata in circa 10^{-6} cm/s, soprattutto in relazione alla presenza della frazione pelitica, pressoché impermeabile se presa singolarmente ($k < 10^{-8}$).

Non sono invece stati riscontrati nell'area litotipi a costituzione limosa entro i depositi di copertura; non se ne esclude tuttavia l'esistenza, soprattutto nelle vicinanze del Torrente Boesio, ove locali fenomeni di ristagno conseguenti ad alluvioni possono avere determinato la deposizione delle porzioni limose-sabbiose, oltre alla succitata presenza di fanghi industriali.



9.5. CLASSE IV: PERMEABILITÀ SCARSA ($10^{-6} < K < 10^{-9}$ CM/S)

Nell'area di Brenta le formazioni caratterizzate da k compreso tra 10^{-6} e 10^{-9} sono esclusivamente unità lapidee, caratterizzate quindi da fratturazione pressoché assente e da discontinuità tali da non permettere al circolo idrico (strati amalgamati).

In questa classe sono infatti comprese le formazioni della "Maiolica", delle "Radiolariti" e del "Rosso ad Aptici".

Scendendo in dettaglio, la "Maiolica" appare come l'unica unità per la quale si può prevedere una certa permeabilità (k circa pari a 10^{-6} cm/s); ciò in conseguenza della stratificazione che la caratterizza.

Non si segnala comunque all'interno di essa la presenza di famiglie di discontinuità o di fenomeni di carsismo, peraltro assenti anche in aree di affioramento limitrofe (es.: Campo dei Fiori).

D'altra parte, anche le "radiolariti" ed il "Rosso ad Aptici" sono invece caratterizzate da permeabilità assai scarsa, conseguentemente alla loro composizione litologica, che li rende assai poco erodibili e non soggetti a carnificazione, ma anche per l'assenza di famiglie di discontinuità tali da consentire la circolazione idrica sotterranea.

Infatti gli strati appaiono spesso amalgamati, con giunti serrati e talora discontinui; mentre la fessurazione, legata essenzialmente all'alterazione, è assai superficiale.

9.6. CLASSE V: PERMEABILITÀ NULLA ($K > 10^{-10}$ CM/S)

Non sono stati osservati nell'area litotipi caratterizzati da permeabilità nulla; non si esclude del tutto la possibilità di riscontrare livelli limitatissimi di argille entro le alluvioni del Boesio, legate ad episodi di ristagno conseguenti ad esondazioni.

9.7. BACINI IDROGEOLOGICI E FALDE ACQUIFERE

In un'area prevalentemente montuosa l'assetto idrogeologico è spesso correlato direttamente alle caratteristiche geologico-strutturali delle formazioni presenti, oltre che alla permeabilità.

Infatti particolari strutture geologiche si prestano più facilmente all'accumulo di acqua rispetto ad altre.

È il caso di Brenta, che si colloca in corrispondenza di una sinclinale che, pur se asimmetrica, strizzata e fagliata, costituisce, nella sua zona di nucleo un potenziale serbatoio.

Facendo riferimento alla planimetria della **Tavola 1**, il bacino idrogeologico in oggetto è orientato grossomodo est-ovest ed il nucleo si imposta entro l'unità della "Maiolica", intensamente deformata.

In corrispondenza di questo asse strutturale si inserisce una profonda incisione, creata con ogni probabilità dall'antico corso del Boesio e successivamente colmata da sedimenti fluvioglaciali che ne hanno causato la progressiva migrazione verso sud (si veda sezione A-A' di **Tavola 1**).



Ingenti spessori di sedimenti grossolani permeabili, poggianti su un substrato che, a meno di fratture non direttamente verificabili, appare scarsamente permeabile, costituisce sicuramente un acquifero dalle buonissime potenzialità.

Ideale spartiacque verso sud di questo bacino idrogeologico è rappresentato dal limite dei depositi Wurmiani e la Maiolica, mentre verso nord, per la presenza di un lineamento tettonico, può essere considerato come limite di bacino il contatto tra la "Maiolica" e il "Calccare a Cefalopodi".

Questa unità, caratterizzata da generale scarsa permeabilità, separa anche altri due diversi bacini idrogeologici.

Il regime a monte è in questo caso dominato esclusivamente dal grado di fratturazione e dal carsismo presente nel "Selcifero"; il bacino idrogeologico è quindi delimitato dal contatto tra quest'ultima unità ed il flysch dei "Cefalopodi".

Il collegamento tra i due bacini è rappresentato dalla presenza di lembi fluvioglaciali che superano localmente la barriera impermeabile costituita dal Calccare a Cefalopodi e convogliano le acque sotterranee del bacino di monte all'interno del bacino di valle, quest'ultimo, di importanza regionale, sede di una falda freatica già utilizzata per scopi civili, irrigui ed industriali.

Laddove le acque sotterranee di monte non riescono a confluire verso valle danno luogo a scaturigini, particolarmente evidenti nel settore orientale (Sorgente Bosco Piangelli e Sorgente Bosco Valmaggione).

Il bacino idrogeologico di monte coincide solo parzialmente con il bacino imbrifero, mentre verso valle non appare possibile determinare una correlazione certa.

9.8. SORGENTI

Nell'area di studio sono presenti alcune scaturigini di una certa importanza, captate ed utilizzate a scopi potabili.

Le principali sorgenti nel territorio comunale di Brenta sono:

- *Sorgente Bosco Valmaggione* (quota 570m s.l.m.)
- *Sorgente Bosco Piangelli* (quota 490m s.l.m.)
- *Sorgente Bosco Valminore* (quota 480m s.l.m.)

La **Sorgente Bosco Valmaggione** si colloca in prossimità del contatto tra il "Selcifero" ed il "Calccare a Cefalopodi".

Può essere definita come una "Sorgente per soglia di permeabilità sottoposta", caratterizzata da portate inferiori a 5l/s.

I meccanismi che hanno determinato la scaturigine possono essere così schematizzati:

- Le acque raccolte dal bacino imbrifero di Valmaggione nella parte alta vengono immagazzinate dal "Selcifero", permeabile per fratturazione e carsismo;



- Le acque filtrano verso valle attraverso i vuoti intercomunicanti che continuano in minima parte anche entro la facies calcarea massiccia dei "Cefalopodi", comunque meno permeabile;
- Il vicino contatto con la facies flyschoidale scarsamente permeabile determina uno sbarramento alla libera circolazione delle acque verso il basso; il flusso tende quindi a risalire e ad emergere.

La **Sorgente Bosco Piangelli** così come la **Sorgente di Valminore**, sono ubicate a quote inferiori alla precedente ed i meccanismi che le hanno generate differiscono dalla precedente.

Innanzitutto si tratta di sorgenti per limite di permeabilità definito, costituito nel caso particolare dal contrasto tra la scarsa conducibilità idrica del substrato flyschoidale e la sovrastante coltre fluvioglaciale grossolana e permeabile.

Anche queste sorgenti sono caratterizzate da portate non superiori a 5l/s.

Tuttavia, considerata la posizione della sorgente Bosco Piangelli, non si esclude che essa sia in realtà indirettamente da correlare alla tipologia illustrata per la Sorgente Bosco Valmaggione.

Infatti, il lembo fluvioglaciale permeabile, oltre a costituire un serbatoio per le acque di infiltrazione diretta legate agli eventi meteorici, può raccogliere anche le acque sotterranee che altrimenti emergerebbero, spostando il punto di scaturigine più a valle.

Una limitatissima emergenza è stata inoltre osservata sotto la località Pianura, probabilmente per la vicinanza del substrato roccioso alla superficie in una zona maggiormente incisa.

Le sorgenti captate non presentano allo stato attuale possibilità di contaminazione, costituiscono quindi una preziosa risorsa da salvaguardare.

Ai sensi della Legge 236/88 è stata istituita anche nell'area di Brenta una zona di rispetto per pozzi e sorgenti, riportata nel Piano Urbanistico Comunitario.

Per quanto riguarda la possibilità di incentivare lo sfruttamento, non si segnalano in prima analisi altre aree tali da rappresentare potenziali serbatoi sfruttabili.

Il 25/05/2006 la Provincia di Varese ha rilasciato alla Comunità montana della Valcuvia la concessione di derivazione di 2l/s d'acqua ad uso antincendio boschivo da una sorgente ubicata a quota di circa 800m s.l.m. a poca distanza dal confine comunale occidentale con il comune di Cittiglio.

9.9. POZZI E VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

I pozzi presenti nel territorio comunale di Brenta sono concentrati nella fascia pianeggiante, entro i depositi fluvioglaciali sciolti e nei depositi di conoide.

Lo sfruttamento idrico, pubblico e privato, ha riguardato quindi esclusivamente la falda freatica del bacino idrogeologico di valle (cfr. par. 9.2).



L'acquedotto di Brenta attinge da un pozzo ubicato entro il territorio di Casalzuigno, presso località Molino di Prada.

In **Allegato 1** si fornisce la stratigrafia e le note tecniche inerenti questo pozzo, che emunge una portata, massima di circa 10l/s.

Dalle stratigrafie allegate alla documentazione dei pozzi e reperite presso l'Ufficio Tecnico Comunale, è emersa una successione prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, localmente cementata e raramente caratterizzata dalla presenza di argilla o limo.

Il substrato lapideo, costituito da "Maiolica" è posto a profondità notevoli, talvolta non raggiunto da perforazioni di 30m.

Nei pressi della Conceria Frascini il substrato è stato incontrato a 17m.

Ciò è in accordo con la caratterizzazione geologico-strutturale definita sulla base del rilievo in superficie.

La documentazione relativa ai pozzi descritti è allegata alla presente relazione.

I dati ottenuti non forniscono indicazioni sulla portata emunta, né sulla qualità delle acque sfruttate.

Il livello statico misurato (-5÷-6 m) è sicuramente legato alle oscillazioni del Boesio.

Non essendo state osservate lenti argillose di una certa importanza appare difficile ipotizzare la presenza di falde sovrapposte.

Osservando il pozzo IPTA allegato, si riscontrano 3 sezioni filtranti, poste alle quote di:

- 6.00÷10.00 m: (ghiaia e ciottoli);
- 14.00÷22.00 m: (roccia fratturata);
- 26.00÷32.00 m: (roccia compatta);

Se i primi due tratti rivestono importanza in funzione della permeabilità, appare difficilmente spiegabile la scelta del 3° tratto, ubicato in roccia compatta (Maiolica), a permeabilità scarsa.

Il calcolo della portata (Q) può quindi essere condotto utilizzando l'espressione di Dupuit per falde libere, tenendo conto che il livello statico è posto a -5.201m ed il livello dinamico è a -6.30m.

L'espressione è la seguente:

$$Q = 1.366 \cdot (H^2 - h^2) / \log(R/r)$$

Dove: k: coefficiente di permeabilità, pari a circa 10^{-3} m/s;

H: altezza colonna d'acqua compresa tra il livello statico (-5.20m) e la base dell'acquifero (-19m);

h: altezza colonna d'acqua compresa tra il livello dinamico (-6.30m) e la base dell'acquifero (-19m);

R: raggio d'influenza del pozzo (stimato pari a circa 200m);

r: raggio del pozzo (0.2m).



Da cui:

$$Q = 1.3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = 131/\text{s}$$

Tale risultato è prossimo come ordine di grandezza al valore emunto dal pozzo di Molino di Prada.

Per quanto riguarda l'aspetto legato alla vulnerabilità degli acquiferi, appare evidente che una falda libera, come quella presente nel territorio di Brenta è pressoché priva di protezione dagli agenti inquinanti.

L'alimentazione da monte convoglia acque di buona qualità, anche per i fenomeni di auto depurazione connessi al tragitto percorso nei mezzi porosi.

Tuttavia, in corrispondenza del fondovalle, queste acque vengono a mescolarsi con acque più inquinate da Boesio.

Sebbene il drenaggio sia esercitato dal torrente rispetto alla falda (livello piezometrico più alto del livello del torrente), l'emungimento esercitato dai pozzi esistenti può convogliare acqua inquinata nell'acquifero, provocando un progressivo peggioramento della qualità idrica, soprattutto se utilizzata a scopi potabili.

Si suggerisce nel caso di necessità di nuovi emungimenti, di approfondire le perforazioni nella fascia più alta, concentrando l'attenzione soprattutto sui livelli rocciosi fratturati, tenendo conto della normativa vigente in materia di gestione delle risorse idriche (Decreto Legislativo 152/2006 e Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n.4).

A tale scopo dovrà essere verificata attentamente l'interferenza di future attività produttive a monte nei confronti della falda freatica.

Si raccomanda pertanto, in tutti i casi, un'accurata verifica di impatto ambientale, tenendo conto della Normativa vigente.

Va altresì sottolineato che in passato alcune zone prospicienti il Boesio erano state utilizzate per lo stoccaggio di fanghi utilizzati per il trattamento delle pelli presso la Conceria Fraschini.

Si raccomanda quindi, nell'affrontare qualunque problematica di carattere idrogeologico nell'area di fondovalle, quale ad esempio la realizzazione di nuovi pozzi, di eseguire uno studio accurato sul chimismo delle acque superficiali e profonde, allo scopo di verificare la presenza di sostanze contaminanti e di confrontare le concentrazioni rilevate con i limiti tabellati di cui alla normativa vigente (D.Lgs 471/99 e D.Lgs 152/06).

Potranno essere a tale scopo eseguite trincee e pozzetti esplorativi, oppure indagini geognostiche con fori strumentati, anche al fine di verificare gli spessori dei rifiuti e la granulometria dei depositi sottostanti.

Si sottolinea inoltre la necessità di accurati e periodici controlli sui pozzi attualmente in esercizio ed ubicati presso il fondovalle, ponendo particolare attenzione ad eventuali variazioni chimiche riportate nei rapporti redatti dalle Autorità Competenti.



9.10. BILANCIO IDRICO COMUNALE

La provincia di Varese, settore Ambiente Ecologia Energia, ha steso un censimento dei pozzi e delle sorgenti presenti nei comuni appartenenti alla Provincia.

Di seguito si riportano delle tabelle contenenti i pozzi e le sorgenti censite nel Comune di Brenta.

Nella **Tavola 4 e 5** sono riportate solo le sorgenti pubbliche con il nome identificativo corrispondente alla CTR 1:10000 e per quanto riguarda pozzi, sono stati evidenziati quelli pubblici ed uno solo privato ubicato all'interno del territorio comunale.

Tabella 2: Elenco pozzi presenti nel comune di Brenta o utilizzati dal comune di Brenta

Comune	N.	Cod.Pozzo	Comune richiedente	Località	Denominazione	Tipo	Proprietà	Prof.
Azzio	12	12007012,000	Brenta	Molino PRADA	POZZO 1	Pozzi	PUB	20.10
Brenta	1	12019001,000	A.P. Varese	S.Quirico		Pozzi	PUB	136.0
Brenta	2	12019002,000	Gemonio		Boesio 2	Pozzi	PUB	35.0
Brenta	2.1	12019002,010	Gemonio			Piezometro	PUB	30.0
Brenta	3	12019003,000	Gemonio		Boesio 1	Pozzi	PUB	20.0
Brenta	3.1	12019003,010	Gemonio			Piezometro	PUB	18.0
Brenta	21	12019021,000	Conceria Frascchini S.p.A.	Via Provinciale-Cava	Pozzo Cava	Pozzi	PRIV	29.5
Brenta	22	12019022,000	Conceria Frascchini S.p.A. e Acquatech S.r.l.	Via Sottosasso 2	Pozzo Spoglaitoio	Pozzi	PRIV	33.5
Brenta	23	12019023,000	Conceria Frascchini S.p.A. e Acquatech S.r.l.	Via Sottosasso 2	Pozzo Concia	Pozzi	PRIV	3.8
Busto-Arsizio	2	12026002,000	Agesp Busto Arsizio	Via Pontida-scuole	Pozzo N.3-Pontida	Pozzi	PUB	249.0

Tabella 3: Elenco sorgenti presenti nel comune di Brenta o utilizzate dal comune di Brenta

Comune	Codice_Sorg	Numero	Nome	Quota	Comune Richiedente	Propr.	Portata_Co	N_QMED	N_QMIN
Azzio	312007001.000	1.000	Gasci	350.0	Brenta	PUB	0.00	1.70	0.9



Brenta	312019002.000	2.000	Piangelli/1	575.0	Brenta	PUB	0.00	0.65	0.3
Brenta	312019003.000	3.000	Valmaggione	530.0	Brenta	PUB	0.00	0.90	
Brenta	312019001.000	1.000	Piangelli/2	490.0	Brenta	PUB	0.00	0.65	0.30
Brenta	312019022.000	22.000	Ronc. Mazza	420.0	Giubilini	PRIV	0.00	0.20	
Brenta	312019021.000	21.000	Ronc. Mazza	400.0	privata	PRIV	0.00	0.20	
Brenta	312019004.000	4.000	Pianura	350.0	Brenta	NONC	0.00	0.15	
Brenta	312019023.000	23.000		0.00	Comunità Montana	PUB	0.00	0.00	

Le Norme Tecniche Attuative (NTA) del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) impongono di effettuare una valutazione delle risorse idriche attualmente disponibili (Art. 95 Contenimento e governo dei consumi idrici), in modo da verificare l'effettiva disponibilità in previsione di espansione di aree ad uso residenziale e/o produttivo.

Tramite l'utilizzo di dati ottenuti dal Comune di Brenta come:

- Consumo totale di acqua ("fatturato") negli ultimi 2 anni (2008 e 2009);
- Portata erogata all'anno nel 2008-2009
- Popolazione residente negli ultimi dieci anni

è stato possibile elaborare un bilancio idrico come sotto riportato.

9.10.1. **SCHEMA IDRAULICO DELL'ACQUEDOTTO DEL COMUNE DI BRENTA**

L'acquedotto del Comune di Brenta è alimentato da due pozzi posti a 274m s.l.m. nel comune di Gemonio, che sono in grado di emungere ciascuno 13 l/s.

Nel comune sono disposti tre serbatoi:

1. Serbatoio "Butterale", quota 344 m s.l.m.
2. Serbatoio di S. Quirico, quota 405m s.l.m.
3. Serbatoio "Gaschi", quota 326m s.l.m.

Il **serbatoio "Butterale"** viene alimentato dall'acqua proveniente dai pozzi che sollevata è in grado di occupare i circa 300 mc disponibili.

Nel caso in cui la sorgente Valminore non sia in grado di far fronte ad un'emergenza nella zona compresa tra il serbatoio e la sorgente stessa, all'interno del serbatoio è disposta una pompa in grado di sollevare parte dell'acqua alla sorgente.



Il **serbatoio di S. Quirico** viene alimentato per caduta dalle acque provenienti dalla sorgente Valmaggione, che è posta a quote più elevate (565 m s.l.m.) ed è in grado di produrre 0.5 l/s.

Inoltre, può essere alimentato anche dalla Sorgente Piangelli (494 m s.l.m.).

Le due sorgenti però non sono in grado di fornire portate sufficienti (0.5 l/s + 0.65 l/s), per questo motivo all'interno del serbatoio affluiscono anche le acque della centrale di S. Quirico.

Inoltre, nei periodi di secca, il bacino si alimenta tramite pompaggio di rilancio dal bacino Butterale.

I bacini S. Quirico e Butterale hanno alimentato sino al giugno 2010 circa il 70% del paese, mentre la restante quota veniva alimentata dal bacino Gaschi e dalle relative sorgenti.

Attualmente, da circa 6 mesi, l'approvvigionamento è stato invertito, infatti ad oggi il serbatoio Gaschi alimenta il 70% della popolazione.

Il **serbatoio "Gaschi"** ha una capacità di 50 mc ed è alimentato dalla omonima sorgente (326 m s.l.m.) con una portata di 1.2 l/s. il bacino non è dotato di contatore in uscita.

9.10.2. **FABBISOGNO IDRICO ATTUALE**

Per fabbisogno idrico si intende la somma dei consumi idrici (l/s) per uso civile (domestico e pubblico), industriale e agricolo e le perdite attraverso la rete.

1. USO DOMESTICO

Attualmente non si dispone ancora del numero di residenti per l'anno 2010, quindi i seguenti calcoli si riferiranno alle utenze dell'anno 2009. Inoltre dai dati in nostro possesso, il numero di utenze e di popolazione residente nel 2009 è maggiore di quello degli anni precedenti.

Di seguito si riporta la **Tabella 4** con i mc d'acqua fatturati nell'anno 2009.

n. utenze	anno	VOLUME FATTURATO			popolazione residente
		primo semestre (mc)	secondo semestre (mc)	Totale (mc)	
804	2009	46382	57315	103697	1774

Tabella 4: volumi d'acqua fatturati nell'anno 2009.

Il **consumo pro-capite** della popolazione di Brenta ammonta a **162 l/ab/g.**

Il comune ha messo a disposizione alcune letture dei contatori d'acqua in uscita, effettuate da un tecnico negli anni passati. Tali letture sono riportate in **Tabella 5**, il tempo di acquisizione non è regolare.



	dal 5/5/08 al 14/6/08	dal 14/6/08 al 10/7/08	dal 10/7/08 al 13/8/08	dal 13/8/08 al 18/4/09	dal 18/4/09 al 26/6/09	dal 1/7/10 al 1/12/10
S. Quirico	3375	2375	2671	18549	6015	8165
Butterale	5756	4203	6601	34842	3540	115371
Pozzo	5962	4280	7009	26330	0	

Tabella 5: volumi d'acqua erogati dai bacini e dai pozzi.

Se si considera il periodo compreso dal 18/04/2009 al 26/06/2009 e un numero di abitanti pari a 1774 unità, si registra una media di 110 l/ab/g erogati dai due bacini principali del comune di Brenta; si ricorda che in realtà tali bacini hanno fornito, sino a giugno 2010, acqua al 70% delle utenze del comune.

2. PERDITE

Le perdite della rete sono di difficile stima, da diverse indagini, tra cui quella ISTAT e ATO, sono state stimate di circa il 10% del prelevato. Tale numero però non ha alcun riscontro reale da misurazioni in sito, ma deriva da una stima della possibile dispersione per vetustà della rete in base agli interventi annui di manutenzione (inferiori alla decina/anno).

Tali perdite, inoltre, tengono conto di quella serie di utenze non soggette a contabilizzazione (edifici pubblici, scuola materna ed elementare e relativo centro di cottura pasti per le mense, parco pubblico, fontanelle del cimitero, sedi associazioni e centro diurno anziani, rete degli idranti e un lavatoio pubblico alimentato in continuo).

9.10.3. PORTATE DISPONIBILI

La rete acquedottistica è alimentata sia a nord che a sud del territorio comunale dalle sorgenti e dai pozzi riportati in **Tabella 4** (secondo i nominativi illustrati nella **Tavola 5**) con le rispettive portate elencate.

Opere di presa	Bacino di riferimento	Portate (l/s)
Sorgente Gaschi	Serbatoio Gaschi	1.2
Pozzo Molino PRADA 1	Serbatoio Butterale	13.0
Pozzo Molino PRADA 2		13.0
Sorgente Bosco Valmaggioro		0.5
Sorgente Bosco Valminore	Serbatoio S. Quirico	0.2
Sorgente Piangelli		0.65



Tabella 4 : Portate emunte dalle rispettive fonti

Il 25/05/2006 la Provincia di Varese ha rilasciato alla Comunità Montana della Valcuvia la concessione di derivazione di 2l/s d'acqua ad uso antincendio boschivo da una sorgente ubicata a quota di circa 800m s.l.m. a poca distanza dal confine comunale occidentale con il comune di Cittiglio.

9.10.4. CALCOLO DEL BILANCIO

Il bilancio idrico è dato dalla differenza tra le portate immesse nella rete e la somma tra i consumi della popolazione e le perdite.

		Portate (l/s)
Q	Portate di esercizio delle captazioni	28.55
p	Perdite stimate (10%)	2.855
c	Consumo giornaliero medio annuo	3.33
Q-p-c		22.36

In conclusione, attualmente le risorse idriche disponibili sono ampiamente sufficienti per soddisfare i bisogni del comune di Brenta.

9.10.5. CALCOLO DEL BILANCIO IDRICO FUTURO

Secondo quanto riportato nella "Valutazione ambientale strategica _ integrazioni al Rapporto Ambientale, comune di Brenta", in considerazione agli ambiti di trasformazione a destinazione residenziale proposti, è stato stimato un aumento della popolazione pari a 567 abitanti.

Quindi, considerando un totale di 2341 unità ed un fabbisogno idrico per abitante di 162l/ab/g, si ottiene la fatturazione di 138423 mc/a.

Quindi il bilancio idrico, mantenendo invariate le portate emunte dalle sorgenti, restituisce nuovamente delle risorse idriche disponibili ampiamente sufficienti per soddisfare i bisogni del comune di Brenta nel prossimo futuro, al termine delle trasformazioni a destinazione residenziale proposte dal documento di VAS.

Si può affermare lo stesso, ipotizzando la presenza stimata di 131 turisti.

		Portate (l/s)	
		residenti	Aggiunta di turisti
Q	Portate di esercizio delle captazioni	28.55	28.55
p	Perdite stimate (10%)	2.855	2.855



c	Consumo giornaliero medio annuo	4.4	4.6
	Q-p-c	21.3	21.1

9.11. AREE DI RISERVA E DI CRISI

Il PTCP restituisce una carta di rischio **RIS5**, nella quale evidenzia i settori in cui avviene il prelievo delle acque distribuite dai principali acquedotti (**Figura 6**).

L'area individuata dal PTCP si estende nel settore nord del territorio comunale di Gemonio tra Azzio e Laveno Mombello comprendendo anche parte del territorio comunale dei comuni di Cittiglio, Brenta, Caravate, Gemonio e Casalzuigno.

Questa zona è stata individuata, come posto dal *PTUA (Pianificazione territoriale urbanistica ambientale)*, in base alla presenza di numerosi pozzi pubblici; l'identificazione precisa di tali aree deve essere pianificata a scala comunale, che deve anche definire i regimi di tutela adatti da adottare secondo gli indirizzi del PTCP a del PTUA e della normativa in tema di aree di salvaguardia (DGR 6645/2001).

Questi settori, nei quali le risorse idriche risultano di particolare pregio e interesse per lo sviluppo sociale ed economico dei centri abitati e per l'approvvigionamento in caso di emergenza, sono quindi da tutelare con particolare cura.

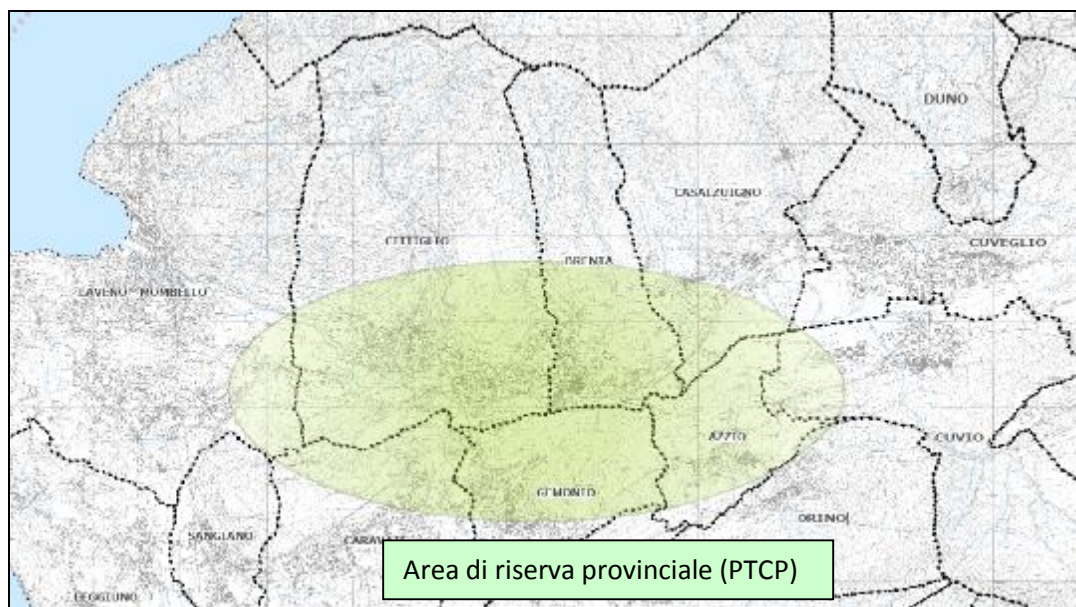


Figura 6: Estratto della Tavola RIS5–Carta tutela risorse idriche [PTCP Provincia di Varese, 2007]

In particolar modo l'area investe tutta la zona abitata del Comune di Brenta estendendosi fino a poco più a Nord della Sorgente Bosco Piangelli.



9.12. BILANCIO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il presente studio riguarda il calcolo di una stima della risorsa idrica rinnovabile dell'acquifero che alimenta i pozzi nel comune di Brenta. Si ricorda che tali pozzi alimentano il comune adiacente e non direttamente il Comune di Brenta, che emunge, a sua volta, acque dal Comune di Gemonio.

La stima della risorsa idrica rinnovabile è stata definita mediante uno studio idrografico e quindi mediante il calcolo dell'infiltrazione efficace (I_e).

Per valutare tale parametro si sono utilizzati dei valori medi annui di precipitazione e temperatura, riferiti al periodo gennaio 1997- dicembre 2009. Tali dati sono stati reperiti dal sito www.astrogeo.va.it e si riferiscono alla stazione pluviometrica di Varese, **Tabella a**.

Tabella a: Dati di precipitazione e temperatura medi mensili.

dal 1997 al 2009	media P (mm)	media T (°)
gennaio	69,6	3,2
febbraio	66,4	5,3
marzo	81,4	9,4
aprile	170,9	12,7
maggio	166,3	18,0
giugno	144,2	21,9
luglio	137,4	23,6
agosto	152,5	22,9
settembre	140,1	18,2
ottobre	149,7	13,1
novembre	213,3	7,3
dicembre	103,4	3,5
TOTALE	1595	13

[mm/a]

[°]

Il bilancio idrologico viene definito dalla seguente formula:

$$P - E - R = I$$

Dove: P (mm) è la precipitazione ;

E evapotraspirazione;

R ruscellamento superficiale;

I infiltrazione

Il calcolo del bilancio idrogeologico si estende al bacino idrografico, cioè quella porzione di territorio il cui deflusso idrico superficiale viene convogliato verso un unico scarico. La sua delimitazione spaziale è definita dalle **linee di spartiacque**, che corrispondono alle linee più elevate che separano il bacino idrografico dai



bacini idrografici contigui; tali linee si ottengono unendo le massime quote relative secondo la linea di minor pendenza.

Nel comune di Brenta, come riportato in **Tavola 5**, i bacini imbriferi da considerare sono tre, uno per ciascun Torrente principale (Ripo Scarpin, torrente Luera e torrente Crucione); per ciascun bacino è stato eseguito il calcolo.

Prima di tutto sono stati definiti i valori di Evapotraspirazione e di Ruscellamento.

EVAPOTRASPIRAZIONE

L'evapotraspirazione (Et) viene definita come la quantità d'acqua dispersa nell'atmosfera attraverso i processi di evaporazione e traspirazione delle piante. Quindi rappresenta la domanda evapotraspirativa dell'ambiente strettamente correlata alle variabili meteorologiche (radiazione solare, temperatura e umidità dell'aria, velocità del vento) e non è influenzata dai processi fisiologici della coltura.

Si deve distinguere l'evapotraspirazione potenziale da quella reale. La prima rappresenta il limite superiore dell'evapotraspirazione. Spesso però non vi è acqua sufficiente nel suolo per soddisfare l'evaporazione potenziale, quindi è più appropriato parlare in termini di evapotraspirazione reale, la quale dipende dalle caratteristiche del bacino, dalla temperatura e dalle precipitazioni.

Per il calcolo di questo parametro si è utilizzato il metodo Thornthwaite (1948):

$$E_{pi} = 16 \cdot a_i \left(\frac{10 \cdot T_{mi}}{I} \right)^a$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0.09 \cdot T_i^{1.5})$$

Dove:

$$a = \frac{1.6}{100} \cdot I + 0.5$$

I è l'indice di calore annuale ;

T_{mi} è la temperatura media mensile dell'aria (°);

a_i è la frazione di ore diurne mensile, valore tratto da bibliografia in funzione della latitudine.

Il valore che si ottiene è l'Evapotraspirazione potenziale (mm) per ogni mese. Tale valore poi è stato corretto attraverso un coefficiente k che tiene conto delle ore di insolazione N (da bibliografia) e del numero di giorni nel mese D.

$$ET_p = K \cdot E_p = N / 12 \cdot D / 30 \cdot E_p$$

In **Tabella b** si riportano i valori di Evapotraspirazione potenziale e reale calcolati, e in **Figura a** l'andamento nel tempo di questi due parametri. Dalla **Figura a** si può osservare come da Gennaio a Giugno e da Settembre a Dicembre ci sia dell'eccedenza idrica.



Tabella b: valori di Evapotraspirazione potenziale e reale calcolati

dal 1997 al 2009	media P (mm)	media T (°)	Ep _i	ETp (mm)
gennaio	69,6	3,2	5,53	4,38
febbraio	66,4	5,3	11,46	9,27
marzo	81,4	9,4	32,38	33,18
aprile	170,9	12,7	55,00	62,34
maggio	166,3	18,0	103,20	132,41
giugno	144,2	21,9	137,95	179,33
luglio	137,4	23,6	155,08	204,31
agosto	152,5	22,9	137,72	167,21
settembre	140,1	18,2	84,83	88,36
ottobre	149,7	13,1	48,00	45,46
novembre	213,3	7,3	17,46	13,82
dicembre	103,4	3,5	5,91	4,48
TOTALE	1595	13		944,56

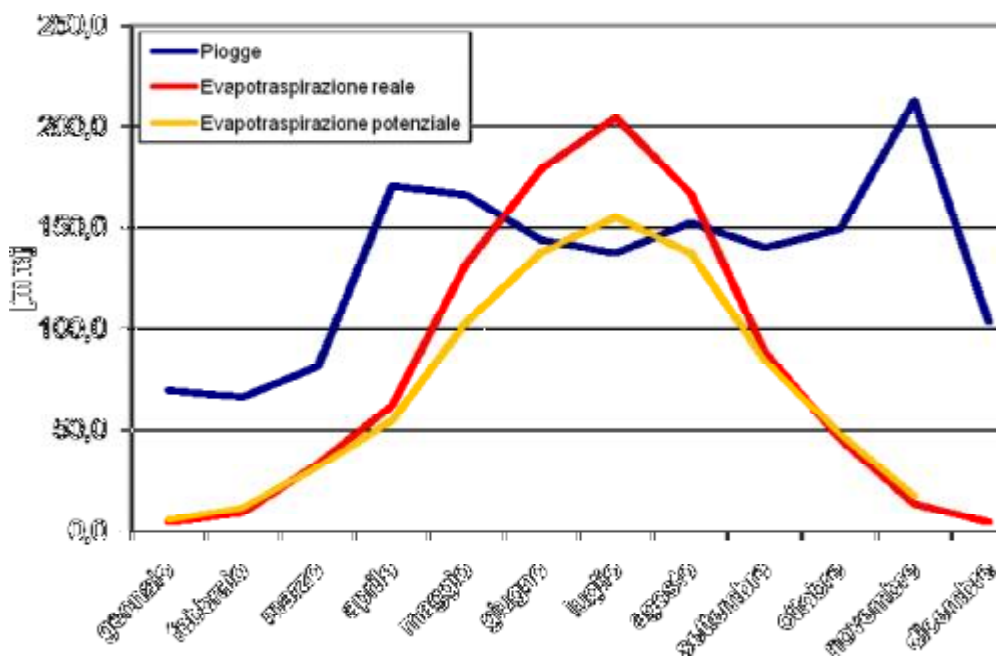


Figura a: Relazione tra piogge cumulate e evapotraspirazione reale e potenziale.



RUSCELLAMENTO

Una copertura vegetale ben sviluppata favorisce l'infiltrazione, mentre la presenza di una vegetazione poco sviluppata favorisce il ruscellamento a discapito dell'infiltrazione. Quindi il fattore vegetazione gioca un ruolo di primo piano nella valutazione del bilancio idrologico di un suolo, il quale a sua volta inciderà in maniera determinante a livello di ricarica degli acquiferi profondi.

Il calcolo della componente di ruscellamento superficiale è stato effettuato mediante il "metodo del curve number (CN)":

$$R_t = \frac{(P_t - I_a)^2}{(P_t - I_a + S_t)}$$

Dove: P_t è la precipitazione media mensile (mm);

I_a sono le perdite iniziali, cioè la frazione di precipitazione intercettata dalla vegetazione;

S_t è il coefficiente di ritenzione, il quale dipende dalla tipologia del suolo e dalla sua saturazione, dall'uso del suolo e dalla pendenza.

$$S_t = 25.4 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 10 \right)$$

Dove: CN è il Curve Number, cioè un parametro che descrive l'attitudine di un territorio a produrre deflusso superficiale. Il range è da 0 a 100, più alto è il valore, maggiore è il deflusso prodotto.

I valori di CN dipendono da:

- tipologia litologica del suolo;
- uso del suolo;
- grado di umidità del suolo prima dell'evento meteorico esaminato;
- stagione vegetativa.

Le formule che regolano il metodo sono riportate nella tabella sottostante.

$CN(I) = \frac{4,2 \cdot CN(II)}{10 - 0,058 \cdot CN(II)}$
$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)}$
$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$
$I_a = 0,2 \cdot S$
$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S}$
$P_e = P - I_a - F_a$



Per tener conto dello stato iniziale di umidità del suolo, il metodo individua tre classi caratterizzate da differenti **condizioni iniziali di umidità** (*AMC*) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico e della stagione vegetativa. Quindi si distinguono:

- *CN(I)* corrisponde alla condizione in cui il terreno è secco pur senza raggiungere il punto di appassimento;
- *CN(III)* è la condizione in cui il terreno è saturo di umidità a causa delle intense precipitazioni.

Quindi, *CN(II)* rappresenta una condizione media di umidità nel terreno.

Per tener conto dell'influenza della pendenza, si utilizza una correzione del parametro *CN(II)*

$$CN(II)_s = \frac{(CN(III) - CN(II))}{3} \cdot [1 - 2 \exp(-13.86 \cdot slope)] + CN(II)$$

Come riportato nella descrizione dei Torrenti affluenti al Boesio, capitolo 5, la pendenza del terreno è molto elevata soprattutto nella zona a nord del territorio comunale; per questo motivo nel calcolo del *CN(II)*_s modificato si è considerata una pendenza media di 18° (circa il 30%), tenendo conto che la pendenza è nettamente variabile tra la zona montana e quella residenziale a valle.

I valori di ruscellamento ottenuti sono riportati in **Tabella c** e si riferiscono ai tre singoli bacini imbriferi considerati.

Tabella c: Valori di ruscellamento calcolati con il metodo del "Curve Number".

	R (mm)
Bacino 1_ rio Scarpin	838
Bacino 2_Torrente Luera	848
Bacino 3_Torrente Crucione	745

INFILTRAZIONE

Quindi, ottenuti i valori di Evapotraspirazione reale e di Ruscellamento, è stato possibile calcolare per ciascun bacino un valore di Infiltrazione, il quale è stato corretto mediante i *Coefficienti di Infiltrazione Potenziale* (C.I.P., Celico 1998), ovvero valori percentuali da applicare al deflusso idrico globale del bacino basati sulle permeabilità delle litologie affioranti all'interno dell'area considerata.

In **Tabella d** sono riportati i coefficienti C.I.P. scelti per ciascuna litologia.



Tabella d: Coefficienti di Infiltrazione Potenziale (C.I.P.)

	C.I.P. (%)
Calcere Selcifero Lombardo	95
Calcere a Cefalopodi Facies 1	40
Calcere a Cefalopodi Facies 2	40
Maiolica	40
Depositi Alluvionali del Torrente Boesio	85
Detriti di versante di frana	85
Depositi di Conoide	85
Depositi Fluvioglaciali	85

L'infiltrazione efficace è stata calcolata per ciascun bacino ed i risultati sono riportati in **Tabella e**.

L'infiltrazione efficace, ottenuta in funzione della litologia affiorante, è stata poi moltiplicata per l'estensione dell'area di alimentazione dell'acquifero ¹ definendone la potenzialità idrica. Lo spartiacque del bacino idrogeologico è riportato in **Tavola 4** e le caratteristiche dell'acquifero a valle sono state descritte nel paragrafo 9.7.

Il volume medio annuo dell'infiltrazione (It) e quindi della ricarica è riportato in **Tabella e**.

Tabella e: Valori di infiltrazione efficace e volume idrico di ricarica It.

	le (mm/a)	It (mc/a)
Bacino 1_rio Scarpin	497	112837
Bacino 2_Torrente Luera	483	227953
Bacino 3_Torrente Crucione	624	345039

In termini di sfruttamento razionale dell'acquifero in oggetto, si stima che, non considerando l'influenza esercitata dal fattore pendenza, possa essere mediamente emunta una portata complessiva di circa 29 l/s senza che il sistema idrogeologico ne risulti sensibilmente alterato.

Il fattore pendenza, da solo, condiziona in modo incisivo la ricarica dell'acquifero; infatti il parametro ruscellamento ne risente a tal punto da ridurre la portata totale a 18l/s.

¹ La superficie di riferimento è pari a quella sottesa dallo spartiacque idrogeologico di **Tavola 4** e gli spartiacque idrografici laterali e a valle di **Tavola 5**. I confini comunali di Brenta cadrebbero all'interno degli spartiacque idrografici, ma nel calcolo della superficie non si è tenuto conto delle fasce di terreno (a nord del Mulino Prada e immediatamente ad est della conca di Frascini) interne al comune ed escluse dalla superficie del bacino idrografico. Quindi è presumibile ipotizzare che la stima della superficie di terreno utilizzata per il calcolo della ricarica dell'acquifero non sia sopravvalutata.



Attualmente nel comune di Brenta, a valle dello **spartiacque idrogeologico** (par. 9.7) l'acqua dell'acquifero viene captata dal comune di Gemonio da due pozzi (Boesio 1 e 2) ubicati tra la strada provinciale e il Torrente Boesio.

Ipotizzando una portata simile a quella emunta dai pozzi di captazione del comune di Brenta e quindi un totale di 26 l/s, si può assumere che l'apporto meteorico annuale è in grado, già da solo, di soddisfare in gran parte la richiesta comunale d'acqua da valle.

CAPACITÀ DI IMMAGAZZINAMENTO DELL'ACQUIFERO

Si ricorda che tale stima sopra calcolata, si basa unicamente sull'apporto meteorico e quindi non si tiene conto della capacità di immagazzinamento dell'acquifero stesso.

La capacità di immagazzinare acqua è influenzata dalla risultante di numerosi variabili che interagiscono tra loro come:

- la capacità di ritenzione idrica dei singoli orizzonti;
- la profondità della frazione suolo;
- l'eventuale presenza nel suolo di strati saturi d'acqua per periodi di tempo più o meno lunghi, che ne riduce la capacità di immagazzinamento.

In modo sommario, pur consapevoli che sono necessari allo scopo metodi molto più sofisticati, è stato valutato il volume d'invaso dell'acquifero principale. Utilizzando la stratigrafia del pozzo dell'**Allegato 1**, le risultanze dell'indagine sismica e la sezione geologica di **Tavola 1**, è stata ricostruita una sezione triangolare dell'acquifero la cui profondità massima raggiunge i 90m, come riscontrato dall'indagine geofisica (**Allegato 3**). Assumendo un comportamento drenante del Torrente Boesio, ed una porosità efficace del 20%, è stato stimato un volume d'invaso dell'acquifero di circa 25 milioni di mc, da cui, ipotizzando un prelievo di 26 l/s (portata totale emunta dal comune di Brenta dai pozzi ubicati nel comune di Gemonio), si è ottenuta la capacità dell'invaso utile a soddisfare il fabbisogno idrico per circa 31 anni senza alcun apporto idrico esterno.

In seguito si è calcolata una stima approssimata della portata che defluisce attraverso l'ipotizzata sezione triangolare dell'acquifero in corrispondenza del Mulino Prada. Considerando una quota della falda prossima a quella del Boesio (il Boesio drena la falda), il gradiente idraulico (circa 0.7%) è stato stimato utilizzando la pendenza del Boesio (**Figura b**) tra la sorgente nel comune di Cuveglio e l'ingresso del Torrente nel comune di Brenta in prossimità del mulino Prada.



Il Torrente Boesio

Figura 28: Profilo altimetrico del Torrente Boesio

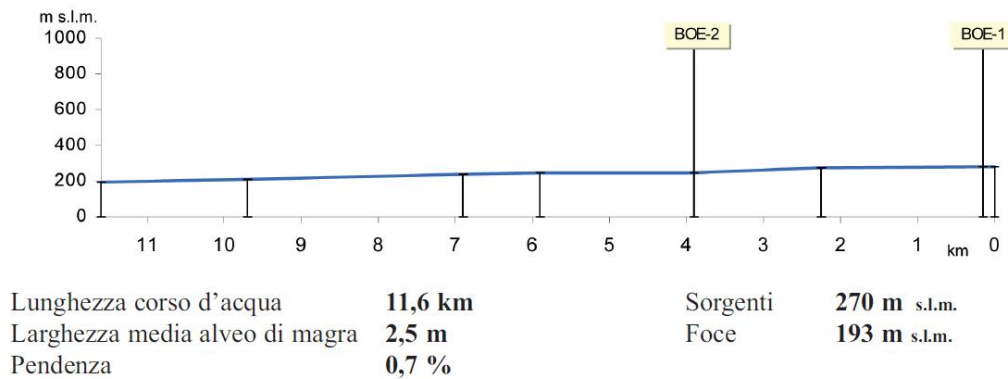


Figura b. Torrente Boesio tratto dalla “Carta delle vocazioni Ittiche della Provincia di Varese”

Utilizzando la permeabilità riportata in **Tavola 4**, associata a litotipi prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi, si ottiene una portata in ingresso in corrispondenza del Mulino Prada di circa 21 (m/s).

Tutte le considerazioni sopra esposte portano a ritenere che:

- gli **apporti meteorici**,
- la **capacità di immagazzinamento** dell'acquifero,
- le **portate in ingresso** al bacino idrogeologico di fondovalle,

sono ampiamente soddisfacenti a garantire il fabbisogno idrico del comune di Brenta, anche in periodi siccitosi.



10. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA

L'idrografia del territorio è costituita da un torrente principale a fondovalle, il **Torrente Boesio**, e da tre aste secondarie (**Tavola 5**):

- il **Rio Scarpin** ad ovest, al confine con il comune di Cittiglio;
- il **Torrente Luera** e il suo affluente il Rio Cangella, al centro del comune di Brenta;
- il **Torrente Crucione** che segna ad est il confine con il comune di Casalzuigno.

10.1. RETICOLO PRINCIPALE

Il Torrente Boesio nasce a circa 280 m s.l.m. in località Canonica (comune di Cuveglio) e sfocia ad Est nel Lago Maggiore.

Il bacino del Boesio si estende per 47 km², in versanti acclivi costituiti da rocce sedimentarie e principalmente in corrispondenza di un fondovalle subpianeggiante, di evidente origine glaciale, i cui depositi sono prevalentemente ghiaiosi, con al di sopra spessori a granulometria più fini di spessori più che metrici. La pendenza dell'alveo è modesta, in quanto nel tratto comunale il Boesio ha una lunghezza di 100m con un dislivello massimo di circa 10m.

A partire da Cuveglio le incisioni vallive glaciali hanno una forma a "U" che si mantiene tale sino al confine Ovest del territorio comunale di Casalzuigno (loc. Prada). Da tale confine fino al limite ovest del comune di Brenta la valle diventa sempre più incisa e sempre più stretta, tanto da assumere presso il Monte Scirlago (limite ovest del comune di Brenta) un fondovalle delle dimensioni dell'alveo.

La scarsa pendenza permette all'alveo di assumere andamenti meandriformi; gli interventi antropici hanno riguardato, in quella zona, la costruzione di briglie a cura della Comunità Montana della Valcuvia e nel passato la chiusura di un ramo del torrente in corrispondenza del mulino Zoppis, poco a monte della conceria Fraschini, con relativa derivazione a meandri in prossimità della strada provinciale SP54. Poco più a valle della zona di derivazione (**Figura 7**) si sono registrate negli anni diversi episodi di esondazione dovuti alla chiusura del ramo rettilineo del torrente.

A seguito dell'evento alluvionale del Settembre 1995, la Comunità Montana della Valcuvia ha presentato alla Regione Lombardia, Settore Agricoltura e Foreste, Servizio Strutture una perizia di variante per la realizzazione di opere di difesa da esondazioni lungo il Torrente Boesio.

Per quanto riguarda il Comune di Brenta, la Comunità Montana della Valcuvia nel 1994 ha presentato un progetto di sistemazione d'alveo per il Boesio. A seguito di una variante nel 1997, sono stati realizzati interventi come l'aumento della quantità di scavo e della lunghezza delle protezioni spondali in massi ciclopici



al fine di eliminare in modo definitivo i fenomeni di erosione spondale e la costruzione di una vasca di calma ed eliminazione dell'isolotto a monte del ponticello in prossimità della Conceria Fraschini.

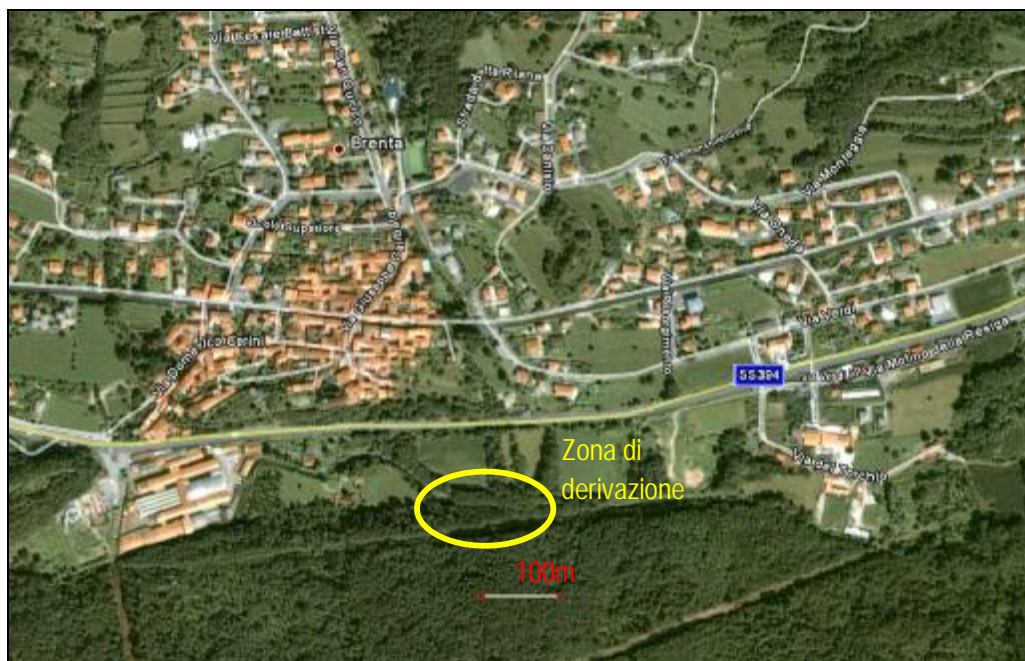


Figura 7: Foto satellitare con in evidenza la zona di derivazione del torrente Boesio.

10.2. RETICOLI SECONDARI

Come già scritto precedentemente, il bacino del Boesio occupa una superficie di 47km² e raccoglie nell'asta principale le acque di affluenti che giungono prevalentemente dal Monte Nudo e dal Sasso del Ferro; nonostante l'elevata pendenza, questi non possono essere considerati torrenti a regime permanente in quanto la presenza di notevoli spessori di terreni di origine fluvioglaciale e granulometria grossolana e la natura calcarea del substrato roccioso rendono l'alveo permeabile.

I tre affluenti presenti nell'area di Brenta sono, da Ovest a Est: il Rio Scarpin, il Torrente Luera (ed il Rio Cangella), e il Torrente Crucione che segna il confine con Casalzuigno.

I bacini imbriferi di questi affluenti si presentano assai poco sviluppati, rettilinei e con gerarchizzazione massima del III grado (Rio Scarpin).

Si tratta quindi di forme sostanzialmente non mature.

La brusca deviazione d'alveo del Torrente Luera è con ogni probabilità da ricondurre alla presenza di un lembo morenico cementato.



10.3. STUDIO IDROLOGICO

Nel 2002 era stato commissionato allo scrivente uno studio idrologico "Studio Idrologico lungo il torrente Boesio-tratto da Molino di Prada a Molino Mistura" al fine di ridisegnare le classi di fattibilità tenendo conto delle aree esondabili con tempi di ritorno di 200 anni in corrispondenza del fondovalle del Torrente Boesio.

Si riporta di seguito una breve sintesi di tale studio.

Le Norme Tecniche PAI definiscono tre fasce di esondazione; nello studio idrologico si era voluto distinguere il limite tra la **Fascia B** (porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi di una piena di riferimento) e la **Fascia C** (area di inondazione per piena catastrofica), assumendo per la Fascia B e C un tempo di ritorno di 200 anni.

Facendo riferimento all'Allegato 3 al D.G.R. del 29/10/01 n.7/6645 era stato utilizzato un procedimento semplificato basato sull'ipotesi di moto uniforme per gran parte dell'alveo eccetto per l'area della congeria Fraschini (fascia ovest del comune) e nella fascia di alveo retrostante per la presenza di strettoie che determinano l'innalzamento del livello idrico e l'instaurarsi di un moto turbolento.

Nell'**area di Molino di Prada** il limite tra fascia B e C è risultato coincidente con la quota 273 m s.l.m., che a favore di sicurezza era stato spostato a quota 275 m s.l.m. (**Figura 8**). Al di sotto di questo limite era stata attribuita una classe di fattibilità 4 per la vulnerabilità della falda e per l'esondabilità potenziale ad eccezione di una fascia più ristretta, definita di classe 3, al di sotto della quota di 275m s.l.m., in cui non sono prevedibili esondazioni con tempi di ritorno inferiori a 200anni.

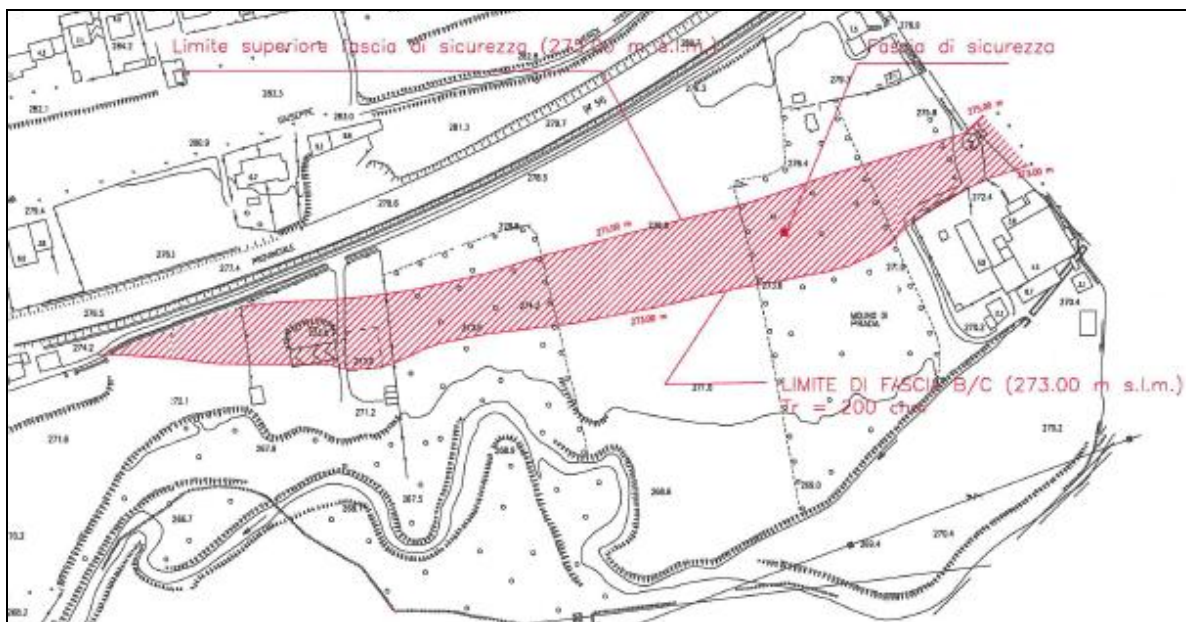


Figura 8: Limite di fascia fluviale in località Molino di Prada.

L'**area di Molino Mistura** prevedeva, a favore di sicurezza, un limite che dalla quota calcolata 266m s.l.m. saliva a 268m s.l.m. e dunque ai piedi della strada provinciale SP54 (**Figura 8a**).

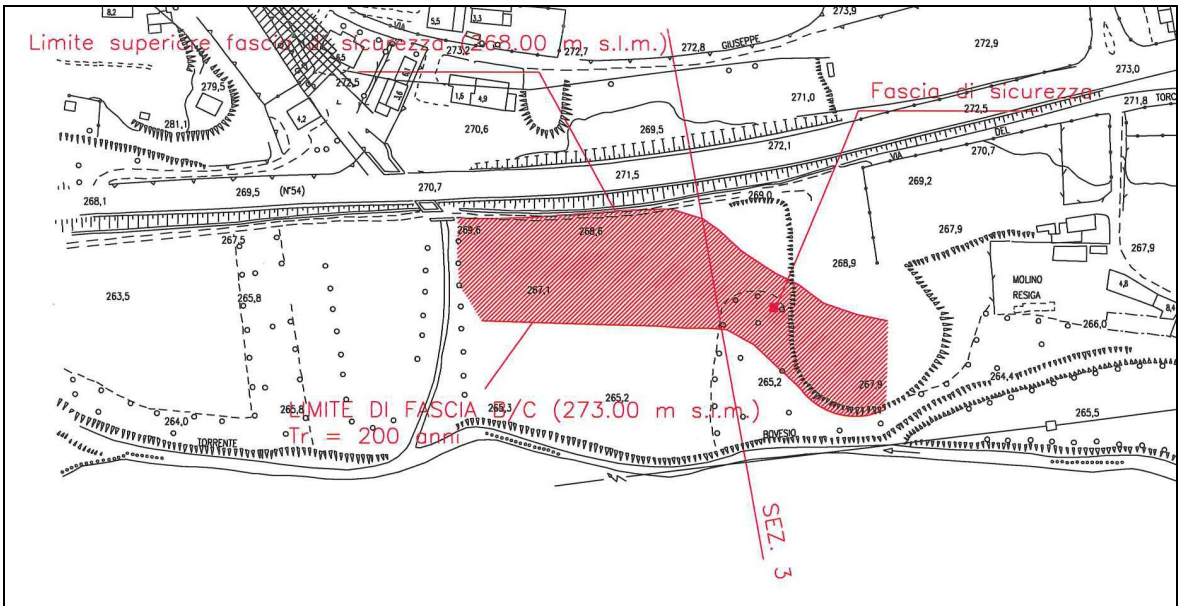


Figura 8a: Limite di fascia fluviale in località Molino Mistura.

In base allo "Studio di approfondimento del grado di pericolosità del torrente Boesio finalizzato alla mappatura di possibili aree di esondazione" (**Allegato 2**) ottemperante alla D.G.R. 8 Novembre 2002 n. 7/11047, è stato possibile definire con maggiore dettaglio il limite tra classe 3° e 4° in tutto il settore di fondovalle del Boesio. In particolare nell'area tra Molino di Prada e Molino Mistura si è deciso di prendere come limite tra le due elevate classi di fattibilità la isoipsa 272m s.l.m., definita dal calcolo della portata di piena con $Tr=100$ anni. La zona definita esondabile tra i due Molini di confine, con tempi di ritorno di 200 anni, è riportata in **Tavola 5** e coincide con le classi 3° e 4° di fondovalle del Boesio.

11. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

11.1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le norme contenute nella O.P.C.M. n. 3274/2003, pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 Maggio 2003, e le normative tecniche per le costruzioni in zona sismica classificano il territorio nazionale dal punto di vista sismico.

La Regione Lombardia, con la D.G.R. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della nuova classificazione dell'Ordinanza 3274/2003, entrata in vigore dal 23 ottobre 2005, in concomitanza con la pubblicazione del D.M. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni".



L'allegato 5 dei criteri attuativi della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 (modificati dalla L.R. 14 luglio 2006 e dalla L.R. 14 marzo 2008, n. 4), illustra la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale tenendo conto delle indicazioni contenute nel D.M. 14 settembre 2005, nell'OPCM 3274/2003, nella D.G.R. 14964/2003 e nel D.D.U.O. 19904/2003. Essa sostituisce la metodologia di analisi riportata in un precedente studio dal titolo "*Determinazione del rischio sismico in Lombardia - 1996*", inserito come uno dei testi di riferimento nelle precedenti direttive regionali per la redazione dello studio geologico a supporto dei piani regolatori generali, in attuazione dell'art. 3 della L.R. 41/97, approvate con D.G.R. n. 7/6645 del 29 ottobre 2001.

La Provincia di Varese ricade interamente in Zona 4 ("sismicità bassa") (**Figura 9**), che sostituisce la categoria "non classificato" della normativa precedente.

L'analisi sismica del territorio, secondo l'Allegato 5 dei criteri attuativi, si basa sulla valutazione dell'influenza delle condizioni stratigrafiche, morfologiche e geotecniche nella risposta sismica locale (microzonazione) e prevede 3 livelli di approfondimento progressivo. Il primo livello è obbligatorio per tutti i comuni, indipendentemente dalla loro classificazione sismica; mentre il secondo e il terzo vengono implementati solo in presenza di precise situazioni, durante la fase pianificatoria per il secondo livello e quella progettuale per il terzo.

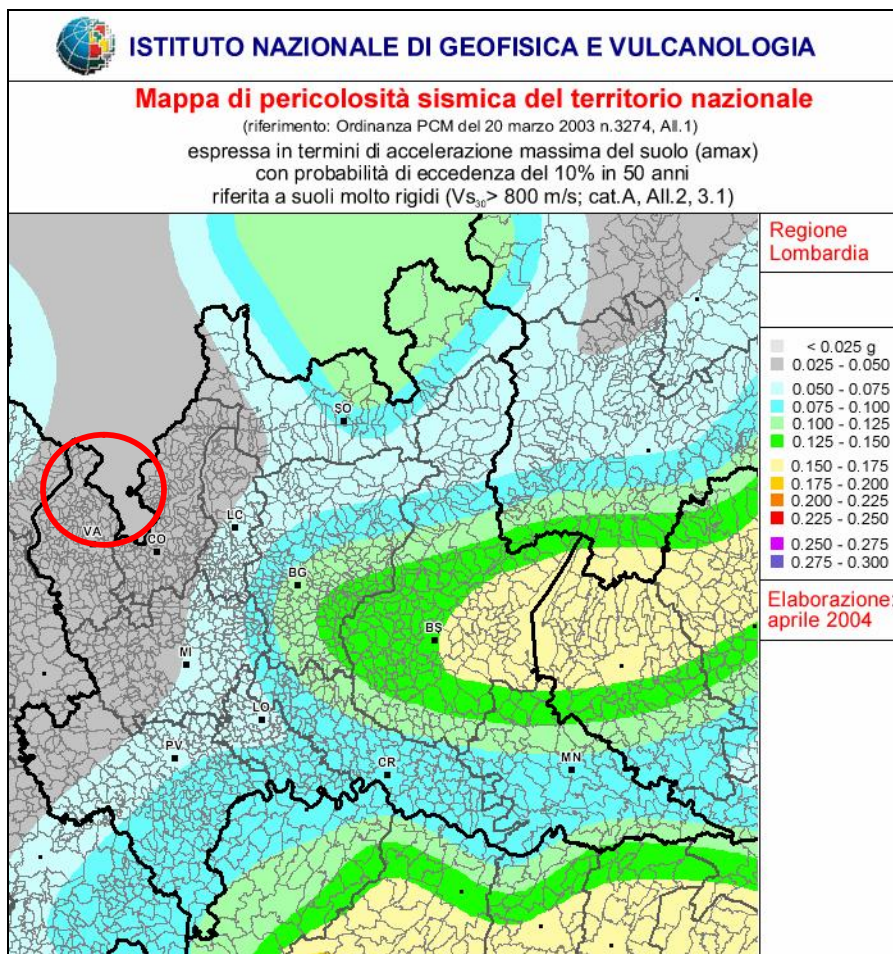


Figura 9: Mapa di pericolosità sismica del territorio Nazionale

La procedura di valutazione prevede tre livelli di approfondimento, specificati nell'Allegato 5 dei criteri attuativi della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 (modificati dalla L.R. 14 luglio 2006 e dalla L.R. 14 marzo 2008, n. 4) :

- **1° livello:** si basa su un approccio qualitativo e comporta la redazione della *Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL)*, direttamente derivata dai dati contenuti nelle carte di inquadramento geologico-geomorfologico della pianificazione territoriale.

L'individuazione delle zone che risentono degli effetti sismici sono dunque definite sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili dalla cartografia e dai risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche.

- **2° livello:** si applica laddove ci siano scenari di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti varie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazione d'emergenza.

La procedura restituisce una stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di *Fattore di Amplificazione Fa*.



- **3° livello:** si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello e per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5).

Viene applicato anche laddove si stiano progettando costruzioni destinate ad affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni d'emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

11.2. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

Il comune di Brenta secondo la riclassificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, adottata con d.g. Regione Lombardia n. 14964 del 7 novembre 2003) ricade in **zona sismica 4** (quella a minor grado di sismicità ovvero a "bassa sismicità"), definendone così la *pericolosità sismica di base*.

L'approfondimento e la valutazione dell'amplificazione sismica sono state eseguite utilizzando l'allegato 5 ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.", in adempimento a quanto previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni", dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, e della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003.

11.2.1. ANALISI DI 1° LIVELLO

L'analisi di 1° livello prevede la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) (**Tavola 6**) dallo studio dei dati esistenti e già riportati nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologica, ecc.).

Dalla Tabella 1 dell'Allegato 5 dei Criteri attuativi della L.R. 12/05, sono stati riconosciuti nell'ambito del territorio comunale di Brenta i seguenti scenari:



Sigla	Scenario pericolosità sismica locale	Classe di pericolosità sismica	Effetti
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2-livello di approfondimento 3	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana		
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2-livello di approfondimento 2	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e/o conoide deltizio-lacustre		
Z5	Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2-livello di approfondimento 3	Comportamenti differenziali

Tabella 5: scenari di pericolosità sismica locale per il comune di Brenta

Gli scenari **PSL Z1a** e **Z1b** sono legati alla presenza di eventi franosi attivi e quiescenti, quindi la loro individuazione in **Tavola 6** corrisponde alle zone franose riportate nella carta Geomorfologica in **Tavola 2**, ubicate nella fascia superiore del Comune a nord della località Ronché.

Per zone potenzialmente franose **Z1c** sono state assegnate quelle aree evidenziate nella carta Geomorfologica come zone soggette ad erosione spondale accentuata.

Lo scenario **PSL Z4a** coincide con i depositi alluvionali e di conoide di fondovalle del torrente Boesio; mentre **Z4b** individua le due fasce laterali del comune caratterizzate da conoidi alluvionali.

Lo scenario **PSL Z5** descrive il contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche differenti, per questo motivo la linea di separazione è stata tracciata:

- a nord del territorio comunale a contatto tra il "Calcere Selcifero Lombardo" e i "Depositati Fluvioglaciali";
- lungo il confine ovest del territorio comunale a contatto tra il "Calcere a Cefalopodi-Facies 1", il "Calcere a Cefalopodi-Facies 2" e la "Maiolica" con i "Depositati Fluvioglaciali";
- a sud-ovest del territorio comunale dove la "Maiolica" affiora tra i "Depositati di Conoide" e i "Depositati alluvionali del Torrente Boesio"

11.2.2. ANALISI DI 2° E 3° LIVELLO

La Carta di Pericolosità Sismica locale rappresenta lo strumento necessario per definire laddove siano necessarie le analisi di 2° e 3° livello.

In base alla nuova normativa, per i comuni ricadenti in **Zona 4**:

- § L'analisi di **2° livello** deve essere applicata in *fase pianificatoria* nelle aree PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi del d.g.r. n. 14964/2003.



§ L'analisi di **3° livello** deve essere applicata in *fase progettuale* nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato è superiore al valore di soglia comunale e nelle zone PSL Z1, Z2 per edifici strategici e rilevanti.

Non è necessaria la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore dello scenario inerente le zone a contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zona Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi.

Per il comune di Brenta, secondo quanto indicato dall'O.P.C.M. 3274/03, i valori soglia di Fa, differenziati per suoli di fondazione e per periodi, sono:

	Suoli A	Suoli B-C-E	Suoli D
Periodo 0,1 - 0,5 s	1,3	1,7	1,8
Periodo 0,5 - 1,5 s	1,7	2,7	4,4

Tabella 6: valori di soglia di Fa per il comune di Brenta (zona sismica 4)

Di seguito vengono riportate le tipologie degli edifici strategici e rilevanti come definite nel D.D.U.O. 21 novembre 2003, n. 19904.

- **EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE**

A tale categoria appartengono gli edifici di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

- Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (*)
- Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (*)
- Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (*)
- Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (*)
- Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.)
- Centri funzionali di protezione civile
- Edifici ed opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione
- Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (**)
- Centrali operative 118

(*) Prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza

(**) Limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza

- **EDIFICI ED OPERE RILEVANTI**

A tale categoria appartengono gli Edifici di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso:

- Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori
- Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere



- c. Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n. 3685 del 21 ottobre 2003
- d. Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.)
- e. Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio suscettibili di grande affollamento (***)³

(***) Il centro commerciale viene definito (D.Lgs. n. 114/1998) quale una media o una grande struttura di vendita nella quale più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazione specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione *specifica si precisa* comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

Sebbene il comune di Brenta sia ubicato in zona sismica 4 (bassissima incidenza di eventi sismici), le caratteristiche geologiche e la loro variabilità sono tali da imporre alcune cautele in fase di pianificazione edilizia.

Per questo motivo è stato condotto uno studio di dettaglio di 2° livello, che è consistito nella stima del Fattore di Amplificazione tramite lo studio del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) mediante le tecniche MASW, ReMi e la misura del rapporto spettrale H/V da analisi dei microtremori.

Per i dettagli si rimanda all'**Allegato 3**.

La campagna di misurazione ha compreso 12 stazioni H/V disperse nel territorio come riportato in **Figura 10**, di cui in 4 sono state effettuate misure MASW/ReMi.

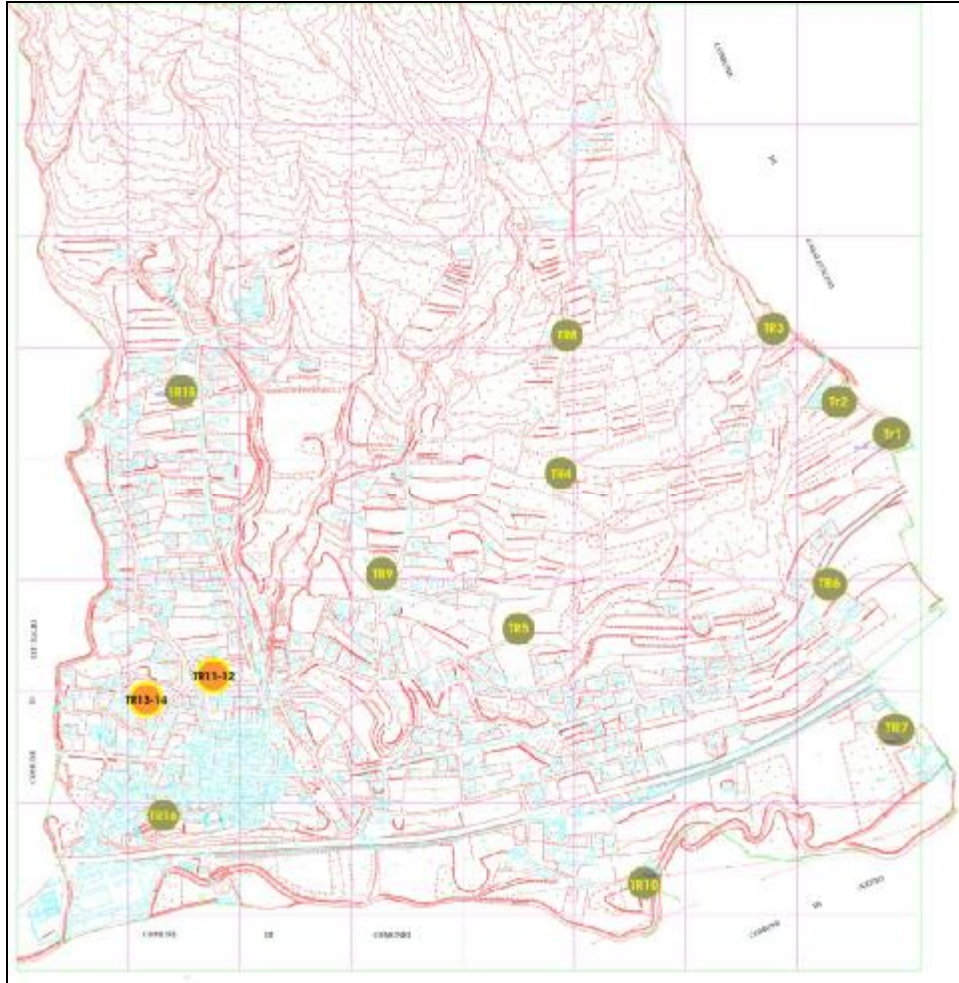


Figura 10: Siti considerati (i siti in arancione si riferiscono alle misure eseguite su 2 edifici scolastici).

L'analisi dei Rapporti spettrali H/V per i dodici siti considerati ha evidenziato una fascia (**Figura 11**) in cui lo spessore dei sedimenti fluvio-glaciali è tale da produrre delle amplificazioni litologiche significative in particolare nella parte Sud-Est del comune (quella in cui lo spessore dei sedimenti e il contrasto di impedenza tra questi e il substrato roccioso sono tali da produrre dei fattori di amplificazione notevoli in particolare per tipologie costruttive con periodo proprio tra 2 e 10Hz).

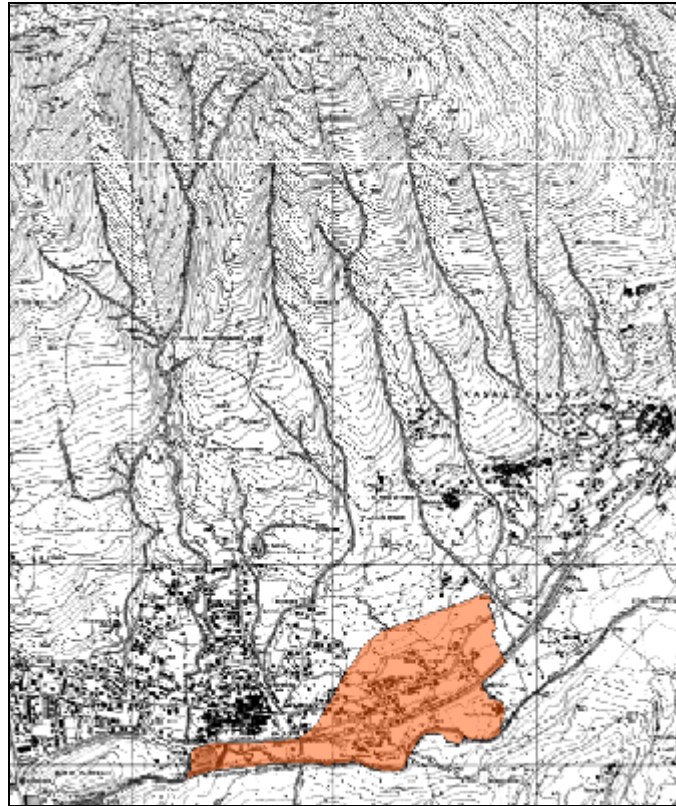


Figura 11: Zona che presenta valori importanti della Fa.

Dunque in questa zona il valore di Fa calcolato è superiore a quello disposto dalla normativa, che nel nostro caso, suolo di tipo C e zona 4 corrisponde a $Fa = 1.7$ per un periodo compreso tra 0.1-0.5s.

Questo significa che l'amplificazione litologica è tale per cui in fase di progettazione edilizia per "strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide" è necessario effettuare indagini approfondite (terzo livello indicato dai menzionati criteri) e considerare uno spettro della categoria D (invece del C risultante dalle misure di campagna).

L'analisi è stata condotta anche nelle due scuole del comune (considerate come edifici strategici), cerciate in arancione nella [Figura 10](#), per valutarne i periodi propri che sono risultati assolutamente tipici per edifici di 1 piano.



12. QUADRO DEI VINCOLI NORMATIVI VIGENTI SUL TERRITORIO

Come indicato nei "Criteri attuativi della L.R. 12/05 per il governo del territorio", la **Carta dei Vincoli** è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5000, definendo le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative, in particolar modo:

- Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della 1.183789;
- Vincoli di polizia idraulica;
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.

12.1. VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L.83/1989

La Pianificazione di bacino tiene conto dei seguenti strumenti urbanistici:

- PAI (Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico) comprensivo delle varianti ad oggi approvate, sia per quanto riguarda gli aspetti del dissesto che del rischio idraulico (delimitazione delle fasce fluviali, esondazioni e dissesti morfologici lungo le aste torrentizie, attività dei conoidi).
- SIT regionale
- PTCP (Piano territoriale di coordinamento provinciale) della Provincia di Varese.

12.2. PAI "PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO"

Gli allegati dell'Elaborato 2 del PAI (Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici) inquadrano il comune di Brenta dal punto di vista del rischio e delle tipologie di rischio.

L'All. 1 "Elenco dei comuni per classe di rischio" riporta i seguenti dati:

ISTAT95	Comune	Rischio totale	Conoide	Frana
03012019	Brenta	4	X	X

L'All. 2 "Quadro di sintesi dei fenomeni di dissesto a livello comunale" specifica i dissesti censiti:

ISTAT95	Comune	Superficie comune (km ²)	Conoide (km ²)	Frana osservata (km ²)	Frana potenziale (km ²)
03012019	Brenta	4.3	0.6	<0.1	0.2

L'All. 3 "Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo" specifica le località interessate da fenomeni di dissesto cartografabili:



ISTAT95	Comune	Località interessate dal dissesto	Documentazione cartografica di riferimento	Tipologia dissesti interferenti				
				Frana	Fluvio torrentizio	Conoide	Esondazione	Valanga
03012019	Brenta	Brenta	074-III			X		

L'indice di rischio riportato nelle tabelle appena illustrate è stato definito tramite metodi statistici in cui vengono assegnate classi di rischio a unità elementari del territorio, fatte coincidere con i comuni.

L'attribuzione a una certa classe di rischio viene fatta a partire dallo stato di dissesto, valutato singolarmente per ogni tipologia, presente all'interno del territorio comunale.

La pericolosità viene definita unicamente in base all'estensione areale di una data tipologia di dissesto, espressa come percentuale della superficie del territorio comunale; ad eccezione dei dissesti per frana, la cui classe di rischio viene determinata attraverso un indice di "franosità osservata" corrispondente alla percentuale di territorio comunale interessata da dissesti franosi già avvenuti (sia quiescenti che attivi) e un indice di "franosità potenziale" riferita alla distribuzione delle frane all'interno dei tipi litologici in cui sono state raggruppate le formazioni geologiche presenti nel territorio.

In base alle elaborazioni PAI, il comune di Brenta ricadrebbe nella classe di rischio R4, a cui corrisponde un rischio molto elevato, per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale, la distruzione di attività socioeconomiche.

Nel 1999 è stato redatto un rapporto (**Allegato 4**) a seguito di quanto è stato esposto nel "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del fiume Po, relativamente alla delimitazione delle aree di dissesto attivo entro il territorio comunale di Brenta.

Tali osservazioni si sono rese necessarie in quanto lo scrivente ha rilevato **sensibili difformità** tra la delimitazione di fascia a rischio riportata nel suddetto P.A.I. (in scala 1:25000) e la cartografia tematica di sintesi e di dettaglio (scala 1:5000-1:2000) presentata nello "*Studio della componente geologica al P.R.G.*".

Il "P.A.I." dell'Autorità di Bacino del Po prevede, come elencato sopra, una classe di rischio R4, riducendo in modo drastico ogni possibile nuova edificazione.

Lo "*Studio della Componente Geologica del Piano Regolatore di Brenta*" eseguito nell'ottobre 1995 ha riferito, sulla base di rilievi geomorfologici di dettaglio, l'area del conoide ad una Classe di Fattibilità II, dunque riferibile alle aree "Cn" secondo l'Art. 9, P.to 9 del "P.A.I.". Fanno eccezione alcune aree più a ridosso dei rii, in cui sono prevedibili esondazioni modeste con trasporto solido limitato; alle quali sono state riferite Classi III e IV, ovvero una fattibilità con consistenti o gravi limitazioni, riferibili alle aree "Ca" del "P.A.I." (Art. 9, P.to 7).



Nella sostanza si ritiene che quanto indicato dal P.A.I. non abbia tenuto conto del livello di approfondimento raggiunto dallo "Studio della Componente Geologica" del 1995, che ha meglio definito le varie classi di effettivo rischio, particolarmente nelle aree di conoide.

12.3. PTCP "PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE"

Nella "Carta del Rischio" RIS1, che ha recepito le osservazioni dello scrivente al P.A.I. del 1999, sono evidenziati numerosi elementi (Figura 12) del dissesto.

Per quanto riguarda la delimitazione delle aree di dissesto, si può notare come le aree in cui sono state riconosciute le conoidi siano di classe Cn come è stato affermato dal geologo scrivente nelle "Osservazioni al Progetto di P.A.I. dell'autorità di bacino del fiume Po nel territorio comunale di Brenta"

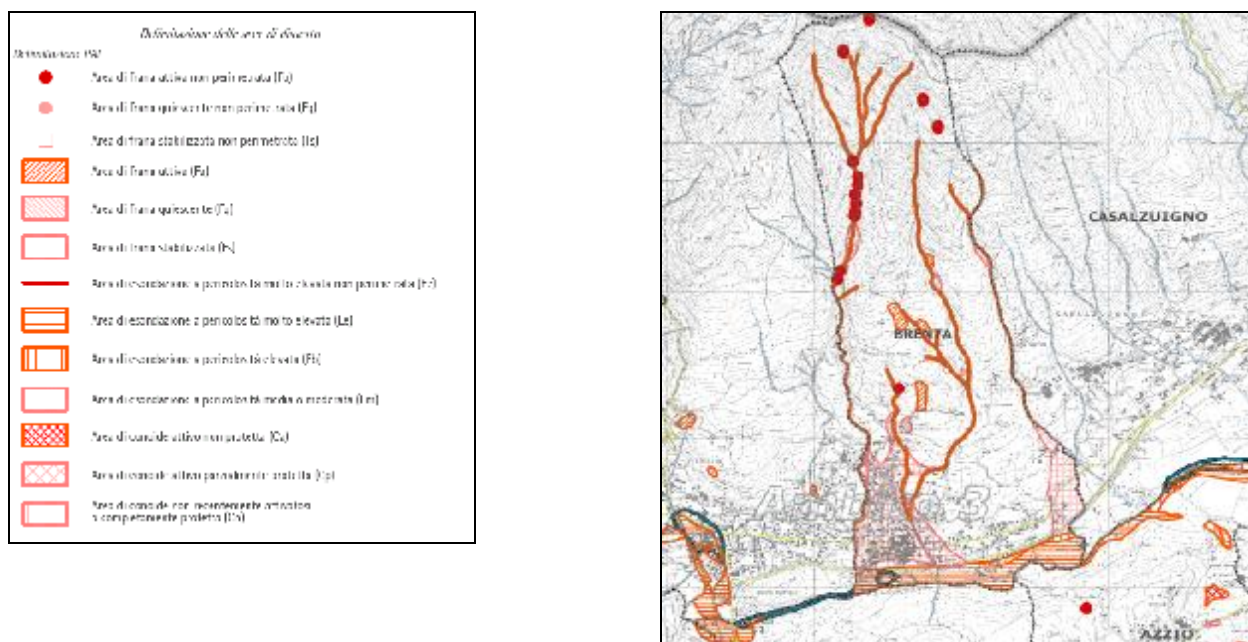


Figura 12: Carta del rischio RIS1 secondo il Piano di Coordinamento della Provincia di Varese.

La Tavola RIS2 (Carta censimento dissesti) (Figura 13) riporta tre elementi:

- Alluvioni attuali: corrispondenti con il fondovalle del comune e legate alle esondazioni del Torrente Boesio;
- Conoide Alluvionale Relitta: corrisponde in gran parte con quella evidenziata nel PAI ed anche nella tavola RIS1 ad eccezione della parte più settentrionale che ricopre un'area i cui non è stata riscontrata la conoide intorno ai 350m s.l.m.;
- Debris flow: ad est del comune è evidenziata un'area di colata detritica all'altezza della Sorgente Bosco Piangelli;

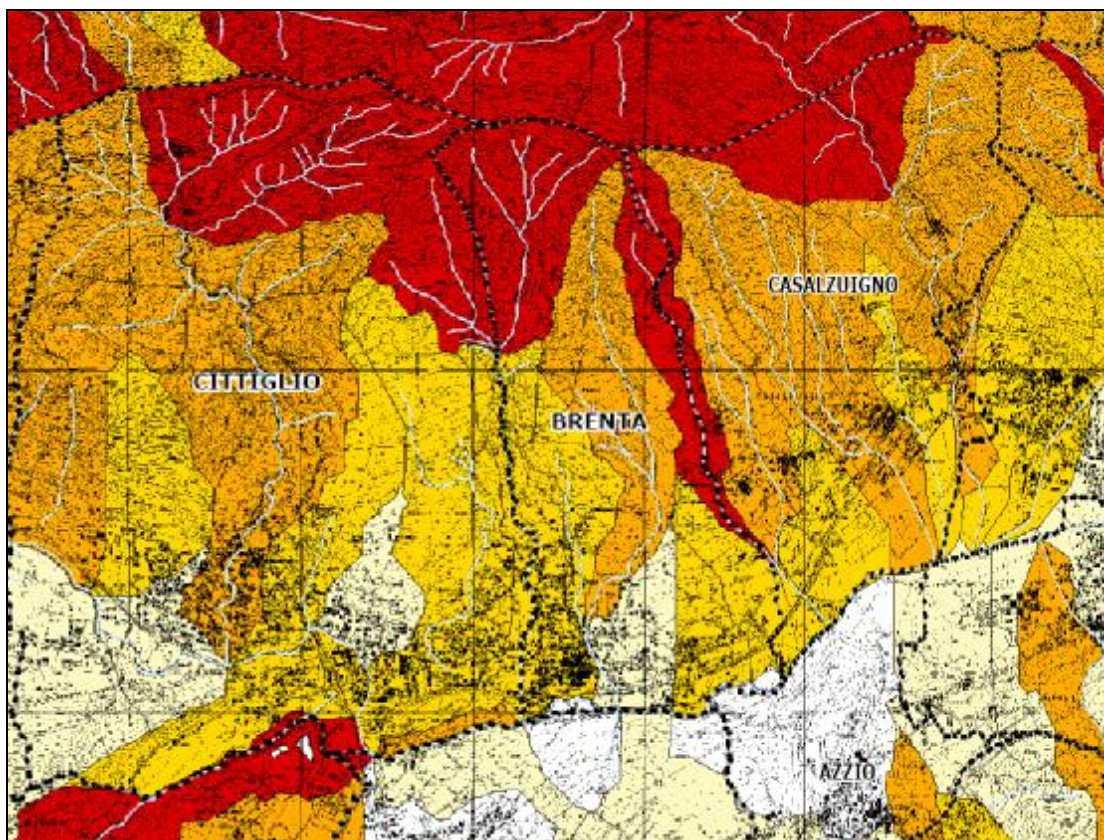


Figura 14: Carta del rischio RIS3 secondo il Piano di Coordinamento della Provincia di Varese.

La **tavola RIS4** (Carta della pericolosità frane di crollo) non evidenzia invece alcun elemento.

12.4. AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

La zona di tutela assoluta e la zona di rispetto delle captazioni a scopo idropotabile sono tutelate e definite secondo l'art. 94 del D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 "Norme in materia ambientale", il quale riguarda la disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano.

Vengono definite:

- La **zona di tutela assoluta** è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni; deve avere un'estensione di almeno 10 m di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente a opere di captazione e ad infrastrutture di servizio.
- La **zona di rispetto** è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta, da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

Per quanto riguarda il Comune di Brenta:



- Le **Zone di Tutela Assoluta** (raggio 10 m dal punto di captazione) sono state definite come prescritto dalla normativa vigente.
All'interno della Zone di Tutela Assoluta non sono ammesse attività diverse da quelle inerenti l'utilizzo, la manutenzione e la tutela delle captazioni.
- Per le **zone di Rispetto del pozzo** si è usato il criterio geometrico (raggio di 200 m).
- Le **zone di Rispetto delle sorgenti** sono state perimetrale con criterio geometrico (raggio di 200 m delimitata dall'isoipsa di valle).

Nell'ambito delle Zone di Rispetto (ZR) sono vietate le seguenti attività:

- Dispersione di fanghi ed acque reflue anche se depurati;
- Accumulo di concimi organici, fertilizzanti o pesticidi;
- Spandimento di concimi organici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e delle vulnerabilità delle risorse idriche;
- Dispersione nel sottosuolo d'acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- Aree cimiteriali;
- Apertura di cave che possono essere connesse con le falde;
- Apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- Gestione dei rifiuti;
- Stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- Centri di raccolta, rottamazione e demolizione d'autovetture;
- Pozzi perdenti;
- Pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda 170 Kg per ettaro d'azoto presenti negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la tabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

12.5. VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

La polizia idraulica è la materia che regola, autorizza e gestisce la realizzazione ed il mantenimento di opere nonché le attività da realizzarsi all'interno delle aree demaniali fluviali e nelle relative fasce di rispetto di 10 metri.



Il comune di Brenta non dispone di uno studio specifico dei vincoli di polizia idraulica ai sensi della D.G.R. 25 gennaio 2002, n.7/7868 e s.m.i. e D.G.R. 1 ottobre 2008 n.8/8127; per questo motivo lo studio specifico più esaustivo per la determinazione del Reticolo idrico principale e minore è quello eseguito dalla Comunità Montana della Valcuvia "*Determinazione del reticolo idrico minore*"(2007), a cui il comune in esame appartiene (**Allegato 5**).

Allo stato attuale e fino all'espressione di parere positivo da parte della Regione Lombardia, il regime normativo esistente in materia di polizia idraulica è quello dettato dal R.D. 523/1904 (Art. 96 lett. F) come indicato esplicitamente dalla D.g.r. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Per l'individuazione dei corsi d'acqua su cui porre il vincolo di polizia idraulica sono stati utilizzati i criteri base della normativa relativi alla individuazione del reticolo minore (D.G.R. 7/7868 del 2002, D.G.R. 7/13950 del 2003 e D.G.R. 8/8127 del 2008) ed in particolare ci si è basati sulle risultanze cartografiche.

Il R.D. 523/1904 impone una fascia di rispetto che comprende l'alveo, le sponde e le aree di pertinenza di tutti i corsi d'acqua per una distanza minima di 10 m dalla sommità della sponda incisa o dal piede esterno dell'argine (in presenza di argini in rilevato).

Nei tratti tombinati la fascia di rispetto si estende ad una distanza di 10 m su entrambi i lati del diametro esterno delle pareti del manufatto. Entro tale fascia vige il divieto assoluto di edificazione.

Tali vincoli rappresentano una norma transitoria in attesa della conclusione dell'iter di validazione da parte della Regione Lombardia dello studio di individuazione del reticolo idrografico minore, ai sensi della D.G.R. 7/7868 del 25 gennaio 2002 e succ. mod.

13. CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA A QUELLA DEL P.A.I.

Il comune di Brenta risulta incluso nella Tabella 2 dell'Allegato 13 ("*Individuazione dei comuni compresi nella d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365 che hanno concluso l'iter di cui all'art. 18 della N.d.A. del PAI*") della d.g.r. 8/7374 del 28/05/08, che aggiorna i criteri attuativi della l.r. 12/05 e abbia già rivisto il proprio quadro del dissesto alla luce delle norme PAI ("*Carta del dissesto con legenda uniformata PAI*", Idrogea, 2002), ma nonostante ciò si ritiene necessaria una revisione dell'analisi dei dissesti a seguito di nuovi studi specifici eseguiti all'interno del comune.

Di seguito vengono analizzati i dissesti che si ritiene opportuno aggiornare rispetto alla cartografia PAI presente sul SIT regionale.

Le modifiche riportate si basano sull'osservazione diretta, considerando il quadro morfologico attuale e lo stato di sistemazione dei dissesti.

Le modifiche apportate riguardanti le **aree esondabili**:

- La strada provinciale SP54 è stata esclusa dall'area a pericolosità molto elevata (Ee) perché lo "Studio idrologico lungo il Torrente Boesio-tratto da Molino di Prada a Molino Mistura" mostra come l'esondazione del Torrente con un Tr di 200 anni non interessi la strada (Figura 15) e individui come limite di fascia la quota 266.00m s.l.m. che, a favore di sicurezza, è stata posta ai piedi del rilevato stradale (quota 268.00m s.l.m).

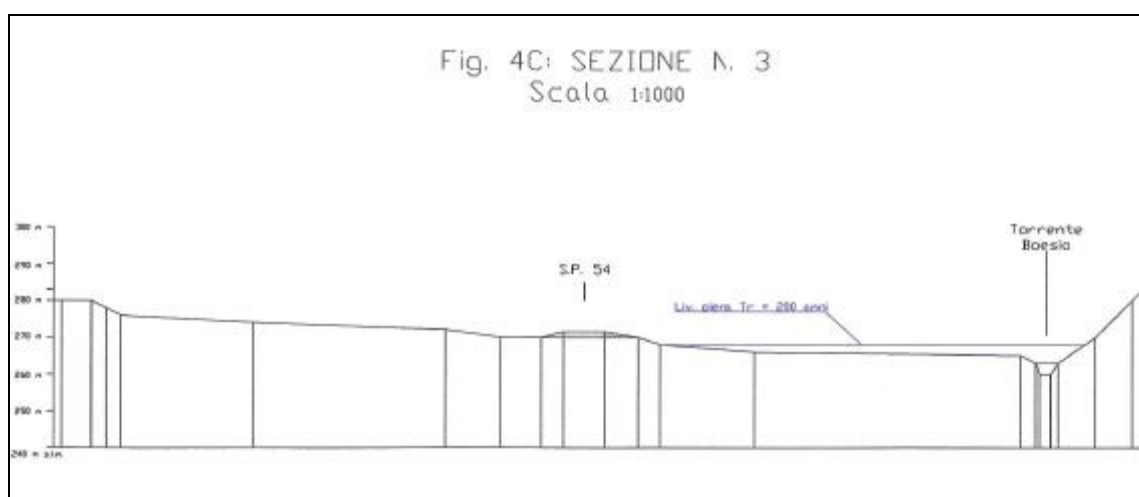


Figura 15: Livello della piena calcolata con un Tr=200 anni.

- Dallo "Studio di approfondimento del grado di pericolosità del torrente Boesio finalizzato alla mappatura di possibili aree di esondazione" (Allegato 2) ottemperante alla D.G.R. 8 Novembre 2002 n. 7/11047 si è deciso di modificare il limite tra l'area a pericolosità molto elevata (Ee) e quella a pericolosità elevata (Eb) scegliendo come limite l'isoipsa 272.00m s.l.m. definita dal calcolo della portata di piena con Tr=100 anni. Dunque si ritiene sufficiente considerare una minor area soggetta ad elevato rischio nella zona sud-est del comune.

Le modifiche apportate riguardanti le **conoidi**:

- è stato distinto il trasporto di massa su conoide attivo completamente protetta (Cn) e parzialmente protetta (Cp);
- le aree coinvolte da questo trasporto sono leggermente diverse in superficie rispetto a quelle riportate nel PAI.



14. AMBITI DI PERICOLOSITÀ OMOGENEA (SINTESI)

La **Tavola 8 Carta di Sintesi**, oltre a fornire un quadro sintetico delle principali aree di rischio, visualizza i principali vincoli normativi in materia geologico ambientale.

La carta si basa anche sugli elementi riportati nel piano urbanistico comunitario della Comunità Montana della Valcuvia.

I principali vincoli che gravano sul territorio comunale fanno riferimento alle seguenti leggi:

- Legge 523/1904: Interdizione dell'edificazione entro una distanza di 10m dai corsi d'acqua;
- R.D.3267/1923: Individuazione delle zone sottoposte a vincolo idrogeologico, per le quali qualsiasi attività che comporti una trasformazione dei terreni è soggetta ad autorizzazione da parte del Presidente della Comunità Montana;
il Regio Decreto è ripreso anche dalla Normativa Regionale, in particolare la L.R.51/75 e la L.R. 86/83;
- Legge 431/85 (Legge Galasso): Zone sottoposte a vincolo e salvaguardia ambientale, tra cui le fasce adiacenti ai fiumi per una distanza di 150 m;
- D.P.R. 236/88: Disciplina degli interventi antropici in una fascia di 200m da sorgenti e pozzi e definizione delle zone di salvaguardia delle risorse idriche destinate al consumo umano;
- L.R. 33/88: Definizione delle zone della Regione caratterizzate da rischio geologico e sismico;
- Legge 183/89: Predisposizione dei "Piani di Bacino" con la suddivisione del territorio in bacini idrografici maggiori;
- Legge 36/94 (Legge Galli): Disciplina degli usi produttivi delle risorse idriche.
- D.Lgs 152/99, poi modificato come D.Lgs. 258/2000: Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della 91/271/CEE, concernente il trattamento delle acque reflue urbane, e della direttiva 91/976/CEE, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.
- D.Lgs. 31/2001: Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano.
- Legge Regionale 28-10-2004 n. 27 (modificata e integrata dalla Legge Regionale 7-02-2006 n. 3)
- D.Lgs. 152/06: Norme in materia ambientale.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008: Definizione delle norme tecniche per la verifica di stabilità dei terreni e delle scarpate e per la progettazione delle opere di sostegno e di fondazione per cui si prescrive la stesura di relazioni geologiche e geotecniche;

La Carta di Sintesi rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera.



Di conseguenza tale Carta è stata realizzata con una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee.

L'elaborazione è stata eseguita attraverso l'incrocio e la sovrapposizione di tutti gli elementi individuati nelle precedenti fasi analitiche (analisi geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica).

In questo modo è stato possibile fornire un quadro riassuntivo dello stato dell'area al fine di procedere a valutazioni diagnostiche ed in particolare si sono rappresentate le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera.

Di seguito sono riportate le diverse voci individuate in legenda:

14.1. AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DI INSTABILITÀ DEI VERSANTI

- **Aree a franosità superficiale attiva diffusa**

Al di sopra dei 700m s.l.m. sono stati riscontrati fenomeni di creep e di soliflusso, dovuti principalmente all'elevata acclività dei pendii e alla presenza di rocce subaffioranti.

In tutta la zona posta a nord del centro abitato sono disposte numerose forme d'accumulo che riguardano fenomeni già avvenuti, di cui i depositi presentano uno scarso grado di addensamento rispetto ai materiali in posto; quindi in corrispondenza di pendii acclivi si ha la possibilità di nuovi fenomeni di rimobilizzazione.

- **Aree soggette a crolli di massi**

Nella zona della Sorgente Bosco Valmaggione sono presenti fenomeni di crolli in roccia. Altri sporadici fenomeni di crollo in roccia sono stati osservati in corrispondenza del crinale del Monte Nudo. Franosità di tipo diffusa non sempre cartografabile

- **Aree di frana da crollo attiva**

L'unica zona evidenziata si trova lungo il Torrente Luera circa a 560m s.l.m.; le dimensioni sono modeste, probabilmente è stata generata dalla mobilizzazione della limitata coltre fluvioglaciale superficiale poggiate sul substrato riferibile al "calcare a Cefalopodi", coinvolgendo anche parte di quest'ultimo grazie all'azione erosiva al piede esercitata dall'incisione del Torrente Luera.

- **Aree in erosione accelerata**

Alcune zone dei rii affluenti del Boesio presentano fenomeni d'erosione spondale; in prossimità di località Cascine è presente un piccolo corpo di frana in evoluzione.



- **Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area d'influenza**

L'unica area in cui è stata rilevata una pericolosità potenziale di questo tipo è collocata immediatamente a ovest della sorgente Bosco Piangelli, lungo il Rio Scarpin.

I fattori che possono favorire eventuali crolli possono essere così riassunti:

- affioramenti di torbiditi calcarenitico-marnose (calcare a cefalopodi-facies 1);
- azione esercitata dall'erosione al piede del corso d'acqua;
- alternanze stratificate di litologie a differente grado di erodibilità;
- Deformazioni di origine tettonica.

- **Aree a pericolosità potenziale per colate in detrito:**

Pur non presentando evidenze chiare di instabilità, si sono evidenziati dei settori in virtù dei seguenti fattori:

- Fenomeni di soliflusso e ruscellamento diffuso,
- Pendenze acclivi;
- Peggioramento delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei livelli più superficiali della roccia subaffiorante, alterata dagli agenti meteorici.

L'area si concentra nell'estremità settentrionale sino al crinale del Monte Nudo.

14.2. AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

- **Aree potenzialmente inondabili**

L'area è stata definita mediante studi idrologici a sud del comune lungo l'alveo del Torrente Boesio.

A favore di sicurezza si è preferito tener conto di un'area che si estende fino all'isoipsa 275m s.l.m. corrispondente al limite superiore della fascia di classe III riportata nella Carta di Fattibilità (**Tavola 9A**).

14.3. AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

- **Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi**

Si identificano due aree soggette ad acquiferi sfruttabili ad uso idropotabile:

1. la zona sud del comune costituita da depositi fluvioglaciali, depositi alluvionali e depositi di conoide. Infatti, esiste una profonda incisione, probabilmente creata dall'antico corso del Boesio che è stata successivamente riempita da sedimenti fluvioglaciali di buona permeabilità poggianti su un substrato scarsamente permeabile.



2. La zona centrale del comune in cui si hanno due zone ubicate in prossimità delle sorgenti sfruttabili ad uso potabile; infatti il terreno è costituito da depositi fluvioglaciali permeabili, che costituiscono un serbatoio per le acque d'infiltrazione meteoriche e di raccolta delle acque sotterranee provenienti da nord.

- **Aree con emergenze idriche diffuse**

Sono state evidenziate le sorgenti ad uso idropotabile.

14.4. AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

- **Aree di possibile ristagno, torbose e paludose**

Nel settore settentrionale sono stati riscontrati fenomeni di ristagno di modeste dimensioni, a tal punto che è stato possibile cartografare solo una zona a sud di località Pianura, riferibile ad una limitata manifestazione sorgiva.

15. CARTA DELLA FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO

Le **Tavole 9A e 9** rappresentano di fatto lo strumento geologico di più immediata comprensione e lettura per la Commissione Urbanistica di Piano.

Sono state distinte aree a diverso grado di rischio geologico o vincolate da normativa e suddivise in 4 classi di fattibilità che disciplinano l'edificabilità dal punto di vista geologico.

Le classi vengono di seguito localizzate sul territorio e definite a partire dalla situazione più gravosa.

a) CLASSE IV: Fattibilità con gravi limitazioni

Nell'area di Brenta si individuano le seguenti zone:

- Alveo del Boesio: le continue esondazioni, definite da uno studio specifico idrologico (**Allegato 3**), e la presenza di aree destinate in passato (fino al 1995) allo stoccaggio di fanghi industriali pongono un serio vincolo all'edificazione;
- Le fasce di 10m intorno ai corsi d'acqua affluenti del Boesio, con allargamenti posizionati nelle zone dove possono avvenire esondazioni o arretramenti delle scarpate per erosione spondale (es. C.ne Chiosi);
- Aree soggette a vincolo idrogeologico con scarpate particolarmente acclivi o fenomeni erosionali in atto.



Per queste zone non può essere prevista alcuna nuova edificazione eccetto opere di consolidamento dei versanti, sistemazioni idrogeologica, opere di interesse pubblico (che però dovranno essere valutate puntualmente).

Per gli ampliamenti di edifici esistenti si fa riferimento a quanto previsto dalle lettere a, b e c della legge 457/78. Tutti i progetti dovranno essere corredati di relazione geotecnica e geologica firmata da professionisti abilitati (geologici per la relazione geologica; ingegneri o geologici per la relazione geotecnica) e da risultati di indagini dirette in sito, tanto più accurate quanto più importante è il progetto (si vedano le NTC 2008).

b) CLASSE III: Fattibilità con consistenti limitazioni

Le aree individuate sono le seguenti:

- Fondovalle del Boesio: fascia compresa tra il limite della classe IV ed il limite di 150m definito dal D.Lgs. 490/1999;
- Fascia a ridosso della Provinciale n.54 sotto l'abitato per la presenza di scarpate in roccia;
- Collinetta presso il maneggio del "Roccolo", in prossimità del limite con Casalzuigno; l'area è soggetta a vincolo idrogeologico;
- Aree di esondabilità degli affluenti del Boesio, ubicate a W di C.ne Chiosi e nei pressi del "Roccolo".

In queste zone l'edificabilità è vincolata all'esecuzione di indagini geognostiche e geomeccaniche con analisi di stabilità (si veda in prossimità dello sperone roccioso di Brenta) o studi di carattere idrogeologico e idrologico (calcolo delle piogge critiche, portate di massima piena, ecc.) per le aree di esondazione.

Per le aree soggette a vincolo ogni nuova edificazione è soggetta ad autorizzazione delle Autorità predisposte (es. Presidente della Comunità Montana, Genio Civile, ecc.).

c) CLASSE II: Fattibilità con modeste limitazioni

Comprende le seguenti aree:

- Aree di conoide;
- Zona limitrofa a S.Quirico;
- Aree a nord di C.ne Chiosi;
- Aree limitrofe a C.na Besozzo;
- Aree a est del Torrente Luera, lungo la Via Valcuvia e presso Via Monteggio.

In questi casi le modeste limitazioni sono connesse alla presenza di aree di conoide stabilizzate e quindi con esondazioni non più ricorrenti in tempi storici e aree con acclività pronunciata, per le quali si suggeriscono studi idrogeologici, analisi di stabilità ed eventuali consolidamenti.



La documentazione allegata al progetto dovrà fare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (Relazione geotecnica e relazione geologica nei casi contemplati).

d) CLASSE I: Fattibilità senza particolari limitazioni

Riguarda le rimanenti aree del territorio comunale.

In questi casi non esistono particolari specifiche controindicazioni all'edificabilità, eccetto quanto previsto dalle NTC 2008.

Per la costruzione di edifici civili di scarsa importanza ad esempio si dovrà allegare al progetto una relazione geotecnica a complemento firmata da geologo o ingegnere che, sulla base di risultanze di verifiche in sito (es. pozzetti esplorativi eseguiti con benna rovescia), definiscano le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

Particolare attenzione dovrà comunque essere posta allo scarico di acque reflue e di inquinanti, attenendosi scrupolosamente alla normativa per la presenza di permeabilità dei litotipi.

16. CONCLUSIONI

Il territorio comunale di Brenta è in buona parte ubicato nella fascia collinare e montuosa che si sviluppa lungo le pendici meridionali del Monte Nudo, seconda vetta delle Prealpi varesine (1238m).

L'area di espansione urbanistica prevista dalla variante generale al Piano Regolatore si limita all'area di fondovalle, caratterizzata da pendenze modeste, in media pari a $7^{\circ} \div 10^{\circ}$.

Da un punto di vista geologico questo settore non presenta importanti fattori di rischio, né per quanto riguarda la qualità portante dei terreni di fondazione, generalmente buona, né per quanto riguarda fenomeni franosi di rilevante entità.

Tutta l'area infatti si colloca in corrispondenza di depositi fluvioglaciali grossolani, solo localmente supportati da una matrice limosa e più sovente cementati.

Per la costruzione di normali edifici civili appare quindi sufficiente attenersi alla normativa che regola i criteri per la caratterizzazione geotecnica e geologica dei siti, prevedendo, ad esempio, indagini in sito limitate alle profondità di imposta delle fondazioni dirette (es. pozzetti esplorativi, trincee, ecc.). Eventuali sondaggi geognostici, con esecuzione di prove SPT, dovranno essere eseguiti laddove la zonazione sismica abbia evidenziato la necessità di approfondimenti.

Maggiore cura va rivolta alle aree di conoide, per le quali è opportuna una verifica a più ampio raggio, con la redazione ad esempio di una relazione geologica a complemento del progetto.



Nei pressi del centro abitato si sottolinea invece la necessità di effettuare analisi di stabilità nella fascia a ridosso dello sperone roccioso con rilievi geomeccanici in parete per la definizione di potenziale cunei di scivolamento.

I maggiori fattori di rischio riguardano le aree di esondazione dei torrenti che dal Monte Nudo confluiscono verso il Boesio, la cui piana è periodicamente soggetta ad alluvionamenti.

Le maggiori limitazioni all'edificabilità si riferiscono quindi ad ampliamenti delle fasce di rispetto di fiumi e torrenti, già fissate dalla normativa vigente.

In alcuni casi gli ampliamenti sono stati posizionati in corrispondenza dei pochi e circoscritti eventi franosi osservati entro l'area di prevista espansione urbanistica.

Le cause di esondazione sono molteplici, legate a fattori naturali ed antropici.

I fattori naturali che portano a fenomeni alluvionali possono essere ricondotti all'elevata pendenza del tratto iniziale degli affluenti del Boesio: ciò determina una diminuzione del tempo di corrivazione ed una diminuzione del valore di pioggia critica per eventi disastrosi.

Per quanto riguarda il Boesio l'esondabilità naturale può essere ricondotta alla morfologia d'alveo meandreggiante e poco incisa; in caso di piena il fiume tende infatti a rettificare il proprio corso, invadendo l'intera piana.

Anche i fattori antropici incidono fortemente sugli effetti delle esondazioni; in particolare sono state osservate frequentemente opere idrauliche sottodimensionate o addirittura inadeguate (si veda il torrente al limite comunale con Casalzuigno).

Lungo il Rio Scarpin sono state riscontrate opere di protezione divelte, mentre lungo il Torrente Luera sono presenti briglie senza manutenzione.

Lungo le aste torrentizie è quindi opportuno provvedere periodicamente ed in modo regolare alla rimozione di tronchi e rami, i quali, ostacolano il flusso verso valle e generano delle dighe naturali, provocando accumuli di energia ed improvvisi rilasci che possono avere effetti dannosi.

Appare di notevole importanza inoltre sensibilizzare l'opinione pubblica ad una maggiore cura del territorio, sottolineando gli aspetti di rischio connessi al mancato rispetto di norme già comunque vigenti; si segnala infatti la tendenza a scaricare nei rii materiali di risulta di vario genere; anche questo può contribuire a generare piccole dighe lungo gli alvei.

Un discorso a parte merita l'esondabilità del Torrente Boesio, il cui fondovalle appare fortemente influenzato dall'attività antropica e per il quale occorre mantenere ed integrare il sistema di protezione spondale e di regimazione idraulica che si è iniziati ad adottare a seguito dello *"Studio di approfondimento del grado di pericolosità del torrente Boesio finalizzato alla mappatura di possibili aree di esondazione"* redatto dalla Provincia di Varese.

Infatti le criticità maggiori lungo il Boesio permangono, sia in corrispondenza della conseria che, più a monte, in corrispondenza del deposito di fanghi in sponda destra.



Dal punto di vista idrogeologico si sottolinea l'elevata vulnerabilità degli acquiferi a causa della permeabilità generalmente buona dei litotipi.

Occorre quindi attenersi scrupolosamente alle normative vigenti relative alle fasce di rispetto di pozzi e sorgenti e degli scarichi di reflui industriali e civili.

