

**COMUNE DI SANTA BRIGIDA**

**PROVINCIA DI BERGAMO**

**STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO AL  
NUOVO PIANO REGOLATORE GENERALE**

***RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA***

**DICEMBRE 1997**

## INDICE

### **CAPITOLO 1 - CONSIDERAZIONI GENERALI**

<i>1.1</i>	<i>PREMESSA</i>	<i>5</i>
<i>1.2</i>	<i>METODOLOGIA DI INDAGINE</i>	<i>6</i>
<i>1.3</i>	<i>PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO</i>	<i>7</i>
<i>1.4</i>	<i>PROBLEMATICHE GEOLOGICHE DEL COMUNE</i>	<i>9</i>
<i>1.5</i>	<i>BREVE STORIA DELL' ATTIVITA' ESTRATTIVA A SANTA BRIGIDA</i>	<i>10</i>
<i>1.6</i>	<i>VINCOLISTICA</i>	<i>12</i>
<i>1.7</i>	<i>INQUADRAMENTO METEO - CLIMATICO</i>	<i>15</i>

### **CAPITOLO 2 - DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE**

<i>2.0</i>	<i>DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE</i>	<i>19</i>
<i>2.1</i>	<i>CARTA GEOLOGICA</i>	<i>20</i>
<i>2.1.1</i>	<i>ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE</i>	<i>29</i>
<i>2.2</i>	<i>CARTA GEOMORFOLOGICA</i>	<i>31</i>
<i>2.3</i>	<i>CARTA IDROGEOLOGICA CON ELEMENTI IDROGRAFICI</i>	<i>39</i>
<i>2.3.1</i>	<i>CONSIDERAZIONI SULLE SORGENTI</i>	<i>42</i>
<i>2.4</i>	<i>CARTA DELLE AREE ESTRATTIVE</i>	<i>46</i>
<i>2.5</i>	<i>CARTA LITOLOGICO-TECNICA</i>	<i>54</i>
<i>2.6</i>	<i>CARTA DI SINTESI</i>	<i>61</i>
<i>2.7</i>	<i>CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DI PIANO</i>	<i>67</i>

### **CAPITOLO 3 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

<i>3.0</i>	<i>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</i>	<i>76</i>
<i>3.1</i>	<i>INDICAZIONI PER LA STESURA DEGLI STUDI GEOLOGICI</i>	<i>79</i>
<i>3.2</i>	<i>NORME GEOLOGICHE DI PIANO</i>	<i>81</i>
<i>3.3</i>	<i>RIFERIMENTI NORMATIVI</i>	<i>85</i>
<i>3.4</i>	<i>BIBLIOGRAFIA</i>	<i>88</i>
<i>3.5</i>	<i>ALLEGATI</i>	<i>92</i>

### **TAVOLE GRAFICHE**

- Tavola n° 1: Carta geologica scala 1:10.000
- Tavola n° 1b: Sezioni geologiche scala 1:5.000
- Tavola n° 2: Carta geomorfologica scala 1:10.000
- Tavola n° 3: Carta idrogeologica con elementi idrografici scala 1:10.000
- Tavola n° 4: Carta delle aree estrattive, scala 1:2.000
- Tavola n° 5: Carta litologico-tecnica scala 1:5.000
- Tavola n° 6: Carta di sintesi, (2 carte) scala 1:5.000
- Tavola n° 7: Carta di fattibilità geologica, (3 carte) scala 1:2.000

**COMUNE DI SANTA BRIGIDA**

***STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO AL NUOVO PIANO***

***REGOLATORE GENERALE***

**CAPITOLO PRIMO**

***CONSIDERAZIONI GENERALI***

## **1.1 PREMESSA**

Dal Sindaco del Comune di Santa Brigida ho ricevuto l'incarico di redigere lo studio geologico del territorio a supporto del nuovo Piano Regolatore Generale.

Del Gruppo di lavoro fanno parte, per le specifiche competenze, gli architetti Del Sant e De Vecchi e l'agronomo dr. Crotti.

Il Comune in esame è stato soggetto nella sua storia, anche recente, a problemi e dissesti a carattere geologico-idrogeologico e l'Amministrazione Comunale ha deciso di affidare allo scrivente, iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia con il n° 152, lo studio della natura fisica del Comune per predisporre un piano di sviluppo urbanistico serio e rispettoso delle problematiche ambientali.

La presente relazione è uno strumento a supporto della pianificazione e della programmazione urbanistica, per cui ha lo scopo di raccogliere i dati ed i parametri geologici principali nella globalità del Comune per evidenziare vocazioni e limitazioni d'uso del territorio.

Si tratta chiaramente di un documento in parte interpretativo, parte che si è cercato di ridurre al minimo ampliando al massimo la quantità e la qualità dei dati raccolti e valutandoli in funzione delle esperienze acquisite nel tempo sul campo dei problemi ambientali e del territorio.

I risultati emersi sono stati discussi e valutati con i Progettisti del P.R.G. affinché li usino come guida ed adattino in fase di scelte esecutive le delimitazioni geologiche con le unità urbanistiche.

*Tale strumento non può e non deve in alcun modo essere considerato sostitutivo delle indagini geologiche, idrogeologiche e geognostiche puntuali e di dettaglio per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva.*

## **1.2 METODOLOGIA DI INDAGINE**

Per i criteri di indagine e l'individuazione dei contenuti essenziali del presente studio geologico ci si è rifatti principalmente alla Delibera della Giunta della Regione Lombardia n° 5/36147 del 18/05/93 pubblicata sul B.U.R.L. del 16 luglio 1993 “*Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale*” oltre che alle altre leggi, sia statali che regionali, in materia di difesa del suolo e protezione dai dissesti idrogeologici e sismici (L. 183/89, L.R. 33/88, L. 102/90).

Il presente lavoro è articolato nel seguente modo:

- *Relazione tecnica illustrativa:*
  - capitolo 1: dati generali di inquadramento ambientale del comune
  - capitolo 2: commento e discussione delle carte tematiche
  - capitolo 3: considerazioni conclusive, riferimenti normativi ed allegati
- *Documentazione cartografica:*
  - Carta geologica, scala 1:10.000
  - Sezioni geologiche, scala 1:5.000
  - Carta geomorfologica, scala 1:10.000
  - Carta idrogeologica con elementi idrografici, scala 1:10.000
  - Carta delle aree estrattive, scala 1:2.000
  - Carta litologico-tecnica, scala 1:5.000
  - Carta di sintesi, scala 1:5.000

- Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano, scala 1:2.000

Il lavoro è stato svolto secondo i riferimenti normativi citati, operando scelte autonome e varianti rispetto agli standard proposti in fase di rilevamento, di scale di rappresentazione e di argomenti trattati per rendere il lavoro il più chiaro e completo possibile.

Nelle prime fasi del lavoro è stata effettuata la raccolta e la valutazione dei dati geologici disponibili sia su pubblicazioni scientifiche che da precedenti lavori eseguiti sul territorio comunale e delle foto aeree di vari anni.

I dati sono stati raccolti presso l'archivio comunale, presso la Provincia di Bergamo e presso le biblioteche Universitarie e/o del Museo Civico di Scienze Naturali.

Insieme è stato portato avanti il rilevamento geologico dell'intero territorio comunale alla scala 1:5.000 e 1:2.000 per il centro abitato.

Per la cartografia di rilievo e di rappresentazione sono state utilizzate:

Scala 1:25.000 - Carte I.G.M. fogli 33 IV NE Piazza Brembana e 18 III SE Mezzoldo

Scala 1:10.000 - Carta Tecnica Regione Lombardia, carte c3a5, c3b5, c4a1, c4b1, c4b2.

Scala 1:5.000 e 1:2.000 base cartografica da rilievo aerofotogrammetrico appositamente eseguito dalla Ditta R.A.T.I. S.r.l. di Firenze del 1996 su commissione del Comune di Santa Brigida.

### **1.3 PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO**

Il territorio comunale di Santa Brigida si trova in alta valle Brembana, si estende sulla sinistra idrografica del torrente Mora, affluente destro del Brembo, con decorso prevalente nord-sud.

La superficie totale del Comune è di circa 14 Km<sup>2</sup> ed una popolazione di circa 660 abitanti.

I limiti amministrativi di Santa Brigida sono i seguenti: ad est con Averara e Olmo al Brembo, a sud con Cassiglio, ad ovest con Cusio e a nord con la provincia di Sondrio e precisamente con Gerola Alta.

L'escursione altimetrica del territorio è di circa 1800 metri, andando dai 590 metri del fondovalle verso Olmo al Brembo ai 2378 metri del Monte Ponteranica.

Il Comune è composto da 4 nuclei abitativi principali: S. Brigida, Taleggio, Cugno e Caprile.

I principali rilievi montuosi sono ubicati nella parte nord del Comune, verso il confine con la provincia di Sondrio, ed in particolare sono: M. Ponteranica, M. Colombarolo e M. Mincucco.

I principali corsi d'acqua che attraversano il Comune sono: il torrente Mora, con andamento Nord-Sud che costituisce il limite con il Comune di Averara ed il torrente Stabina, diretto circa est-ovest, che attraversa il Comune nella sua parte meridionale.

Altri corsi d'acqua tagliano il comune in senso est-ovest e sfociano nel Mora, tra questi vale la pena di segnalare: t. Bindo che attraversa il capoluogo, t. Caprile, t. Serrada e t. Ponteranica.

La conformazione del territorio deriva principalmente dall'assetto geologico e strutturale delle masse rocciose che lo costituiscono, ovvero dalla disposizione degli strati e dalla loro erodibilità: l'abitato principale sorge su rocce gessose, dove le pendenze sono più morbide.



La parte nord è più aspra e selvaggia, non esistono strade carrozzabili, solo il sentiero che porta a Ca' San Marco e qui l'azione dei ghiacciai nel tempo è stata determinante per le forme attuali.

A questi agenti antichi si sono sovrapposti in tempi recenti altri agenti esogeni: acque superficiali, acque sotterranee, gravità e agenti atmosferici (neve e ghiaccio) cui va aggiunta l'azione antropica che ha modificato e rimodellato il territorio per le proprie esigenze.

Particolarmente forte come impatto sul territorio è stata l'attività estrattiva di gessi ed anidriti sia in superficie che in profondità che ha profondamente modificato gli equilibri geologici, già precari, del Comune.

#### **1.4 PROBLEMATICHE GEOLOGICHE DEL COMUNE**

L'area comunale è tra quelle a maggior rischio idrogeologico in Italia sia per la particolare natura e conformazione geologica (presenza di rocce anidritiche che per idratazione aumentano di volume, si trasformano in gesso; carsismo nei gessi; potenti depositi di argille e carnioli residuali con scadenti caratteristiche geomeccaniche; particolare struttura idrogeologica ecc.) che per le attività antropiche (in particolare l'attività estrattiva che si è svolta) che hanno, nel tempo, peggiorato ed accentuato i fenomeni di degrado e di dissesto idrogeologico.

La predetta situazione di rischio comporta frequenti note da parte della Protezione Civile e preoccupazioni notevoli a vari livelli.

E' da precisare che l'area comunale è stata interessata dal 1913 fino agli anni '80 (nel 1988 il Consiglio di Stato ha emesso la sentenza definitiva per la chiusura delle cave) da

*un'intensa attività estrattiva* di competenza statale, controllata dal Distretto minerario quale Ente periferico del Ministero dell'Industria.

Il minerale estratto era principalmente il gesso, che deriva dall'idratazione delle rocce anidritiche di età carnica, ed in subordine la stessa anidrite.

Il Comune di Santa Brigida è inoltre compreso tra le *aree alluvionate nel 1987*.

L'alluvione ha pesantemente colpito il capoluogo con frane e smottamenti (strada per Taleggio, dissesti in frazione Bindo, ecc.) ed alluvionamenti soprattutto ad opera del torrente Bindo.

Anche la frazione di Taleggio ha subito dissesti e danni.

L'alluvione ha creato pesanti danni anche in alta valle: quasi tutti i torrenti hanno avuto fenomeni di trasporto e/o erosivi di intensità incredibile e i danni provocati sono ancora ben visibili, in alcune zone.

Per esempio alcune sorgenti del comune in valle Caprile sono state danneggiate ed una è stata esclusa dall'acquedotto per i gravi danni.

Problemi di cedimento interessano, ormai da molto tempo, la chiesa parrocchiale del paese: attualmente è in fase di predisposizione un progetto di sistemazione finanziato dalla Regione Lombardia.

### **1.5 BREVE STORIA DELL' ATTIVITA' ESTRATTIVA A SANTA BRIGIDA**

Come già detto in precedenza i materiali che sono stati estratti sono gessi ed anidriti della formazione di San Giovanni Bianco; l'escavazione avveniva inizialmente all'aperto per poi passare in galleria.

I gessi venivano cavati come materiale mercantile e le anidriti come scarto; successivamente per le anidriti si è venuto a realizzare un recupero nell'industria della carta.

I livelli di escavazione giungevano fino a quattro o cinque, con gallerie di dimensioni amplissime (5-6 metri) in cui circolavano tranquillamente i camion.

Di seguito espongo brevemente la cronistoria dell'attività estrattiva a Santa Brigida, come è stata desunta dai documenti reperiti presso il Comune (purtroppo le lacune evidenziate sono molteplici).

Si tratta di alcune brevi note, indicative però della situazione che si è creata nel tempo tra la popolazione e l'attività estrattiva.

1. Le cave entrano in attività all'inizio del secolo, in base ai dati in possesso.
2. Negli anni 65-70 si verificano tensioni da parte della popolazione (1968 Relazione Servizio Geologico Italiano, 1970 relazione dr. geol. Bertuletti)
3. Negli anni 75-80 la situazione si aggrava e viene attivato un procedimento penale (periti CTU prof. Pozzi e ing. Costantini, dr. Trovenzi tecnico della Ditta, prof. Pingorini tecnico del Comune).
4. 1982 sentenza sulla chiusura delle cave.
5. prosecuzione dell'attività estrattiva secondo il servizio regionale cave
6. 1988 sentenza del Consiglio di Stato per la chiusura delle cave.
7. Inserimento nel piano cave dell'area come estrattiva
8. Attualmente le ipotesi di ripresa dell'attività estrattiva provocano preoccupazioni e tensioni rilevanti nella popolazione.

La documentazione relativa all'attività estrattiva nel territorio di Santa Brigida è stata reperita presso il Comune e gli altri Enti.

La stessa era stata in parte fornita dalla ditta S.I.G.A. di Averara, come materiale dovuto, anche in seguito alla fase di contestazione della popolazione e durante le varie perizie, ricorsi e sentenze che si sono susseguite nel tempo ed in occasione di un sopralluogo compiuto.

La stessa appare carente e sommaria, in particolare per quanto riguarda la documentazione specifica sulle cave e sulle gallerie.

Ad esempio per quanto riguarda la cava Carale, riconosciuta fin dalla perizia dei CTU del 1978 come responsabile delle pesanti lesioni agli edifici vicini ed attualmente totalmente allagata nei livelli inferiori, mancano totalmente planimetrie e sezioni delle gallerie e la relativa estensione finale delle stesse.

L'unico disegno reperito è tratto da una relazione del dr. Trovenzi del 1993 per la Ditta. Anche la documentazione relativa alle altre cave, sicuramente più completa della precedente, appare ancora lacunosa, in particolare molte delle planimetrie fornite dell'area di scavo non sono datate ed altre sono molto vecchie.

Buona parte della documentazione è tratta dalle perizie fatte dai C.T.U. tra il 1978 ed il 1980, unico lavoro di studio di una certa ampiezza sul Comune, sui suoi problemi di rischio idrogeologico e sulle connessioni con l'attività estrattiva svoltasi nel tempo.

## **1.6 VINCOLISTICA**

Una parte molto importante per la realizzazione di un nuovo P.R.G. è la verifica dei vincoli di natura fisico-ambientale esistenti sul territorio per inserirli e raccordarli con le prescrizioni sulle problematiche geologiche.

In questo modo verifiche diverse sugli stessi problemi, da parte di diversi Enti, si riducono e si può operare in accordo: questo facilita ed accelera l'iter burocratico delle

ristrutturazioni e delle nuove realizzazioni sia per l'Ufficio Tecnico Comunale che per i cittadini.

Vincolo idrogeologico - R.D.L. n° 3267/1923

Si tratta di un vincolo che serve a tutelare boschi e terreni da mutamenti di destinazione. Quasi tutto il territorio comunale è soggetto a tale vincolo, ad eccezione delle frazioni abitate: S. Brigida, Taleggio, Cugno e Caprile.

Lo svincolo, che non ha riscontri penali, ma solo amministrativi, è rilasciato dal Presidente della Comunità Montana Valle Brembana, nel caso specifico, perché competente per territorio, sentito il parere tecnico dello S.T.A.P. di Bergamo.

Fascia di 10 m. di inedificabilità assoluta lungo i corsi d'acqua, L. 503/1904 art. 96

La legge di polizia idraulica definisce un'area di rispetto fluviale di 10 metri dalla zona di massima esondazione dei fiumi; questo vincolo è stato riconfermato dal parere n° 55 del 01/06/88 del Consiglio di Stato.

E' da premettere che non esiste differenza tra fiume e torrente, per cui dove scorre l'acqua, in modo più o meno continuo, è patrimonio demaniale.

In questa fascia è interdetta l'edificazione e gli scavi; inoltre la Legge prevede una fascia di 4 metri di interdizione assoluta a qualunque operazione lungo gli alvei (anche piantagioni e smovimento di terreno).

Questo vincolo, per le aree extraurbane, ha rilevanza notevole e riscontri penali.

Vincolo ambientale, legge 431/85

Si tratta di vincoli su fasce ed aree di territorio definite per categorie geografiche a contenuto prevalentemente naturalistico, ai sensi dell'art. 1 della citata legge.

Nel comune di Santa Brigida sono di tre tipi i vincoli che interessano:

- fascia di 150 metri dalle sponde di fiumi, torrenti e corsi d'acqua (Bindo, Stabina e Mora)
- fascia di 300 intorno ai laghi (lago val Mora e lago di Ponteranica)
- fascia altimetrica sopra i 1600 metri

Lo svincolo è stato recentemente subdelegato ai comuni con la L.R. 18 del 09/06/97.

*Aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano, D.P.R. 236/88*

Prevede per le captazioni di acque destinate al consumo umano le seguenti prescrizioni:

- zona di tutela assoluta: raggio di 10 metri intorno alla captazione, adibita esclusivamente ad opere di presa e canalizzazioni: tale area deve essere recintata, impermeabilizzata ed avere canalizzazioni per le acque meteoriche;
- zona di rispetto: con raggio di 200 metri dal punto di captazione. In questa zona sono vietate le attività elencate all'art.6 del D.P.R. (immissione liquami, accumulo concimi organici, dispersione acque bianche, aree cimiteriali, spandimento pesticidi, apertura cave, discariche ecc.).

Questo vincolo ha pesanti riscontri penali, riguardando acque destinate al consumo umano e quindi la salute pubblica.

*Aree comprese nel parco delle Orobie Bergamasche, L.R. n° 56 del 15/09/89*

Tutto il territorio comunale è compreso nel parco delle Orobie, con l'attribuzione della fascia abitata all'ambito di tutela B.

Il parco è attualmente ancora privo del Piano Territoriale di Coordinamento.

## **1.7 INQUADRAMENTO METEO - CLIMATICO**

La conoscenza dei dati meteorologici e climatici è di estrema importanza, soprattutto per la previsione di eventi eccezionali con tempi di ritorno molto ampi.

Gli Enti nella loro pianificazione (strade, reti fognarie, ecc.) devono tenere conto dei dati e delle precipitazioni intense per non avere sorprese negative.

I dati esposti di seguito sono purtroppo parziali perché le stazioni funzionanti sul territorio si sono molto ridotte e attualmente la maggior parte di quelle funzionanti sono gestite dal servizio agrometeorologico della Provincia nella zona di pianura.

In questo paragrafo vengono forniti dati di valutazione a scala comunale e/o sovracomunale (piogge medie mensili ed annue, precipitazioni nevose, piogge di breve durata e forte intensità, temperature, ecc.) che servono a fornire un quadro della situazione.

Questi dati vogliono essere solo un supporto e non chiaramente sostitutivi degli studi mirati alla progettazione esecutiva: piogge con diversi tempi di ritorno, valutazione delle possibili portate dei torrenti per interventi idraulici, ecc.

Dal punto di vista climatico la zona è compresa nella fascia a clima alpino, con inverni freddi e ricchi di precipitazioni nevose.

A grande scala le precipitazioni medie annue sono comprese tra 1600 e 1800 mm, come indicato sulla “Carta delle isoiete della precipitazione media annua del cinquantennio 1921-1971” dell’ing. Cati.

Per le osservazioni più dettagliate sulle piogge sono stati presi in considerazione i dati delle stazioni meteo del Servizio idrografico più vicine, relative agli anni 1921-50 :

Cusio	1758 mm/anno	quota 1025 m.
Cassiglio	1594 mm/anno	quota 600 m.

Valtorta	1666 mm/anno	quota 930 m.
Mezzoldo	1283 mm/anno	quota 835 m.
Cà San Marco	1422 mm/anno	quota 1832 m.

Tra questa le più vicine a Santa Brigida sono Cusio e Cassiglio: i valori di pioggia variabili da 1758 a 1594 mm/anno diversi sono attribuibili alla differenza di quota .

L'abitato di Santa Brigida è posto circa a 850 m. ed il regime pluviometrico può essere considerato medio tra i due.

E chiaro, invece, che nella parte nord del territorio, montuosa, con quota medie elevate il valore di precipitazione aumenta verso 1800-2000 mm/anno, con sempre maggiore incidenza delle precipitazioni nevose.

Il regime delle precipitazioni mensili evidenziato è il seguente: un minimo principale in inverno tra dicembre e febbraio, con minimo assoluto in gennaio (54 mm per Cassiglio, 47 mm per Cusio) ed un altro minimo estivo; i due massimi sono a maggio ed ottobre, con principale quello di maggio (205 mm a Cassiglio, 235 a Cusio).

La tabella sottostante riporta i valori massimi delle precipitazioni di forte intensità e breve durata da 1 a 5 giorni per le stazioni di Cusio e Cassiglio

numero d'ordine	Precipitazioni massime con durata di giorni consecutivi				
	1 giorno	2 giorni	3 giorni	4 giorni	5 giorni
<b>STAZIONE METEO DI CUSIO - 1921-47</b>					
1	147 mm	212 mm	266 mm	305 mm	332 mm
2	119 mm	205 mm	233 mm	275 mm	330 mm
3	119 mm	200 mm	230 mm	267 mm	302 mm
<b>STAZIONE METEO DI CASSIGLIO - 1932-50</b>					
1	170 mm	290 mm	315 mm	315 mm	315 mm
2	150 mm	255 mm	305 mm	310 mm	313 mm
3	141 mm	193 mm	230 mm	240 mm	260 mm



Le precipitazioni nevose hanno una notevole importanza sul territorio comunale e particolarmente nell'alta valle.

In particolare la carta della precipitazione nevosa media annua del quarantennio 1921-60 del Magistrato del Po indica valori di altezza di neve tra 100 e 200 mm/anno.

**COMUNE DI SANTA BRIGIDA**

***STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO AL NUOVO PIANO***

***REGOLATORE GENERALE***

**CAPITOLO SECONDO**

***DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE***

## **2.0 DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE**

Per riassumere i dati raccolti, sia bibliografici che di terreno, è stata compilata una serie di carte tematiche, con le modalità previste dalla Delibera della Giunta della Regione Lombardia n° 5/36147 del 18/05/93 pubblicata sul B.U.R.L. del 16 luglio 1993 “*Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale*”.

In particolare sono state redatte le carte di analisi di inquadramento del territorio di tutto il Comune alla scala 1:10.000 e di dettaglio dell’area edificata alla scala 1:2.000/1:5.000.

Sulla base di queste è stata redatta la carta di sintesi del rischio geologico di tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 ed infine la carta della fattibilità geologica di piano delle aree abitate alla scala 1:2.000.

A solo uso interno è stata redatta la carta clivometrica che è stata utilizzata per la redazione della carta di fattibilità.

In dettaglio gli elaborati grafici che compongono in lavoro sono i seguenti:

- |  |                |
|--|----------------|
| - Carta geologica                                      | scala 1:10.000 |
| - Sezioni geologiche                                   | scala 1:5.000  |
| - Carta geomorfologica                                 | scala 1:10.000 |
| - Carta idrogeologica con elementi idrografici         | scala 1:10.000 |
| - Carta delle aree estrattive                          | scala 1:2.000  |
| - Carta litologico-tecnica,                            | scala 1:5.000  |
| - Carta di sintesi del rischio geologico               | scala 1:5.000  |
| - Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano | scala 1:2.000  |

## **2.1 CARTA GEOLOGICA**

In questa tavola vengono cartografati rocce e terreni, distinti in base alle loro caratteristiche chimico fisiche e sono indicate le principali discontinuità tettoniche.

Si tratta di una carta di inquadramento del territorio comunale che risulta molto importante, perché già in grado di dare delle indicazioni sulle possibili problematiche e sulle attitudini delle varie aree del territorio, anche se si tratta di dati direttamente interpretabili da tecnici specifici.

I terreni sono divisi seguendo le classificazioni esistenti, in base alle caratteristiche litologiche e genetiche, mentre le rocce sono divise nelle Formazioni litostratigrafiche note in letteratura geologica.

Eventuali modifiche e/o caratterizzazioni particolari sono state utilizzate per mettere in evidenza delle peculiarità geologiche del comune.

### *Terreni di copertura*

Sono stati distinti in base ai fenomeni che li hanno generati nelle seguenti categorie:

- Depositi di versante s.l.: detriti di falda, depositi di versante e materiali di frana
- alluvioni attuali e recenti e depositi fluvioglaciali
- apparati morenici e depositi morenici misti a materiale detritico.

*Depositi di versante s.l.* si tratta di materiali generatisi per l'azione della forza di gravità sui versanti rocciosi a pendenze elevate che si accumulano ai piedi degli stessi.

Si tratta, in generale, di materiali grossolani composti da ghiaie sabbiose e ghiaie, con poca frazione fine e pressochè privi di limi ed argille, con localmente all'interno blocchi e massi anche di dimensioni notevoli.

In molte aree tali depositi sono già perfettamente stabilizzati e rinverditi, in altre sono ancora in forte evoluzione.

Lo spessore di questi materiali va da pochi decimetri fino anche a molti metri (ad esempio in alta valle).

Nella carta geologica non sono stati, ovviamente, cartografati tutti, perchè avrebbero reso molto difficile vedere la geologia del substrato per l'elevata diffusione: sono stati evidenziati quelli di dimensione e spessore maggiore.

La composizione litologica dei clasti è chiaramente funzione della geologia dei versanti soprastanti.

In alta valle potenti depositi si sono accumulati ai piedi del Monte Mincucco e del Monte Ponteranica e lungo il versante sud-occidentale del Piano dell'Acquanera: per la maggior parte si tratta di ghiaie e massi derivate dallo smantellamento di conglomerati, arenarie e, in misura minori, di vulcaniti.

Nell'area abitata del Comune un deposito potente ed esteso è ubicato ai piedi del Monte Disner, su cui sorge anche la parte alta del Comune di Santa Brigida.

In questo caso i materiali sono a composizione carbonatica; tali depositi, nella parte più bassa, sono ormai stabilizzati e rinverditati.

*Alluvioni attuali e recenti e depositi fluvioglaciali:* si tratta di depositi connessi all'azione delle acque incanalate: sia fluviali che di origine fluvioglaciali.

Le alluvioni attuali sono quelle presenti negli alvei attuali fluviali e torrentizi e nelle aree di normale esondazione degli stessi.

Si tratta di depositi a prevalente composizione ghiaiosa, subordinatamente sabbiosa e scarsi limi ed argille.

Questi depositi sono stati cartografati in una larga fascia interna al torrente Stabina, in una zona in cui le pendenze sono basse e la capacità di deposito maggiore.

Altre piccole placche di questi depositi, non cartografate, sono state rilevate lungo l'alveo del torrente Mora presso Averara ed in alcuni torrenti montani, sempre dove le pendenze diminuiscono.

Le alluvioni recenti sono depositi simili ai precedenti ma più antichi: sono in genere colonizzati dalla vegetazione e più alti della quota dell'alveo attuale.

A questi depositi appartengono quelli del torrente Stabina, lungo la fascia cartografata, ai margini della stessa alle quote più elevate rispetto all'alveo attuale.

I depositi fluvioglaciali sono originati dalle acque di scorrimento di contatto glaciale.

Litologicamente analoghi alle alluvioni ma con una maggiore frazione di materiale fine trasportato dai ghiacci, sono chiaramente materiali meno freschi delle alluvioni, colonizzati dalla vegetazione.

Un deposito di questo tipo è segnalato da Casati e Gnaccolini 1967 nella parte alta della Val Mora.

*Depositi morenici e depositi morenici misti a materiale detritico:* si tratta di materiali originati dall'azione di ablazione e deposizione dei ghiacciai, localmente misti a materiali di degradazione naturale dei versanti.

Un'ampia placca di materiali morenici è stata osservata tra le frazioni di Bindo e Taleggio, tra la strada comunale ed il torrente.

Si tratta di ghiaie, ciottoli e blocchi anche metrici, in genere conglomeratici, immersi in abbondante matrice limoso-argillosa.

Lo spessore stimato è di alcuni metri.

I depositi morenici misti sono litologicamente simili ai precedenti, con una maggiore percentuale di ghiaie e ciottoli derivanti non dall'azione dei ghiacci ma dalla degradazione dei versanti soprastanti.

Un'ampia fascia di questi depositi è stata evidenziata presso Valmoresca, lungo il fondovalle ai piedi della val Caprile.

Formazioni rocciose

Le rocce affioranti nell'area studiata coprono un arco di tempo molto ampio: vanno dal basamento roccioso precarbonifero alla Dolomia Principale del Triassico superiore.

Dalla più antica alla più recente le formazioni geologiche affioranti sono le seguenti:

*Basamento cristallino (pre-carbonifero)* in questa categoria sono incluse tutte le rocce metamorfiche antiche rilevate.

Le stesse sono state distinte in due gruppi:

- Micascisti e paragneiss a due miche, fortemente fratturati e ricchi di famiglie di scistosità.

Affiorano diffusamente nella finestra tettonica di Valmoresca: è possibile vederli in particolare lungo il fondovalle, messi in luce dall'attività erosiva delle acque.

- Gneiss chiari: si tratta di gneiss biancastri, a tessitura massiva, con quarzo, ortoclasio, albite e muscovite.

Affiorano solamente in una piccola scaglia tettonica, in alta valle, lungo la faglia di Pizzo Giacomo.

*Formazione di Collio (Permiano inferiore)* rocce vulcaniche e sedimentarie sopra il basamento cristallino.

Queste rocce compongono la maggior parte del territorio comunale a nord della frazione di Taleggio e sono state divise in due gruppi: Collio inferiore e superiore.

Lo spessore massimo della formazione è osservabile in valle Caprile ed è di circa 750 metri.

- Formazione di Collio inferiore: è costituita da rocce di origine vulcanica, sia effusive che piroclastiti.

In particolare sono state osservate porfiriti, porfidi quarziferi da grigio biancastri a verdastri e violacei, con intercalate breccie piroclastiche e tufi.

Queste rocce affiorano in un'ampia fascia nei pressi degli abitati di Caprile inferiore e superiore; sul fondovalle sono coperte da detriti di versante e materiali morenici, mentre più sopra sono spesso coperti da depositi eluvio-colluviali.

E' comunque possibile vederne chiari affioramenti nei canali e presso alcune pareti rocciose.

Un'ulteriore piccola scaglia è stata cartografata in alta Val Mora, presso lo sbarramento artificiale.

- Formazione di Collio Superiore: questa porzione è costituita prevalentemente da rocce sedimentarie, quali arenarie, siltiti ed argilliti, con locali intercalazioni di conglomerati.

Le argilliti sono sottilmente stratificate, laminate e di colore da grigio a nerastro.

Anche in questa parte della formazione compaiono intercalazioni di rocce di origine vulcanica, quali tufiti, tufi, breccie piroclastiche e vulcaniti.

Questa formazione costituisce per la quasi totalità il versante destro della Val Mora tra Caprile ed il lago di Val Mora ed una sezione completa è osservabile in Val Caprile e lungo il canale Cantella.

Queste rocce compongono anche i versanti nord-orientali e sud-occidentale del Monte Mincucco; due ulteriori estesi affioramenti sono osservabili a nord della faglia di Pizzo Giacomo, presso le Casere di Ponteranica ed immediatamente a nord del lago di Ponteranica.



*Conglomerato di Ponteranica (Permiano inferiore)* questa formazione è costituita da conglomerati da grigiastri a rossastri, a ciottoli ben arrotondati di vulcaniti e scisti cristallini, alternati ad arenarie conglomeratiche grigiastre, con grossi ciottoli sparsi, a stratificazione da indistinta a ben individuata.

La formazione affiora nell'alta Val Mora, a nord della faglia di Pizzo Giacomo, intorno alla cima di Ponteranica fin sotto il Piano dell'Acquanera.

Ricordo, inoltre, che proprio lungo il crinale della cima di Ponteranica è stata rilavata la sezione-tipo, con cui Casati e Gnaccolini hanno istituito la formazione.

*Verrucano Lombardo (Permiano superiore)* conglomerati a ciottoli di quarzo e vulcaniti, di colore rosso vinato, alternati ad arenarie ed arenarie conglomeratiche rosse.

Si tratta di un conglomerato di origine fluviale: i ciottoli sono sempre ben arrotondati e le loro dimensioni variano tra 4 e 10 cm.

Il limite basale della formazione è osservabile in vari punti, è sempre stratigrafico ed è, a secondo delle zone, con il Conglomerato di Ponteranica o con la Formazione di Collio.

In particolare la formazione affiora in alta Val Caprile, al di sopra della Formazione di Collio e sui due fianchi della valle Serrada.

Le stesse rocce costituiscono anche la cime ed il versante nord del monte Mincucco ed il Piano dell'Acquanera.

Due scaglie tettoniche della stessa formazione affiorano a nord dell'abitato di Taleggio, lungo la faglia della Valtorta.

*Servino (Scitico)* argilliti, siltiti e marne verdi e rossastre, arenarie quarzose giallastre e biancastre e intercalazioni di singoli straterelli di dolomie grigio-giallastre.

Gli affioramenti di questa formazione sono estesi e diffusi lungo il lato meridionale della faglia di Pizzo Giacomo, sul versante sud del Mincucco e nella parte alta del canale Cantella, sopra la formazione del Verrucano Lombardo.

La stratigrafia della formazione è, in genere, difficilmente osservabile, per le estese coperture di terreno superficiale e di vegetazione.

*Carniola di Bovegno (Scitico - Anisico inferiore)* calcari dolomitici gessosi, vacuolari, giallastri e breccie ad elementi calcarei ed argillosi, talvolta con intercalazioni di strati dolomitici grigio-giallastre, particolarmente frequenti nella parte alta della formazione.

Questa formazione affiora solamente in scaglie tettoniche di piccole dimensioni, lungo importanti elementi tettonici.

In particolare tre scaglie affiorano lungo la faglia di Pizzo Giacomo, tra il Monte Triomen ed il Monte Mincucco e sotto le casere di Ponteranica.

Una ulteriore scaglia di Carniola di Bovegno affiora presso la cima del Monte Foppa.

*Calcarea di Angolo (Anisico medio-superiore)* anche in questo caso la formazione affiora solamente in due piccole scaglie tettoniche.

Le rocce appaiono fortemente fratturate e la serie è largamente incompleta, in particolare sono state osservate dolomie e dolomie arenacee grigio chiare, ben stratificate, in livelli da centimetrici a decimetrici, localmente laminate, con sottili interstrati argillosi micacei.

Sono state osservate anche rare intercalazioni di arenarie quarzose.

Una piccola scaglia di Calcarea di Angolo affiora in sponda sinistra del torrente Bindo, sopra la strada comunale e l'altra scaglia di calcarea di Angolo è stata rilevata a nord dell'abitato di Taleggio.

Entrambe le scaglie sono lungo i lineamenti tettonici che isolano una scaglia di Calcarea di Esino.

*Calcarea di Esino (Anisico superiore - Ladinico)* calcari, calcari dolomitici e, subordinatamente, dolomie grigio biancastre, il tutto ad aspetto massivo e stratificazione indistinta.

Si tratta di rocce depositate in ambiente marino di piattaforma carbonatica; lo spessore totale non è osservabile all'interno del territorio comunale, inoltre i limiti osservati sono tutti di origine tettonica.

La formazione affiora lungo il torrente Mora, a sud di Averara, e sul crinale soprastante l'abitato di Taleggio.

*Formazione di Gorno (Carnico inferiore-medio)* si tratta di calcari e calcari marnosi di grigio scuri a nerastri, intercalati ed alternati a marne nere; la formazione è, in genere, riccamente fossilifera.

Questa formazione affiora lungo una fascia diretta circa nord-sud, sul crinale orientale tra Cugno e la Val Mora.

In particolare è possibile osservare queste rocce per un breve tratto lungo il torrente, a sud di Averara, ed ad est della località di Cugno di Sopra, dove appare, però, fittamente ricoperta dalla vegetazione.

*Formazione di San Giovanni Bianco (Carnico superiore.)* A questa formazione appartengono le rocce che compongono la maggior parte del territorio urbanizzato: Taleggio, la maggior parte di Santa Brigida e Cugno.

Le litologie che appartengono a questa formazione sono molte e varie: argilliti e siltiti verdi e rossastre, dolomie marnose, dolomie saccaroidi nocciola, spesso molto ricristallizzate, carnirole, gessi ed anidriti.

Nella carta geologica sono stati distinti due membri della formazione: il primo costituito dalla varie rocce terrigene e carbonatiche, il secondo costituito dalle lenti evaporitiche gessoso-anidritiche.

La porzione terrigeno - carbonatica della formazione affiora diffusamente in un'ampia fascia nord-sud tra la terminazione dell'abitato di Santa Brigida e Cugno di Sopra.

Un altro ampio affioramento è intorno all'abitato di Taleggio.

La parte superiore della formazione è caratterizzata da lenti di rocce evaporitiche, quali gessi ed anidriti.

Su questi materiali sorge la maggior parte del nucleo storico di Santa Brigida.

Le rocce, come detto, sono gessi ed anidriti: queste ultime presentano struttura saccaroide evidente, grana media e colore grigio, i gessi sono in genere a struttura cristallina minuta, di colore biancastro, facilmente sfaldabili, di aspetto farinoso.

Si ritiene che le anidriti siano di origine primaria (deposizione diretta per evaporazione di acque salate) mentre i gessi di origine secondaria per idratazione delle prime da parte delle acque meteoriche o profonde.

Queste rocce nel passato sono state fatte oggetto di una intensa attività estrattiva, sia all'aperto che in sotterranea, da parte della ditta S.I.G.A. di Averara.

In genere le rocce evaporitiche non affiorano mai direttamente in superficie, perchè sono coperte da potenti spessori (da pochi metri ad oltre 20 metri in base ai dati raccolti) di materiali limoso-argillosi ocra, con clasti da gessi e carniole.

Per vedere direttamente gessi ed anidriti è necessario entrare nella aree di cava o negli immediati dintorni delle stesse, dove l'attività estrattiva ha messo a giorno queste rocce.

*Dolomia Principale (Norico)* dolomie da grigio chiare a grigio scure, in banchi da metrici a decametrici, con stratificazione amalgamata, con dispersi livelli stromatolitici, accumuli di alghe e fossili; localmente si ritrovano anche brecce tettono-sedimentarie.

Il limite basale della formazione è sempre tettonico e lo spessore massimo osservabile nel comune è di oltre 800 metri.

Questa formazione costituisce tutta la porzione sud-occidentale del territorio comunale: dalla fine dell'abitato alla cima del Monte Disner, fino all'estrema punta sud del Comune, il Monte Saetta.

Un'altra ampia fascia di Dolomia Principale è quella su cui sorge la Frazione Bindo; è una scaglia limitata da due faglie dirette est-ovest che vanno dalla Val Mora alla località La Colla.

*Altri simboli convenzionali:*

Nella carta geologica oltre ai colori ed alle sigle per indicare rocce e terreni che costituiscono il territorio comunale, sono stati indicate con apposite tipologie altre caratteristiche geologico-strutturali: giaciture delle rocce, principali dislocazioni (faglie e sovrascorrimenti) oltre alla traccia delle sezioni geologiche.

Apposito simbolo è stato utilizzato per indicare l'estensione areale desunta dai dati a disposizione delle aree di escavazione in galleria di gessi ed anidriti.

### **2.1.1 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE**

Il territorio Comunale di Santa Brigida è esteso longitudinalmente per circa 10 km e proprio per questa sua caratteristica offre un significativo spaccato geologico-strutturale del Sudalpino Lombardo.

L'area è posta a cavallo tra i due settori chiamati rispettivamente: Anticlinali Orobiche, caratterizzate da rocce sedimentarie permo-scitiche, e Parautoctono Bergamasco, con rocce triassiche.

La linea di separazione tra i due settori è la Faglia di Valtorta, qui diretta nord-ovest sud-est: a nord l'area delle Anticlinali Orobiche, a sud il Parautoctono.

La prima è caratterizzata da due importanti elementi tettonici:

1. discontinuità tettonica che separa basamento cristallino e coperture permiane (Collio). Questo lineamento è visibile nella finestra tettonica di Valmoresca.
2. faglia di Pizzo Giacomo: importante lineamento tettonico subverticale, diretto nord-est sud-ovest, caratterizzata dalla presenza di scaglie di Servino e Carniola di Bovegno lungo il lato meridionale.

Oltre a questi lineamenti tettonici principali ne sono stati cartografati altri, di importanza minore.

Anche il settore del Parautoctono Bergamasco è ricco di lineamenti tettonici, tra cui:

- scollamento tra Dolomia Principale del Monte Disner e Formazione di San Giovanni Bianco sottostante,
- 2 faglie verticali, dirette circa est-ovest che abbassano una scaglia di Dolomia Principale tra la frazione Bindo ed Averara,
- faglia nord-sud che separa Calcere di Esino e San Giovanni Bianco sopra l'abitato di Taleggio.

## **2.2 CARTA GEOMORFOLOGICA**

Questa carta tematica evidenzia i processi dinamici, fisici e chimici che hanno generato le attuali forme del paesaggio e del territorio comunale; in particolare sono state rappresentate le forme di erosione e di accumulo interpretandone la genesi.

La carta è stata redatta alla scala 1:10.000 come inquadramento generale e per evidenziare i processi principali in atto, potenziali e/o quiescenti.

In particolare sono stati rappresentati con appositi simboli, raggruppati in base alla loro tipologia generativa:

- geologico-strutturale,
- gravità,
- acque superficiali,
- carsismo,
- ghiaccio e neve,
- azione antropica,

### 1- Dati strutturali e tettonici

Sulla carta sono stati riportati quegli elementi a carattere geologico-strutturale che influenzano direttamente le forme attuali del territorio: giaciture delle rocce dove sono affioranti e regolano le forme, oltre alle discontinuità tettoniche (faglie e sovrascorrimenti) che hanno ripercussione sul grado di fratturazione delle rocce e sulla circolazione delle acque profonde.

### 2- Frane, processi e depositi di versante dovuti alla gravità:

- *Aree franose e/o insieme di piccoli fenomeni franosi con meccanismo prevalente di crollo:* con questo simbolo sono state indicate quelle aree interessate dal distacco di fenomeni di crollo in roccia, provocate da fronti rocciosi altamente fratturati.

Particolare attenzione è stata posta ai dissesti potenzialmente interessanti aree abitate o vie di comunicazione. I maggiori sono sopra la strada per Cusio in località La Colla (dove sono state posti in opera muri di sostegno e reti paramassi) e lungo la strada Santa Brigida-Taleggio, prima del ponte sul torrente Bindo: in entrambi i casi le pareti rocciose sono in Dolomia Principale, molto fratturata. Un ulteriore fenomeno di questo tipo è stato evidenziato sotto il Monte Mincucco, sopra il sentiero che conduce al passo San Marco, dove recentemente è stato effettuato un parziale intervento di Bonifica della parete rocciosa.

- *Aree franose e/o insieme di piccoli fenomeni franosi con meccanismo misto di colamento e scivolamento*: si tratta di fenomeni di dissesto in terreni e materiali sciolti. Questi fenomeni sono molto diffusi sia nel centro abitato di Santa Brigida che di Taleggio e sono motivati dalle scadenti caratteristiche geotecniche di alcuni terreni. I fenomeni principali sono segnalati a Bindo (sponda sinistra del torrente, sotto la strada, dove durante l'alluvione del 1987 i terreni morenici sono colati in massa distruggendo due case); attualmente sono stati realizzati gabbioni ed eseguiti interventi di regimazione delle acque da parte della Regione Lombardia. Altri dissesti di questo tipo sono stati osservati sopra l'abitato di Taleggio e presso i poli estrattivi di Santa Brigida Cornello, Carale e Bolferino-Grassello.
- *Crolli di roccia - zone di distacco di blocchi rocciosi*: sono stati segnalati sia quelle aree in cui sono stati segnalati, nel tempo, fenomeni di questo tipo, sia le creste e le pareti rocciose che per caratteristiche morfologiche e strutturali (inclinazione elevata e presenza di rocce fratturate) sono potenzialmente motivo di caduta massi. In alta valle la maggior parte delle creste rocciose sono aree di distacco di blocchi (Monti Ponteranica, Mincucco e Collino) che per la loro posizione non interessano aree



antropizzate. Fenomeni più puntuali sono stati riscontrati e/o sono stati segnalati lungo la strada per Cà San Marco e sopra il lago di Val Mora. Relativamente alla zona abitata il Monte Disner è sede di distacco di massi sopra la strada per Cusio e nella parte bassa della frazione Bindo si sono riscontrati pericoli per alcune abitazioni (attualmente, per prevenire e/o contenere il rischio, sono già state posate alcune reti paramassi e l'intervento è in fase di ultimazione).

*Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali (fluviali e di dilavamento)*

- *Alveo con sponde in erosione*: il fenomeno si verifica in due casi: nei torrenti montani con pendenze elevate ed alveo molto ristretto oppure in corrispondenza delle anse fluviali e/o dei tratti con molte curve, dove le acque erodono la sponda esterna e depositano all'interno. Alla prima classe appartengono tutti i fenomeni segnalati in alta val Mora da parte dei torrenti affluenti in sponda destra: torrente Ponteranica, valle Caprile ecc. Nel secondo caso rientrano tutti i fenomeni erosivi segnalati lungo il torrente Mora e lungo la valle che scende da Cugno.
- *Alveo in approfondimento - fondo dell'alveo in erosione e/o in forte dissesto*: è un fenomeno caratteristico dei torrenti montani con forti pendenze ed elevata capacità erosiva da parte delle acque. Sono stati evidenziati con questo simbolo i rami alti del Canale Cantella e della valle presso Taleggio.
- *Aree sovralluvionate*: si tratta di un fenomeno che si evidenzia con la presenza di accumuli notevoli di sedimenti e detriti nei torrenti. Il fenomeno è dovuto ad un accentuato trasporto in massa durante le piene, in concomitanza con eventi meteorici intensi e/o prolungati. Il fenomeno è particolarmente frequente nel caso di diminuzione di pendenza dell'asta ( e conseguente diminuzione di velocità dell'acqua

e aumento di deposizione) oppure presso le confluenza di due affluenti per l'accumulo di materiali di entrambi i corsi d'acqua. E' un fenomeno molto comune in gran parte dei torrenti, principalmente è verificabile: in val Cantella, lungo quasi tutto il suo corso, valle Caprile, parte alta della Valmora a nord di Valmoresca e lungo il torrente Bindo. Poiché il deposito di materiale modifica, a volte anche in modo notevole, la sezione dell'alveo può rendere il corso d'acqua soggetto a rischio di esondazione.

- *Ruscellamento diffuso*: è un fenomeno dovuto alla mancanza di un impluvio principale di scorrimento, per cui le acque superficiali scorrono in modo disordinato in superficie. Materialmente si manifesta con solcature e piccole scanalature nel terreno. Sono forme comuni a vari tipi di terreni che aumentano, come è logico, al diminuire della permeabilità dei terreni stessi ed all'aumentare della pendenza. I principali fenomeni di questo tipo sono stati riscontrati sul versante erboso sotto la chiesa di Santa Brigida, sotto la località di Cugno e sul versante di fronte alla stessa località.

- *Morfologia fluviale: aste torrentizie con fondo a V, ad U oppure piatto*: si è cercato con questo simbolo di fornire delle indicazioni sulle caratteristiche morfologiche delle aste fluviali e torrentizie del territorio comunale. Per la maggior parte i torrenti sono con fondo a V ed a U, come ovvio per torrenti montani con pendenze elevate e forte capacità erosiva.

#### Forme carsiche

- *Doline (fenomeni di carsismo nei gessi e/o nella dolomia)* fenomeno chimico di dissoluzione da parte delle acque superficiali e profonde su calcari, dolomie e rocce evaporitiche. In particolare i fenomeni carsici riscontrati a Santa Brigida appartengono a due diversi tipi:

- Il primo, e più importante, è quello che interessa il centro abitato del capoluogo è legato a fenomeni carsici nei gessi. Questo fenomeno inscindibile dalla natura geologica del comune è stato sicuramente aumentato e potenziato notevolmente dall'attività estrattiva e dalla mancata regimazione delle acque superficiali e profonde nelle aree di cava e nelle gallerie.
- Il secondo fenomeno carsico è stato osservato nella parte alta del paese ed è, probabilmente, legato all'azione di dissoluzione delle acque meteoriche sulle rocce dolomitiche, che in loco sono fortemente fratturate.

#### Forme glaciali, periglaciali e di valanga

- *Canalone di valanga:* nel territorio del comune di Santa Brigida le precipitazioni nevose sono diffuse nel periodo invernale, ciò unitamente all'acclività dei versanti e all'assenza di vegetazione presso le cime più elevate determina la messa in moto del manto nevoso, sia incanalato che diffuso. Carattere diffuso hanno le slavine che si generano sulla cresta tra il Monte Ponteranica ed il Piano dell'Acquanera e sul versante nord occidentale del Monte Mincucco; i canali di valanga sono presenti, invece, lungo la costa orientale tra val Cantella, Collino, Monte Foppa e Monte Mincucco e dal Monte Ponteranica verso l'omonimo torrente.
- *Nicchie / area di distacco di valanga:* sono state censite tutte le aree che nel tempo sono state oggetto di distacco di fronti nevosi e che hanno innescato valanghe e slavine. Le localizzazioni sono tutte in alta valle, sui versanti e sulle creste rocciose indicate al paragrafo precedente.

#### Azione antropica

- *Area interessata da attività estrattiva (non attiva)* il Comune è stato oggetto in passato, come già esposto, di un'intensa attività estrattiva in gessi ed anidriti di cui

sono ancora evidenti i segni. Nel Comune erano attivi quattro cantieri estrattivi, ora chiusi ma ancora inseriti nel piano cave regionale pubblicato nel 1990, Bolferino-Grassello che interessa un'ampia fascia sotto l'abitato di Santa Brigida, Carale nella parte alta nell'omonima località e Cornello nella valle verso Cugno.

- *Imbocco di cava*: con questo simbolo sono stati censiti gli imbocchi ancora aperti alla gallerie in cui avveniva l'attività estrattiva. Nel tempo molti sono stati chiusi, murati o sono franati: attualmente sono aperti solamente i principali.
- *Area di cava con gallerie inferiori allagate*: con questo simbolo sono state indicate le aree estrattive che attualmente risultano allagate o al cui interno è stata evidenziata la presenza di elevate quantità di acqua. In particolare la situazione peggiore già segnalata fin degli anni '70 riguarda la cava Carale, in cui l'acqua fuoriesce per sfioro e i quattro livelli di gallerie sono allagati completamente. Notevoli quantità d'acqua sono state osservate anche nella cava Cornello.
- *Orli di scarpata di cava*: questo simbolo indica gli orli di scarpata di cava, eredità delle prime fasi di estrazione del gesso e dell'anidrite che avvenivano a cielo aperto. Nella maggior parte dei casi sono ormai rinverdite, ma la segnaletica e le recinzioni sono attualmente carenti. I fenomeni principali sono stati evidenziati presso la cava Carale e presso la cava Bolferino.
- *Rottura di cotica erbosa per pascolo e/o transito di bestiame*: fenomeno molto comune nelle aree prative adibite a pascolo di bestiame: riconoscibile per solchi, piccoli sprofondamenti e rotture del manto erboso per l'eccessivo carico del bestiame. Il suolo viene tagliato dagli zoccoli degli animali e suddiviso in gradini dai quali, in seguito alle piogge, si sviluppano solcature ed erosioni diffuse. I casi più evidenti di questo fenomeno sono stati osservati in alta val Mora tra il lago e i piani dell'acquanera

e in due punti a Santa Brigida: alcuni prati sotto la strada in loc. Bindo e sotto le pendici del Monte Disner.

- *Tratto di fiume incanalato artificialmente:* con questo simbolo si sono voluti rappresentare quei corsi d'acqua (torrenti, fiumi ecc.) totalmente incanalati tra pareti di cemento. Il caso più eclatante è quello del torrente che attraversava il polo estrattivo Bolferino-Grassello che è stato completamente incanalato e deviato per non interferire con l'attività estrattiva.
- *Tratto di fiume con briglie e/o soglie:* Con questo termine si è cercato di indicare i principali interventi di sistemazione e regimazione idraulica realizzati lungo gli alvei, in particolare briglie e soglie, che comunque in genere sono associate a interventi di sistemazione delle sponda. L'intervento maggiore riguarda sicuramente il torrente Bindo che attraversa tutta l'abitato di Santa Brigida che è stato pressochè sistemato lungo tutto il corso in paese dopo l'alluvione del 1987. Altri importanti interventi di opere trasversali in alveo sono osservabili lungo il torrente Mora e in val Caprile, sopra i centri abitati.
- *Discariche di materiali di risulta:* questi accumuli sono stati rappresentati con un simbolo convenzionale perché si tratta, in genere, di accumuli di piccole dimensioni non direttamente cartografabili in scala. Sono state evidenziate nei pressi dei centri abitati.

In un Comune montuoso come Santa Brigida è abbastanza normale la presenza di situazioni di dissesto potenziale, quiescente e/o effettivo.

Se si considera poi la particolare situazione geologica presso il capoluogo: rocce evaporitiche (gessi ed anidriti), terre limose di alterazione e depositi morenici queste situazioni sono naturalmente amplificate.

A questi fenomeni naturali si è aggiunta nel tempo l'azione antropica che ha sicuramente aggravato la situazione.

L'attività estrattiva nei gessi ha creato notevoli volumi di vuoti nel sottosuolo ed ha alterato, a volte pesantemente, l'assetto idrogeologico ed idraulico del territorio (scomparsa e/o deviazione di corsi d'acqua superficiali, modifiche alla circolazione di quelle profonde).

Dalle attente analisi della carta geomorfologica risulta evidente che il territorio comunale, esteso nord-sud, è interessato da problemi diversi tra l'alta valle e la zone dei centri abitati.

In alta val Mora i principali problemi sono dovuti alla natura fisico-morfologia del territorio quali creste rocciose, torrenti montani, pendenze spesso elevate: sono stati cartografati problemi di caduta massi, zone di distacco e scorrimento di slavine e valanghe e problemi di erosioni e sovralluvionamenti di alcuni torrenti.

Nell'area abitata i problemi sono più complessi e diversi: i fenomeni di dissesto per colamento in terreni superficiali con caratteristiche geotecniche scadenti sono molto comuni (località Bindo, interno alle aree di cava ecc.), a questi si sommano i problemi legati ad un mancato recupero finale delle aree estrattive ed ai problemi di regimazione delle acque superficiali.

### **2.3 CARTA IDROGEOLOGICA CON ELEMENTI IDROGRAFICI**

La carta è redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale e contiene le indicazioni essenziali relative al sistema idrografico, idraulico e idrogeologico.

Su tutto il territorio viene fornita una valutazione di massima della permeabilità superficiale presunta, distinguendo tra rocce (permeabili per fratturazione e/o dissoluzione - permeabilità secondaria) e terreni (con permeabilità primaria).

Con appositi simboli convenzionali sono state sovrainposte le caratteristiche puntuali sull'idrologia di superficie, la caratterizzazione idrogeologica e idrogeochimica e le opere artificiali (fognature ed acquedotti).

Le classi di permeabilità cartografate sono le seguenti:

*Rocce e terreni con permeabilità da elevata a media  $(H-h) K > 10^{-2} \text{ cm/sec}$*

In questa classe sono stati inclusi i detriti di falda medio-grossolani ai piedi dei versanti con scarsa vegetazione (alta val Mora, pendici del Monte Disner) ed i depositi alluvionali attuali e recenti (torrente Stabina).

Tra le formazioni rocciose sono state incluse le dolomie del Monte Disner, fonte di forte assorbimento di acque e sede di grosse sorgenti in valle Stabina, i calcari e le dolomie molto fratturate sopra Taleggio e tra la Colla e Bindo e le dolomie carnioleggianti della formazione della Carniola di Bovegno in alta Valle.

In questa classe sono stati inclusi i gessi della formazione di San Giovanni Bianco: normalmente la permeabilità di queste rocce è decisamente inferiore, nel caso specifico va, però, tenuto presente che l'attività estrattiva ha creato notevoli cavità che permettono una circolazione anomala ed intensa dell'acqua. Ciò ha comportato modifiche notevoli al regime idrogeologico è un'accelerazione dei processi carsici e conseguente aumento anomalo della permeabilità delle rocce. Sulla carta infatti sono

state segnate solo le aree estrattive ed un significativo intorno delle stesse in cui i gessi possono venire a giorno.

Rocce e terreni con permeabilità da media a ridotta ( $M - m$ )  $10^{-2} < K < 10^{-4}$ :

Sono inclusi sia i depositi morenici frammisti a materiali detritici che i depositi ghiaiosi con limi ed argille fluvioglaciali.

Tra le rocce sono state incluse le alternanze di siltiti e dolomie e di calcari e marne, il cui grado di permeabilità è influenzato oltre che dalla fratturazione della dominanza dell'uno o dell'altro litotipo.

Anche conglomerati e arenarie sono stati inclusi in buona parte per l'elevato grado di fratturazione riscontrato in tali rocce negli affioramenti in alta valle.

Rocce e terreni con permeabilità da ridotta a molto ridotta ( $L - b$ )  $K < 10^{-4}$ :

Tra i terreni sono stati inclusi i depositi morenici, in genere con abbondante matrice limoso-argillosa (località Bindo) con pendenze elevate e i terreni limosi di alterazione dei gessi e delle anidriti.

Tra le rocce sono stati indicati i conglomerati e le arenarie quando non fratturati, le argilliti e marne della formazione del Servino, che affiorano in alta valle oltre a porfiriti e porfiroidi, gneiss, paragneiss e micascisti.

Simboli convenzionali: sono stati sovrimposti alle campiture delle diverse categorie di permeabilità e sono stati divisi in gruppi: idrografia di superficie, caratteristiche idrogeologiche, opere artificiali, dati idrochimici oltre ai simboli delle aree di cava e delle doline.

Idrologia di superficie:

Limiti di bacino idrografico: sono stati evidenziati gli spartiacque superficiali di vario ordine gerarchico. Il principale è quello che separa le acque che scendono verso sud



(Bergamo) da quelle che scendono verso nord (Valtellina) che passa sulla cresta di Ponteranica. Il secondario separa le acque che defluiscono nel torrente Mora e quelle che vanno nello Stabina passa sulla cresta di Cugno, attraversa Santa Brigida e sale verso il Monte Disner. Sono poi stati indicati anche gli spartiacque dei principali torrenti montani.

*Corsi d'acqua e laghi:* sono stati evidenziati, per rendere la carta più leggibile i corsi d'acqua di varia importanza che attraversano il territorio comunale e 3 laghi presenti in alta valle: il bacino artificiale di val Mora e due laghi montani tra il monte Tromen ed il monte Ponteranica.

*Caratteristiche idrogeologiche:*

Oltre alle classi di permeabilità sono state evidenziate con simboli altre importanti caratteristiche idrogeologiche del territorio:

*Sorgenti:* sono state censite ed indicate solamente le principali, con portata superiore a 0.5 l/sec: si tratta di sorgenti utilizzate attualmente per l'acquedotto o che lo sono state in passato.

*Area con emergenze diffuse:* con questo simbolo sono state indicate quelle zone in cui sono state evidenziate diffuse emergenze di acque sorgive di piccola entità non captate. Spesso queste aree se le acque non vengono captate e/o regimate diventano paludose ed acquitrinose e sono colonizzate da tipica vegetazione igrofila, come la zona a sud dell'abitato di Santa Brigida ai piedi del monte Disner.

*Opere artificiali:*

Sono stati cartografati i manufatti relativi alle opere acquedottistiche ed alle fognature del Comune.

*Acquedotto:* alla rete acquedottistica sono allacciate attualmente 10 sorgenti e la distribuzione d'acqua avviene normalmente per gravità. Solo in periodi di particolare siccità viene pompata l'acqua dalla sorgente valle Scura al paese. Il territorio comunale è dotato di un impianto di potabilizzazione delle acque (clorazione) e di n° 6 serbatoi per la raccolta e la distribuzione delle acque all'utenza.

*Fognatura:* è stato tracciato anche il collettore fognario ed i principali scarichi in acque superficiali: uno nel torrente Bindo, due nel torrente Mora, uno presso Caprile e Valmoresca, l'altro ad Averara e l'ultimo nel torrente Stabina.

*Dati idrochimici:*

*Sorgenti inquinate:* sono state barrate le sorgenti che hanno dato, nel tempo, problemi di inquinamento. I dati sono quelli forniti dalla USSL e quelli riportati sulle carte del degrado ambientale della legge valtellina.

### **2.3.1 CONSIDERAZIONI SULLE SORGENTI**

Il territorio comunale è molto ricco di acque sorgive, con emergenze di varia entità (da meno di 1 l/sec. fino ad oltre 5-10 l/sec.) sparse lungo tutto il suo territorio.

Considerata la notevole complessità geologica (depositi superficiali, calcari, dolomie, arenarie, conglomerati, vulcaniti, rocce di basamento, ecc.) e strutturale del territorio gli acquiferi che alimentano le diverse sorgenti hanno tipologie varie e fra loro molto diverse.

In alta valle sono presenti molte emergenze di piccola media entità, con portate estremamente variabili nell'arco dell'anno in base al regime pluviometrico, nei depositi di versante. Molte hanno come unica area di alimentazione i depositi superficiali, altre

più costanti nel tempo sono alimentate anche da emergenze nelle rocce del substrato fratturato sottostante.

Alcune captazioni sono realizzate lungo lineamenti strutturali importanti che costituiscono fasce preferenziali di emergenze delle acque (lungo la faglia del torrente Bindo).

Altre sorgenti vengono captate nelle rocce carbonatiche e dolomitiche intorno al paese: con lunghe trincee, alcune a quote superiori, altre a quote inferiori.

Un acquifero importante è certamente quello delle rocce dolomitiche del monte Disner e della sua continuazione verso sud: presso la valle del torrente Stabina vengono captate 3 sorgenti con portate notevoli (5 l/sec) che intercettano, verosimilmente, la falda di base del massiccio.

Molte delle acque del Monte Disner emergono anche presso la parte alta dell'abitato di Santa Brigida a contatto con le rocce gessose. La prova evidente è la cava Carale che è posta lungo questa fascia di contatto ed è completamente allagata; anche quando era in atto l'attività durante gli scavi e l'acqua doveva essere eliminata erano state intercettate notevoli quantità d'acqua e drenate intere sorgenti.

Le sorgenti attualmente utilizzate dall'acquedotto sono le seguenti: Vai (n° 5), Gali, Piane, Bindo (2) e Valle Scura.

Non sono più utilizzate la Lainù (tagliata dopo l'alluvione del 1987 perché danneggiata) ed una in valle Bindo, per problemi di inquinamento.

In sponda sinistra del torrente Stabina, sempre in comune di Santa Brigida, sono presenti due sorgenti di notevole entità che alimentano l'acquedotto di Olmo al Brembo.

Nel corso del rilevamento sono state osservate anche numerose captazioni private e molte emergenze non captate in alta valle.

I principali dati sulle sorgenti sono i seguenti:

N°	Denominazione	Località	Quota (m.s.l.m.)	Portata (l/sec)
1	VAI 1	Valle Caprile - dx idrografica	1210	0.5
2	VAI 2	Valle Caprile - dx idrografica	1220	1
3	VAI 3	Valle Caprile - dx idrografica	1225	1
4	VAI 4	Valle Caprile - sx idrografica	1270	1
5	VAI 5	Valle Caprile - sx idrografica	1290	1.5
6	GALI'	Sopra l'abitato di Taleggio	895	2
7	PIANE	Strada S.Brigida-Taleggio	825	4
8	BINDO sup.	Torrente Bindo - sx idrog.	795	3
9	BINDO inf.	Torrente Bindo - sx. idrog.	770	3
10	VALLE SCURA	Torrente Stabina	850	5

I valori sono in base ai dati forniti dal Comune, poiché il sopralluogo è stato effettuato al termine di un periodo piovoso e le sorgenti erano nettamente al di sopra della portata media.

Sorgenti **VAI**: sono 5 captazioni ubicate lungo la Valle Caprile tra quota 1200 e 1300. La loro portata complessiva è stimata in 4-6 l/sec. Sono emergenze alimentate principalmente dai detriti di falda e dai depositi di versante; molte però non vanno mai in secca e questo lascia pensare che esista un'alimentazione legata a circuiti di fratture nel substrato. Tutte le captazioni sono costruite nello stesso modo con trincee di piccole dimensioni che entrano per prendere l'acqua verso l'emergenza geologica vera. In molte parte delle acque è persa ed alimenta piccoli rivoli e ruscelletti intorno. Queste sorgenti vengono portate ad un serbatoio sopra Santa Brigida, clorate perché spesso soggette ad inquinamenti da coliformi, e distribuite per gravità al capoluogo.

Sorgente **Gali**: ubicata a quota 895 a monte dell'abitato di Taleggio; la sua portata è stimata in 2-3 l/sec. ha il suo serbatoio subito a valle ed è utilizzata per alimentare la frazione di Taleggio. La captazione è costituita da una trincea nei depositi di versante

anche se la sua alimentazione vera è probabilmente legata alle acque che emergono lungo il contatto tettonico fra i soprastanti calcari e le rocce impermeabili sottostanti.

Sorgente **Piane**: è ubicata sopra la strada di collegamento tra Santa Brigida e Taleggio a quota 825. E' la captazione più vecchia del comune, ha una portata media di 4 l/sec, è dotata di serbatoio di raccolta ed alimenta il paese. La captazione delle acque avviene con una trincea che entra per 50-60 metri nella montagna ed è alimentata dall'acquifero contenuto nelle rocce carbonatiche che costituiscono le pendici fino a Cusio.

Sorgenti **Bindo**: sono 2 sorgenti ubicate lungo il corso del torrente Bindo, immediatamente laterali all'alveo in sponda sinistra, rispettivamente a quota 795 e 770. La loro portata totale è stimata in 5 l/sec. ed alimentano la frazione omonima. Una terza, in mezzo a queste due, è stata da poco esclusa dall'acquedotto per problemi particolari. Le acque captate sono chiaramente dovute al lineamento tettonico che corre lungo il torrente e che mette a contatto dolomie e calcari fortemente fratturati.

Sorgente **Valle Scura**: la sorgente è ubicata in sponda sinistra del torrente Stabina a quota 850 metri. La sua portata è stimata in 5-6 l/sec. ed è estremamente costante durante l'anno, tanto che viene utilizzata, in caso di carenza idrica, e viene pompata al serbatoio in paese per integrare le acque delle altre sorgenti. Questa sorgente intercetta la falda di base della dolomia presso lo Stabina: questo spiega l'elevata portata e la sua stabilità nel tempo.

In questa carta non sono state evidenziate le aree di tutela assoluta e di protezione delle sorgenti previste dal DPR 236/88 per motivi di scala e per evitare di appesantire eccessivamente la carta.

Le stesse sono state disegnate nella carta di Sintesi e della Fattibilità secondo le indicazioni della Delibera della Giunta Regionale del 27/06/96 n° 6/15137 “Direttive per l’individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee (pozzi e sorgenti) destinate al consumo umano” punti 2.2 ‘Sorgenti’ comma A (criterio geometrico).

#### **2.4 CARTA DELLE AREE ESTRATTIVE**

Il territorio Comunale è stato interessato a partire dagli inizi del secolo fino agli anni ‘80 da un’intensa attività estrattiva nelle rocce evaporitiche (gessi ed anidriti) di età carnica.

A partire dagli anni ‘70 si sono create rilevanti tensioni tra la popolazione di Santa Brigida, che segnalava tutta una serie di dissesti e pericoli venutisi a creare per le abitazioni con lo scavo in galleria, e la ditta che gestiva i cantieri, la S.I.G.A. di Averara.

L’attività estrattiva è stata sospesa per la prima volta nel 1978, aperta di nuovo e richiusa in seguito a vari ricorsi tra le due parti avverse, fino alla sentenza di chiusura definitiva del 1988 del Consiglio di Stato.

L’area è stata inserita nel Piano Cave della Provincia di Bergamo, approvato il 21/03/90 dalla Regione Lombardia (Cava di produzione AC13gs) e pubblicato sul BURL il 19/07/90.

Attualmente i cantieri sono comunque chiusi.

Considerata l’estrema importanza che ha avuto l’attività estrattiva intorno all’abitato di Santa Brigida si è deciso di predisporre una tavola specifica.

Nella stessa le gallerie sono state ubicate su tavola unica e intera dell'ambito edificato, per una lettura più veloce ed agevole, alla scala 1:2.000 per visualizzare in modo chiaro l'ampiezza degli scavi sotterranei e la distanza da abitazioni ed agglomerati urbani.

Errori di posizionamento e di estensione delle aree escavate sono possibili per due motivi: incompletezza della documentazione a disposizione e possibili errori in fase grafica, anche se si è operato con la massima serietà ed attenzione.

Sulla stessa tavola sono riportate anche tre sezioni geologiche schematiche delle aree estrattive, alla scala 1:2.000, con indicati i vari livelli di gallerie presenti.

Le planimetrie sono ridisegnate sulla base di quelle fornite dalla S.I.G.A. di Averara, aggiornate fino al 1978, e fornite solo nell'ultima fase.

In base a quanto detto gli elementi in possesso possono risultare inferiori o uguali ai reali.

I cantieri in cui si è svolta l'estrazione di gesso ed anidrite sono in numero di 4: Bolferino, Grassello (che formano un unico, ampio polo estrattivo), Cornello e Carale.

Molti dei dati tecnici e storici relativi all'attività estrattiva di seguito indicati sono stati tratti dalle varie perizie tecniche redatte dal 1968 fino ad oggi ed in particolare:

- 1968 ing. A. Balboni del Servizio Geologico d'Italia, divisione di Geologia Applicata "Sulle condizioni delle cave di gesso site in Comune di Santa Brigida" (di seguito indicata come Balboni, 1968);
- 1970 dr. geol. C. Bertuletti "Indagine idrogeologica sulle cave di gesso e anidrite del territorio del Comune di Santa Brigida" su incarico dell'Amministrazione Comunale (di seguito indicata come Bertuletti, 1970);

- 1970 dr. ing. L. Rossato “Relazione sul sopralluogo di accertamento compiuto 11/05/70 insieme al dr. Bertuletti alle cave di gesso delle Ditte SIGA S.p.a. e Soc. Gessi Baschenis” (Rossato, 1970):
- 1978 ing. Costantini - prof. geol. Pozzi “Relazione peritale dei CTU nella vertenza del Comune di Santa Brigida contro la ditta SIGA S.p.a. di Averara” (CTU, 1978);
- 1978 prof. geol. Pingorini “Relazione peritale di parte (Amministrazione Comunale) nella vertenza del Comune di Santa Brigida contro la ditta SIGA S.p.a. di Averara” (Pingorini, 1978)
- eventuali altre perizie e relazione di seguito specificate.

Si tratta comunque di relazioni generali, tranne quella del dr. Bertuletti, che non entrano nel dettaglio topografico.

Notevoli problemi sono stati incontrati per la cava Carale, molto nominata nella varie perizie, di cui mancano completamente la planimetrie di dettaglio, divise per livelli, dell'attività estrattiva.

I quattro cantieri estrattivi sono caratterizzati da alcuni caratteri tecnico-estrattivi comuni che di seguito vengono sintetizzati:

- il materiale scavato era inizialmente il gesso mentre l'anidrite era scarto, in seguito si è aperto un mercato anche per questa roccia che è diventata, a sua volta, materiale mercantile di seconda scelta;
- gli scavi iniziavano all'aperto e venivano così condotti per periodi più o meno lunghi, poi venivano continuati in galleria;
- il metodo di coltivazione era per pilastri abbandonati;
- la volata di mine era di 56 fori lunghi in media 2,8 metri, con carica complessiva di 40-55 Kg di esplosivo e riprofilatura con smooth blasting (Pingorini, 1978);



- le dimensioni delle gallerie sono imponenti: in media 6 m. x 6 m. e venivano percorse dai mezzi operativi;
- l'avanzamento avveniva senza armature, che venivano utilizzate solo in caso di problemi di tenuta.

Recentemente non è stato possibile visitare in modo completo le gallerie, sia per le situazioni di rischio, sia perché molti ingressi sono stati cementati, sia per le responsabilità in caso di incidente in cui incorrerebbe l'Imprenditore.

Nel 1996 il dr. Spada ha visitato le gallerie ben conservate dei cantieri Grassello e Bolferino con i responsabili della Ditta SIGA.

Di seguito vengono esposti i principali dati raccolti sia da relazioni precedenti che direttamente sul terreno relativi ai singoli cantieri di cava.

*Cantiere Grassello:*

E' il cantiere di dimensioni maggiori ed è ubicato nell'angolo nord-est della zona mineraria, lateralmente all'abitato di Santa Brigida.

Questa cava è inserita come cava di produzione AC13gs nel nuovo piano cave provinciale del 1990.

Il cantiere raggiunge una larghezza massima di circa 160 metri ed una lunghezza, in senso est-ovest, di oltre 500 metri, fin oltre la strada Averara-S. Brigida.

Lo stesso ha due ingressi alle miniere, rispettivamente a quota 661 e 671, di cui solo il superiore è stato attualmente osservato ed appare in buono stato.

Le gallerie sono sviluppate su tre livelli principali: sub A, A, A<sup>1</sup>.

Il livello sub A ha accesso da quota 661, si estende verso Cugno ed è di dimensioni molto limitate, come anche il livello A'.

La quasi totalità dell'escavazione avveniva nel livello A, con accessi diretto da quota 671 metri ed esteso fin sotto il cantiere Bolferino.

*Notizie storiche:*

*Balboni, 1968:* segnala che la cava è praticamente ferma per scarsità di gesso (il mercato per l'anidrite, infatti, si aprirà in tempi successivi) e indica che devono essere sospesi gli avanzamenti verso NO, N e NE.

*Bertuletti, 1970,* segnala ancora attivi due avanzamenti: quota 669 verso Bolferino (liv. A) e quota 652 verso Cugno (sub A) mentre i due piani superiori (probabilmente due sottolivelli di A<sup>1</sup>, sono abbandonati e in più punti mostrano segni di cedimenti, franamenti e venute d'acqua.

*Pingorini, 1978* CTU, 1978, la cava è ancora in attività.

*Cantiere Bolferino:*

Il cantiere è ubicato a sud della località Bindo ed occupa un'area estrattiva di circa 300 metri x 150 metri.

Si trova poco ad ovest del cantiere Grassello con cui costituisce un'ampia area estrattiva.

E' strutturato su tre livelli principali: B, C. e D, rispettivamente a quote 679, 692 e 709, a loro volta sovrapposti, sotto la strada S. Brigida - Averara, al livello A del cantiere Grassello.

In passato alle gallerie si accedeva da 3 accessi adiacenti posti a quota 680 metri, attualmente ne è rimasto aperto solamente uno, gli altri sono stati chiusi e/o riempiti, che appare ancora in buone condizioni ed asciutto.

*Notizie storiche:*

*Balboni, 1968:* richiede opportune opere di sostegno alla volta per evitare che eventuali distacchi compromettano la viabilità sulla soprastante strada per S. Brigida. Indica di sospendere i lavori verso N e SO.

*Bertuletti, 1970:* i rami verso S. Brigida sono adibiti a deposito e ricolmati, ancora attivo il piano inferiore verso Bindo, a quota 693 e 702 in rispetto alle indicazioni del Distretto Minerario, con ramo principale di accesso e ramificazioni laterali di coltivazione.

*CTU, 1978:* termine sfruttamento. Segnalano, inoltre, venute d'acqua 1-2 l/sec. in base alle piogge sotto la loc. Bindo e altre zone tamponate, però nessuna armatura e nessun rilascio di rilievo. Sono segnalate gallerie alte fino a 20 metri.

*Pingorini, 1978:* Indica modifiche al regime idrogeologico della zona e connette, a questa cava, i dissesti sulla strada Bindo-S. Brigida perché la distanza tra gallerie e strada è inferiore a 40 metri.

*Cantiere Cornello:*

E' ubicato lungo la valle che da Santa Brigida scende verso il torrente Stabina.

L'imbocco alle gallerie è posto a quota 718 metri, presso un piazzale in cui sono ancora presenti dei capannoni di lavoro.

Per quanto osservato all'ingresso delle gallerie è attualmente presente circa 0.5-1.0 metri di acqua e non è stato possibile entrare nei livelli inferiori.

Il cantiere è strutturato su quattro livelli: il più alto da quota 718 metri è collegato all'ingresso e si sviluppa in senso est-ovest verso la località Foppa per circa 140 metri.

Il livello sottostante parte da quota 703 ed è diretto verso nord per circa 80-90 metri, in direzione della chiesa di Santa Brigida, da cui arriva ad una distanza lineare di circa 150 metri.

Il terzo livello è da quota 695 ed è sviluppato prevalentemente verso sud, con una lunghezza totale, in linea d'aria, di 180 metri circa.

L'ultimo livello e più profondo è da quota 684 con direzione principale verso sud ed è esteso per 80-90 metri.

In corrispondenza del ramo verso la chiesa di Santa Brigida è stata osservata, nel bosco, una situazione di notevole degrado ed abbandono della aree estrattive e sono osservabili problemi di carattere idrogeologico con inghiottitoi in cui penetrano le acque di scorrimento superficiale.

Questa cava è stata inserita, anch'essa, nel piano cave del 1990 come cava di produzione.

*Notizie storiche:*

*Balboni, 1968:* problematici gli avanzamenti in tutte le direzioni per la presenza di fabbricati vicino alla zona occupata dal cantiere.

*Bertuletti, 1970:* la cava si dirama in due direzioni prevalenti, di cui un ramo a quota 703 verso S.Brigida, arriva ad distanza minima, in proiezione, di 150 metri dalla chiesa.

Il materiale è molto compatto e le sezioni di avanzamento sono di 5 x 6 metri circa.

*Pingorini, 1978:* solleva dubbi sulla reale estensione della cava verso la chiesa di Santa Brigida.

*CTU, 1978:* cava ancora in attività con escavazione solo verso sud e non più verso la chiesa.

*Cava Carale*

E' l'unica cava situata a monte dei centri abitati, per la precisione sopra l'omonima frazione di Santa Brigida.

L'attività estrattiva al suo interno è cessata nel 1972, per un po' è stata utilizzata come fungaia e poi abbandonata.

In fase di coltivazione le pompe poste sui piani inferiori eliminavano l'acqua che entrava.

Successivamente le pompe sono state via via alzate e poi fermate: attualmente le gallerie si sono allagate e l'acqua fuoriesce a sfioro

Tra il materiale recuperato e visionato mancano le planimetrie dei diversi livelli di escavazione, la pianta riportata sulla carta è tratta da un allegato alla perizia CTU 1978.

E' ancora ben visibile l'ampia fossa creata dall'attività estrattiva iniziale a cielo aperto, proseguita in seguito in galleria per 4 livelli.

Tutte le relazioni e le perizie visionate sono concordi nell'assegnare a questa cava pesanti modifiche al regime idrogeologico della zona (drenaggio di sorgenti, venute in galleria di notevolissime quantità d'acqua e modifiche al deflusso delle stesse) ed a riconoscere un nesso causa-effetto tra la cava e le pesanti lesioni ai fabbricati adiacenti.

*Notizie storiche:*

*Balboni, 1968:* segnala il cantiere più attivo e che più direttamente assoggetta i centri abitati circostanti. Asserisce che è indispensabile la sospensione dell'attività in varie direzioni e che può continuare verso la Colla e verso ovest, con attenzione per la strada.

*Rossato, 1970:* segnala il totale allagamento delle gallerie più basse, con 4 metri di acqua nonostante le pompe da 25-30 l/sec.

*Bertuletti, 1970:* mostra perplessità per il fronte di cava inciso nella coltre detritica e prescrive la sistemazione della zona a monte. Coltivazione con pesanti venute d'acqua.

*Ferrara (Distretto Minerario di Bergamo), 1973:* la cava è in attività dal 1962 ed è composta da 4 livelli: 814, 802, 795 e 785 a pilastri di 5 x 5.

*CTU, 1978*: cava chiusa nel 1972. Segnalano il drenaggio in profondità di acque prima sorgive e ora portate in superficie con pompe da 30 l/sec. Riconoscono gravi modifiche al regime idrogeologico e un nesso causa-effetto con le lesioni ad alcuni immobili.

## **2.5 CARTA LITOLOGICO-TECNICA**

In questa carta tematica i terreni e le rocce affioranti sono stati suddivisi sulla base delle loro caratteristiche geologico-tecniche di massima.

Le caratteristiche delle coperture superficiali sono state indicate quando queste raggiungono valori superiori ad 1-2 metri, perchè per valori minori non hanno influenza sulle realizzazione di fondazioni di edifici, anche di limitate dimensioni.

I terreni sono stati distinti sulla base delle loro caratteristiche geotecniche: angolo di attrito interno e coesione, non vengono invece indicati valori di capacità portante limite o ammissibile perchè non è un parametro caratteristico del terreno ma dipende anche dalle caratteristiche della costruzione (tipo di fondazione, dimensioni, dimensioni dell'edificio, ecc.).

Le rocce sono state distinte in base al grado di fratturazione in superficie, utilizzando come parametro l'intercetta delle discontinuità.

I parametri indicati sono stati ricavati sia sulla base di osservazioni sul terreno (litologia, granulometria, percentuale di materiali fini, pendenze sopportate per i terreni, grado di fratturazione, persistenza discontinuità, intercetta delle discontinuità per le rocce) sia ricavati dai dati a disposizione su prove di terreno o laboratorio effettuate in passato per lavori specifici.

In particolare, come viene indicato di seguito, sono state recuperate prove di laboratorio sui terreni limosi ocre di alterazione dei gessi e sulle caratteristiche delle rocce evaporitiche.

Per i primi le prove sono state effettuate su campioni raccolti nel Comune per la perizia sulla chiusura dell'attività estrattiva, per gessi ed anidriti le valutazioni sono state eseguite dal laboratorio geotecnico Altair su campioni prelevati in Comune di Dossena, su materiali analoghi a quelli presenti a Santa Brigida.

E' chiaro che si tratta di una carta di inquadramento generale delle potenziali problematiche a carattere geotecnico del Comune, i valori indicati sono di larga massima.

In particolare sono state distinte le seguenti categorie di terreni e rocce:

- terreni limosi ocre con argilla, ghiaietto e ciottoli ( $\varphi = 22^\circ-28$   $c=0.20- 1.2 \text{ kg/cm}^2$ )

si tratta dei materiali di alterazione superficiale di gessi ed anidriti su cui sorge la maggior parte del Comune di Santa Brigida.

In genere la matrice limoso-argillosa è preponderante ed i ciottoli contenuti sono di carniole, dolomie saccaroidi e tufi marroni, localmente sono presenti sottili livelli a preponderante componente ghiaiosa.

Verso la località Bindo a questi materiali sono frammisti detriti ghiaiosi di natura calcareo-dolomitica di degradazione dei versanti vicini.

In dettaglio le caratteristiche geotecniche valutate con prove geotecniche di laboratorio nei sondaggi 1-5 indicati nelle tavole 1-1b sono i seguenti:

S	Profondità (metri)	$\varphi$ (gradi)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione litologica
1	2-3	22°	0.32	Argilla limosa debolmente sabbiosa (C.U.)
<i>1</i>	<i>5-6</i>	<i>30°</i>	<i>0</i>	<i>Ghiaia limosa sabbiosa (I.)</i>
1	13-14	25°	0.35	Limo sabbioso ghiaioso deb. argilloso (I.)
1	18-19	23°	0.30	Limo con ghiaia sabbiosa (I.)
1	23-25	23°	0.80	Limo con sabbia argilloso deb. ghiaioso (C.U.)
1	34-35	24°	0.45	Limo con sabbia argilloso ghiaioso (I.)
2	2-3	30°	0	<i>Ghiaia limosa sabbiosa (I.)</i>
2	11-12	28°	0.25	Limo con ghiaia e sabbia deb. argilloso (I.)
2	24-25	27°	0.52	Limo sabbioso argilloso ghiaioso (I.)
3	8-9	30°	0	<i>Ghiaia sabbiosa limosa (I.)</i>
3	15-16	22°	0.35	Limo con ghiaia e sabbia deb. argilloso (I.)
3	<i>18-19</i>	<i>26°</i>	<i>1.2</i>	<i>Ghiaia con limo sabbioso deb. argillosa (I.)</i>
3	22-23	32°	0	<i>Ghiaia con sabbia grossa limosa (I.)</i>
4	2-3	24°	0.45	Limo con argilla sabbioso ghiaioso (C.U.)
4	9-10	25°	0.42	<i>Ghiaia con limo e sabbia deb. argillosa (I.)</i>
5	7-8	26°	0.93	Limo con sabbia ghiaioso argilloso (I.)
5	20-21	23°	0.75	Limo con sabbia argilloso (I.)
5	31-32	26°	1.1	Limo con sabbia ghiaiosa deb. argillosa (I.)

N.B. (C.U.) = valore ricavato con prova triassiale consolidata non drenata  
(I.) = valore ricavato indirettamente dalle analisi di laboratorio

I valori in corsivo sono relativi agli orizzonti a dominante componente ghiaiosa, cui si è accennato sopra.

Gli altri valori indicati sono fra loro relativamente omogenei:

angolo di attrito interno  $\varphi = 22^\circ - 28^\circ$

coesione  $c = 0.25 - 1.1 \text{ kg/cm}^2$

litologia limi, con sabbie ed argille ghiaiosi; localmente sottili livelli e/o zone con dominante componente ghiaiosa.

- detriti di falda sciolti, depositi di versante e coltri eluviali ghiaiose ( $\varphi > 30^\circ$   $c=0$  t/mq)

ghiaie e blocchi spigolosi e angolosi, con scarsa matrice sabbiosa e pressochè assente porzione fine limoso-argillosa.



Hanno chiaramente dalle buone caratteristiche geotecniche, con elevata capacità di drenaggio delle acque superficiali.

In genere sono terreni molto comuni lontano dai centri abitati, ai piedi dei versanti montuosi rocciosi: sono, infatti, molto diffusi in alta Val Mora, ai piedi del Monte Mincucco e Ponteranica.

Un'ampia lente di questi materiali si trova ai piedi del Monte Disner e vi sorge sopra la parte alta dell'abitato di Santa Brigida, altri accumuli di estensione minore, non cartografati, sono stati osservati a Bindo e presso la terminazione verso Averara del territorio comunale.

- terreni alluvionali ( $\varphi = 28^\circ - 35^\circ$   $c = 0$  t/mq)

ghiaie, ciottoli e blocchi, generalmente ben arrotondati, in matrice sabbiosa, a volte abbondante che determina lenti anche di spessore importante, con poco limo.

Questi materiali sono molto abbondanti nella piana del torrente Stabina, il valore della coesione aumenta, insieme alle percentuali di materiale fine, allontanandosi dall'attuale alveo di scorrimento delle acque.

Le caratteristiche geotecniche sono da buone a molto buone, inoltre si trovano in aree pianeggianti; l'attenzione va chiaramente alla distanza dal fiume (fascia di inedificabilità assoluta e aree di esondazione).

Il valore dell'angolo di attrito è elevato ma inferiore ai detriti di falda perchè i ciottoli sono arrotondati; localmente può esserci un po' di coesione per la presenza di limi.

- materiali morenici ( $\varphi = 20^\circ - 25^\circ$   $c = 0.5 - 5$  Kg/cm<sup>2</sup>)

i materiali osservati sono costituiti da ghiaia e ciottoli, con massi anche di dimensioni metriche, immersi in abbondante matrice limoso-argillosa.

I massi sono per la maggior parte di conglomerati e sono generalmente arrotondati.

Si tratta di materiali dalle caratteristiche geotecniche da discrete a scadenti: elevatissima è la percentuale di limi ed argille, il drenaggio è molto scarso; inoltre sono ubicati su versanti con pendenze medie.

Durante le forti piogge del 1987 questi materiali si sono completamente saturati e sono franati in modo distruttivo come una colata di fango.

- rocce evaporitiche: gessi ed anidriti

per queste rocce si è preferito mantenere una categoria a parte, date le caratteristiche peculiari delle stesse.

Sono materiali molto soggetti all'azione delle acque sia superficiali che profonde: l'anidrite per idratazione aumenta di volume e si trasforma in gesso, il gesso a sua volta è estremamente soggetto a fenomeni carsici da parte delle acque.

Questa è una caratteristica da tenere sempre presente nella gestione di questi materiali.

In superficie è difficile vedere affiorare direttamente gessi ed anidriti, che sono coperti da abbondanti spessori di limi ocra residuali di alterazione dei livelli evaporitici.

Sono, invece, stati osservati direttamente negli sbancamenti operati negli anni per l'attività estrattiva.

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche e meccaniche di questi materiali vengono di seguito elencati i risultati di alcune prove di laboratorio.

In particolare i primi tre dati provengono da prove su campioni prelevati nei sondaggi in Comune di Santa Brigida, gli altri provengono da prove del laboratorio geotecnico Altair su materiali analoghi: gessi ed anidriti del San Giovanni Bianco in Comune di Dossena.

<b>S</b>	<b>Profondità (metri)</b>	<b>Tipo di prova</b>	<b>Litologia</b>	<b>Resistenza a rottura (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
2	27-28	Compressione E.L.L.	gessi	125
4	19-20	Compressione E.L.L.	gessi	115
5	36-37	Compressione E.L.L.	gessi	145

Le prove di compressione triassiale eseguite dal laboratorio Altair su gessi ed anidriti analoghi nel comune di Dossena hanno dato i seguenti risultati:

<b>Peso di volume Kg/mc</b>	<b>Compressione MPa</b>	<b>Trazione MPa</b>	<b>Litologia</b>	<b>E<sub>t</sub> statico MPa</b>	<b>E<sub>s</sub> statico MPa</b>
23	17	1.7	gessi	12689	15076
---	62	6.1	anidrite	47294	54481

I dati riportati evidenziano che i gessi, che rappresentano le rocce affioranti perchè alterazione dell'anidrite, sono rocce con caratteristiche scadenti: "very low strenght" secondo Deere e Miller 1966 e "weak" secondo Hoek 1992.

L'anidrite, che rappresenta la roccia originaria, ha caratteristiche decisamente migliori ma non affiora mai direttamente perchè le acque la alterano e la trasformano in gesso.

*Rocce massicce - Intercetta delle discontinuità > 60 cm:*

Si tratta di ammassi rocciosi a comportamento rigido, aspetto massiccio o stratificato in banchi.

In questa classe sono inclusi calcari, dolomie, arenarie, conglomerati, vulcaniti e porfiriti che sono poco o nulla fratturate.

Queste rocce costituiscono la maggior parte del territorio comunale in alta Val Mora: formazioni di Collio e Verrucano Lombardo.

Nella fascia edificata, oggetto della tavola grafica, appartengono a questa classe la Dolomia Principale del Monte Disner ed il Calcarea di Esino a monte dell'abitato di Taleggio, ad eccezione delle fasce tettonizzate.

Per le altre rocce la distinzione è stata effettuata sulla base di un parametro rilevabile direttamente sul terreno, cioè l'intercetta delle discontinuità (distanza media delle superfici di discontinuità), poiché non erano disponibili prove di laboratorio.

*Ammassi rocciosi da moderatamente fratturati ad intensamente fratturati - Intercetta delle discontinuità < 60 cm.*

A questa classe appartengono le medesime rocce della classe sopra quando sono fratturate e tettonizzate.

In alta valle, fuori dalla carta, sono classificabili in questa categoria anche le rocce del Servino, Carniola di Bovegno, e Basamento Cristallino fortemente fratturato in Valmoresca, oltre a Collio e Verrucano fratturati e tettonizzati.

Presso i centri abitati le fasce di calcari e dolomie presso i lineamenti tettonici.

*Ammassi rocciosi caratterizzati dall'alternanza di litotipi diversi*

Formazioni rocciose caratterizzate da alternanze, più o meno fitte, di rocce diverse con caratteristiche geomeccaniche differenti anche se non estremamente scadenti.

Vi appartengono le rocce del San Giovanni Bianco in facies tipica: alternanza di dolomie e siltiti, e della Formazione di Gorno: calcari e marne.

Il loro comportamento meccanico è chiaramente influenzato dal litotipo più fragile o plastico.

## **2.6 CARTA DI SINTESI**

Questa carta è ricavata dal confronto di tutte le carte precedentemente descritte e contiene gli elementi ritenuti più significativi emersi nella fase di analisi.

E' stata redatta per tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 ed è divisa in due tavole, data l'astensione del Comune.

Rappresenta la sintesi delle conoscenze acquisite sia dai dati bibliografici che dai rilievi personali ed ha lo scopo di fornire un quadro chiaro dello stato del territorio.

In particolare sono stati distinte cinque tipologie di problematiche e/o vincoli che prevalgono nelle diverse aree del Comune.

E' evidente che molte zone si trovano nell'intersezione di diverse classi e risultano, quindi interessate, da più tipi di problemi.

Una parte importante della carta è rappresentata dall'identificazione dei vincoli normativi di natura fisico-ambientale già esistenti sul territorio e preposti a vari gradi di tutela dello stesso.

La carta ha un significato più qualitativo che quantitativo poiché le distinzioni sono in base al tipo di rischio e non al grado con cui si manifesta, fattore che interviene, invece, nella valutazioni di fattibilità.

In particolare sono stati considerati i dissesti in atto, quiescenti e potenziali che incombono sul Comune.

Le problematiche riconosciute ed identificate sono le seguenti:

### *Problematiche a carattere geomorfologico:*

Sono stati evidenziati tutti i fenomeni geomorfologici attivi e potenzialmente attivi legati alla dinamica dei versanti, alle acque, a fenomeni meteorologici e chimico-fisici come di seguito dettagliato:

*Aree interessate da fenomeni di dissesto attivi e/o quiescenti in terreni:*

sono stati censiti i fenomeni di frana, smottamento e dissesto dei versanti in genere di interesse per il territorio, per la popolazione e per le infrastrutture. In particolare sono stati indicati i fenomeni attivi attualmente o che lo sono stati in tempi recenti e quelle zone in cui i depositi superficiali sono in evidente condizione di equilibrio limite, equilibrio che potrebbe essere modificato da eventi meteorici intensi. I fenomeni cartografati interessano, in genere, le aree urbanizzate, in particolare S. Brigida e Taleggio, per la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti. I dissesti maggiori sono in località Bindo e sui versanti intorno alle aree estrattive. A Bindo tutto il versante morenico in sponda destra del torrente è franato nell'alluvione del 1987, attualmente sono stati terminati gli interventi di sistemazione (gabbionate e regimazione acque) e l'intervento di stabilizzazione potrà essere valutato solo nel tempo. Gravi fenomeni di dissesto (frane per colamento, scoronamenti superficiali coalescenti) sono stati evidenziati sul versante montuoso destro sopra i cantieri Bolferino-Grassello e tutta l'area a nord-ovest della cava Cornello, ed i sintomi arrivano fino alla strada. Altri dissesti sono stati osservati a Taleggio e presso Cà Noa.

*Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta massi e/o zone di distacco di blocchi rocciosi:*

sono fenomeni connessi alla situazione strutturale e morfologica del territorio: pendenze molto accentuate e rocce fratturate. Le aree principalmente interessate da questi fenomeni si trovano in alta val Mora: cresta tra monte Ponteranica e monte Colombarolo, monte Mincucco e sue pendici e monte Pollino. La fascia di territorio antropizzata è meno soggetta a fenomeni di caduta massi, per sua natura geologica, ma non totalmente esente da tale fattore di rischio.

*Aree interessate da fenomeni valanghivi:*

sono state cartografate le aree di potenziale distacco di valanghe e slavine. Sono tutte aree ubicate in alta val Mora nella conca del Monte Ponteranica. Non sono invece stati segnalati né riscontrati storicamente fenomeni di questo tipo nei pressi dei centri abitati.

*Problemi legati alle acque superficiali:*

si è cercato di indicare le zone soggette a forti fenomeni di erosione oppure in cui sono stati osservati alluvionamenti e sovralluvionamenti. I principali problemi di questo tipo sono stati osservati per lunghi tratti sul torrente Mora a monte di Averara, lungo la valle Caprile ed i suoi affluenti e lungo il torrente Bindo. Tutti i corsi d'acqua sopra elencati hanno subito recenti interventi di regimazione del corso, purtroppo lungo il Bindo sono già stati osservati dissesti e problemi alla nuove opere realizzate.

*Aree interessate da fenomeni carsici e sprofondamenti:*

il territorio comunale a sud di Taleggio è, per sua natura geologica (estrazione gessi e anidriti), potenzialmente soggetto a fenomeni carsiche sia nelle dolomie che nei gessi, situazione di rischio notevolmente aggravata dall'azione antropica di estrazione dei gessi e delle anidriti. Non è certo un caso, infatti, che sopra le gallerie o immediatamente a monte delle aree estrattivi siano ancora osservabili doline, inghiottitoi e sprofondamenti di origine mista naturale-antropica. Nel tempo in queste stesse aree sono state riempite doline ed inghiottitoi di dimensioni decametriche ed anche la strada principale sopra il cantiere Bolferino ha più volte subito dissesti e sprofondamenti; anche immediatamente a monte della cava Carale è stata osservata una situazione analoga.

Fenomeni naturali di carsismo in rocce dolomitiche sono stati osservati ai piedi del monte Disner nella parte alta dell'abitato.

*Aree soggette a vulnerabilità idrogeologica:*

sono state indicate le aree di protezione delle sorgenti dell'acquedotto ed indicati gli scarichi fognari in corpi d'acqua superficiali.

*Sorgenti per acque destinate al consumo umano:*

sono stati indicati i punti di captazione delle sorgenti destinata al consumo umano allacciate all'acquedotto: in particolare 10 del comune di Santa Brigida e 2 che alimentano Olmo al Brembo, suddivise 5 in val Caprile, 1 a Taleggio, 3 in valle Bindo e 3 in valle Stabina. Il cerchio che le rappresenta ha, in scala, un raggio di 10 metri, come previsto dal DPR 236/88. In questa zona chiamata di tutela assoluta valgono le prescrizioni dell'art. 5, cioè:

- 1. La zona di tutela assoluta è adibita esclusivamente ad opere di presa ed a costruzioni di servizio; deve essere recintata e provvista di canalizzazione per le acque meteoriche e deve avere un'estensione di raggio non inferiore a 10 metri, ove possibile.*
- 2. L'estensione della zona di tutela assoluta è adeguatamente ampliata in relazione alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.*

*Fascia di rispetto delle captazioni di acque destinate al consumo umano:*

area di ulteriore protezione per le sorgenti di cui sopra, istituita dal DPR 236/88, in cui valgono le limitazioni dell'art.6 e precisamente:

- 1. Le zone di rispetto sono delimitate in relazione alle risorse idriche da tutelare e comunque devono avere un'estensione di raggio non inferiore a 200 metri rispetto al punto di captazione. Tale estensione può essere ridotta in relazione alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.*
- 2. Nelle zone di rispetto **sono vietate** le seguenti attività:*
  - a) dispersione, ovvero immissione in fossi non impermeabilizzati, di reflui, fanghi e liquami anche se depurati;*
  - b) accumulo di concimi organici;*
  - c) dispersione nel sottosuolo di acque bianche provenienti da piazzali e strade;*
  - d) aree cimiteriali;*
  - e) spandimento di pesticidi e fertilizzanti;*
  - f) apertura di cave e pozzi;*
  - g) discariche di qualsiasi tipo, anche se controllate;*



- h) stoccaggio di rifiuti, reflui, prodotti, sostanze chimiche pericolose, sostanze radioattive;*
  - i) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
  - j) impianti di trattamento rifiuti;*
  - k) pascolo e stazzo di bestiame.*
3. *Nelle zone di rispetto è vietato l'insediamento di fognature e pozzi perdenti; per quelle esistenti si adottano, ove possibile, le misure per il loro allontanamento*

In questo caso si è optato per l'utilizzo del **criterio geometrico** per tracciare la zona di rispetto, come previsto dalla D.G.R. n°6/15137 *“la zona di rispetto è costituita da una porzione di cerchio di raggio non inferiore a 200 metri, con centro nel punto di captazione, che si estende idrogeologicamente a monte dell'opera di captazione ed è limitata verso valle dall'isoipsa passante per la captazioni”*

Delimitazioni diverse sono giustificate solo previo apposito ed accurato studio idrogeologico, idrochimico ed ambientale delle sorgenti e dei loro bacini di alimentazione.

*Scarichi incontrollati:*

Sono stati censiti tutti gli scarichi di liquami diretti in corsi d'acqua superficiali. I principali sono quelli legati ai sistemi fognari del comune e delle altre località e scaricano rispettivamente nel torrente Mora, nello Stabina e nel Bindo.

*Aree con caratteristiche geotecniche scadenti o pessime*

*Aree con terreni caratterizzati da caratteristiche scadenti:*

Sono zone con terreni a prevalente composizione limoso-arigillosa, con potenziali problemi di drenaggio e smaltimento delle acque sia in superficie che in profondità, oltre che con possibili problemi di capacità portante e relativi ai cedimenti. In queste aree sono almeno necessari supplementi di indagini geologiche mirate alla puntualizzazione della stratigrafia e delle caratteristiche geotecniche di dettaglio. In

questa classe sono inclusi il pendio sopra Bindo, costituito da depositi morenici molto fini, e la maggior parte del territorio di Santa Brigida per le terre limose ocre di alterazione dei gessi.

*Fattori di rischio legati ad attività antropiche:*

*Aree interessate in passato da attività estrattiva:*

sono state riportate le planimetrie desunte dai dati a disposizione delle aree in cui in passato venivano estratti gesso ed anidriti. Sono tutte nell'ambito territoriale dell'abitato di Santa Brigida e, come si può ben vedere, ne occupano un'ampia porzione sotterranea.

*Discariche*

Sono stati segnalati gli accumuli di materiali di risulta presenti nel territorio comunale.

Sono tutti di estensione limitata e sono ubicati nei dintorni dei centri abitati.

*Vincoli normativi di natura fisico-ambientale e antropici*

Si è cercato di ricostruire il sistema dei vincoli attualmente vigenti sul territorio comunale di Santa Brigida. Di questi due sono stati rappresentati direttamente sulla carta, altri, per motivi grafici, sono stati sintetizzati in uno schema incluso nella tavola stessa (L. 431/85 distanza di 150 dai fiumi e 300 metri dai laghi e parco delle Orobie Bergamasche).

In carta sono stati rappresentati:

*Vincolo idrogeologico:*

è un vincolo sui terreni montani e boschivi a tutela degli stessi ed al mutamento di uso degli stessi. Il Comune è pressochè interamente soggetto a questo vincolo ad eccezione delle aree urbanizzate (S. Brigida, Taleggio, Cugno, Caprile inf. e Caprile sup.). Lo svincolo è concesso dalla Comunità Montana dietro parere tecnico dello S.T.A.P. di Bergamo.

*Fascia di 10 metri interdetta all'edificazione:*

E' stata evidenziata con apposita retinatura la fascia di 10 metri dal piede degli argini di pertinenza fluviale in cui è vietata l'edificazione, ai sensi dell'art. 96 comma f della L. 523/1904 che recita:

*Sono lavori e atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese i seguenti:*

*f) le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche e lo smovimento di terreno e distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra minore di quella stabilità dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza minore di quattro metri per le piantagioni e smovimento dl terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi.*

La fascia è stata disegnata per tutti i corsi d'acqua presenti, perenni o stagionali, distinguendo comunque quelli considerati pubblici in base ai catasti statali e regionali.

Per gli edifici già esistenti non può essere concesso alcun ampliamento ma solo della manutenzione.

## **2.7 CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DI PIANO**

Questa carta è stata redatta alla scala 1:2.000, in tre fogli, e comprende tutte le zone abitate del Comune e quelle di prevista espansione urbanistica.

E' stata utilizzata la stessa base topografica usata dagli Architetti per la redazione del Piano Regolatore Generale in modo tale che le tavole risultino direttamente sovrapponibili a quelle dello strumento urbanistico.

Questa carta rappresenta il documento finale degli studi geologici eseguiti, e deve poter essere utilizzata in modo chiaro ed agevole sia dagli Amministratori comunali, dai Tecnici e dai singoli cittadini.

Il suo scopo è quello di visualizzare nella maniera semplice ed organica le attitudini del territorio, con particolare attenzione ai fini edilizi, all'urbanizzazione e di altri interventi sul territorio nel rispetto delle caratteristiche geoambientali.

La Carta di Fattibilità è il risultato della valutazione di tutti gli elementi studiati tradotti da rischio geologico a fattibilità di interventi.

Il lavoro è stato eseguito in conformità alle indicazioni della Regione Lombardia, che distingue quattro classi di fattibilità: da senza limitazioni a carattere geologico a limitazioni via via crescenti.

E' evidente che non tutte le aree comprese in seconda, in terza oppure in quarta classe sono affette dagli stessi problemi per cui necessitano di studi ed indagini diverse, mirate non solo in base al progetto ma in base alla zona.

Per questo devono essere utilizzate anche tutte le altre carte redatte, in ognuna delle quali sono visualizzate le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche, geologico-tecniche e relative all'attività estrattiva del Comune, i cui caratteri salienti sono riassunti nella tavola di sintesi.

Le categorie individuate sono le seguenti:

***Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni***

In questa classe rientrano le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso delle particelle.

In genere sono comprese aree pianeggianti o subpianeggianti, con terreni dotati di buone caratteristiche geotecniche, non interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico.

*Nel territorio Comunale di Santa Brigida non sono state riconosciute aree che possano essere inserite in questa classe di fattibilità.*

### ***Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni***

*In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di bonifica.*

Si tratta, quindi, di zone in cui la situazione geologica presenta un quadro leggermente problematico, ma che con l'applicazione di opportuni accorgimenti e/o introducendo eventuali limitazioni possono essere utilizzate.

Tale utilizzo, presuppone, l'effettuazione di accertamenti geologici, per quanto limitati e finalizzati al singolo progetto edilizio.

Questa classe comprende le aree con acclività entro valori accettabili: fino a 25° per terreni, fino a 35° per rocce.

Sono aree in cui possono essere presenti modesti e/o già bonificati fenomeni di dissesto, quali piccole frane, limitati smottamenti e scoronamenti oppure fenomeni alluvionali di scarso rilievo.

Sono state incluse anche quelle aree senza particolari problemi di carattere geologico ma che per altitudine e caratteri geologici e paesaggistici richiederebbero, per il loro

utilizzo, un preventivo e dettagliato studio geoambientale o comunque edificazione a basso impatto, rispettosa dell'elevato pregio naturalistico dei luoghi.

In alcuni casi questa classe può comprendere le aree marginali, indirettamente influenzate dai fenomeni di dissesto che ricadono in classe di fattibilità superiore.

Aree classificate in seconda classe di fattibilità sono state cartografate nei pressi della maggior parte dei centri abitati e dei piccoli insediamenti abitativi: Caprile inferiore, Caprile Superiore, Taleggio e le pendici sovrastanti il paese, il nucleo abitato di Bindo in sponda destra dell'omonimo torrente, Pozzolo, Cugno e la località Foppa.

Anche la maggior parte dell'abitato di Santa Brigida è stata inclusa in questa classe di fattibilità: in particolare le frazioni di Colla, Muggiasca e S. Lorenzo.

Per l'abitato sorge, per la maggior parte sui terreni limosi di alterazione dei gessi potenti anche alcune decine di metri, è importante che vengano predisposte indagini a carattere geotecnico puntuali per il singolo progetto esecutivo per valutare carichi ammissibili.

### ***Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni***

La classe III comprende aree in cui sono state messe in luce con gli studi consistenti limitazioni alla modifica di destinazioni d'uso dei terreni per i rischi individuati.

*L'utilizzo di tali aree sarà subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire maggiore conoscenza geologico-tecnica e/o idrogeologica dell'area e del suo intorno.*

In particolare dovranno essere realizzati approfonditi studi geologici-geotecnici, mediante campagne geognostiche, prove in situ ed in laboratorio oppure studi tematici a carattere idrogeologico, ambientale, idraulico, ecc.

Il risultato di tali indagini dovrà consentire di precisare il tipo e l'entità massima dell'intervento nonché le opere da eseguirsi per la salvaguardia geologica o l'attuazione di sistemi di monitoraggio per tenere sotto controllo i fenomeni.

Per la tipologia e la consistenza dei fenomeni che li caratterizzano questi terreni possono essere ricondotti ad un utilizzo insediativo previa preventiva dettagliata valutazione e *progettazione a carattere geologico da affrontare a livello di area e non solo di singolo progetto edilizio.*

Nella classe 3 sono state inserite le aree acclivi, con pendenze superiori a 25° per i terreni e 35° per le rocce; quelle potenzialmente o realmente interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico di vario tipo: frane, crolli in roccia, esondazioni, alluvionamenti.

Sono state, inoltre, inserite in questa classe le aree circostanti le zone estrattive dei gessi e delle anidriti: in particolare sulla base delle valutazioni di terreno e considerata l'incertezza dei dati disponibili sulle planimetrie delle gallerie è stata stimata una fascia di "sicurezza" dell'ampiezza media di 50 metri, allargata o ridotta in base alle condizioni di degrado osservate intorno all'area occupata dell'estrazione sotterranea.

Tale fascia è stata molto ampliata, fino a 150 metri, per la zona sottostante la cava Carale, dove sono ancora ben visibili i segni delle case danneggiate per le pesanti modifiche indotte al regime idrogeologico dall'attività estrattiva.

Rientrano in questa classe anche le fasce di rispetto delle sorgenti per uso umano, tracciate con raggio di 200 metri a monte della captazione, come prescritto dal DPR 236/88 e dalla Delibera della Giunta della Regione Lombardia.

Per i terreni compresi nella classe 3 è ipotizzabile, quando ammessa dalle indagini, una edificazione a basso impatto geologico: per esempio in caso di elevata acclività edifici bassi e minimizzazione degli scavi per non alterare le condizioni del pendio.

Per le aree incluse nella fascia di sicurezza delle zone estrattive è importante sia una valutazione delle modificazioni indotte al regime idrogeologico degli scavi sia lo stato dei versanti: scoronamenti diffusi, formazione di doline ed inghiottitoi, ecc.

Nelle zone di rispetto delle sorgenti è ipotizzabile edificazione a basso impatto geoambientale: scavi di modesta entità, sistemi fognari speciali, divieto di svolgere attività inquinanti agrozootecniche, industriali, artigianali e quant'altro previsto dal DRP 236/88.

Le aree incluse nella 3 classe di fattibilità sono presenti tra Caprile inferiore e superiore, in sponda sinistra dell'omonima valle, nella parte alta del torrente Bindo (vincolo sorgenti) e nei dintorni di Taleggio.

Sono stati inseriti anche i depositi morenici in evidente equilibrio limite in sponda sinistra del torrente, franati nel 1987: attualmente sono stati terminati gli interventi di sistemazione (gabbionate e regimazione acque) la cui efficacia potrà essere valutata nel tempo.

Piccole aree sottostanti Bindo e Santa Brigida entrano in questa classe per le elevate pendenze; inserite sono anche, come detto, le fasce di sicurezza dei cantieri Bolferino, Grassello, Cornello e Carale.

Un'ampia fascia di classe 3, in parte coalescente con l'area di Cornello, comprende la chiesa, il versante sottostante ed un'ampia area di via Gerro.

Altre zone sono presenti sopra Cugno e Pozzolo e nei dintorni di alcuni inghiottitoi carsici nella parte alta della loc. Foppa.

#### ***Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni***



L'alto rischio evidenziato comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle.

*Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non tenuta al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica dei siti.*

Sono ammissibili gli interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente limitati a manutenzioni ordinarie e straordinarie, restauri conservativi ed adeguamenti igienici, senza incremento del numero di abitazioni (Legge 457/1978, art. 31, punti a-b-c).

Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico dovranno essere valutate puntualmente sulla base di appositi studi geologici - geotecnici che dimostrino la compatibilità degli interventi previsti.

In alcuni casi può essere opportuna anche l'attivazione di sistemi di monitoraggio geologico per le situazioni di maggiore pericolo.

Si tratta di aree con eccessiva acclività del pendio; soggette a frane o a crolli di roccia; zone di pertinenza dei corpi idrici superficiali e loro aree di esondazione; le aree di tutela assoluta delle sorgenti dell'acquedotto (DPR 236/88); le dolomie e gli inghiottitoi carsici.

Inoltre sono state inserite nella classe 4 le zone interessate dall'attività estrattiva in galleria: in tali aree non solo devono essere escluse nuove edificazioni ma sarebbe importante impostare dei nuovi aggiornati rilievi topografici delle gallerie e degli studi a carattere geologico, idrogeologico e geotecnico (sondaggi con prove in foro, sismica, elettrica, ecc.) per valutare le effettive condizioni ed impostare un programma di bonifica da realizzare nel tempo.

Primaria è la predisposizione di tale studio per la cava Carale, abbandonata e totalmente allagata nei livelli inferiori, in cui nel tempo l'azione delle acque sulle rocce

evaporitiche (idratazione dell'anidrite e carsismo nei gessi) può causare pesanti aggravamenti della situazione esistente e interessare una fascia via via più ampia sia verso l'abitato di Carale che verso la provinciale Cusio-Olmo al Brembo.

Le aree di tutela delle sorgenti (lungo il torrente Bindo) sono indicate con cerchi di 10 metri, come previsto dalle normative vigenti, devono essere recintate, impermeabilizzate e devono essere escluse al loro interno attività di qualsiasi tipo.

Data la complessità dei luoghi e le premesse alla presente per ottimizzare il lavoro saranno redatte alcune indicazioni geologiche specifiche di dettaglio sulle singole zone.

Saranno i Progettisti che stimeranno se sarà utile inserire le stesse nelle Norme di Piano o no.

**COMUNE DI SANTA BRIGIDA**

***STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO AL NUOVO PIANO***

***REGOLATORE GENERALE***

**CAPITOLO TERZO**

***CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE,  
RIFERIMENTI NORMATIVI ED ALLEGATI***

### **3.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Il Comune di Santa Brigida presenta indubbiamente delle consistenti problematiche dal punto di vista geologico-idrogeologico; comunque esistono ancora aree che possono essere utilizzate per lo sviluppo urbanistico e produttivo, previa predisposizione di idonei studi geologico-tecnici ed ambientali e realizzazione di accurati interventi di sistemazione e bonifica dei siti.

In tali aree è consigliabile un'edificazione a basso impatto geoambientale.

La particolare natura geologica del territorio comunale rende estremamente importanti gli studi che stabiliranno la necessità di eventuali interventi di bonifica: mi riferisco alla presenza di rocce evaporitiche soggette sia a considerevoli aumenti di volume per idratazione (anidriti) sia fortemente solubili (gessi), al cui tetto si trovano livelli di carnioli e potenti depositi di terreni limosi ocra di alterazione con scadenti caratteristiche geotecniche.

A queste problematiche geologiche si deve aggiungere l'attività estrattiva in galleria, che si è svolta nel tempo.

Questi interventi hanno creato enormi volumi di vuoti sotterranei ed hanno apportato modifiche, anche pesanti, al regime idrologico di superficie ed idrogeologico (ad esempio Cava Cornello e cava Carale).

E' molto importante la realizzazione di uno studio geologico-geotecnico di dettaglio sulle aree estrattive, che comprenda rilievi topografici delle gallerie, indagini sismiche, indagini elettriche, sondaggi, prove in foro, penetrometrie, installazione di piezometri, ecc., per valutarne lo stato reale ed il rischio derivante dalle stesse per valutare gli interventi di bonifica.

Altre situazioni di rischio riguardano aree già urbanizzate e le loro immediate vicinanze: particolare attenzione deve essere posta, ad esempio, a tutte le vallette vicine ai centri abitati, che durante eventi meteorici intensi possono dare luogo a problemi.

In quest'ottica recentemente è stato terminato un intervento di regimazione e sistemazione del torrente Bindo, che attraversa tutto l'abitato, e che durante l'alluvione del 1987 aveva creato enormi problemi.

Anche la frana in terreni morenici in sponda destra del torrente è stata sistemata con gabbionate ed opere di captazione e regimazione acque ed attualmente la situazione appare stabilizzata; sarà importante, comunque, verificare nel tempo questi interventi.

Nella parte alta della frazione Foppa è stata verificata l'esistenza di alcuni inghiottitoi carsici, in parte ricolmati, anche in questo caso sarebbe utili eseguire dei supplementi di indagine.

I problemi relativi alla caduta massi sono concentrati nella parte basse della frazione di Bindo ed in alta valle: anche per questo problema sarebbe necessaria un'attenta valutazione almeno per la riapertura del sentiero verso Cà San Marco.

Per quanto riguarda il fabbisogno idrico attualmente non esistono problemi di sorta: l'acquedotto è alimentato da sorgenti in quota e la distribuzione dell'acqua avviene per gravità.

In casi di forte secca e durante i periodi in cui aumenta il carico turistico viene pompata in alto l'acqua dalla sorgente valle Scura, per integrare le riserve.

E' chiaro che nel caso di un programma di sviluppo urbanistico sarebbe opportuno valutare anche i nuovi fabbisogni idrici, anche se per le osservazioni fatte durante i rilievi non sembrano esserci problemi per le acque potabili.

Oltre alle acque captate sono state censite molte altre sorgentine in quota, attualmente non captate, ed un paio recentemente escluse per vari motivi potrebbero essere risistemate ed utilizzate nuovamente.

Molto importante sarebbe, inoltre, la realizzazione di uno studio idrogeologico di dettaglio sulle sorgenti captate per delimitare con precisione e con criterio idrogeologico le aree di tutela.

Attualmente le stesse sono state delimitate con criterio geometrico ma considerando l'importanza attuale delle acque sorgive è consigliabile la realizzazione di uno studio idrogeologico, idrogeochimico, ambientale ecc. per valutare le aree di alimentazione delle stesse e garantire una protezione ottimale, trattandosi di un argomento che riguarda la salute pubblica.

### **3.1 INDICAZIONI PER LA STESURA DEGLI STUDI GEOLOGICI**

Tutta l'area comunale edificata e le aree di prevista espansione urbanistica sono comprese nelle carte di Fattibilità geologica alla scala 1:2.000.

Qualunque iniziativa che preveda trasformazioni di uso del suolo per usi insediativi e/o produttivi è subordinata al rispetto delle indicazioni contenute nella Carta di Fattibilità Geologica di Piano alla scala 1:2.000, parte integrante del presente P.R.G., oltre che all'ottenimento degli svincoli di legge (idrogeologico, ambientale, ecc.).

Dovrà essere fatto stretto riferimento alle indicazioni contenute nel commento alla carta di Fattibilità, con particolare attenzione alle limitazioni relative alle diverse classi di fattibilità.

Le zone del territorio comunale comprese in classi 2 - 3 - 4 di fattibilità sono oggetto di vari problemi a carattere geologico, idrogeologico, geotecnico, geomeccanico, geomorfologico, idraulico e dovranno essere oggetto di indagini proporzionalmente approfondite e di una relazione geologico-tecnica, redatta da Professionista abilitato, che evidenzia in modo puntuale i problemi ed i rischi, le eventuali opere di bonifica e le limitazioni e cautele in sede esecutiva.

I diversi problemi a carattere geologico sono evidenziati sulle diverse carte tematiche redatte per il presente studio geologico (geologica, geomorfologica, idrogeologica, litologico-tecnica, dell'attività estrattiva, sintesi del rischio).

Questi elaborati devono essere consultati per avere un quadro più preciso dei problemi delle diverse zone: attività estrattiva, protezione acque sorgive, fasce di pertinenza fluviale, dissesti in rocce e/o terreni, fenomeni carsici, caratteristiche geotecniche scadenti dei terreni e pendenze dei versanti.

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche generali cui devono rispondere gli studi geologici per le diverse classi di fattibilità.

Per le aree in *classe 2 “con modeste limitazioni”* i progetti edilizi devono essere affiancati da una relazione geologica che valuti i problemi del sito e le soluzioni progettuali adottate. Questo, chiaramente, in aggiunta agli obblighi previsti dal D.M. 11/03/88 relativo alle indagini e le verifiche geologiche e geotecniche per gli interventi su terreni e rocce.

Per le aree in *classe 3 “fattibilità con consistenti limitazioni”* i progetti edilizi potranno essere approvati solo in seguito alla preventiva presentazione e approvazione di uno studio accurato e di un progetto esecutivo di bonifica e messa in sicurezza dei siti che si intende utilizzare.

Per le aree in *classe 4 “con gravi limitazioni”* dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non per il consolidamento o la sistemazione idrogeologica dei siti. Vi sono ammessi solo interventi di recupero del patrimonio esistente. Eventuali opere pubbliche o progetti di interesse pubblico dovranno essere valutati puntualmente previa presentazione e approvazione della relazione geologico-tecnica di compatibilità degli interventi.



### **3.2 NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

*Articolo n°1: Classe 2 - Fattibilità senza particolari limitazioni*

*In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di bonifica.*

Si tratta, quindi, di zone in cui la situazione geologica presenta un quadro leggermente problematico, ma che con l'applicazione di opportuni accorgimenti e/o introducendo eventuali limitazioni possono essere utilizzate.

Tale utilizzo, presuppone, l'effettuazione di accertamenti geologici, per quanto limitati e finalizzati al singolo progetto edilizio.

I progetti per la nuova edificabilità nelle aree ricadenti in questa classe devono essere preventivamente correlati da una nota geologica.

La stessa deve in primo luogo verificare la documentazione geologica allegata al P.R.G. ed approfondire, con verifiche dirette sul territorio, la situazione.

Il Tecnico incaricato deve:

1. fornire il quadro geologico sullo stato dei luoghi;
2. dettagliare i problemi presenti;
3. fornire le indicazioni cui il progetto deve attenersi.

Sarà lo stesso Tecnico a valutare la necessità di eseguire studi di dettaglio approfonditi.

*Articolo n° 2: Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni*

La classe III comprende aree in cui sono state messe in luce con gli studi consistenti limitazioni alla modifica di destinazioni d'uso dei terreni per i rischi individuati.

*L'utilizzo di tali aree sarà subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire maggiore conoscenza geologico-tecnica e/o idrogeologica dell'area e del suo intorno ed alla presentazione di eventuali progetti per la sistemazione e la bonifica dei siti.*

In queste aree è ipotizzabile solamente un'edificazione a basso impatto geoambientale.

La nota geologica deve verificare preventivamente la documentazione geologica allegata al P.R.G. ed integrarla con verifiche di terreno e mediante campagne geognostiche, prove in situ ed in laboratorio oppure studi tematici a carattere idrogeologico, ambientale, idraulico, ecc.

Insieme a tale nota geologica, e preventivamente al progetto di edificazione, deve essere presentato, ove necessario, un progetto esecutivo per la sistemazione e la bonifica dei luoghi.

Il particolare il Tecnico incaricato deve:

1. fornire il quadro geologico sullo stato dei luoghi;
2. dettagliare i problemi
3. illustrare il tipo di indagini di dettaglio effettuate, le motivazioni delle stesse ed esporne le conclusioni
4. predisporre un progetto, eventuale, per la salvaguardia del territorio e la sistemazione dei siti
5. motivare i limiti ammissibili dell'intervento e stabilire le eventuali salvaguardie.

Articolo n°3: Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

L'alto rischio evidenziato comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle.

*Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non tenuta al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica dei siti e/o interventi pubblici di primaria importanza.*

Sono ammissibili gli interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente limitati a manutenzioni ordinarie e straordinarie, restauri conservativi ed adeguamenti igienici, senza incremento del numero di abitazioni (Legge 457/1978, art. 31, punti a-b-c).

Anche per questo tipo di interventi dovrà essere, comunque, verificato l'impatto sull'ambiente.

Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico dovranno essere valutate puntualmente sulla base di appositi studi geologici - geotecnici che garantiscano la compatibilità degli interventi previsti.

In particolare la loro realizzazione è subordinata alla realizzazione di indagini di dettaglio (campagne geognostiche, prove in sito ed in laboratorio, studi tematici), alla predisposizione di un progetto di sistemazione dei siti e di protezione dell'opera e del territorio e/o all'attivazione di sistemi di monitoraggio geologico, se ritenuti necessari.

Articolo n°4: Aree di salvaguardia delle sorgenti

Il D.P.R. 236/88 prevede l'istituzione delle aree di salvaguardia: in particolare zona di tutela assoluta e zona di rispetto per cui valgono le limitazioni di cui agli art. 5-6, già riportati per intero al par. 2.6.

Queste aree di salvaguardia sono puntualmente indicate sia sulla carta di sintesi che in quella della fattibilità: in quest'ultima le aree di tutela assoluta sono incluse in classe 4, quelle di rispetto in classe 3.

L'area di tutela assoluta, definita con raggio di 10 metri intorno alla captazione, deve essere recintata, impermeabilizzata ed adibita esclusivamente alle opere di presa ed a costruzioni di servizio.

Le zone di rispetto, in cui sono vietate le attività di cui all'art. 6 DPR 236/88, sono state individuate con criterio geometrico con raggio di 200 metri, misura sicuramente cautelativa ma necessaria in assenza di uno studio idrogeologico preciso e puntuale solo sulle stesse.

Dato che le zone di rispetto sono cautelative, in quanto definite con criterio geometrico, è possibile l'utilizzo di tali aree, sempre nel rispetto delle prescrizioni di legge, previa stesura e approvazione, preliminarmente al progetto edilizio, di uno studio idrogeologico, idrochimico ed ambientale, redatto da Tecnico abilitato, che valuti la compatibilità dell'intervento e le interferenze sorgenti / intervento.

L'utilizzo di tutte le cautele è indispensabile in queste situazioni perché si tratta di un bene, l'acqua, che riguarda ed interessa la salute pubblica.

### **3.3 RIFERIMENTI NORMATIVI**

Di seguito viene fornito un elenco dei principali riferimenti normativi in campo geologico e ambientale che sono stati utilizzati per la stesura del presente documento, cui occorre fare riferimento per un'attenta e accurata gestione e programmazione del territorio.

Per la stesura del presente studio si è fatto diretto riferimento alle indicazioni contenute nella:

- Deliberazione della Giunta Regionale del 18 maggio 1993, n° 5/36147, pubblicata sul 2° suppl. str. al B.U.R.L. n° 28 del 16 luglio 1993 “Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale”.

Le principali leggi cui fare riferimento in campo ambientale sono le seguenti:

- *D.P.R. 236/88*: istituisce le fasce di salvaguardie dei punti di captazione (pozzi e sorgenti) per acque destinate al consumo umano: ne definisce le diverse caratteristiche e stabilisce quali attività sono permesse e quali devono essere escluse; stabilisce anche i parametri qualitativi minimi cui tali acque devono rispondere.
- *Deliberazione della Giunta Regionale del 27/06/96 n° 6/15137* che contiene le direttive tecniche per l'individuazione e la delimitazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche.
- *Legge 523/1904*, nel capo VII Polizia delle acque pubbliche, art. 96, comma f prevede l'istituzione di una fascia dell'ampiezza di 10 metri dal piede degli argini entro cui è interdetta l'edificazione. Questo vincolo è stato riconfermato dal parere n°55 del 01/06/88 del Consiglio di Stato.

- *Legge 431/85 (legge Galasso)* individua ed elenca tutte quelle zone ed aree del territorio, divise per categorie geografiche, che devono essere sottoposte a vincolo di salvaguardia ambientale: i fiumi per una fascia di 150 metri, i laghi per una profondità di 300 metri e le montagne sopra certe quote altimetriche. La Legge prevede anche la stesura dei Piani Paesistici per la pianificazione provinciale.
- *R.D.L. n° 3267/1923* Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani, in cui viene istituito il vincolo idrogeologico per proteggere terreni montani e boschi da mutamenti di destinazione.
- *L.R. 86/1983 e successive modifiche:* legge quadro in materia di parchi, riserve ed aree protette. Il territorio Comunale di S. Brigida è incluso nel parco delle Orobie Bergamasche, istituito con la L.R. n°59 del 12/05/90.
- *L.R. 33/88* relativa alla disciplina delle zone del territorio regionale a rischio geologico e sismico; prevede la stesura da parte delle Provincie dei Piani Funzionali per individuare le aree da assoggettare a vincolo idrogeologico e le aree caratterizzate da potenziale rischio geologico.
- *D.M. 11/03/88* che contiene le dettagliate norme tecniche per le indagini e le verifiche da eseguire sui terreni e sulle rocce, sulla stabilità dei pendii naturali e artificiali e le prescrizioni per la progettazione. Le istruzioni applicative sono contenute nella Circolare Ministeriale n° 30483 del 24/09/88.
- *Legge 183/89* norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo: prevede la suddivisione del territorio nazionale in bacini idrografici per permettere interventi omogenei ed organici per assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque e la tutela degli aspetti ambientali. Lo strumento programmatico per il risanamento del territorio è costituito dai Piani di Bacino.

- *Legge 102/90* che contiene le disposizioni per la ricostruzione e a rinascita della Valtellina e delle adiacenti provincie di Bergamo, Brescia, Como e Novara dopo l'alluvione del 1987. Prevede la predisposizione urgente di studi di rischio e dissesto su alcuni stralci di bacini idrografici, tra cui il Brembo, studi per cui sono state predisposte le carte del dissesto dell'alto bacino del Brembo dello staff Valtellina della Regione Lombardia.
- *L.R. n° 18 del 30 marzo 1982* e successive modifiche ed integrazioni che riguarda le norme per la disciplina della coltivazione delle sostanze minerali di cava: prevede che ogni provincia si doti di un Piano Provinciale Cave in cui sono contenute le aree estrattive e le norme tecniche cui fare riferimento per l'attività di cava.
- *Piano Cave della Provincia di Bergamo* approvato il 21/03/90 dalla Regione Lombardia.
- *D.L. 05/02/97 (Decreto Ronchi)* costituisce il nuovo riferimento normativo per la gestione dei rifiuti urbani e speciali, in materia di smaltimento e riciclaggio; è l'attuazione delle direttive comunitarie 91/156/CEE sui rifiuti, 91/698/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi.

### **3.4 BIBLIOGRAFIA**

Per il presente lavoro è stata consultata ed utilizzata una gran quantità di materiale bibliografico, reperito presso il Comune, la Comunità Montana, Provincia di Bergamo e la Regione Lombardia.

In particolare i principali lavori cui si è fatto riferimento sono i seguenti:

- relazioni a carattere geologico e tecnico, indagini geologiche e prove geognostiche reperite presso l'archivio del Comune;
- relazioni relative all'attività estrattiva e le planimetrie delle gallerie che è stato possibile recuperare;
- carte del rischio idrogeologico nell'Alto Bacino del Brembo, alla scala 1:10.000 redatte dalla Regione Lombardia - Staff Valtellina (Litologica, Geomorfologica, Dinamica Geomorfologica, Idrogeologica ed idrografica, Litologico-tecnica, Degrado Ambientale, Valanghe, Rischio Idrogeologico);
- Piano Regionale Risanamento Acque - Settori funzionali di Acque e Fognature della Provincia di Bergamo;
- foto aeree del Comune di Santa Brigida: volo TEM 1981 + voli scala 1:8.000 e 1:15.000 realizzati nel 1996 dalla Ditta Rati per il nuovo rilievo aerofotogrammetrico commissionato per il PRG.

Oltre a questi lavori sono state utilizzate varie pubblicazioni scientifiche, reperite presso la Biblioteca della Facoltà di Geologia dell'Università di Milano e presso il Museo di Scienze Naturali di Bergamo, ed in particolare:



Articoli scientifici di interesse generale

- **Associazione nazionale di Speleologia** (1988) “*Atti del convegno nazionale sul carsismo nelle evaporiti*”
- **AA.VV.** (1990) “*Guide geologiche regionali - Alpi e prealpi Lombarde*” - a cura della Soc. Geol. It. - Dip. Sc. Terra Univ. Milano.
- **Bendotti, Burlini, Francani, Saibene, Zappone** (1988) “*Studio idrogeologico delle esondazioni dei fiumi Adda, Brembo e Serio*” Studi idrogeologici sulla Pianura Padana, vol. n° 4.
- **Casati P., Gnaccolini M.** (1967) “*Geologia delle Alpi Orobie Occidentali*” - Riv. It. Paleont. Strat., vol. n° 73 - allegati: Carta geologica scala 1:25.000.
- **De Sitter L.U., De Sitter Koomans C.M.** (1949) “*The geologi of the Bergamasc Alps, Lombardia, Italy*” Leidse Geol. Meded.
- **Gaetani M., Jadoul F.** (1979) “*The structure of the Bergamasc Alps*” Rend. Acc. Naz. Lincei Cl. Sc. Mat. Fis. Nat., vol. n° 66
- **Schonborn G.** “*Alpine tectonics and kinematics models of the Central Southern Alps*” Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, vol XLIV
- **Servizio Geologico d’Italia** Carta geologica d’Italia alla scala 1:100.000 - Foglio n° 33 Bergamo
- **Servizio Geologico d’Italia** Carta geologica d’Italia alla scala 1:100.000 - Foglio n° 19 Tirano

Pubblicazioni sul clima

- **AA.VV.** (1981) *“Condizioni termopluviometriche della Lombardia”* Atti Ist. Sc. Terra Pavia
- **Ministero LL.PP. - Servizio Idrografico** (1973) *“La nevosità in Italia nel quarantennio 1921-1960”* Pubbl. Serv. Idrog. n° 26.
- **Ministero LL.PP. - Servizio Idrografico** (1973) *“Carta della precipitazione nevosa media annua in Italia dal 1921 al 1960 alla scala 1:1.000.000”* Allegato alla Pubbl. Serv. Idrog. n° 26.
- **Ministero LL.PP. - Servizio Idrografico** (1959) *“Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921-1950”* Pubbl. Serv. Idrog. n° 24
- **Ministero LL.PP. - Servizio Idrografico** (1959) *“Precipitazioni massime di durata da 1 a 5 giorni consecutivi per il trentennio 1921-1950”* Pubbl. Serv. Idrog.
- **Ministero LL.PP. - Servizio Idrografico** *“Annali idrologici”* relativi agli anni 1951-1971
- **Regione Lombardia - Centro Nivometeorologico** (1991-95) *“Sintesi dei dati delle Stazioni Nivometeorologiche della Regione Lombardia”*
- **Cati L.** (1980) *“Carta delle isoiete della precipitazione media annua del cinquantennio 1921-1970”* Pubbl. Min. LL.PP. - Uff. Idrografico del Po.

Legende per la cartografia:

- **AA. VV. - Gruppo di lavoro per la cartografia geomorfologica** (1994) *“Carta geomorfologica d’Italia 1:50.000 - guida al rilevamento”* Quad. Serv. Geol. Naz. Serie III vol. n° 4.

- **Mari, Motteran, Scalise, Terribili, Zattini** (1993) “*Carta geologica d’Italia 1:50.000 - guida al rilevamento*” Quad. Serv. Geol. Naz. Serie III vol n° 1.
- **Mari, Motteran, Scalise, Terribili e Zattini** (1995) “*Carta idrogeologica d’Italia - 1:50.000 Guida al rilevamento ed alla rappresentazione*” Quad. Serv. Geol. Naz. Serie III vol n° 5.
- **Panizza M.** (1972) “*Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio*” Boll. Soc. Geol. It., vol. n° 91
- **Pellegrini et Al.** (1993) “*Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo*” Geog. Fis. Din. Quat.
- **Regione Lombardia** (1992) “*Norme tecniche per la realizzazione della cartografia geoambientale alla scala 1:10.000*”
- **UNESCO** (1970) “*International legend for Hydrogeological maps*”

#### I TECNICI

Dr. geol. Mario Spada

Dr. geol. Gian Marco Orlandi

Con la collaborazione di

Dr. geol. Susanna Bianchi



### **3.5 ALLEGATI**

Allegato n° 1: Corografia, scala 1:25.000

Allegato n° 2: Aree estrattive del territorio Comunale: estratto del Piano Cave  
vigente della Provincia di Bergamo.

Allegato n° 3: Dati climatici:

Precipitazioni medie mensili 1921-1950

Precipitazioni durata 1-5 gg. dal 1921 al 1950