

COMUNE DI SANTA BRIGIDA

PROVINCIA DI BERGAMO

STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE

ADEGUAMENTO AI SENSI DELLA L.R. 12/05

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

Committente: COMUNE DI SANTA BRIGIDA			Codice Progetto: 06_01_040		
I Tecnici: dr. M. SPADA – dr. G.M. ORLANDI			Data: OTTOBRE 2011		
Data:	Revisione:	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
	<i>Studio Associato di Geologia Spada di Spada M., Orlandi G.M., Bianchi S. Via Donizetti n° 17 – Ranica (BG) Tel: 035/516090 – fax: 035/513738 – e_mail: info@studiogeospada.it</i>				

INDICE

1.0 PREMESSE.....	3
2.0 STUDI ED APPROFONDIMENTI.....	6
2.1 Lenti di gesso ed anidride e relativi depositi di alterazione	7
2.2 Dissesto della ex. Cava Carale ed opere di consolidamento.....	15
2.3 Problematiche idrauliche ed idrogeologiche lungo le valli.....	20
2.4 Analisi delle deformazioni superficiali del suolo con iterferometria radar	23
3.0 INFORMATIZZAZIONE DATI.....	29
4.0 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....	31
4.1 Procedure Regionali per la zonazione sismica del territorio comunale.....	32
4.2 Analisi di pericolosità sismica di 1° livello.....	33
4.3 Considerazioni conclusive	40
5.0 CARTA DEI VINCOLI.....	41
6.0 CARTA DI SINTESI.....	47
7.0 CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO	60
7.1 Classificazione di fattibilità geologica.....	65
8.0 CONSIDERAZIONI FINALI	72
9.0 DOCUMENTAZIONE DI PIANO VIGENTE.....	75
ALLEGATI.....	76

1.0 PREMESSE

Il presente documento, redatto su incarico del Comune di Santa Brigida (BG), ha lo scopo di illustrare il lavoro svolto per predisporre l'adeguamento dello studio geologico vigente ai sensi delle nuove normative (L.R. 12/05 e successive delibere applicative).

Il Comune di Santa Brigida è dotato di studio geologico del territorio Comunale, redatto dagli Scriventi nel novembre 1997, ai sensi della D.G.R. n° V/36147 del 18/05/93 (in quanto precedente alla L.R. 41/97) ed approvato, con prescrizioni, dalla Regione Lombardia con parere prot. N° Z1.1999.0019508 del 26/10/1999.

A seguito dell'entrata in vigore del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po, il piano geologico è stato considerato conforme ed il Comune è stato inserito nell'elenco B1 della D.G.R. n° 7/7365 del 11/12/01.

A seguito di tale classificazione l'Amministrazione si è limitata ad inviare in Regione Lombardia la carta di fattibilità geologica (integrata con le prescrizioni del parere di cui sopra e l'inserimento della nuova area L. 267/98 sulle ex miniere di gesso in sotterraneo) e la carta PAI aggiornata.

Attualmente il Comune di Santa Brigida rientra nell'elenco in tabella 2 – allegato 13 – della d.g.r. 8/7374 del 28/05/2008 ed è classificato come: “esonero dal PAI – con quadro del dissesto vigente aggiornato”.

A seguito dell'entrata in vigore della L.R. 12/05 si sono modificati in Regione Lombardia molti aspetti in materia urbanistica ed ambientale, compresi anche alcuni aspetti inerenti gli studi geologici di supporto alla pianificazione comunale.

Il Comune ha attualmente in corso la predisposizione del nuovo Piano di Governo del Territorio e quindi è tenuto, per legge, a prevedere l'adeguamento anche dello studio geologico vigente ai dettami della L.R. 12/05 e succ. delibere applicative.

In particolare la D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008 (che ha sostituito la d.g.r. n° 8/1566 del 22/12/05 a seguito dell'entrata in vigore del nuovo testo unico delle costruzioni), fornisce i nuovi criteri attuativi per la componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto dei PGT.

Per quanto riguarda il Comune di Santa Brigida, nonostante il piano geologico risalga al 1997 (integrato nel 2002 per il PAI), lo stesso comprende già la maggior parte delle novità introdotte dalla delibera di cui sopra, quali per es.: estensione della carta di sintesi a tutto il territorio Comunale, aggiornamento della vincolistica del PAI, ecc.

A seguito di una prima fase di lavoro di controllo, verifica e revisione del piano vigente si è ritenuto di mantenerlo valido in tutte le sue fasi di inquadramento e di analisi.

L'unico aspetto completamente nuovo è quello relativo alla COMPONENTE SISMICA. Le procedure inerenti la valutazione della pericolosità sismica locale del territorio Comunale sono il principale oggetto del presente lavoro.

Inoltre, dato che sono passati ormai quasi 15 anni dalla predisposizione dello studio iniziale e, nel frattempo, il Comune di Santa Brigida è stato interessato da alcuni eventi alluvionali (tra cui l'alluvione del novembre 2002), è stato oggetto di molti studi per differenti problematiche, a carattere geologico ed idrogeologico ed è stato interessato da importanti interventi di difesa del suolo (ex cava Carale, per es.), si è ritenuto fondamentale aggiornare il quadro delle conoscenze su alcuni aspetti specifici, come dettagliato al seguente paragrafo.

Nel periodo trascorso il Comune si è anche dotato del Piano del Reticolo Idrico Minore (RIM), ai sensi della D.G.R. n° 7/7868 del 25/01/2002.

Il Piano è stato redatto dagli Scriventi nel febbraio 2010 con aggiornamenti nel luglio 2010.

Lo stesso ha ricevuto il parere favorevole dello STER di Bergamo con lettera prot. AE02.2010.0001986 del 06/08/2010 ed è stato adottato dal Comune.

Poiché il RIM rappresenta lo strumento di massimo dettaglio per l'aspetto specifico, gli elementi vincolistici (fasce di rispetto fluviale) e normativi (regolamento di polizia idraulica) sono stati integralmente recepiti nelle tavole e sono richiamati nelle norme geologiche del presente lavoro.

Il piano geologico completo, adeguato ai sensi della L.R. 12/05, è costituito dalla seguente documentazione:

- *Tavole dalla 1 alla 5 dello studio del 1997, con allegati e relazione tecnica illustrativa*
- *Carta del quadro del dissesto PAI del 2002*
- *Carta della pericolosità sismica locale, carta dei vincoli, carta di sintesi, carta di fattibilità geologica (su aerofotogrammetrico e su CTR) e norme geologiche di piano, predisposti con il presente adeguamento.*

Tutti i dati sono stati informatizzati con software di tipo GIS (arc-view).

Di seguito si illustra e si dettaglia il lavoro svolto e le scelte operate.

2.0 STUDI ED APPROFONDIMENTI

Come già segnalato al paragrafo precedente lo studio geologico di Santa Brigida risale al 1997 ed oggi, a quasi 15 anni dalla predisposizione, la necessità di adeguarlo alle nuove disposizioni della L.R. 12/05 e della d.g.r. n° 8/7374 del 28/05/2008 costituisce anche un'occasione per procedere ad alcuni approfondimenti, su aspetti ed argomenti specifici.

In questi anni il territorio di Santa Brigida è stato oggetto di svariati studi geologici ed idrogeologici, a supporto di interventi di difesa del suolo e/o di opere pubbliche, ecc. ed i dati acquisiti consentono di effettuare degli approfondimenti e della analisi di maggior dettaglio.

Gli argomenti di maggiore interesse e criticità del territorio erano stati già segnalati nelle conclusioni dello studio del 1997, conclusioni che si riprendono di seguito velocemente:

1. *“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 carniole e **potenti depositi di terreni limosi ocra di alterazione con scadenti caratteristiche geotecniche**”.*
2. *“... 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**)....”.*
3. *“.....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”.*
4. *“.....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”.

5. In aggiunta ai punti precedenti il territorio Comunale è stato interessato da uno **studio di dettaglio delle deformazioni superficiali e dei movimenti del terreno**, da parte della Soc. TRE, con la tecnica dell'**interferometria satellitare**. Si tratta di dati ed elementi di estrema importanza per la valutazione delle condizioni di stabilità delle differenti aree del territorio. I risultati dello studio sono stati utilizzati per gli azionamenti di fattibilità del territorio Comunale e quindi si è ritenuto doveroso un approfondimento specifico sulla tematica.

I punti da 1 a 3 sono stati oggetto di approfondimenti e di seguito verranno analizzati in dettaglio, illustrando le nuove conoscenze acquisite e dettagliando le relative ricadute in termini di fattibilità e di normativa geologica.

Il punto 4 resta ancora ad aggi da approfondire, in quanto il Comune è privo di un'analisi idrogeologica puntuale e complessiva del proprio territorio. Si ribadisce che, a parere degli Scriventi, questo è un elemento che merita approfondimenti, stante la sempre maggiore importanza della risorsa idrica, sia in termini potabili che anche come potenziale fonte di energie rinnovabili (micro-impiani idroelettrici prima della distribuzione dell'acqua potabile).

Il punto 5 ha, invece, reso disponibili una serie di dati sui movimenti del sottosuolo, per il periodo 2002-2010 di estrema importanza, con l'utilizzo di una tecnica molto innovativa (interferometria satellitare), che sono stati integrati ai rilievi di terreno ed ai dati di sottosuolo per le valutazioni sulla stabilità dei siti.

2.1 Lenti di gesso ed anidride e relativi depositi di alterazione

Le rocce evaporitiche sono, dal punto di vista meccanico, rocce tenere, facilmente alterabili ed erodibili per azione delle acque; come tali sono spesso fonte di gravi problematiche sia per le opere ingegneristiche che in materia di difesa del suolo

(subsidenza e/o rigonfiamento del terreno, cedimenti e collassi di cavità naturali ed antropiche nel sottosuolo, ecc.).

I gessi e le anidriti presenti nel Comune di Santa Brigida, costituiscono una delle lenti evaporitiche presenti in Provincia di Bergamo nella Formazione di San Giovanni Bianco, una tipica unità stratigrafica di età Carnico Superiore estesa in tutto il Bacino Lombardo.

La particolarità delle caratteristiche geomeccaniche delle evaporiti è diretta funzione della loro natura.

I depositi evaporitici si formano preferenzialmente solo in aree confinate, caratterizzate da condizioni climatiche particolari, cioè nelle quali si generano fluidi ipersalini, a causa dell'intensa evaporazione e di un carente afflusso di acque marine a salinità normale o di acque dolci tale da contrastare il progressivo incremento della salinità.

L'evaporazione progressiva di acqua marina provoca la precipitazione di una successione ordinata di minerali a solubilità crescente, a partire dai carbonati fino ai sali di potassio.

L'evaporazione totale di una colonna di 1000 m di acqua di mare crea poco più di 15 metri di depositi evaporitici tra cui: 0,2 m di carbonato di calcio, 1 m. di gesso, 12 metri di cloruro di sodio e circa 2,5 m. di sali di potassio. La presenza in natura di depositi evaporitici di spessore elevato (parecchie decine\centinaia di metri) non può essere spiegata con un solo ciclo di evaporazione del bacino contenente acqua marina, ma indica piuttosto periodi di tempo lunghi in cui si sono alternati apporti di acqua salata ed episodi di evaporazione.

I minerali evaporitici più comuni e maggiormente presenti in natura sono: gesso, anidrite e salgemma ed in misura molto minore la calcite.

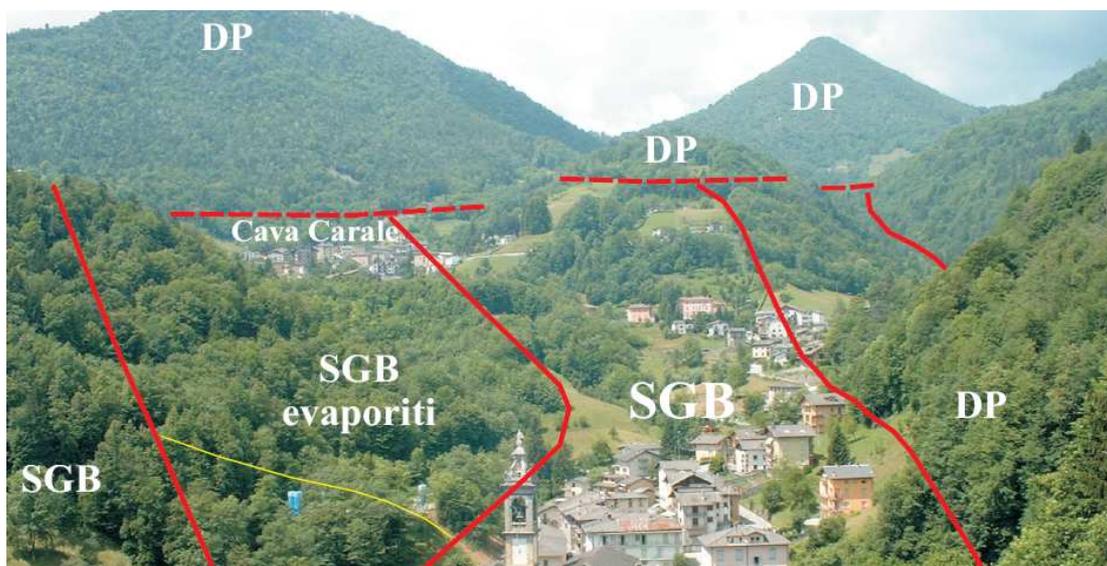
Per la formazione di evaporiti è necessario un delicato equilibrio ambientale e la concomitante azione di vari fattori per ottenerne spessori significativi. L'evoluzione che tali rocce subiscono nella loro storia geologica dopo la loro formazione è altrettanto importante per quanto riguarda le caratteristiche che queste rocce assumono alla fine della loro storia e alle possibili interferenze con le opere ingegneristiche ed alle criticità in materia di difesa del suolo.

Il territorio di Santa Brigida (BG) è, come già anticipato, caratterizzato da una grande diffusione e da una notevole concentrazione di rocce evaporitiche.

In particolare, come è possibile osservare nella carta geologica in allegato 1, tutta la porzione centrale del territorio, su cui sorge l'abitato principale e le frazioni limitrofe, sorge sopra una lente evaporitica di quasi 65 ettari di superficie, lente all'interno della quale si sono sviluppati, in passato, i tre poli estrattivi in sotterraneo.

L'assetto strutturale e le relazioni stratigrafiche tra le formazioni nell'area, mostrano che i gessi sono stati coinvolti nelle deformazioni tettoniche conseguenti alla presenza di importanti sovrascorrimenti.

Immediatamente ad ovest dell'abitato, in corrispondenza della strada che collega Santa Brigida a Cusio, si individua il contatto tettonico che si immerge verso ovest ed ha portato la Dolomia Principale (DP) (Norico) (che costituisce le cime del Monte Disner e del Pizzo Cusio), a sovrascorrere sui terreni più antichi della Formazione di San Giovanni Bianco (SGB), che formano il substrato dei versanti sui quali si sviluppano Santa Brigida, Bindo e Averara (vedi foto seguente).



In questi versanti, morfologicamente meno acclivi e più morbidi, i gessi affiorano in corrispondenza del nucleo di una blanda sinclinale col fianco di sud-est poco inclinato e quello di nord-ovest verticalizzato. La sinclinale è tagliata da una faglia in corrispondenza del contatto tra le lenti di evaporiti e le facies carbonatico-marnose della Formazione di San Giovanni Bianco. Verso nord la sinclinale è limitata da un sistema di faglie ad andamento circa est-ovest che portano in affioramento e a contatto con la Formazione di San Giovanni Bianco una scaglia di Dolomia Principale e, più a nord, le formazioni del Calcarea di Esino (Ladinico-Anisico sup.) e del Calcarea di Angolo (Anisico medio-sup.).

Gli affioramenti dei gessi sono generalmente scarsi e coincidono con i fronti di ingresso delle tre ex cave presenti nel territorio di Santa Brigida; i processi di alterazione meteorica (frequenti le strutture carsiche di dissoluzione, tipici i rillen karren, e l'accumulo di prodotti del disfacimento dei gessi), insieme alla deformazione tettonica, hanno spesso obliterato le strutture sedimentarie originarie.

Lo spessore complessivo della lente è di circa un centinaio di metri.

Malgrado i livelli evaporitici siano stati profondamente deformati e in parte scompaginati è ancora possibile osservare alcune strutture riconducibili a quelle originarie deposizionali (variazioni litologiche e tessiturali, spesso espresse da bande di colore generalmente centimetriche-millimetriche).

La componente gessosa è presente, di regola, nella parti più superficiali della lente e nelle zone con presenza di circolazione idrica, la stessa ha spessori variabili da pochi metri sino a oltre 20-30 metri, mentre le porzioni più profonde sono caratterizzate dalla presenza di anidrite.

Le rocce evaporitiche sono fortemente soggette a fenomeni di degrado e disgregazione di tipo chimico, principalmente ad opera delle acque, e costituiscono potenziali situazioni di rischio se non si eseguono le necessarie verifiche preliminari e non si adottano le doverose salvaguardie.

I fenomeni di degrado, per esposizione sub-aerea o per circolazione di acqua sono comuni a molte rocce, ma quello che rende assolutamente particolari gesso ed anidrite è la tempistica in cui tali fenomeni si sviluppano.

Altre tipologie di rocce evaporitiche quali i sali sono soggette a fenomeni di dissoluzione delle acque in maniera pressochè istantanea, per cui vengono generalmente scartate a priori come contesto geologico per opere ingegneristiche o per interventi edilizi.

Le rocce carbonatiche (calcari e dolomie per es.) sono anch'esse soggette a fenomeni di alterazione e dissoluzione ad opera delle acque di percolazione e circolazione, ma si tratta di fenomeni che avvengono, in genere, in tempi quasi geologici, e quindi hanno limitato interesse per l'opera dell'uomo, salvo casi particolari.

I fenomeni di dissoluzione e di decadimento delle caratteristiche meccaniche per gessi ed anidriti avvengono in tempi che variano dai mesi alle decine/centinaia di anni, per cui fortemente interagenti con le opere ingegneristiche ed umane.

E' evidente che in contesti geologici dove queste rocce sono presenti non si possono non considerare i fenomeni evolutivi nel tempo per una corretta valutazione della pericolosità del sito e per la tutela della popolazione e delle opere nel tempo.

Nella letteratura tecnica e scientifica sono frequenti le casistiche di problematiche, anche molto gravi, di stabilità e tenuta di opere ingegneristiche (strade, ponti, gallerie, edifici, cave, ecc.) a causa dei fenomeni evolutivi delle rocce gessose s.l.

In dettaglio le principali problematiche che possono verificarsi fanno principalmente capo a due categorie principali:

1. problematiche connesse ai fenomeni di degrado geomeccanico e di dissoluzione vera e propria delle rocce gessose ad opera delle acque
2. problematiche connesse all'aumento di volume per i fenomeni di idratazione dell'anidrite.

I problemi connessi alla prima categoria fanno riferimento alla solubilizzazione del gesso in presenza di acqua.

Le conseguenze principali del fenomeno sono la creazione di vuoti e cavità, nonché il forte decadimento delle caratteristiche geomeccaniche della roccia, con conseguenti fenomeni di cedimento ed assestamento delle strutture presenti.

Nel secondo caso i problemi sono di tipo opposto: infatti il passaggio tra anidrite e gesso, in presenza di acqua comporta un aumento del volume della massa fino al 60%, con problemi facilmente comprensibili per tutte le opere eventualmente connesse.

E' in realtà è da considerare che l'anidrite è anch'essa una roccia solubile ed in presenza di acqua si dissolve.

In condizioni di forte carico e di confinamento litostatico l'acqua che circola e dissolve l'anidrite non è libera di muoversi per cui rideposita gesso in maniera pressochè istantanea, con conseguente aumento di volume.

Quello che capita molto più spesso nelle vicinanze della superficie topografica, in assenza di un forte confinamento, è la fase di dissoluzione dell'anidrite e la conseguente sovrasaturazione delle acque in solfato di calcio.

Tali acque cristallizzano e depositano gesso nelle aree in cui trovano condizioni ideali: le predette aree possono essere vicine alla zona di dissoluzione come pure distanti anche alcuni km: l'effetto è comunque quello di un forte rigonfiamento del terreno con danneggiamento delle opere ingegneristiche.

In aggiunta alle problematiche proprie delle rocce evaporitiche è da considerare che le stesse, nel territorio in esame, sono coperte da potenti spessori (da pochi metri ad oltre 30 metri, secondo i dati di sottosuolo disponibili) di materiali limoso-sabbiosi-argillosi, di colore ocra, con clasti e ghiaia.

La matrice fine è sempre molto abbondante e governa il comportamento dei terreni, che reagiscono, a breve termine, in modo non drenato; la stessa è prevalentemente limoso sabbiosa e presenta valori medio bassi di plasticità e liquidità (nella Carta di Casagrande classificabili come "argille inorganiche di media-bassa compressibilità).

In questi terreni non esiste una vera e propria falda nel sottosuolo, ma sono presenti scorrimenti localizzati, legati sia a linee di deflusso preferenziali che alla presenza di

lenti con maggiore componente granulare, che sono in grado di consentire il deflusso delle acque sotterranee.

La presenza di acque causa il rammollimento delle caratteristiche geotecniche di tali terreni e li trasforma in un sottofondo fortemente compressibile e spesso soggetto a fenomeni di instabilità.

Oltre alle problematiche sopra dettagliate, esistono, nel territorio di Santa Brigida, quelle aggiuntive connesse alle attività estrattive pregresse, in sotterraneo, con gravissimi problemi geologici ed idrogeologici (per i cui dettagli si rimanda alla relazione del 1997, agli studi della ex. L. 267/98 ed al par. successivo).

Le rocce evaporitiche, proprio per le peculiari caratteristiche sopra riportate, sono state inserite in classe di fattibilità geologica 3 (salvo aggravamenti in classe 4 per problemi di instabilità, presenza di cavità sotterranee potenzialmente collassabili, ecc.).

La geometria della lente è stata leggermente rivista ed aggiornata in base ai nuovi dati di sottosuolo disponibili, rispetto al piano del 1997. Sono state inserite nella stessa sottoclasse anche le aree marginali delle lenti evaporitiche, che sono caratterizzate da presenza di brecce e carniole e quindi idrogeologicamente complesse.

Si è ritenuto opportuno fare un passo ulteriore ed alle lenti evaporitiche è stata riservata una sottoclasse puntuale, con una normativa specifica.

In allegato al presente studio (vedi allegato 2) si è ritenuto utile ed importante inserire un articolo, recentemente pubblicati sul libro a cura di Nova e Castellanza, che tratta la caratterizzazione meccanica delle evaporiti della Formazione di San Giovanni Bianco ed i relativi fenomeni di degrado. La bibliografia di tale articolo può costituire spunto ulteriore per approfondire la tematica.

2.2 Dissesto della ex. Cava Carale ed opere di consolidamento

Il territorio di Santa Brigida è stato interessato, a partire dagli ultimi anni del 1800 fino agli anni '70, da una intensa attività estrattiva di gesso e di anidrite.

L'attività si è concentrata in tre poli estrattivi, localizzati nelle immediate vicinanze del centro abitato: Bolferino-Grassello, Cornello e Carale (per maggiori dettagli sulla attività estrattiva progressi è possibile fare riferimento alla relazione del 1997).

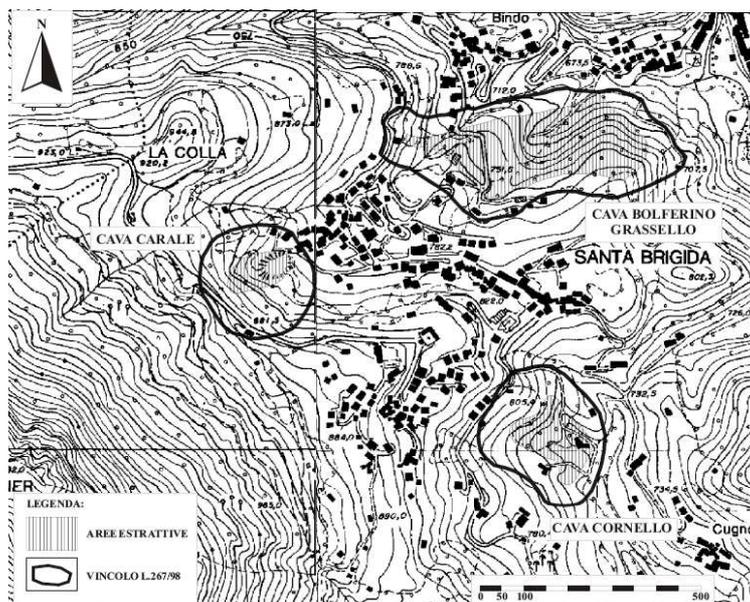
L'escavazione avveniva inizialmente all'aperto e poi passava in galleria; la tecnica adottata per l'escavazione in sotterraneo era del tipo camere e pilastri.

I livelli erano fino a 5 e raggiungevano profondità di oltre 40-50 m dal p.c.

Le gallerie avevano notevoli dimensioni (indicativamente 6 m x 6 m) ed erano sostenute da pilastri di dimensioni analoghe e potevano permettere la circolazione dei mezzi d'opera in fase di estrazione del materiale.

L'attività, in fase esecutiva, ha creato centinaia di migliaia di mc di vuoti estrattivi.

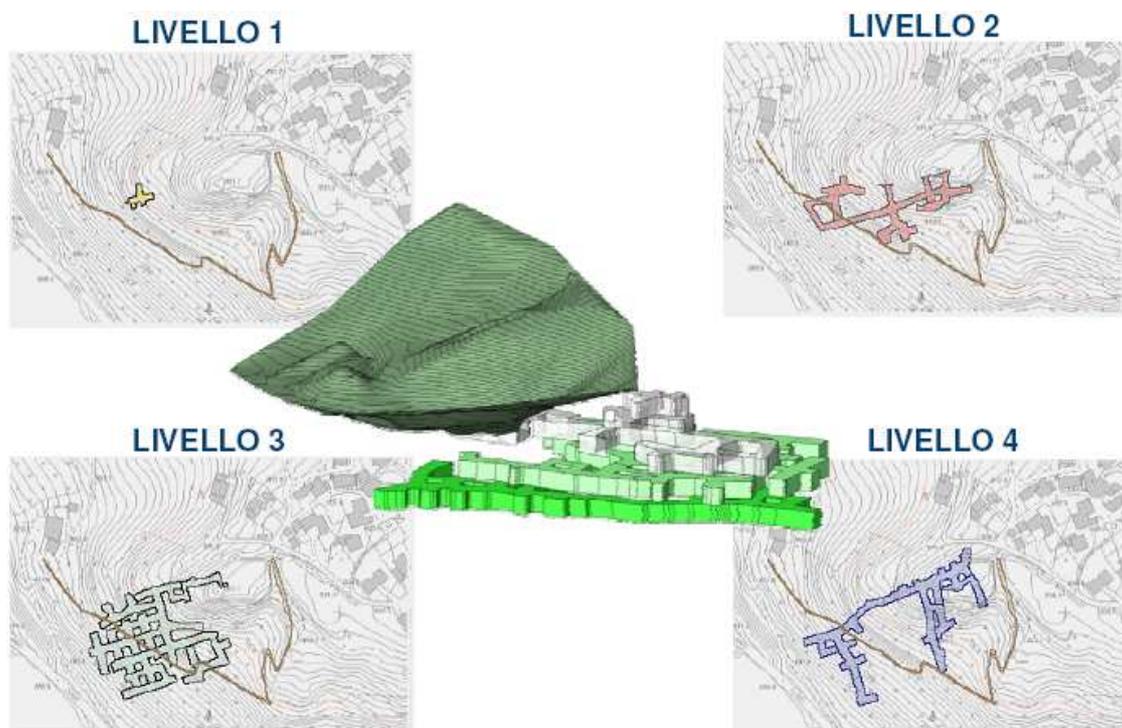
Attualmente tutte e tre le zone sono perimetrate come aree a grave rischio idrogeologico ai sensi della L. 267/98 (legge "Sarno") per un totale di 25 ettari di territorio vincolati.



Data la particolare natura geologica del territorio comunale, con presenza di gessi ed anidriti nel sottosuolo e potenti depositi limoso argillosi di alterazione in superficie, è facile immaginare come tali estrazioni abbiano provocato sia una notevole serie di vuoti sotterranei nei pressi del centro abitato che una rilevante alterazione del regime idrogeologico.

In alcune situazioni l'attività estrattiva in sottosuolo ha rotto la zona di contatto impermeabile tra le rocce carbonatiche ed il giacimento evaporitico: le acque, che uscivano a giorno con sorgenti o che avevano altri punti di recapito, sono state drenate all'interno del giacimento stesso. Questa situazione ha potenziato ed accelerato i fenomeni di alterazione e dissoluzione.

La situazione a maggior rischio è quella della **ex Cava Carale**, per la presenza dell'abitato omonimo immediatamente a valle e della S.P. ubicata a monte.



In questo cantiere l'estrazione è avvenuta su quattro livelli, di cui tre al di sotto della superficie di falda (vedi immagine sopra riportata), per cui l'acqua veniva pompata fuori durante i lavori.

Il cantiere è stato chiuso nel 1972 e la situazione si è aggravata nel tempo, dato che due livelli sono ancora completamente allagati, ed il volume di vuoti, riempiti dall'acqua, era dell'ordine di 60.000 mc.

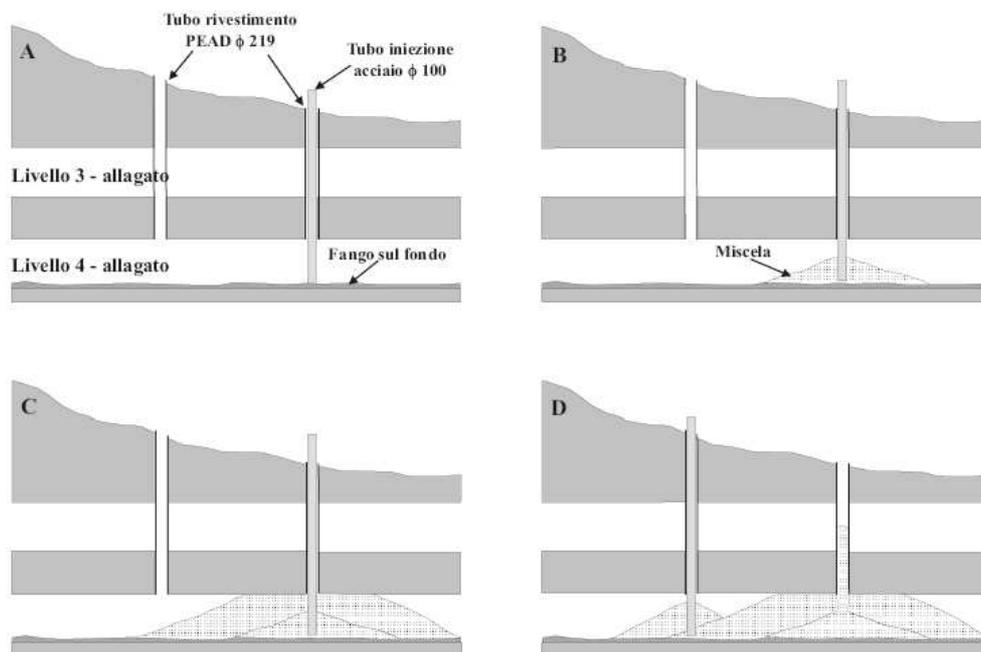
Il versante soprastante presenta fenomeni di sprofondamento, oltre una serie di frane per il rilascio tensionale dei terreni di copertura.

L'aspetto più preoccupante è che l'acqua continua a circolare nel sottosuolo, con i conseguenti fenomeni di degrado delle rocce evaporitiche, con un'accelerazione ed un peggioramento ed il conseguente aggravamento dei rischi nel tempo.

Lo scenario critico potenziale è quello di un collasso progressivo dei pilastri delle gallerie, con conseguente spinta in pressione dell'acqua verso l'abitato a valle, con potenziali conseguenze catastrofiche.

A seguito della valutazione dei rischi del sito lo Stato Italiano, attraverso la Regione Lombardia in prima fase e successivamente direttamente con il Ministero dell'Ambiente ha finanziato una serie di lotti di intervento per il consolidamento e la messa in sicurezza del sito.

La soluzione individuata prevede il riempimento delle gallerie allagate attraverso l'iniezione dalla superficie di una miscela di acqua, terreno e cemento in proporzioni adeguate. Tale miscela consolidandosi assolve al duplice ruolo di riempire i vuoti, sostenendone le pareti e la volta in caso di cedimento dei pilastri e di sostituire progressivamente la maggior parte dell'acqua presente (vedi schema seguente).



Gli aspetti più delicati dell'operazione sono stati rappresentati dalla messa a punto della composizione della miscela e della tecnologia di miscelazione e iniezione della stessa con modalità e caratteristiche tali sia da riempire che da raggiungere un livello adeguato di consistenza all'interno di cavità invase da un'acqua ricca di solfati, con contenuti oneri economici.

Alcune soluzioni operative sono state messe a punto direttamente in cantiere durante i lavori per la realizzazione del primo intervento pilota.

Lo sviluppo della soluzione ha compreso i seguenti passaggi:

- Valutazione del rischio: modellazione del processo di degrado dei pilastri che sostengono le cavità, individuazione delle modalità di crollo, stima del tempo disponibile prima che la perdita di capacità portante porti al collasso del sito.
- Progettazione della miscela di riempimento e valutazione sperimentale in laboratorio delle caratteristiche ottenute.
- Sviluppo di un progetto pilota che ha compreso il riempimento di circa 6.000 metri

cubi di gallerie allagate nel livello 4.

- Costruzione dell'impianto di lavorazione di cantiere per la preparazione, miscelazione e iniezione della miscela.
- Prove in sito e di laboratorio per verificare i risultati del progetto pilota.
- Miglioramento delle soluzioni tecnologiche e sviluppo dell'intervento per lotti funzionali.
- Monitoraggio a lungo termine.
- Impostazione e progettazione dei lotti successivi di intervento

Maggiori dettagli tecnici sull'intervento sono contenuti nell'articolo allegato (allegato n° 3).

Ad oggi sono stati completati 3 lotti di intervento, per un volume di miscela iniettata (e conseguentemente di acque eliminata) di circa 40.000 mc. (la quale, considerando la presenza del fango sul fondo e il probabile inglobamento di ulteriore acqua all'interno, potrebbe aumentare il suo volume di un 7-8%), per un importo complessivo finanziato di circa € 3.000.000

Il lotto conclusivo (4° lotto) è stato finanziato nel 2011, nell'accordo quadro per la difesa del suolo tra Regione Lombardia e Ministero dell'Ambiente, e consentirà la conclusione dell'intervento, comprensiva anche della sistemazione esterna e della messa in sicurezza del versante.

2.3 Problematiche idrauliche ed idrogeologiche lungo le valli

Nel territorio di Santa Brigida, come per la maggior parte dei Comuni montani, le vallette presenti hanno uno spiccato regime torrentizio e sono spesso fonte di problematiche idrauliche ed idrogeologiche.

La D.G.R n. 7/13950, che ha demandato ai Comuni le competenze sul reticolo minore, ha anche individuato il reticolo principale, che resta di competenza Regionale, e che per il Comune di Santa Brigida è il seguente (vedi allegato 2 e carta dei vincoli):

- torrente Mora (val Mora) – tutto il corso
- torrente Stabina – tutto il corso
- torrente Bindo – tutto il corso
- valle Caprile – dallo sbocco alla baita Vai

Sono tutte valli con bacini idrografici di dimensioni rilevati. L'unica eccezione è rappresentata dalla **valle Bindo**, che è stata inclusa perché oggetto nel tempo di innumerevoli interventi di difesa idraulica.

In considerazione del fatto che la valle presenta importanti interferenze con l'abitato, si è ritenuto utile procedere, di seguito, alla descrizione delle sue caratteristiche.

La valle e' un affluente di destra della val Mora.

Il bacino idrografico si sviluppa nei territori di Santa Brigida e di Cusio e la valle raccoglie, attraverso vari affluenti minori, le acque dell'abitato principale e delle frazioni limitrofe. Lungo l'asta del torrente Bindo, a monte del centro abitato, è presente un importantissimo allineamento di sorgenti, che sono utilizzate, a scopo potabile, dall'acquedotto Comunale.

L'asta torrentizia è stata oggetto di una serie molto importante di interventi di regimazione idraulica e stabilizzazione del fondo e delle sponde, con difese spondali in massi a cls, sezioni regimate, briglie, soglie, ecc., soprattutto a seguito dell'evento alluvionale del 1987.

Durante tale evento alluvionale la valle Bindo è stata fonte di grandissimi problemi sia esondativi che erosivi, problemi amplificati dalla fortissima urbanizzazione delle aree limitrofe.

In relazione a tali fenomeni si reputa importante segnalare che negli ultimi anni, anche a seguito di una serie di temporali molto intensi, soprattutto nel periodo estivo, si sono generati una serie di problemi a carattere erosivo sul fondo e sulle sponde, quali:

- Forti fenomeni erosivi in sponda sinistra, subito dopo il ponte, con conseguente innesco di franamenti sulle sponde, franamenti che sono giunti a mettere a giorno il tubo dell'acquedotto comunale, attualmente in condizioni estremamente precarie. Nella zona, poco a monte, è presente anche una captazione dell'acquedotto stesso e la strada Comunale.
- Nel tratto subito a valle l'azione dell'acqua ha sottoescavato e scalzato in più punti le difese spondali in massi esistenti

La situazione è stata segnalata agli Enti competenti (STER di Bergamo) ma ad oggi non è ancora stata sistemata ed è chiaro che con il tempo il dissesto tenderà a proseguire ed ad accentuarsi, con possibili problemi di stabilità sia per la strada che per le captazioni dell'acquedotto.

Le principali caratteristiche morfometriche, con sezione di chiusura allo sbocco nel torrente Mora, come desunte dal SIBCA, sono di seguito riportate:

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

Denominazione	Torrente o valle Bindo
Codice SIBCA	B107
Codice DGR 01/08/03 n° 7/13950	BG054
Area planimetrica del bacino (km2)	4,6
Area effettiva del bacino (km2)	9,6
Pendenza media del bacino	0,53
Quota massima del bacino (m. s.l.m.)	1747
Quota minima del bacino (m. s.l.m.)	646
Quota media del bacino (m. s.l.m.)	1094

La portata di massima piena con tempo di ritorno centennale è stimata in circa 20 mc/sec., con un coefficiente di deflusso di 0,27.

Per quanto riguarda l'assetto idrologico generale del territorio è stato recentemente completato il Piano del Reticolo Idrico Minore, che è stato validato in linea tecnica dallo STER di Bergamo con parere prot. AE02.2010.0001986 del 06/08/2010.

Nel piano, proprio per la delicatezza della situazione nel territorio di Santa Brigida, sono state applicate sempre le fasce di 10 m. previste dal R.D. 523/1904 su tutti i corsi, senza alcuna riduzione, ridelimitazione e/o stralcio.

Tali fasce sono state anche inserite nel presente studio, con un'apposita sottoclasse della classe 4.

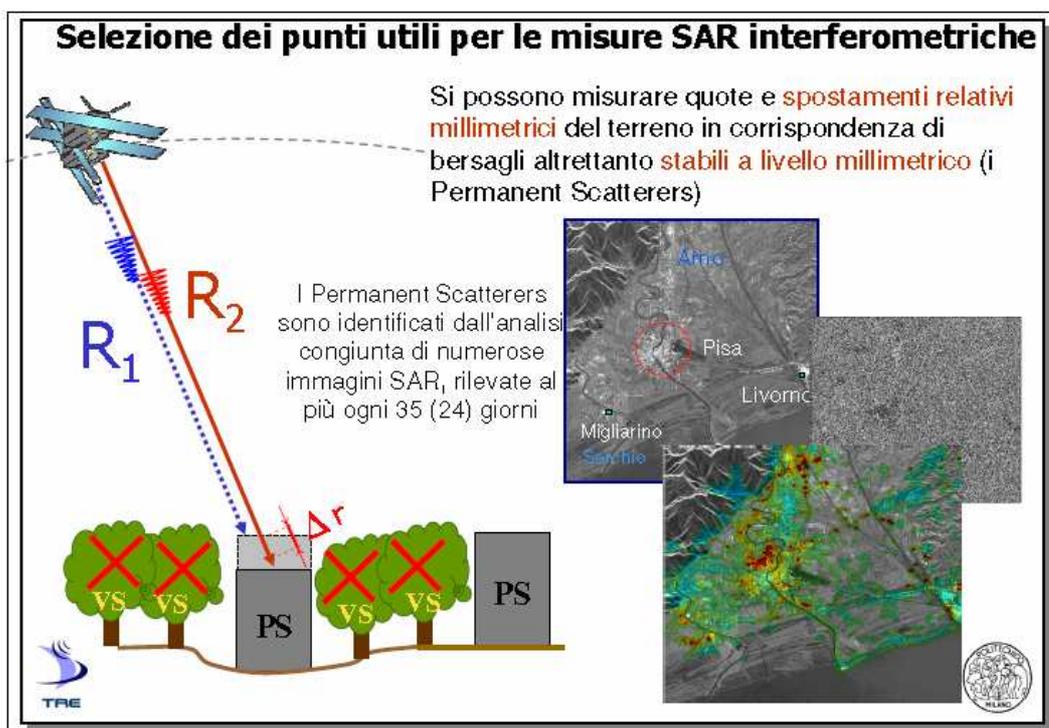
2.4 Analisi delle deformazioni superficiali del suolo con interferometria radar

Il monitoraggio del territorio, con la tecnologia del telerilevamento da satellite, è una metodologia che negli ultimi 10 anni si è molto sviluppata ed ha progressivamente aumentato la sua affidabilità e precisione.

Tale tecnica, che è innovativa nel campo del monitoraggio ambientale, è in grado di fornire misure accurate di spostamento su larga scala, a partire da lunghe serie di dati acquisiti da sensori radar di tipo SAR (Synthetic Aperture Radar) montati a bordo di satelliti che orbitano a circa 800 km di distanza dalla Terra.

Gli algoritmi di elaborazione numerica, su cui si basa la tecnica, sono frutto di studi e ricerche del “gruppo SAR” del Politecnico di Milano, che ha registrato, a livello internazionale, marchi come “POLIMI PS technique” e “PSInSAR”.

La tecnica PSInSAR sfrutta i PS (Permanent Scatterers), ossia “bersagli radar privilegiati” che l’occhio del satellite identifica sul territorio.



Le loro particolari caratteristiche consentono di ottenere misure accurate della distanza sensore-bersaglio, con la possibilità di apprezzare spostamenti millimetrici.

I PS corrispondono usualmente a manufatti (per esempio edifici, antenne, tralicci, blocchi di cemento, ecc.) o ad elementi naturali (per esempio rocce esposte) già presenti nell'area da esaminare e caratterizzati da una elevata stabilità del loro "segnale di risposta", o "firma radar", nel tempo.

Si può pensare ai PS come ad una fitta rete naturale di punti di misura da utilizzare sia per conoscere lo spostamento puntuale (come un singolo edificio), sia per ricostruire, su scala regionale, l'andamento dei moti superficiali (come subsidenze, frane o faglie sismiche).

Nell'ambito dei lavori per la messa in sicurezza della ex Cava Carale è stata affidato alla Soc. TRE un incarico per il monitoraggio di dettaglio delle tre zone estrattive nell'anno 2010, per verificare i movimenti e le deformazioni del sito durante i lavori.

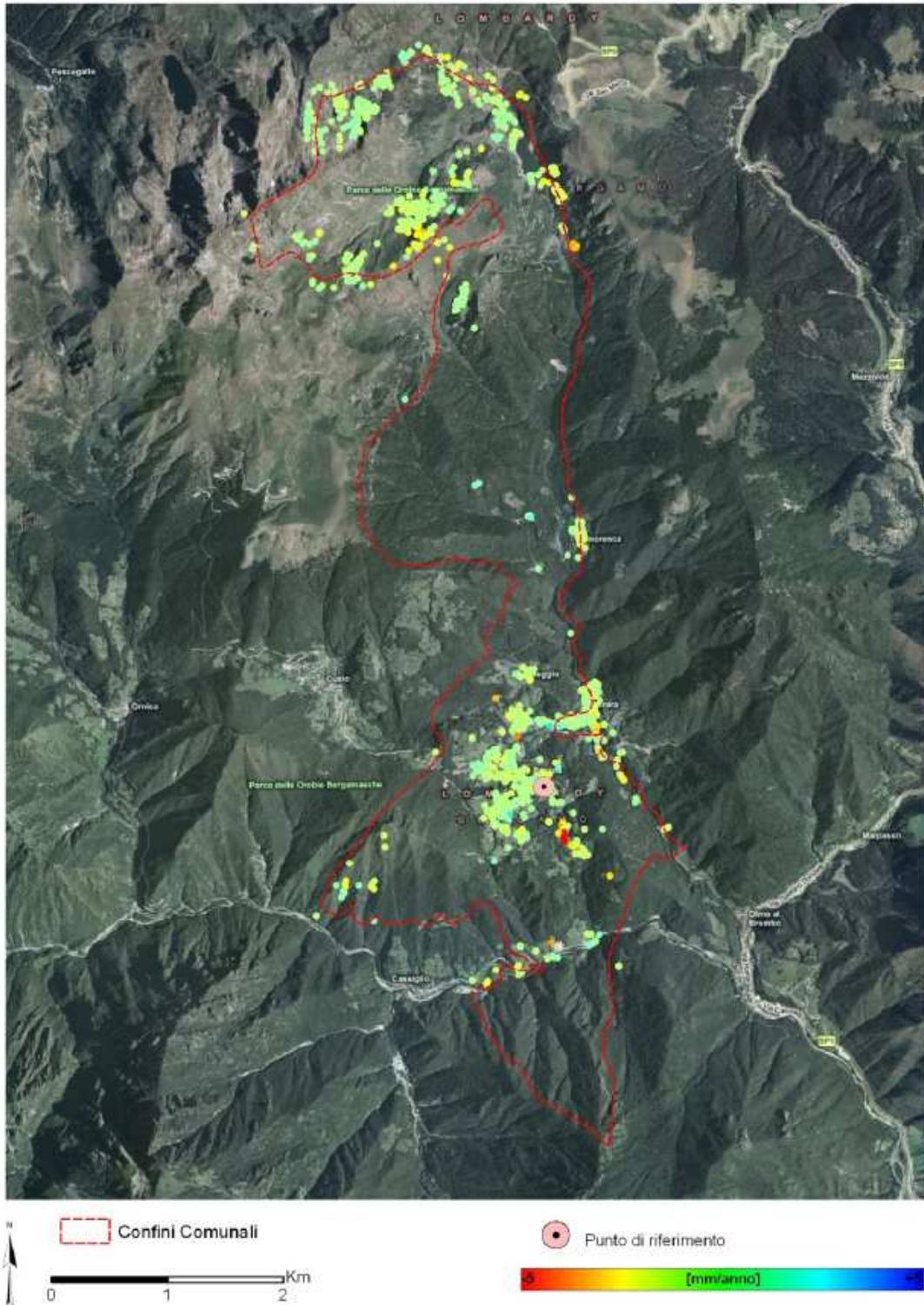
La mancanza di alcune immagini del satellite Radarsat ha fatto sì che la Soc. TRE proponesse, quale "compensazione", un ampliamento dello studio a tutto il territorio Comunale con l'utilizzo dei seguenti dati:

- Radarsat 1 – 2003-2009
- Evisat – 2002 – 2010.

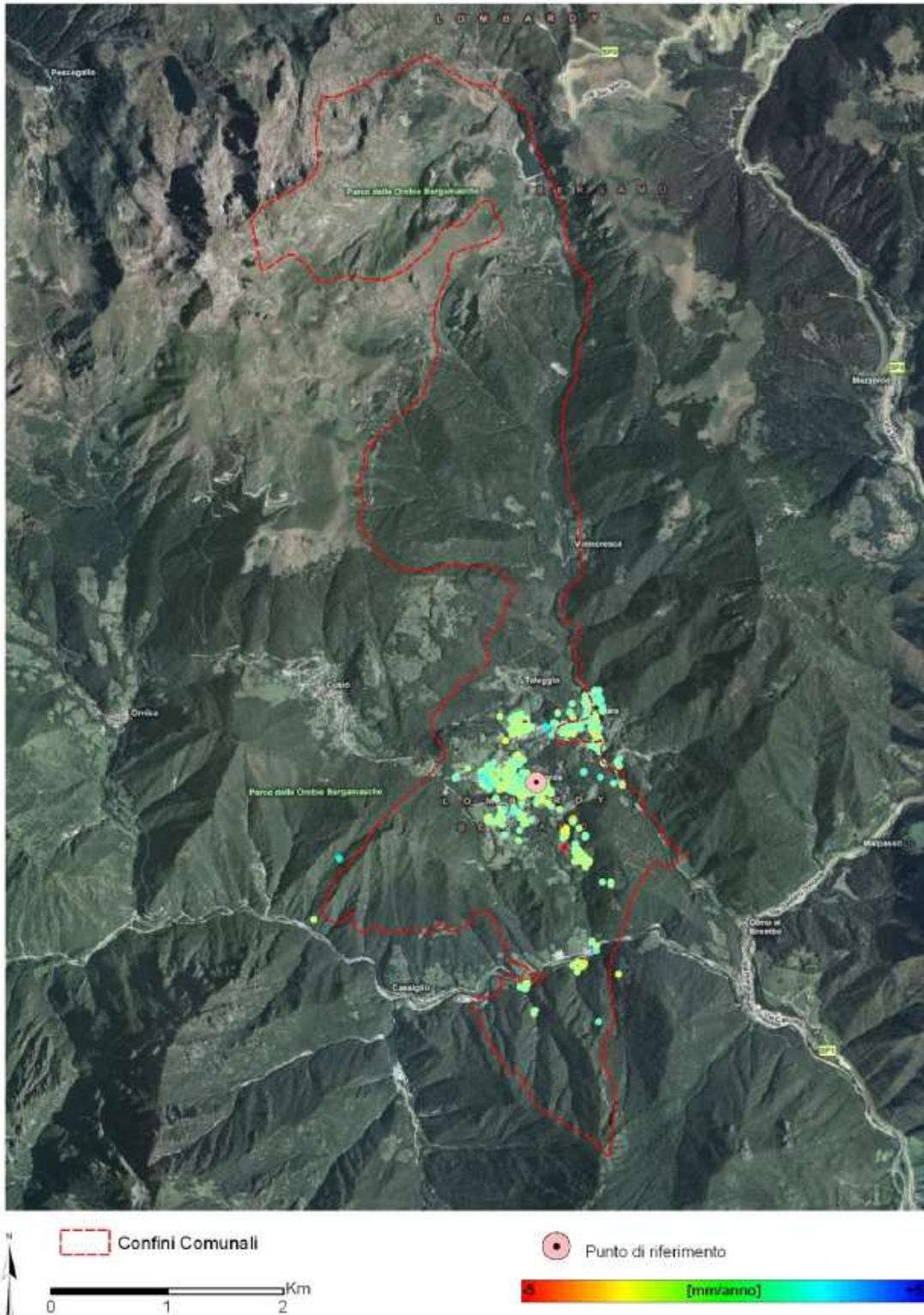
L'analisi condotta è di tipo "Local PSInSAR™", ovvero un'indagine di dettaglio utile ad estrarre il massimo contenuto informativo su tutta l'area di interesse.

L'elaborazione nel suo complesso è stata condotta con 140 immagini satellitari ed ha consentito di individuare oltre 2.000 PS per ciascuno dei quali sono state calcolate posizione, velocità media annua, quota e serie storiche di spostamento.

L'immagine seguente visualizza il campo della velocità di spostamento media dei PS rinvenuti dall'analisi delle immagini Radarsat 2003-2009.



L'immagine seguente visualizza il campo della velocità di spostamento media dei PS rinvenuti dall'analisi delle immagini Envisat 2002-2010.



Ogni misura di spostamento PS è monodimensionale ed è da intendersi lungo la direzione sensore-bersaglio (LOS – Line Of Sight), inclinata rispetto alla verticale di un angolo variabile a seconda del satellite utilizzato (per i satelliti Radarsat 1 circa 35°, per il satellite Envisat circa 23°).

In generale i risultati dell'analisi PSInSAR™ non sostituiscono le tradizionali strumentazioni di monitoraggio a terra ma sono ad esse complementari, in quanto aumentano la densità di punti di misura e forniscono informazioni pregresse.

Una peculiarità delle tecniche di telerilevamento è quella di offrire una visione sinottica dei fenomeni in atto e fornire non solo misure omogenee su vaste aree, ma anche la disponibilità di informazioni inedite (PS) sul grado di attività dei fenomeni franosi presenti nell'area.

L'analisi effettuata ha prodotto una buona copertura di PS sulle aree abitate e su tutte le infrastrutture, così come nella zona nord del comune.

Non è stato possibile individuare punti di misura naturali nelle aree più vegetate, così come su alcuni versanti le cui pendenze comportano, in fase di acquisizione del satellite, problemi di deformazione prospettica.

Per il periodo considerato (2002-2010) l'analisi ha fornito le seguenti indicazioni:

1. Una sostanziale stabilità nell'abitato di Santa Brigida ad eccezione di alcune singolarità non spazialmente correlate;
2. Le tre zone di cava Carale, Bolferino-Grassello e Cornello mostrano la seguente situazione:
 - nella zona di Cava Carale i riflettori artificiali registrano degli spostamenti di qualche mm/anno, ma necessitano di un intervento di revisione per

problematiche di gestione, pulizia, manutenzione, ecc. Per il resto non si evidenziano particolari situazioni di movimento;

- nella zona di Bolferino Grassello una struttura in prossimità di via Cassella presenta movimenti di circa -4 mm/anno; si tratta di un elemento isolato, mentre gli altri punti rilevati evidenziano una sostanziale stabilità;
 - nella zona di Cornello non si registrano moti rilevanti sui punti di misura individuati.
3. In località Pozzolo-Cugno si evidenziano, in una porzione di versante, dei movimenti che raggiungono il valore di -9 mm/anno lungo la direzione di vista del satellite
4. A nord del Comune il dato satellitare evidenzia sia la stabilità della diga di Alto Mora presente ai confini con il comune di Averara, sia un fenomeno franoso poco più a sud in attività (-3 mm/anno in direzione di vista del satellite ma in Comune di Averara).

I risultati dello studio sono stati utilizzati, ad integrazione degli altri dati disponibili (rilievi, sottosuolo, dati storici, ecc.) per gli azzonamenti in termini di fattibilità geologica del territorio Comunale.

Il report completo dello studio è disponibile presso il Comune.

3.0 INFORMATIZZAZIONE DATI

Il Comune di Santa Brigida aveva fatto predisporre, da una Ditta specializzata, un aerofotogrammetrico Comunale, alla scala 1:5.000 di tutto il territorio, con dettagli sui centri abitati alla scala 1:2.000 ed 1:1.000.

L'aerofotogrammetrico è stato ritenuto ancora valido (salvo l'aggiornamento di alcuni edifici, utile più ai fini della parte urbanistica), anche perché era stato predisposto già in formato digitale (.dwg per autocad).

Lo studio geologico del 1997 ed il successivo aggiornamento del 2002 erano stati predisposti in parte con disegni a mano ed in parte con programmi di grafica (corel-draw), e quindi si è proceduto alla completa digitalizzazione ed informatizzazione, secondo le disposizioni della Regione Lombardia.

Il primo passo del lavoro è stato quello dell'informatizzazione e della trasposizione di tutti i dati precedenti, in formato cartaceo e grafico, sul nuovo aerofotogrammetrico comunale.

Per l'informatizzazione del piano è stato utilizzato un sistema GIS, nello specifico Arc-View, in modo da poter avere:

- dati totalmente georeferenziati;
- dati compatibili con il SIT della Regione Lombardia (shape files);
- possibilità di associare un database relazionale ai singoli dati inseriti.

L'informatizzazione sul nuovo aerofotogrammetrico ha comportato anche una verifica della situazione morfologica di dettaglio: in particolare è stato generato il modello digitale del suolo e, successivamente, è stata creata la carta delle pendenze con una

maglia variabile da 20 m x 20 m (derivata dal DEM Regionale) fino 5 m x 5 m (digitalizzazione ad hoc), in base alle zone da analizzare (vedi allegato 5).

Tale carta che è stata utilizzata per verificare ed adeguare le classi di fattibilità, utilizzando il criterio di seguito riportato per la classe di ingresso nella carta di fattibilità:

0 – 20°	classe 2
20-35°	classe 2 in roccia – classe 3 in terreni o roccia fratturata
35° - 45°	classe 3 in roccia – classe 4 in terreni o roccia fratturata
> 45°	classe 4.

Ovviamente si tratta di limiti indicativi, verificati di volta in volta in base alla situazione geologica, al contesto morfologico generale ed ad altri elementi, ma che hanno comunque costituito una base importante di articolazione e controllo delle classi di fattibilità geologica.

La concomitante presenza di altri fattori, che interagendo con le pendenze aggravano la criticità e la vulnerabilità delle aree, porta, chiaramente, allo scatto, verso l'alto, della classe di fattibilità geologica.

I file shape della fattibilità e della pericolosità sismica sono stati predisposti sulla base del modello fisico del SIT della Regione Lombardia, per la pubblicazione congiunta con la parte urbanistica del PGT, come previsto dalle vigenti disposizioni normative.

4.0 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La Regione Lombardia con D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008 ha emanato i nuovi “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 Marzo 2005, n° 12”.

Si tratta di una delibera molto recente, che ha sostituito la precedente d.g.r. n° 8/1566 del 22/12/05 a seguito dell’entrata in vigore del nuovo testo unico delle costruzioni (approvazione del d.m. 14/01/2008), e che ha comportato rispetto alla precedente d.g.r. una serie di importanti modifiche sull’aspetto sismico, con forti ricadute nelle procedure di microzonazione sismica a livello Comunale.

Il precedente riferimento in materia in Regione Lombardia, ai tempi della L.R. 41/97 (ora abrogata dalla L.R. 12/05), era lo studio dal titolo “Determinazione del rischio sismico in Lombardia - 1996”, inserito come uno dei testi di riferimento nelle precedenti direttive regionali per la redazione dello studio geologico a supporto dei piani regolatori generali.

La nuova metodologia deriva da uno studio pilota effettuato dal Politecnico di Milano per conto della stessa Regione Lombardia, su alcune aree campione, dalle cui risultanze sono poi state derivate le norme e le indicazioni per tutti i Comuni.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

Il Comune di Santa Brigida (BG) precedentemente al 2003, non era classificato come comune “sismico”; le successive revisioni operate dalla recente O.P.C.M. 3274, hanno

classificato il territorio comunale come Zona Sismica 4, quella con il grado di sismicità minore previsto dalla normativa.

Le risultanze dello studio sismico del territorio comunale sono riassunte nella “Carta della pericolosità sismica locale”, che costituisce parte integrante dello studio geologico adeguato ai sensi della L.R. 12/05.

4.1 Procedure Regionali per la zonazione sismica del territorio comunale

Lo studio per zonazione sismica del territorio comunale, così come indicato nell’Allegato 5 della D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008, prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente.

Le procedure da seguire ed i livelli di approfondimento da adottare sono riportati, in funzione della Zona sismica di appartenenza e della fase progettuale, nella seguente tabella:

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 2 - 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale - Nelle zone PSL Z1 e Z2
Zona sismica 4	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al dduo 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti

I primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione in casi specifici (quando il 2° livello dimostra

l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per le aree di possibile amplificazione; per aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse; per edifici di particolari caratteristiche).

Sinteticamente i livelli previsti sono di seguito illustrati:

1° livello

E' una fase prettamente qualitativa, che si basa sulle considerazioni dirette degli effetti dei terremoti, è prevede l'individuazione di una serie di zone passibili di amplificazione sismica o in cui possono verificarsi problemi particolari (liquefazione, riattivazione frane, ecc.) in caso di sisma.

2° livello

Si applica in base alle risultanze del livello 1 ed in relazione alla classificazione sismica del Comune e prevede un approccio semiquantitativo per valutare quali sono gli effetti di amplificazione attesi e se la normativa vigente è in grado di sopportarli.

3° livello

In questo caso si tratta di procedure molto complesse da attuare in fase di progettazione quando il 2° livello verifica l'inadeguatezza della norma oppure in casi di condizioni geologiche specifiche.

4.2 Analisi di pericolosità sismica di 1° livello

In considerazione del fatto che il Comune di Santa Brigida è in classe sismica 4 la norma prevede, in fase di pianificazione, l'obbligo del 1° livello con la redazione della carta della pericolosità sismica locale nonché l'obbligo delle analisi anche del 2° livello solo per gli scenari Z3 e Z4 e soltanto per edifici strategici rilevanti di nuova previsione.

Il 1° livello si basa su un approccio qualitativo e comporta la redazione della carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL), direttamente derivata dai dati contenuti nelle carte di inquadramento geologico-geomorfologico del territorio comunale, integrata da un'attenta analisi con la verifica di tutti i dati di sottosuolo disponibili.

La raccolta sistematica di osservazione sui diversi effetti prodotti dai terremoti in funzione di parametri geologici, topografici e geotecnici, ha permesso di definire un numero limitato di situazioni tipo (scenari di pericolosità sismica locale) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area.

Tra i principali dati da utilizzare vi sono: la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica, il censimento dei dissesti, i risultati delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte, e che sono state oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Il 1° livello è obbligatorio per tutti i comuni ed è esteso a tutto il territorio comunale.

Nel caso specifico, in considerazione delle conoscenze del territorio e dei dati geotecnici e stratigrafici disponibili, non si è ritenuto necessario eseguire nuove indagini di carattere geotecnico e/o geofisico di approfondimento in questa fase.

Gli scenari di pericolosità sismica locale proposti dalla normativa vigente, ed i relativi effetti, sono illustrati nella tabella sottostante:

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona parzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) Zona con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo Appuntite – arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse	Cedimenti differenziali

Per il presente studio i principali documenti di riferimento utilizzati per l'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale sono stati i seguenti:

- Effetti di instabilità: carta di sintesi e carta del dissesto PAI aggiornata
- Amplificazioni topografiche: CTR 1:10.000 ed aerofotogrammetrico Comunale
- Cedimenti e/o liquefazioni: carta geologica e carta di sintesi
- Amplificazioni litologiche e geometriche: carta geologica, e carta di sintesi
- Comportamenti differenziali: carta geologica

Il tutto integrato da rilievi e verifiche dirette sul terreno e dell'analisi di tutti i dati di sottosuolo disponibili sul territorio Comunale e nel suo significativo intorno.

Di seguito si dettagliano le procedure e le metodologie di dettaglio adottate per la valutazione e l'individuazione dei vari fenomeni.

Z1 - Effetti di instabilità

Per l'individuazione delle casistiche previste dalla normativa si è fatto riferimento al censimento dei dissesti effettuato per l'esonero dal PAI nel 2002.

I riferimenti principali sono stati la carta del quadro del dissesto PAI aggiornata e la carta di sintesi. Le stesse sono state integrate con i nuovi elementi disponibili sul territorio (eventi franosi successivi al 2002, indagini e studi per interventi di difesa del suolo, ecc.).

In base agli elementi emersi, sono stati attribuiti i diversi scenari di pericolosità sismica locale, come di seguito descritto.

Z1a – Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi

Aree di frana attiva (scivolamenti, colate, dissesti, ecc.)

Aree con fenomeni di crollo e caduta massi (aree sorgenti e zone interessate)

Aree di possibile crollo per cavità antropiche sotterranee (zone 1 della area ex L. 267/98)

Z1b – Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti

Zone di frana quiescente (scivolamenti e colate)

Aree di possibile interferenza per crollo per cavità sotterranee (zona 2 della area ex L. 267/98)

Z1c – Zona potenzialmente franosa o esposta al rischio di frana

Zone di frane non recentemente riattivate o stabilizzate (scivolamenti, colate, crolli)

Z2 – Cedimenti e/o liquefazioni

La normativa prevede due casistiche in questa categoria: zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) e zone con depositi granulari fini saturi.

La situazione è stata valutata con attenzione, soprattutto per la presenza delle lenti di gesso con i terreni limoso argillosi di alterazione.

I dati geotecnici disponibili indicano che tali terreni, in alcune particolari condizioni idrogeologiche e litologiche, possono presentare le caratteristiche sopra indicate ed essere potenzialmente interessati da fenomeni di cedimento e/o liquefazione di caso di evento sismico.

In base alle osservazioni sopra esposte si è ritenuto di inserire in classe Z2 tutta la lente evaporitica, per evidenziare la necessità di approfondimenti e verifiche per l'aspetto specifico.

Z3 – Amplificazione topografica

Il territorio di Santa Brigida è un classico territorio montano, con alternanza di creste, cocuzzoli, cime e valli.

In un territorio così articolato le potenziali condizioni di amplificazione topografica, riferibili principalmente a creste, sia appuntite che arrotondate, ed in misura più limitata a cocuzzoli e terrazzi sono molteplici, come di seguito dettagliato.

I documenti di riferimento per le presenti analisi topografiche sono stati la cartografia Regionale alla scala 1:10.000 ed il nuovo aerofotogrammetrico Comunale.

Z3a – Zona di ciglio $H > 10$ m. (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.).

In questa categoria rientrano un paio di scarpate subverticali legate alle pregresse attività estrattive nella zona del polo di Bolferino-Grassello e presso la ex cava Carale.

Z3b – Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo

Questo elemento morfologico è molto diffuso, trattandosi di un territorio montuoso e vi rientrano vari elementi distribuiti lungo il Comune, da nord a sud.

Z4 – Amplificazione litologica e geometrica

La delibera Regionale prevede quattro possibili tipologie: zona di fondovalle e di pianura, zona pedemontana di falde di detrito, zona morenica, zona con argille residuali e tutte e 4 le tipologie sono state censite nel territorio di Santa Brigida.

Z4a – Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.

In questa classe rientra l'alveo delle valli Stabina, con l'ampia piana alluvionale che lo stesso torrente ha creato sia in sponda destra che sinistra, fino ad una quota altimetrica di circa 590 m. s.l.m., nonché la piana alluvionale presso le baite di Ponteranica.

Si tratta di depositi di natura alluvionale, caratterizzati in prevalenza da ghiaie e ciottoli, con presenza di matrice sabbiosa e limosa nelle zone più distali.

Z4b – Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre.

In questa classe rientra tutta la fascia di raccordo tra la parte superiore e la parte mediana del Monte Disner, all'altezza del comune di Santa Brigida e tutta la lingua detritica, verificata sia in sopralluogo che dai dati di sottosuolo, dall'abitato di Carale fino a Bindo.

La fascia è caratterizzata dalla presenza di depositi granulari di falda di detrito.

Altre aree sono censite lungo la sponde destra della Val Mora, ai piedi dei pendii più acclivi, intorno al lago di Val Moresca, nella zona della Baita di Ponteranica; lenti di limitata estensione sono distribuite lungo i versanti nella parte nord del territorio.

Z4c – Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi.

In questa classe sono state inserite le lenti con depositi morenici sulla sponda sinistra del torrente Bindo, all'altezza della frazione omonima, ed in sponda destra della val Mora, all'altezza della frazione di Caprile Inferiore.

Si tratta di classici depositi morenici, con matrice limoso argillosa ed inclusi ciottoli, localmente rimaneggiati dall'azione delle acque superficiali.

Z4d – Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale.

In questa classe è stata inserita tutta la lente evaporitica che costituisce l'ossatura geologica dell'abitato di Santa Brigida, per la presenza di potenti depositi di alterazione a carattere argilloso-limoso-sabbioso.

Z5 – Zone di contatto stratigrafico e/o tettonico con litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse

Le geologica del territorio di Santa Brigida è molto articolata e presenta una serie di passaggi tra differenti formazioni ed anche con i depositi superficiali.

Nella maggior parte dei casi si tratta di contatti sepolti, non visibili e tra litotipi fra loro molto simili. Sono stati inseriti in questo scenario di pericolosità quei contatti tettonici, caratterizzati da almeno due elementi:

- substrato roccioso affiorante e/o subaffiorante
- presenza di formazioni geologiche con caratteristiche geomeccaniche significativamente differenti.

4.3 Considerazioni conclusive

Come sopra illustrato per il territorio comunale di Santa Brigida sono stati individuati una serie di elementi di potenziale pericolosità sismica locale, facenti capo a quasi tutte le categorie delle disposizioni Regionali, quali: Z1a, Z1b, Z1c, Z3a, Z3b, Z4a, Z4b, Z4c, Z4d e Z5.

Il Comune è in classe 4 per cui la normativa prevede l'applicazione del 2° livello solo nel caso in cui il PGT preveda edifici strategici e rilevanti di nuova previsione ubicati nelle zone di potenziale pericolosità.

A seguito dei colloqui con gli Amministratori e con gli Urbanisti è emerso che nel nuovo PGT non sono inseriti edifici strategici e rilevanti, ai sensi della d.d.u.o. n° 19904 del 21/11/2003, di nuova previsione e quindi le analisi e la valutazioni sulla pericolosità sismica si sono fermate al primo livello, come previsto dalla normativa vigente.

5.0 CARTA DEI VINCOLI

La carta dei vincoli è stata redatta su tutto il territorio comunale in scala 1:5.000 ed in essa sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore, di contenuto prettamente geologico e/o sulla base di specifiche criticità di carattere idrogeologico riconosciute.

Nello studio del 1997, in cui le disposizioni normative sugli elementi da inserire erano differenti, tale carta mancava completamente ed alcuni elementi vincolistici erano riportati sulla carta di sintesi.

Mancavano, inoltre, tutti gli elementi di dissesti derivanti dalla Pianificazione di Bacino, in quanto successivi alla stesura del piano.

Per il territorio comunale di Santa Brigida sono stati individuati i seguenti vincoli:

Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89

Sono state riportate le aree inserite nel quadro del dissesto derivante dall'aggiornamento effettuato nel 2002 ai sensi dell'art. 18 della N.d.A. del P.A.I., il cui iter è completato positivamente.

Il quadro del dissesto comprende una serie di frane attive, legate a fenomeni di scivolamento, colate e cadute massi, alcune frane quiescenti, alcune frane stabilizzate o non recentemente riattivate, oltre ad una serie di problematiche di esondazione e dissesto morfologico lungo alcune vallette, nonché alcune aree valanghive nella porzione nord del territorio Comunale.

Oltre a quanto sopra nella carta è riportato anche il perimetro dell'area a grave rischio idrogeologico ex L. 267/98 che interessa i tre poli estrattivi di gesso in sotterraneo abbandonati.

Gli elementi del dissesto PAI originari sono disegnati su base CTR alla scala 1:10.000

mentre la carta dei vincoli è sul nuovo aerofotogrammetrico alla scala 1:5.000.

Nel passaggio è stato quindi necessario apportare alcuni adattamenti per rendere i fenomeni compatibili dal punto di vista cartografico.

Vincoli di polizia idraulica

La legge di polizia idraulica definisce un'area di rispetto fluviale, dalle acque pubbliche, per le edificazioni 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.

In questa fascia sono interdetti l'edificazione e gli scavi; inoltre la Legge prevede una fascia di 4 metri di interdizione assoluta a qualunque operazione lungo gli alvei.

In carta è stata evidenziata 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 smottamento 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 smottamento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi.

Gli Scriventi hanno redatto, per conto dell'Amministrazione Comunale, il Piano del Reticolo Idrico Minore (di seguito anche RIM) nel febbraio 2010.

Lo stesso è stato validato in linea tecnica dallo STER di Bergamo con parere prot. AE02.2010.0001986 del 06/08/2010 e successivamente è stato adottato dal Comune ed è vigente ed operativo.

Le fasce di rispetto inserite nel presente piano geologico sono tratte da questo piano, che rappresenta lo strumento di massimo dettaglio per l'aspetto specifico.

Tali fasce sono state inserite nel presente studio con un'apposita sottoclasse della classe 4 e sono assoggettate alle disposizioni ed alla vincolistica del "regolamento di polizia idraulica" dello stesso RIM (il regolamento, per maggiore velocità di consultazione, è allegato alle norme geologiche di piano).

Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Nella carta sono state inserite le aree di salvaguardia delle 12 sorgenti idropotabili presenti nel territorio:

- 10 sorgenti utilizzate dal Comune di Santa Brigida (Vai - n° 5 captazioni, Galì, Piane, Bindo – n° 2 captazioni e Valle Scura)
- 2 sorgenti in sponda destra del torrente Stabina che alimentano l'acquedotto di Olmo al Brembo.

Tutte le aree di salvaguardia sono tracciate con criterio geometrico perché, come già indicato nelle premesse del par. 2.0, manca uno studio idrogeologico di dettaglio delle risorse idropotabili del Comune.

La normativa di riferimento per la protezione delle acque destinate al consumo umano fa attualmente capo al D.P.R. 236 del 24 maggio 1988, attuazione della direttiva CEE n°80/778, modificato dal D.L. n. 152 del 11 maggio 1999, attuazione delle direttive CEE n° 91/271 e 91/676 e, recentemente, dal D. Lgs. 258/2000.

Le aree di salvaguardia dei punti di captazione di acque potabili, censite all'interno dello studio geologico, sono divise in:

- *zona di tutela assoluta*
- *zona di rispetto*

Di seguito viene esposta velocemente la normativa che le regola:

Zona di tutela assoluta

L'art.5 comma 4 del D. Lgs 258/00 prescrive:

“La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o le derivazioni; essa deve avere una estensione in caso di acque sotterranee e, ove possibile per le acque superficiali, di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio”.

All'area con raggio di 10 metri intorno alla captazione è attribuita la classe di fattibilità 4; tali aree devono essere adibite unicamente alle opere di captazione ed alle infrastrutture di servizio.

Zona di rispetto

L'art. 5 comma 5 del D. Lgs 258/2000 indica le attività vietate nell'area di rispetto:

5. La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli di destinazione d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità di rischio della risorsa. In particolare nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

a) Dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;

- b) accumulo di concimi, chimici, fertilizzanti o pesticidi;*
 - c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;*
 - d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;*
 - e) aree cimiteriali;*
 - f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;*
 - g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche qualitative della risorsa idrica;*
 - h) gestione di rifiuti;*
 - i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;*
 - j) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
 - k) pozzi perdenti;*
 - l) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione.
E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.*
- 6. Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 5, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Le regioni e le provincie autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture od attività:*
- a) fognature;*
 - b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;*
 - c) opere varie, ferrovie ed in genere infrastrutture di servizio;*
 - d) le pratiche agronomiche e i contenuti dei piani di fertilizzazione di cui alla lettera c) del comma 5.*

Alla zona di rispetto è stata attribuita classe di fattibilità 3 – sottoclasse C.

Al suo interno vanno rispettati i divieti sopra elencati (comma 5).

Le attività di cui al comma 6 sono state normate dalla Regione Lombardia con la D.G.R. 10/04/2003 n° 7/12693, la quale disciplina le modalità di delimitazione delle zone di rispetto e la vincolistica in merito alle seguenti attività:

- realizzazione nuove fognature
- realizzazione opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione
- realizzazione di infrastrutture viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio
- pratiche agricole

Per i dettagli si rimanda alla normativa citata.

6.0 CARTA DI SINTESI

Le indicazioni regionali prevedono per la redazione della Carta di Sintesi un'integrazione delle informazioni raccolte dagli studi preliminari ai fini della definizione di "poligoni" con diversi ambiti di pericolosità o di vulnerabilità.

La carta di sintesi è stata redatta su tutto il territorio comunale, alla scala 1:5.000, sulla base del nuovo aerofotogrammetrico, ed è tale da poter rappresentare i contenuti di seguito descritti.

La carta riassume in se, in modo dettagliato, tutti gli elementi individuati per l'intero territorio e rappresenta la sintesi delle conoscenze acquisite dagli studi precedenti, dai dati bibliografici e dai rilievi personali ed ha lo scopo di fornire un quadro chiaro dello stato del territorio. La stessa è direttamente confrontabile con la suddivisione del territorio in classi di fattibilità per le azioni di piano.

Questo elaborato cartografico fornisce una visione d'insieme delle problematiche presenti nel territorio comunale e consente di evidenziare in un unico elaborato i rischi presenti.

Sono riportate aree omogenee dal punto di vista della pericolosità / della vulnerabilità per la presenza di uno o più fenomeni di dissesto geomorfologico e idrogeologico in atto.

Ogni fenomeno è puntualmente definito e delimitato in modo univoco da un poligono, cui verrà poi associata una classe di fattibilità; nel caso in cui in una medesima area siano presenti più fenomeni si ha la sovrapposizione di più poligoni.

La sovrapposizione di più ambiti determina poligoni misti per una pericolosità determinata da più fattori limitanti, anche se ognuno dei singoli fenomeni è puntualmente definito e delimitato in modo univoco.

La carta riprende i dati della cartografie di analisi, degli studi e degli approfondimenti di dettaglio; dove tali elementi erano puntuali e/o lineari è stata effettuata una perimetrazione, riverificando i dati, individuando quelle porzioni di territorio o in cui il fenomeno era diffuso oppure quelle aree che potenzialmente possono essere interessate da una evoluzione del fenomeno stesso.

Oltre agli elementi delle carte di inquadramento sono stati inseriti anche alcuni aspetti relativi alla vincolistica geologica, ed è stato inserito, come ulteriore elemento quello della pendenza rilevata, sia dal DEM reso disponibile dalla Regione Lombardia sul SIT che dalla digitalizzazione di parti del fotogrammetrico Comunale alla scala 1:5.000-1:2.000.

L'incrocio con questi nuovi elementi ha consentito di andare a definire puntualmente tutte le problematiche del territorio.

In particolare, in carta, i diversi elementi sono stati distinti nelle seguenti categorie generali:

1. Aree pericolose dal punto di vista dell' instabilità dei versanti

In questa classe si è anche inserita una suddivisione del territorio in termini di pericolosità/vulnerabilità potenziale in base all'assetto litologico ed alle pendenze del territorio.

2. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

3. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

4. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Sulla carta non sono state individuate le principali opere per la difesa idrogeologica e la mitigazione del rischio perché avrebbero comportato problemi di leggibilità della stessa, in quanto spesso molte opere sono concentrate in aree limitate.

L'individuazione delle principali opere di difesa del suolo presenti è riportata in allegato 6.

Molte opere sono di realizzazione recente (dal 2001 al 2011), perché finanziate con i piani stralcio a seguito degli eventi alluvionali del 2000-2001 e 2002 o con altri finanziamenti dell'ultimo decennio.

Tali opere sono state completamente realizzate ma non sono ancora state "testate" da un vero evento di dissesto e/o alluvionale, per cui al momento si è ritenuto di non procedere al declassamento delle aree circostanti.

In futuro, a seguito della verifica della reale efficienza ed efficacia delle opere, sarà possibile riperimetrare le aree poste in sicurezza.

1- Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Aree soggette a crolli di massi (distacco ed accumulo)

Si tratta, per la maggior parte, di aree caratterizzate da fenomeni gravitativi legati al crollo/ribaltamento di cunei rocciosi instabili da pareti rocciose particolarmente acclivi.

I relativi perimetri sono stati definiti con analisi e verifiche speditive sia cartografiche che di terreno.

Le zone sono localizzate nei pressi di alcune cime rocciose nella porzione nord del territorio Comunale, sul versante nord del Monte Disner, sulla parete rocciosa in sponda

sinistra del torrente Bindo presso Averara e lungo i versanti che costeggiano la Valle Stabina.

I poligoni comprendono sia le aree di distacco che accumulo.

Aree di frana attiva (scivolamenti e colate)

E' stata inserita in questa classe un'area caratterizzata da fenomeni di colamento o di scivolamento dei terreni e della porzione superficiale della roccia particolarmente fratturata, posta in sponda destra del torrente Mora a nord della frazione di Losco.

Si tratta di un'unica area perché gli altri fenomeni attivi presenti a Santa Brigida fanno capo principalmente ai crolli rocciosi o sono connessi alle vecchie aree estrattive, con problematiche sia di rischio di collasso che di instabilità diffuse.

Aree di frana quiescente (scivolamenti e colati)

Si tratta di fenomeni simili ai precedenti, ma in stato di quiescenza.

Due dissesti sono localizzati nella porzione sud-est del territorio Comunale, rispettivamente sulla sponda sinistra del torrente Stabina ed in sponda destra della Val Mora. Entrambi sono al limite del confine comunale con Averara e sono stati presi dal SIT della Regione Lombardia, dalla perimetrazione delle aree PAI aggiornate dallo stesso Comune.

Un ulteriore fenomeno è posto a monte dalla strada per Cusio, al di sopra della ex cava Carale. Si tratta di un'area interessata in passato da escavazioni dei depositi ghiaiosi, escavazioni che hanno innescato una serie di fenomeni di instabilità. L'area è stata oggetto di un paio di interventi successivi di stabilizzazione. La porzione superiore, non oggetto di interventi, è attualmente in stato di quiescenza,

Aree a franosità superficiale diffusa attiva

Si tratta di aree interessate da una notevole diffusione di fenomeni di dissesto (colamenti, scivolamenti dei terreni, soliflussi, ecc.), localmente di entità contenuta, ma in coalescenza tra di loro, fino ad individuare un'area più vasta, in condizioni geologiche ed idrogeologiche molto delicate.

Il fenomeno principale è presente all'interno del bacino dell'ex area estrattiva di Bolferino – Grassello, con diffusi fenomeni di instabilità dei versanti. Tali fenomeni riguardano i depositi limoso-argillosi soprastanti i gessi, che si trovano spesso in condizioni di equilibrio limite, sia per l'eccessiva pendenza del versante che anche per la presenza di acqua nel sottosuolo.

Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati (aree di distacco e di accumulo)

In questa categoria sono state inserite quelle aree che per le loro particolari caratteristiche geologiche e morfologiche (presenza di terreni fini su pendii mediamente o molto inclinati, con locale presenza di acqua), sono potenziali aree di instabilità, per fenomeni di colamento e/o scivolamento.

In alcune di queste aree in passato si sono sviluppati piccoli fenomeni, già stabilizzati (lenti di depositi morenici in sponda sinistra del torrente Bindo presso la frazione omonima); in altre ha una funzione rilevante l'effetto dell'azione erosiva al piede di un torrente (area a nord della frazione di Taleggio); altre ancora presentano condizioni generali di stabilità estremamente delicate, anche se misure e monitoraggi effettuati in passato ne hanno mostrato la sostanziale stabilità (versante a valle della chiesa parrocchiale).

Nella classe è inserita anche un'area, lungo la strada che conduce a Cugno di Sopra, in cui l'analisi radar da satellite ha evidenziato significativi spostamenti (circa 9 mm/y).

Si tratta, comunque, di aree molto delicate, all'interno delle quali ogni intervento deve essere accuratamente valutato.

Aree di probabile localizzazione delle valanghe

Sono state inserite tutte le aree individuate sul SIRVAL – Sistema Informativo Regionale Valanghe, classificate sia come valanghe rilevate che come valanghe fotointerpretate. Le aree sono localizzate sui principali pendii montuosi che caratterizzano la parte nord del territorio Comunale.

Aree estrattive dismesse di gesso con rilevanti rischi di franamento, cedimento e crollo

In questa categoria sono inserite le tre ex aree estrattive di gesso ed anidride presenti nel territorio Comunale (Bolferino-Grassello, Cornello e Carale).

Le aree sono state tutte classificate come “aree a grave rischio idrogeologico” ai sensi della ex L. 267/98, proprio per le gravissime problematiche che le caratterizzano.

All'interno di questa categoria sono state distinte due sottoclassi, che ricalcano le due zone del perimetro PAI:

Aree direttamente interessate da rischi di crollo

In questa sottoclasse ricadono tutti i terreni che in proiezione verticale sono interessati dalla presenza di vuoti o cavità legati all'attività estrattiva nel sottosuolo, nonchè quelle aree già direttamente interessate da fenomeni franosi o di sprofondamenti e formazione di inghiottitoi attivi, già preoccupanti allo stato attuale per dimensione o per la presenza di infrastrutture, edifici già danneggiati o potenzialmente danneggiabili in tempi brevi.

Si è optato per inserire tutti i terreni interessati dalle gallerie per l'incertezza dei dati disponibili, perchè è impossibile distinguere all'interno delle stesse aree minerarie zone a diverso grado di rischio.

Questa sottoclasse coincide con la zona 1 del PAI.

Fasce di rispetto e salvaguardia

In questa classe, a rischio minore della precedente, sono stati inseriti tutti i terreni laterali, con le seguenti caratteristiche:

- interessati da fenomeni di entità minore, non interessanti persone e cose, ed al momento quiescenti,
- che potrebbero essere interessati dal manifestarsi di fenomeni di instabilità nel caso di ampliamento di quelli attuali (frammento di gallerie o pilastri in sotterraneo, allargamento di frane o inghiottitoi, ecc.).

Tale fascia coincide con la zona 2 del PAI.

Un discorso a parte merita la ex Cava Carale, interessata da una serie di opere di consolidamento e messa in sicurezza, come dettagliato al par. 2.0.

Sulla stessa area è stata mantenuta la perimetrazione perché la tipologia di intervento definita è tale da scongiurare gli scenari catastrofici di crollo generalizzato con espulsione di 60.000 mc di acqua verso l'abitato, ma, per una questione di ottimizzazione dei costi, non è progettato per azzerare i fenomeni di cedimento e franamento limitati.

Stante questa situazione, in accordo con gli Enti di controllo, si è ritenuto di non procedere alla riperimetrazione del sito a grave rischio e di mantenerne operative le vincolistiche.

Aree potenzialmente pericolose e/o vulnerabili per incrocio degli aspetti geologici e geomorfologici

Gli elementi contenuti in questa categoria derivano dall'incrocio dell'assetto geologico-geotecnico con le pendenze e con il contesto geomorfologico.

I limiti di pendenze riportati per le categorie di seguito indicate devono ritenersi indicativi, infatti è stata applicata una certa variabilità e tolleranza ai range nella digitalizzazione in carta.

Questa tolleranza è servita per considerare i riscontri diretti sul terreno, le difformità osservate tra il fotogrammetrico e la morfologia reale del terreno (soprattutto in aree boscate), le possibili variazioni di caratteristiche sia del substrato che dei depositi, ed anche per creare dei poligoni coerenti, omogenei e di dimensioni corrette per la scala del piano.

Nella distinzione si è ritenuto di inserire anche la classe con le pendenze inferiori.

In particolare all'interno di questa categoria sono state distinte tutte le seguenti sottoclassi:

Aree ad acclività elevata - molto elevata e di criticità geomorfologica

Sono state perimetrate tutte quelle aree che presentano pendenze dei versanti indicativamente superiori ai 45° (in roccia sana) e 35° (in terreni e roccia alterata e/o fortemente fratturata) e che possono presentare gravi problematiche in caso di trasformazione e modifica d'uso del territorio.

Nella classe possono essere incluse anche aree con pendenze minori sia in base alle caratteristiche geologiche verificate in sito sia in base al contesto morfologico, quali

aree contermini ad aree acclivi e molto acclivi, di limitata estensione e tali da appartenere al contesto di criticità geomorfologica.

Si tratta di aree con una scarsa / nulla vocazione all'utilizzo a scopi edificatori.

Data l'orografia tali aree sono concentrate prevalentemente nelle porzioni montuose (tutta la porzione nord, quasi tutta la zona a sud dello Stabina, il Monte Disner ad ovest e la sponda destra del torrente Mora), oltre ad alcune zone puntuali in altre aree.

Aree ad acclività medio – elevata e di attenzione geomorfologica

In questa classe sono state inserite le aree con pendenze tra 35° e 45° per il substrato roccioso e tra i 20° ed i 35° in terreno e nel substrato alterato e/o fortemente fratturato.

Si tratta di aree in cui non sono stati osservati fenomeni di dissesto ma in cui l'abbinamento pendenze medie / terreni e pendenze medio-elevate / roccia, nonché l'eterogeneità dei depositi o l'affioramento della roccia rendono alto il livello di attenzione in caso di interventi.

In questa classe sono state incluse anche aree ad acclività minore ma che per la particolare posizione topografica (creste appuntite, vicinanza a balze ed a gradini morfologici, ecc.) hanno caratteristiche tali da necessitare di un'attenzione analoga a quella che occorre per aree più acclivi. Un caso tipico sono le aree, ubicate su porzioni ristrette di territorio comprese tra pendici acclivi e valli incise, che potrebbero essere interessate negativamente dalla dinamica degli elementi circostanti.

I range di pendenza sopra riportati sono indicativi e sono chiaramente stati adattati sulla base delle caratteristiche dei terreni, le condizioni geomeccaniche della roccia, la presenza di acqua, ecc. e comunque in base alle situazioni osservate in loco.

Aree ad acclività medio-bassa

Si tratta delle aree meno acclivi del territorio, generalmente con pendenze inferiori a 20° o, con pendenze tra 20° e 35° in caso di presenza del substrato compatto.

Tale classe è quella con le problematiche minori, ma operando comunque in un territorio collinare-montuoso è sempre necessario adottare le doverose cautele, e quindi nel passaggio alla fattibilità a tale classe, se priva di ulteriori problematiche, verrà attribuita una classe 2.

2. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Relativamente all'aspetto idrogeologico sono state distinte le criticità di seguito dettagliate.

Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi

Come già esplicitato al par 2.0, ad oggi il territorio non è ancora stato oggetto di uno studio idrogeologico complessivo, che consenta l'individuazione delle zone di alimentazione e di vulnerabilità dell'acquifero captato a scopo idropotabile.

In assenza di tali valutazioni non è possibile procedere alla perimetrazione delle aree ad elevata vulnerabilità idrogeologica, se non in modo molto approssimato e con rilevanti limiti tecnici.

Stante questa situazione si è ritenuto di attribuire questa classificazione alle aree di rispetto delle sorgenti ad uso potabile.

Tali aree, anche se perimetrare con criterio geometrico, rivestono un fondamentale ruolo di tutela dell'acquifero captato ed individuano, anche se in modo approssimato, le aree idrogeologicamente più vulnerabili.

Aree con emergenze idriche

In questa classe sono state censite le aree caratterizzate dalla presenza di emergenze idriche, sia concentrate che diffuse.

All'interno della stessa classe è stata anche censita, con un raggio di 10 metri intorno alla captazione, come previsto per legge, la zona *di tutela assoluta* delle sorgenti ad uso potabile.

Per una trattazione dettagliata degli aspetti vincolistici delle due classi sopra riportate, si rimanda al commento della Carta dei vincoli ed all'articolo 5 delle norme geologiche di Piano.

Aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline

In questa classe è stata inserita un'ampia porzione del territorio, a monte della parte alta dell'abitato principale.

L'area è caratterizzata da alcune forme e morfologie carsiche, nonché da alcune doline vere e proprie. La zona è posta nella fascia di contatto tra gessi e dolomia ed è caratterizzata da potenti depositi superficiali ghiaiosi, in cui si evidenziano le morfologie carsiche.

Tali morfologie potrebbero essere anche connesse a fenomeni carsici più profondi nelle evaporati: si tratta, quindi, di aree molto delicate.

Le doline attive e ben evidenti, all'interno dell'area stessa, sono state classificate appositamente come "*doline attive*" mentre le aree circostanti, che non hanno segni di

carsismo attivo ma che hanno un contesto geologico come quello sopra dettagliato, sono state inserite in una “*fascia di rispetto/attenzione carsica*”.

Altre doline attive sono state censite a monte dalla S.P. 9 per Cusio, presso il confine Comunale; nella stessa categoria è stata inserita tutta l’area terminale del cantiere Boferino-Grassello, caratterizzata, in superficie da frequenti doline, inghiottitoi ed avvallamenti.

3- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Aree adiacenti a corsi d’acqua da mantenere a disposizione per consentire l’accessibilità

Sono quelle aree adiacenti ai corsi d’acqua da mantenere a disposizione del corso d’acqua stesso per gli interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa idraulica.

In questa classificazione sono state inserite tutte le fasce di rispetto dei corsi d’acqua, sia del reticolo principale, sia del reticolo minore, come individuate dallo stesso piano.

Per maggiori dettagli sulle modalità di perimetrazione ed individuazione si può far riferimento al commento della Carta dei vincoli.

Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza ($Tr > 100$ anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze dell’acqua tali da non pregiudicare l’incolumità delle persone, la funzionalità di edifici ed infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche

E’ stato inserito in questa classe il pianoro alluvionale, rialzato rispetto all’alveo di piena, presente sia in sponda destra che in sponda sinistra, lungo il torrente Stabina.

Si tratta di una fascia potenzialmente allagabile in caso di eventi eccezionali, ma con altezze e velocità dell'acqua limitate, proprio per la quota rialzata rispetto all'alveo di piena.

Un'area analoga è stata individuata lungo la valle di Parisolo, presso la terminazione nord del Comune.

Aree interessate da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa

Sono state inserite in questa classe tutte quelle porzioni di alveo (sia del reticolo minore che principale) in cui sono stati rinvenuti fenomeni erosivi del fondo e delle sponde, elementi di alluvionamento e/o altre situazioni di criticità sia idraulica che geomorfologica connessa all'azione delle acque incanalate.

4- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Aree prevalentemente limoso argillose con limitata capacità portante, su substrato evaporitico

In carta è stata evidenziata la lente di evaporiti, con ricopertura di terreni limoso-argillosi con caratteristiche da mediocri a scadenti, che interessa tutto il centro abitato principale.

Come esposto in precedenza la presenza nel sottosuolo di rocce evaporitiche, quali gessi ed anidridi e dei relativi terreni residuali, rappresenta un elemento di grande attenzione dal punto di vista geologico, geologico-tecnico ed idrogeologico e deve essere valutata con estrema cura l'attitudine o meno di tali aree ad essere interessate da sviluppi di tipo urbanistico e/o dalla realizzazione di opere ingegneristiche (strade, gallerie, ponti, ecc.).

Per maggiori dettagli si rimanda al par. 2.1 ed alla documentazione tecnica in allegato.

7.0 CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

Tale fase è definita attraverso la redazione della “*Carta di fattibilità geologica del territorio*” e delle “*norme geologiche piano*” con le prescrizioni da adottare per ciascun ambito individuato.

La formulazione del giudizio di fattibilità geologica per le azioni di piano, è stata desunta dalla valutazione incrociata degli elementi di carattere geologico-geomorfologico, idrogeologico, idraulico e geotecnico, descritti nei capitoli precedenti, nonché dei fattori di utilizzo antropico del territorio, attuali e di previsione, prospettati dai progettisti dello strumento urbanistico.

In questa fase *propositiva* è stata infatti operata l'elaborazione delle risultanze delle indagini condotte nelle fasi precedenti, che sono finalizzate alla valutazione dell'idoneità di massima del territorio all'intervento edificatorio.

Sulla base delle valutazioni sopra esposte e delle indicazioni metodologiche contenute nella DGR n. 8/7374 del 28/05/2008, è stata allestita la “*Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano*” su tutto il territorio Comunale sulla stessa cartografia del PGT (aerofotogrammetrico alla scala 1:5.000).

Tale carta risulta a tutti gli effetti parte integrante dello strumento urbanistico.

Una copia della carta di fattibilità geologica è stata predisposta su base CTR alla scala 1:10.000, come previsto dalla Direttive, per l'inserimento nel database Regionale.

Per motivi di scala e di rappresentazione grafica sulla carta su base CTR sono state distinte le classi di fattibilità senza sottoclassi e sono stati aggiunti gli elementi derivanti dall'analisi sismica, nonché il perimetro dell'area a grave rischio idrogeologico ex L. 267/98.

La carta di riferimento per il Comune è quella sull'aerofotogrammetrico comunale, poiché quella su CTR è una trasposizione semplificata della prima.

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.

In realtà, nel caso specifico, data la natura montuosa del territorio, per cui ogni intervento necessita di attenzione e cura, le classi di fattibilità attribuite sono solo tre: dalla seconda alla quarta, con l'esclusione della classe di fattibilità 1.

E' evidente, però, 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. Le analisi devono essere mirate non solo in base alla realizzazione del progetto ma in funzione delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche della 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 del Comune, i cui caratteri salienti sono riassunti nella tavola di sintesi; per semplificare tale aspetto, anche le classi di fattibilità sono state ulteriormente suddivise in sottoclassi, in base al tipo di problematica presente.

Modalità di redazione della carta

La carta della fattibilità geologica per le azioni di piano è stata concepita e realizzata tenendo conto di due aspetti nel lavoro:

1. criterio generale di gestione del territorio in base alle diverse problematiche evidenziate dalle analisi;

2. trasformazione dalla carta di sintesi alla fattibilità, in base alle indicazioni della normativa.

1. Criterio generale

Il Comune di Santa Brigida presenta indubbiamente delle problematiche dal punto di vista geologico-idrogeologico: dissesti, reticolo idrico minore, presenza di evaporiti, forte impatto delle attività pregresse ecc.; si tratta di elementi che necessitano di grande attenzione.

Esistono ancora aree che possono essere utilizzate per lo sviluppo urbanistico, ma sono aree da individuare correttamente, in quelle porzioni di territorio in cui le problematiche sono minori ed il territorio va utilizzato previa le doverose analisi.

In tali aree è comunque 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 e le opere di mitigazione degli impatti.

Di queste valutazioni si è cercato di tenere conto nella carta di fattibilità.

2. Trasformazione dalla carta di sintesi

Negli aspetti puntuali la carta di fattibilità è stata desunta dalla carta di sintesi, attribuendo ai diversi poligoni definiti un valore di fattibilità, in base a quanto riportato di seguito.

Per quanto riguarda le classi di ingresso si è fatto riferimento il più possibile alle tabelle riportate nella DGR n. 8/7374 del 28/05/2008, creando alcune voci ad hoc in funzione delle problematiche peculiari del territorio in esame e cercando di attribuire a tali voci la

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

classe di fattibilità in relazione alla gravità delle problematiche ed alle condizioni di rischio e vulnerabilità.

In base a tali premesse la classe di fattibilità di ingresso è stata realizzata sia in raffronto ad eventuali voci simili già presenti sia in base a valutazioni autonome sul grado di pericolosità dei fenomeni.

La tabella utilizzata per il passaggio dalla sintesi alla fattibilità è la seguente:

VOCE DELLA CARTA DI SINTESI	Classe di fattibilità
<i>Aree pericolose da punto di vista dell'instabilità dei versanti</i>	
Aree soggette a crolli di massi (distacco ed accumulo)	4
Aree di frana attiva (scivolamenti e colate)	4
Aree di frana quiescente (scivolamenti e colate)	4
Aree a franosità superficiale attiva	4
Aree a pericolosità potenziale per terreni fini su pendii inclinati	3
Aree di probabile localizzazione delle valanghe	4
Aree estrattive dismesse di gesso con rilevanti rischi di franamento e crollo - Aree direttamente interessate dai rischi di crollo (ex L. 267/98 – zona 1) *	4*
Aree estrattive dismesse di gesso con rilevanti rischi di franamento e crollo – Fasce di rispetto e salvaguardia (ex L. 267/98 – zona 2)*	3*
Aree potenzialmente pericolose per incrocio geologia-geomorfologia Aree ad acclività elevata- molto elevata e di criticità geomorfologica	4
Aree potenzialmente pericolose per incrocio geologia-geomorfologia Aree ad acclività medio - elevata e di attenzione geomorfologica	3
Aree potenzialmente pericolose per incrocio geologia-geomorfologia Aree ad acclività medio bassa	2
<i>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico</i>	
Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi	3
Aree con emergenze idriche	4
Aree interessate da carsismo profondo e doline Presenza di doline attive	4
Aree interessate da carsismo profondo e doline Fascia di attenzione carsica	3
<i>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico</i>	

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

Aree adiacenti i corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità	4
Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali con modesti valori di velocità ed altezza dell'acqua	3
Aree interessate da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
<i>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche</i>	
Aree prevalentemente limoso argillose con substrato evaporitico	3

* Per quanto riguarda le aree a grave rischio idrogeologico ex L. 267/98 l'attribuzione della classi di fattibilità è stata effettuata in conformità alle direttive Regionali, individuando la classe di fattibilità ma attribuendo anche una norma specifica:

Zona 267 corrispondente	Classe di fattibilità
Zona 1	Classe 4 (con norma PAI per la zona 1)
Zona 2	Classe 3 (con norma PAI per la zona 2)

All'interno della classe, per segnalare problematiche specifiche, è stata inoltre indicata la sottoclasse, cioè il fattore ricorrente sul territorio, che determina la classe di rischio.

Per ogni sottoclasse viene inoltre fornita l'indicazione in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, alle opere di mitigazione del rischio ed alle necessità di controllo dei fenomeni in atto e potenziali.

Le indicazioni sono contenute nelle Norme Geologiche di Piano e devono essere recepite nelle norme del PGT.

In sintesi, la normativa tecnica e la vincolistica da applicarsi ad ogni porzione di Carta della fattibilità geologica, classificata con la sigla complessa di Classe e Sottoclasse, deriva dalla somma delle prescrizioni geologiche proprie della Classe "determinante" e della o delle Sottoclassi "concorrenti".

Per i motivi predetti il territorio Comunale è stata suddiviso in poligoni territorialmente e “geologicamente” omogenei.

Il valore di fattibilità di ogni poligono è stato dato utilizzando quello più cautelativo (in caso di elementi classe 2 e 3 è stata chiaramente utilizzata la classe 3) e la sottoclasse è tesa a mettere in luce il problema principale, quello più gravoso e che necessita di maggiore attenzione.

Nel caso in cui i fenomeni concorrenti all’interno dello stesso poligono siano tra di loro interagenti e tali da aggravare la condizione di rischio e vulnerabilità, è stato applicato uno scatto di fattibilità rispetto alla classe base indicata in tabella.

Resta fondamentale, da parte dei tecnici incaricati, la verifica della carta di sintesi e delle altre carte di analisi, per valutare la presenza o meno di altre problematiche, di entità e pericolosità minore, ma che comunque è opportuno valutare con attenzione.

7.1 Classificazione di fattibilità geologica

Le sigle di Classe (2, 3, 4), e di sottoclasse (a, b) costituiscono il riferimento univoco alla classificazione di fattibilità e alle prescrizioni ad essa connesse.

Nel territorio Comunale di Santa Brigida non sono state riconosciute aree da inserire in classe di fattibilità 1, perché si tratta di un comune in zona montuosa, ubicazione che comporta comunque un, sia pur contenuto, fattore di pericolosità.

*Di seguito si illustrano sinteticamente i vincoli delle diverse classi di fattibilità, le motivazioni di inserimento e le porzioni di territorio Comunale rispettivamente annesse come indicate nella d.g.r. 8/7374 del 28/05/08; **per i dettagli sulla normativa da***

applicare e sulla tipologia di approfondimenti da effettuare si rimanda alle Norme geologiche di Piano.

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dalle Norme Tecniche delle Costruzioni, che sono nella normativa nazionale.

Classe 2 (colore giallo in carta): Fattibilità con modeste limitazioni.

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate modeste condizioni limitative all'uso a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine ed accorgimenti tecnico-costruttivi, e senza l'esecuzione di opere di difesa.

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

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

In classe 2 (non sono state individuate sottoclassi) sono state ricomprese indicativamente le seguenti aree:

- aree con pendenze molto blande (< 20°) indipendentemente dal tipo di substrato
- le aree con pendenze comprese tra 20° e 35° con presenza di substrato roccioso compatto affiorante o subaffiorante

In tutte queste aree non sono stati rinvenuti particolari elementi di pericolosità / vulnerabilità, ma considerata la natura montana del territorio Comunale e la doverosa

attenzione che è necessaria nella realizzazione degli interventi urbanistici in questo contesto si è ritenuto, comunque, di inserire tali zone in classe 2.

Ricadono in questa classe delle limitate porzioni di territorio presso il centro abitato e le principali frazioni.

Classe 3 (arancione in carta): Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe III comprende aree in cui sono state messe in luce con gli studi consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica di destinazioni d'uso dei terreni per le condizioni di pericolosità / vulnerabilità individuate nell'area o nel suo immediato intorno.

L'utilizzo di tali aree sarà subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché studi tematici specifici (idrogeologici, idraulici, ambientale, ecc.).

Tutto ciò per focalizzare le corrette destinazioni d'uso, i limiti degli interventi, le eventuali opere per la sistemazione e la messa in sicurezza dei siti.

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

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.*

Nel territorio di Santa Brigida in classe 3 sono state ricomprese le seguenti aree:

Aree potenzialmente pericolose e/o di attenzione per la valutazione incrociata delle condizioni geologiche e geomorfologiche ed in particolare:

- presenza di depositi superficiali e/o substrato roccioso alterato / fratturato su pendenze tra 20° e 35°
- presenza di substrato roccioso compatto affiorante e/o subaffiorante con pendenze variabili tra 35° e 45°
- aree con pendenze minori ma che per posizione topografica (creste, vicinanza a gradini morfologici) necessitano di maggiore attenzione rispetto alla classe di fattibilità 2

Sono poi state individuate delle sottoclassi per evidenziare alcune problematiche specifiche, come di seguito dettagliato:

- A. *Area a grave rischio idrogeologico ex L. 267/98 - zona 2*: si tratta della fascia di salvaguardia per fenomeni di crollo e franamento delle ex cave in sottterraneo.
- B. *Aree a pericolosità potenziale per presenza di terreni fini su pendii inclinati, con possibile innesco di fenomeni di dissesto*: sono le lenti di materiale fine (di alterazione e/o morenico), potenzialmente soggetto a dissesto in presenza di infiltrazioni di acqua.
- C. *Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi*: comprende le aree di salvaguardia delle risorse potabili (12 sorgenti utilizzate sia da Santa Brigida che da Olmo al Brembo), ma anche la fascia di rispetto delle zone carsiche e/o potenzialmente soggette a carsismo (a monte dell'abitato, sotto il Monte Disner).

- D. *Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali con modesti valori di velocità ed altezza dell'acqua:* si tratta della piana fluviale rialzata del torrente Stabina e della valle di Parisolo.
- E. *Aree con caratteristiche geotecniche scadenti, con presenza di terreni limoso argillosi su substrato evaporitico:* tutta la lente evaporitica su cui sorge il centro abitato.

Classe 4 (rosso in carta): Fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità / vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopo edificatorio e/o alla modifica della destinazione d'uso.

In queste aree è esclusa ogni nuova edificazione, ad eccezione delle opere per il consolidamento, la messa in sicurezza e la sistemazione idrogeologica.

Per gli edifici esistenti sono ammesse esclusivamente le opere relative agli interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art 27 comma 1 lettere a) b) c) della L.R. 12/05, senza aumento di volume e senza aumento del carico insediativo.

Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili. Le stesse dovranno essere comunque puntualmente ed attentamente valutate in funzione della tipologia del dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità / vulnerabilità omogenea.

A tal fine alle istanze per l'approvazione da parte dell'Autorità Comunale deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Anche per facilitare tali valutazioni la classe di fattibilità è stata comunque suddivisa in sottoclassi (anche se tutte presentano rilevanti vincoli di inedificabilità).

Nella classe 4 sono state incluse tutte le aree del territorio Comunale che presentano pendenze da elevate a molto elevate e che sono quindi naturalmente pericolose e/o vulnerabili e poco/nulla adatte a scopi edificatori e/o a modifiche di destinazione d'uso (generalmente poste nelle aree marginali del territorio, soprattutto a nord, est e sud a bordare le culminazioni principali).

Inoltre nello specifico per il Comune di Santa Brigida sono state distinte anche le seguenti sottoclassi, connesse a problemi specifici ed assoggettate a limiti e vincoli ben definiti:

- A. *Area a grave rischio idrogeologico ex L. 267/98 - zona 1*
- B. *aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (aree soggette a crolli e distacco, aree di frana attiva, frana quiescente, aree a franosità superficiale attiva)*
- B1. *aree di probabile localizzazione delle valanghe*
- C. *aree con emergenze idriche, comprese la zone di tutela assoluta delle sorgenti potabili*
- D. *aree interessate da carsismo, con doline attive*
- E. *aree adiacenti i corsi d'acqua da mantenere a disposizione (fasce di rispetto e salvaguardia dei corsi d'acqua)*
- F. *aree interessate da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette*

Pericolosità sismica locale

Nella carta della fattibilità sono anche riportate con apposita simbologia di aree di pericolosità sismica locale, che nel caso di Santa Brigida fanno riferimento agli scenari Z1a, Z1b, Z1c, Z3a, Z3b, Z4a, Z4b, Z4c, Z4d e Z5.

Le zone Z1a e Z1b sono già classificate in fattibilità geologica 4 per le problematiche di dissesto.

Attualmente non è in previsione la realizzazione di edifici strategici e rilevanti (come da elenco di cui al d.d.u.o. 19904/03) nelle aree sopra indicate, per cui le verifiche nel presente piano si sono fermate al 1° livello, dato che il Comune è in classe sismica 4.

Allo stato attuale nell'intero territorio comunale si applicano le normative vigenti per la classe sismica 4, senza alcun aggravio particolare.

Per i dettagli normativi e vincolistici e per la gestione puntuale delle diverse classi di fattibilità si rimanda alle NTA di carattere geologico.

8.0 CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente lavoro è relativo ad una revisione, con adeguamento ai dettami della L.R. 12/05, dello studio geologico vigente (del 1997 con aggiornamento PAI nel 2002) del territorio Comunale di Santa Brigida. Gli aspetti integrati sono relativi a:

- Informatizzazione dei dati con software di tipo GIS (arc-view);
- Approfondimenti e studi di dettaglio su: lenti evaporitiche, opere di consolidamento presso la ex Cava Carale e problematiche idrauliche sulle valli;
- Analisi morfologiche di dettaglio;
- Analisi della pericolosità sismica locale;
- Revisione ed aggiornamento delle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità geologica (interessanti l'intero Comune) e delle norme geologiche di piano.

Per quanto l'analisi della pericolosità sismica locale è stata predisposta la carta di pericolosità sismica locale su tutto il territorio: le analisi si sono fermate al primo livello in quanto il PGT non prevede nuovi edifici strategici e rilevanti ai sensi della d.d.u.o. n° 19904 del 21/11/2003 interagenti con zone Z3 e Z4.

Eventuali futuri approfondimenti (2° o 3° livello) sia in fase pianificatoria che progettuale dovranno essere realizzati in base a quanto previsto dalle normative vigenti ed ai riscontri della carta della pericolosità sismica locale.

Con il presente lavoro vengono modificate e completamente sostituite le tavole: “carta dei vincoli”, “carta di sintesi” e “carta di fattibilità geologica” del precedente piano, viene aggiunta la carta delle pericolosità sismica locale e vengono aggiornate le norme geologiche di piano.

Lo studio geologico vigente, seppur precedente alla L.R. 41/97 era stato ritenuto adeguato alla stessa e successivamente anche al PAI.

Il presente aggiornamento ha comunque comportato una revisione generale della fase di sintesi e conseguentemente della carta di fattibilità, per una serie di elementi nuovi, che è stato necessario tenere in conto e precisamente:

- Nuove disposizioni normative nazionali e regionali entrate in vigore (per es. tutta la parte sismica);
- nuove disposizioni tecniche della Regione Lombardia per la redazione dei piani geologici (tra cui, per esempio, l'obbligatorietà di alcuni passaggi dalla carta di sintesi alla carta di fattibilità);
- potenziamento degli strumenti informatici, con possibilità di predisposizione dei DEM delle cartografie e delle successive carte delle pendenze in automatico, in base ai range desiderati;
- nuovi elementi tecnici acquisiti per studi ed indagini sul territorio (maggiori conoscenze sulle evaporiti e sui terreni di alterazione, analisi degli spostamenti del suolo con analisi radar, ecc.);
- eventi alluvionali, con relativi fenomeni di dissesto, esondazione, ecc. successivi al 1997 (per es. autunno 2000, novembre 2002, ecc.);
- opere di difesa del suolo e messa in sicurezza.

La carta di fattibilità ha quindi subito un'importante revisione, revisione necessaria alla luce di tutto quanto sopra indicato, nell'ottica di una sempre migliore e più accurata gestione del territorio, ai fini di una maggiore tutela e salvaguardia di tutte le componenti presenti (antropiche, ambientali, ecc.).

E' infatti da considerare che la cultura geologica a supporto degli strumenti di pianificazione è molto recente (la prima delibera è del 1993, la prima norma prescrittiva è del 1997) ma affronta invece problematiche che hanno spesso tempi di evoluzione e dinamiche molto variabili (che possono interferire in modo anche drammatico con la realtà).

E' quindi fondamentale un continuo aggiornamento di tali aspetti, proprio sulla base del tempo e del comportamento, del territorio soprattutto in concomitanza con eventi eccezionali, per migliorare ed aumentare progressivamente la conoscenza degli aspetti geologici ed idrogeologici e fare del piano uno strumento di prevenzione e gestione sempre più affidabile.

9.0 DOCUMENTAZIONE DI PIANO VIGENTE

Lo studio geologico completo è composto dalla seguente documentazione tecnica:

Studio geologico L.R. 41/97 del dicembre 1997

- Tavola 1: Carta geologica, scala 1:10.000
- Tavola 1b: Sezioni geologiche, scala 1:5.000
- Tavola 2: Carta geomorfologica, scala 1:10.000
- Tavola 3: Carta idrogeologica con elementi idrografici, scala 1:10.000
- Tavola 4: Carta delle aree estrattive, scala 1:2.000
- Tavola 5: Carta litologico-tecnica, scala 1:5.000
- Relazione tecnica – illustrativa ed allegati

Adeguamento dello Studio geologico L.R. 41/97 al PAI del novembre 2002

- Tavola Unica: Carta del quadro del dissesto con legenda PAI, scala 1:10.000

Presente studio di adeguamento ai sensi della L.R. 12/05 del febbraio 2002

- Tavola 6: Carta degli scenari di pericolosità sismica locale, scala 1:10.000
- Tavole 7a-7b: Carta dei vincoli, scala 1:5.000
- Tavole 8a-8b: Carta di sintesi, scala 1:5.000
- Tavole 9a-9b: Carta di fattibilità geologica, scala 1:5.000
- Tavola 10: Carta di fattibilità geologica su CTR, scala 1:10.000
- Relazione tecnica illustrativa
- Allegati
- Norme geologiche di piano

ALLEGATI

- Allegato n° 1: Carta geologica digitalizzata
- Allegato n° 2: Lenti di gesso ed anidrite: pubblicazione scientifica sulla caratterizzazione geomeccanica di gessi ed anidriti e sui fenomeni di degrado in acqua
- Allegato n° 3: Consolidamento ex Cava Carale: pubblicazione scientifica sul primo intervento pilota di consolidamento, con relativi studi scientifici a supporto
- Allegato n° 4: Dati idrologici: carta idrografica con distinzione del reticolo idrico principale e minore e localizzazione di attraversamenti e tombotti
- Allegato n° 5: Dati morfometrici: Carta dell'esposizione dei versanti, Carta clivometrica.
- Allegato n° 6: Opere di difesa del suolo: ubicazione delle principali opere di difesa del suolo