

1. PREMESSA

Il Comune di Vigolo (Provincia di Bergamo), con Delibera della Giunta Comunale n. 94 del 21 Dicembre 1999, ha affidato l'incarico per lo studio della situazione geologico-ambientale dell'intero territorio comunale, che si è tradotto nella presente relazione e nella produzione di una serie di carte tematiche, nel rispetto di quanto previsto dalla Legge Regionale 24 novembre 1997, n. 41 *“Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti”*.

Successivamente lo studio è stato rivisto in seguito alle osservazioni trasmesse dalla regione Lombardia, nell'ambito delle fasi di verifica ed analisi di propria competenza, datate 1 febbraio 2007 e 20 luglio 2008, in quanto, pur riconoscendo le fasi di analisi coerenti con le direttive attuative della l.r. 41/97, approvate con d.g.r. n. 7/6645/2001, venivano riscontrate alcune inesattezze nelle carte di sintesi e di fattibilità.

Si è proceduto inoltre all'adeguamento della componente sismica ai sensi della l.r. 12/2005 e delle d.g.r. n. 1566/2005 e 7374/2008.

1.1 Il significato degli studi geologici nel campo della pianificazione territoriale

Il ruolo e i compiti del geologo nel campo della pianificazione sono stati riconosciuti e giustamente definiti già nel Decreto della Giunta della Regione Lombardia n.5/36147 del 18.5.1993, indicante i "Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale", pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia, 2° Supplemento Straordinario al N.28 del 16 Luglio 1993. Nella presente introduzione, **pur riconoscendo l'evoluzione della normativa negli anni recenti**, si vogliono riprendere alcuni passi dal documento regionale sopra citato, alcune considerazioni che bene esprimono gli obiettivi e le finalità che hanno spinto i responsabili dei competenti uffici

regionali a produrre il documento successivamente approvato dalla giunta regionale e rivolto in primis "alle amministrazioni comunali, provinciali, all'ente regione ed ai professionisti incaricati della progettazione degli strumenti urbanistici, con particolare riferimento ai geologi che partecipano ai gruppi interdisciplinari di progettazione" (dalla "scheda di presentazione").

Nella "Scheda di presentazione" si dice con chiarezza che l'obiettivo del documento "è quello di individuare i contenuti essenziali degli studi geologici da eseguire ai fini della predisposizione degli strumenti urbanistici generali comunali e delle loro varianti generali nell'ottica di contribuire alla prevenzione del dissesto idrogeologico".

Sempre nelle "Premesse", sono richiamate altre considerazioni generali che pare opportuno sottolineare:

"Ogni particella del territorio deve essere considerata dal pianificatore con la massima attenzione in quanto anche porzioni apparentemente marginali manifestano una importanza ambientale che deve essere sempre presa in dovuta considerazione nei processi pianificatori". A tal fine, "il contributo della geologia appare un elemento essenziale per effettuare corretti studi analitici di settore e conseguentemente proporre significative indicazioni tecniche da recepire negli strumenti urbanistici".

La conoscenza e la descrizione di un territorio, relativamente ai suoi aspetti geologici, geomorfologici e idrografici è dunque di primaria importanza anche per i successivi approfondimenti legati alla cultura e alla presenza dell'uomo su di esso, e dunque anche per le future decisioni di pianificazione, purché rivolte anche al rispetto e alla valorizzazione delle qualità ambientali e della qualità di vita dei cittadini.

Si è infatti consapevoli come i caratteri fisici condizionino anche fortemente l'ubicazione degli insediamenti ed anzi, in molti casi siano essi stessi la ragione della presenza di una comunità di persone in un determinato luogo.

Capire innanzitutto il proprio territorio, nelle sue forme e nelle sue strutture, significa dunque capire almeno in parte la ragione stessa di un paese e valutare le possibilità per una comunità di crescere anche economicamente.

Ciò che un territorio offre è necessariamente legato ai caratteri fisici che lo condizionano, e dunque alla pendenza e all'esposizione dei versanti, alla tipologia delle rocce e alla qualità dei suoli: tutto ciò può consentire la presenza diffusa di un certo tipo di vegetazione e non altra o può permettere determinate coltivazioni e non altre; così, nelle aree collinari, solo la presenza di rocce stratificate, calcareniti o arenarie, ha permesso la costruzione dei muri a secco che a loro volta hanno sostenuto le più comuni pratiche agricole; nell'alta pianura la presenza e la facile reperibilità di materiali ciottolosi ha consentito la costruzione di muri che sono vere e proprie opere d'arte, oppure la loro mancanza ha indotto l'uomo ad elaborare tecniche per l'utilizzo dei terreni argillosi per la produzione di mattoni. Ancora, il fluire delle acque, anch'esso legato alle condizioni geologiche dei luoghi, ha consentito lo sviluppo di determinate coltivazioni o lavori. Certo, l'uomo ci ha messo del suo - la fatica e l'ingegno - ma se le comunità hanno potuto crescere e progredire nei secoli è stato anche perché esse hanno trovato condizioni ambientali almeno un poco favorevoli. Molti, dunque, sono gli elementi e gli spunti che anche la geologia e la geomorfologia possono dare per una valorizzazione complessiva del territorio, soprattutto se integrati con gli aspetti vegetazionali e storici, culturali e di uso tradizionale del territorio, di localizzazione dei centri abitati e delle attività economiche degli uomini, della toponomastica e dello sfruttamento delle risorse naturali. Anche oggi, in tempi in cui sembra essersi allentato il rapporto tra l'uomo e la natura; quando sembra che l'ambiente esterno condizioni in modo molto più limitato di una volta le decisioni dell'uomo; quando ciò che è importante non è più quello che un territorio può dare in termini di risorse per soddisfare i bisogni immediati della gente; quando ciò che conta non è tanto la tranquillità, la preziosità o l'amenità del paesaggio, ma piuttosto la vicinanza alle aree

economicamente più forti, alle industrie, alle principali vie di comunicazione; allora, proprio oggi è forse maggiormente necessario ritornare a prendere coscienza del proprio ambiente, della sua ossatura, delle sue forme, della sua cultura, della sua valenza, soprattutto per riconoscere il valore e l'importanza di quanto hanno fatto le generazioni precedenti alla nostra e per responsabilizzarci su ciò che noi lasceremo a quelle che verranno. Ed inoltre per pensare ad uno sviluppo che non trascuri le esigenze attuali, ma che sia coerente con i valori che il territorio ancora oggi esprime, prima che essi vengano completamente dimenticati. Infine, non bisogna dimenticare che un Comune, un paese, una località, non è mai sola con sé stessa, ma che ogni territorio fa parte di un contesto geografico ben più ampio, nel quale esso trova almeno in parte la giustificazione di alcuni dei propri caratteri. Avvicinarsi allo studio di un territorio deve essere dunque una sfida da raccogliere in collaborazione tra le diverse discipline, con l'obiettivo di una sempre più approfondita conoscenza del territorio e delle comunità che lo abitano e di un sempre maggiore rispetto per l'ambiente, che significa anche riconoscerne i limiti oltre che le valenze, ma soprattutto significa essere curiosi di ciò che ci circonda al fine di trovarne le ragioni e di chiarire le motivazioni che hanno spinto altri prima di noi ad abitare in un luogo e a lavorare, spesso con fatica, perché anche noi potessimo crescere ed abitare in esso: ogni corretta pianificazione dovrebbe quanto meno essere realizzata nel ricordo e nel rispetto della fatica e del lavoro di quanti ci hanno preceduto, i quali hanno saputo modellare a loro vantaggio la natura, controllandone gli eccessi e nello stesso tempo, e proprio per questo, rispettandola.

1.2 Documentazione prodotta

La finalità del lavoro svolto è stata dunque la descrizione dell'intero territorio comunale dal punto di vista della geologia, della geomorfologia, dell'idrografia superficiale e

dell'idrogeologia, in modo tale che potesse essere di supporto anche alla pianificazione urbanistica.

La relazione geologica è stata integrata da una serie di cartografie che visualizzano, con opportune simbologie, i caratteri ambientali salienti del territorio comunale. Nel dettaglio, le cartografie prodotte a corredo della presente relazione sono le seguenti:

Carta geolitologica	scala 1:5.000;
Carta geomorfologica	scala 1:5.000;
Carta idrogeologica	scala 1:5.000;
Carta litotecnica	scala 1:5.000;
Carta dei vincoli	scala 1:5.000;
Carta di sintesi	scala 1:5.000;
Carta della Fattibilità geologica	scala 1:5.000;
Carta dei dissesti con legenda P.A.I.	scala 1:5.000;

La **relazione finale illustrativa** è integrata da una serie di cartografie che visualizzano, con opportune simbologie, i caratteri ambientali salienti del territorio comunale, con particolare riferimento alle condizioni geologiche e geomorfologiche.

In seguito all'approvazione dei più recenti dei criteri per la redazione degli studi geologici e alla nuova normativa statale in materia sismica, lo studio è stato aggiornato secondo quanto previsto in merito alla componente sismica, con l'elaborazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale e la sovrapposizione dei retini alla Carta della Fattibilità Geologica.

1.3 Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po

Anche il Comune di Vigolo risulta inserito nel Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), predisposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, secondo il quale

nell'ambito del territorio comunale vengono indicate alcune aree in dissesto, rappresentate nella documentazione inviata al Comune, "Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici – delimitazione delle aree in dissesto", scala 1:25.000.

Vigolo è inoltre tra i comuni "**non esonerati**" dalla procedura di cui all'art.18, comma 1, delle NdA del PAI.

Secondo questo articolo, la Regione Lombardia, nell'ambito di quanto disposto all'art.5, comma 2 delle citate NdA, ha il compito di emanare delle disposizioni concernenti l'attuazione del Piano (P.A.I.) nel settore urbanistico e conseguenti alle condizioni di dissesto delimitate nella cartografia dell'elaborato 2 "Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici – allegato 4 – Delimitazioni delle aree di dissesto"; ciò è stato fatto con l'approvazione della Delibera di Giunta Regionale 11 dicembre 2001, n. 7/7365 "Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della Legge 18 maggio 1989 n. 183".

Il comune, dovendo adottare tali disposizioni negli strumenti urbanistici ed adeguarli in base all'art.18, comma 1, al fine di migliorare l'efficacia dell'azione di prevenzione, può adottare, in base all'art.18, commi 2 e 3, delle NdA del PAI, delle varianti urbanistiche che contengono delle proposte di aggiornamento all'elaborato 2 "Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici – allegato 4 – Delimitazioni delle aree di dissesto".

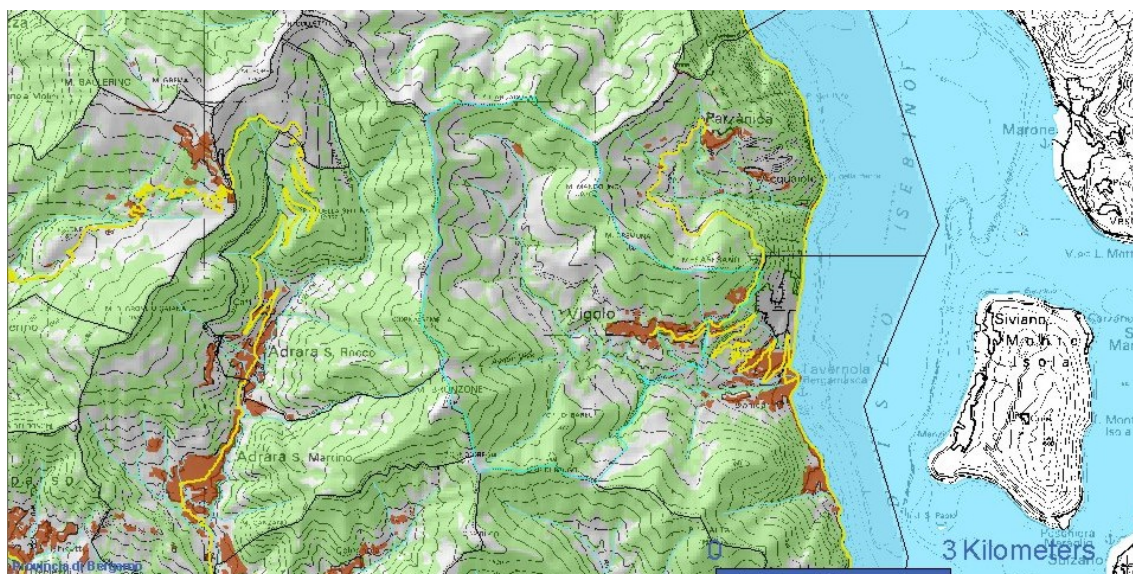
Tali proposte devono essere il risultato di una verifica di compatibilità idraulica ed idrogeologica delle previsioni degli strumenti urbanistici vigenti con le condizioni di dissesto rilevate nella citata cartografia del Piano, attuata con analisi di dettaglio.

Le proposte di adeguamento adottate dal Comune devono essere redatte in base alle risultanze di uno studio geologico redatto ai sensi della l.r.41/97 (ora l.r. 12/2005), secondo gli standard metodologici contenuti nelle "Direttive regionali in attuazione dell'art.3 per lo studio geologico a supporto dei P.R.G." approvati con d.g.r. n.VII/6645 del 29/10/2001 ed ora secondo quanto indicato nelle d.g.r. n. 1566/2005 e 7374/2008. In base all'art.6 della

deliberazione di adozione del PAI (18/2001) la Regione trasmetterà all'Autorità di Bacino le proposte di aggiornamento dell'elaborato sopraccitato risultanti dalle varianti adottate secondo quanto sopra indicato.

Il presente studio, che ha per oggetto l'intero territorio comunale così come imposto già dalla l.r. 41/97, contiene dunque in sé anche la proposta di una nuova perimetrazione delle aree a rischio indicate nell'elaborato del PAI; quelle aree, cioè, che interferiscono più o meno direttamente con aree urbanizzate o comunque a maggiore fruizione antropica.

La *Carta dei dissesti uniformata alla legenda PAI*, redatta sulla base del presente studio, costituisce parte integrante dello studio geologico del territorio comunale, così come previsto dalla ex l.r. 41/97, dalla vigente l.r. 12/2005 e dai criteri di attuazione, nonché dalla "Direttiva PAI" citata.



2. METODOLOGIA DELLO STUDIO

Lo studio è stato effettuato secondo quanto suggerito nelle direttive regionali di riferimento all'atto dell'attribuzione dell'incarico, come: *“Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale”*, Delibera della Giunta Regionale 6 agosto 1998, n. 6/37918, *“Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell’art.3 della l.r.41/97”*, Delibera della Giunta Regionale n. 7/6645 del 29 ottobre 2001.

Successivamente, pur mantenendone l'impianto originario, lo studio è stato adeguato alle osservazioni della Regione Lombardia ed aggiornato ai sensi delle più volte citate d.g.r. n. 1566/2005 e 7374/2008.

Tali direttive stabiliscono i criteri e i contenuti degli studi geologici di supporto agli strumenti urbanistici, delineando altresì degli standard di riferimento. Secondo tali raccomandazioni lo schema metodologico adottato si è basato su tre distinte fasi di lavoro: analisi, diagnosi e proposte.

- 1) La fase di analisi è consistita nella raccolta dei dati bibliografici esistenti di pertinenza geologica, basata principalmente sui dati raccolti durante il lavoro sul terreno, necessari alla produzione della **cartografia d'inquadramento e di dettaglio** consistente nei seguenti elaborati:

- **carta geolitologica**
- **carta geomorfologica**
- **carta idrogeologica**
- **carta litotecnica**
- **carta dei vincoli**

- 2) La fase di diagnosi è consistita nell'analisi critica delle informazioni raccolte e cartografate. Dall'incrocio tra i diversi fattori ambientali è stato possibile evidenziare le zone a maggior criticità e produrre la **carta di pericolosità o di sintesi**.
- 3) La fase propositiva che è seguita, ha permesso la redazione di una **carta della fattibilità geologica** per le azioni di piano e classi di fattibilità nella quale è stata effettuata una zonazione del territorio in quattro classi principali a diversa attitudine, dal punto di vista geologico, a sostenere interventi antropici.

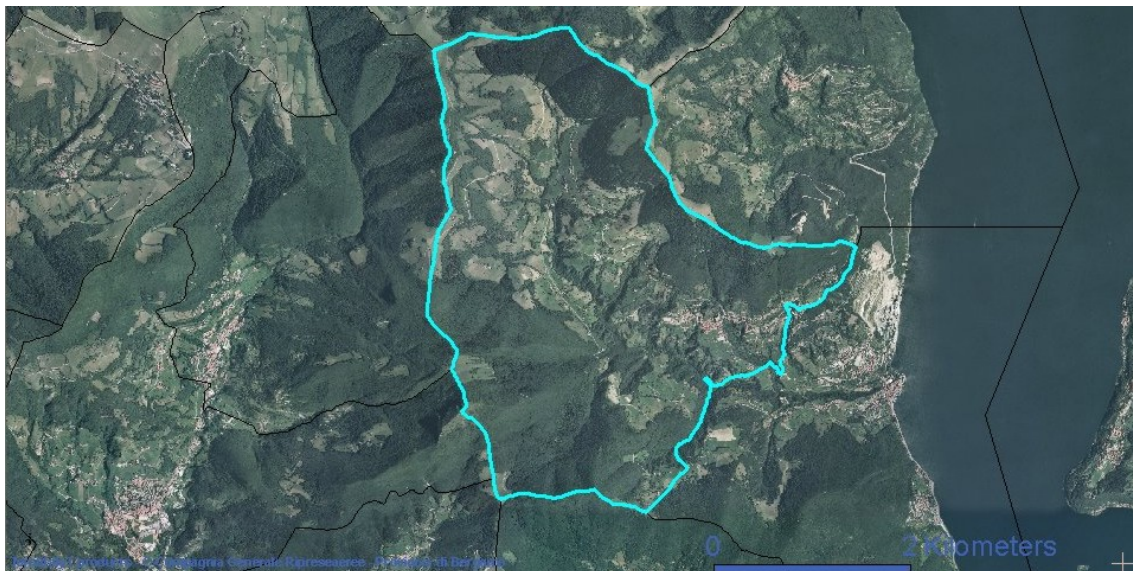
Le indicazioni espresse nello studio possono quindi essere utilmente recepite dagli strumenti urbanistici, con lo scopo di minimizzare gli effetti connessi alla fruizione del territorio; mentre si deve ricordare che esse **non devono in alcun modo essere considerate sostitutive delle indagini geognostiche di maggior dettaglio prescritte dal D.M. 11 marzo 1988 per la pianificazione attuativa e la progettazione esecutiva**.

Per la fase di raccolta dei dati bibliografici l'Amministrazione Comunale, dal canto suo, ha fornito il materiale a sua disposizione, consistente essenzialmente, oltre che nelle previsioni di piano, nella cartografia di base, in studi e relazioni precedentemente eseguiti. Sono stati inoltre analizzati i dati relativi alle frane storiche che hanno interessato in passato il territorio di Vigolo e quelli limitrofi, le indagini geologico-idrogeologico-geotecniche effettuate e tutte quelle conoscenze storiche legate alla gestione delle risorse ambientali che risultano di fondamentale importanza per il corretto svolgimento del lavoro.

Sono stati consultati e verificati gli studi generali esistenti, prodotti dall'Autorità di Bacino per il Fiume Po nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), la Carta dei dissesti della Regione Lombardia e l'Inventario dei movimenti franosi (IFFI), le tavole di riferimento del Piano Territoriale Provinciale (PTCP), nonché la cartografia

geologica e geomorfologica prodotta dalla Comunità Montana del Basso Sebino e del Monte Bronzone (rif. Progetto Ambiente).

Quale base cartografica è utilizzata in parte la carta tecnica regionale in scala 1:10.000 o ingrandita alla scala 1:5.000, derivata da riprese aeree condotte all'inizio degli anni '80 e in parte, per le cartografie di maggior dettaglio, il nuovo rilievo aerofotogrammetrico, messo a disposizione solo recentemente dall'Amministrazione Comunale.



3. IL CONTESTO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO

Per una descrizione approfondita delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche complessive del territorio a scala ampia, si rimanda ai recenti studi e alla pubblicazione edita dalla Comunità Montana del Basso Sebino e M. Bronzone e curata dai geologi Ravagnani e Santambrogio (Geoter), nonché alla cartografia geologica ufficiale della Provincia di Bergamo, nelle quali sono descritte con dovizia di dettagli le formazioni rocciose e le morfologie presenti in questo angolo del territorio bergamasco.

Basti ricordare, in questa sede, che il territorio della Comunità Montana del Monte Bronzone e del Basso Sebino occupa una vasta area – collinare e montuosa – che costituisce l'entroterra della riviera sebina tra le rupi orientali del M. Creò, a nord, e il primo tratto del Fiume Oglio sublacuale, fino alla suggestiva confluenza del Torrente Uria. Se da un lato, dunque, il confine è ben rappresentato dalla linea di sponda del Lago d'Iseo, all'interno esso coincide quasi completamente con le linee di spartiacque, tra cui rileva il lungo e netto crinale di separazione con la Valle Cavallina, ad occidente, e quello, meno articolato ma mediamente più elevato, con la Valle di Fonteno, a settentrione.

Il territorio è scandito da una successione di valli e di crinali montuosi: le prime recapitano in parte nel bacino lacustre (T. Rino di Predore, T. Rino di Tavernola e Vigolo, Valle dei Foppi di Parzanica) e in parte direttamente nel Fiume Oglio (T. Uria, T. Guerna); i secondi, oltre ai citati spartiacque, si articolano a raggiera dalla cupola del Monte Bronzone, che domina dall'alto dei suoi 1334 m e che rappresenta anche la quota maggiore del territorio comunale di Vigolo.

Le morfologie più suggestive sono legate per la maggior parte all'azione della dinamica glaciale e fluviale, che hanno lasciato segni importanti quasi ovunque, modellando i versanti rocciosi sia con l'azione diretta dell'erosione glaciale, sia attraverso la deposizione di materassi potenti di materiali sciolti, insinuati profondamente e ad altezze

significative all'interno delle valli di Parzanica, di Vigolo e Tavernola e di Predore. I depositi glaciali, tuttavia, se hanno predisposto all'interno delle valli superfici terrazzate favorevoli agli insediamenti e alle coltivazioni, sono anche più facilmente predisposti alla degradazione da parte delle acque incanalate, che nel tempo hanno formato profonde forre e scarpate ripide, spesso in condizioni di equilibrio instabile e sede di dissesti anche rilevanti.

L'azione delle grandi glaciazioni quaternarie ha lasciato il suo segno forse più incisivo sullo sperone del Corno di Predore, una compatta massa rocciosa che si protende nel lago, il cui asse qui cambia nettamente e bruscamente, prima di restringersi e ridiventare fiume all'altezza del ponte di Sarnico; le masse glaciali, sbarrando le valli più meridionali, hanno inoltre favorito, quando il Sebino era un'unica navicella di ghiaccio e nelle successive fasi di ritiro, la permanenza di piccoli laghi di sbarramento sul fondo delle valli di Gandosso, Foresto ed Adrara, per il tempo necessario alla deposizione di materiali argillosi, in acque tranquille. Tali materiali, che nei nostri tempi sono stati in parte sottoposti a sfruttamento ed escavazione, in qualche caso, sottoposti ad altri depositi argillosi derivanti dal dilavamento dei versanti collinari e montani, sono fonte di preoccupazione per la propensione allo scivolamento e per le scadenti caratteristiche meccaniche quali terreni di fondazione per gli edifici e le attività dell'uomo (è il caso della conca di Adrara S. Martino).

L'azione dei fiumi, dei torrenti e dei ghiacciai si è sovrapposta all'ossatura rocciosa che ha comunque determinato le forme del territorio, così come oggi le vediamo: infatti, l'assetto strutturale delle formazioni rocciose, le caratteristiche di composizione e di giacitura delle rocce stesse, la presenza di linee di "discontinuità" o di "sovrapposizione" tra le masse rocciose, sono tutti fattori che hanno condizionato e tuttora condizionano la dinamica e l'evoluzione del territorio, nonché la presenza dell'uomo su di esso (cosa spesso trascurata e dimenticata).

In linea generale, la maggiore o minore resistenza delle rocce a lasciarsi “aggredire” e “demolire” dagli agenti climatici e meteorici è stata la principale responsabile dell’attuale conformazione del territorio: schematicamente, anche se poi nella realtà la dinamica è più complessa, le rocce carbonatiche (calcari, calcari dolomitici) oppongono maggiore resistenza all’azione del clima e danno forma a versanti più ripidi, rocciosi, a creste sottili e a morfologie che si addolciscono solo quando tra le stratificazioni carbonatiche compaiono livelli o strati a maggior contenuto di argilla; più facilmente invece si disgregano le rocce “terrigene” (arenarie, marne, calcareniti), a causa della loro conformazione interna, di una maggiore o minore cementazione dei granuli, della maggiore o minore presenza di minerali argillosi.

A questo proposito, è evidente che la conformazione geologica, strutturale e morfologica del territorio condizionano profondamente l’ubicazione e l’estensione dei fenomeni di dissesto, che si concentreranno in particolare in aree “deboli”, in relazione alle caratteristiche del territorio stesso, e quindi per esempio:

- dove maggiore è la complessità tettonica, che causa un’estrema fratturazione delle rocce,
- dove le stratificazioni sono disposte in maniera sfavorevole,
- dove maggiori sono gli spessori delle coperture superficiali, argillose o sciolte, su versanti anche di non grande acclività,
- dove più profonde sono le incisioni torrentizie,
- dove l’azione antropica ha alterato un equilibrio già di per sé precario.

Aree con elevata propensione al dissesto, dunque, sono quelle caratterizzate dalla presenza di una potente copertura eluvio-colluviale o argillosa; dove i depositi glaciali sono particolarmente potenti e fortemente incisi dai corsi d’acqua (es. Tavernola, Vigolo, Parzanica); dove il naturale deflusso delle acque superficiali è stato alterato, per cause naturali o antropiche (es. Tavernola, Predore, Sarnico, Gandosso); dove l’assetto

strutturale delle formazioni rocciose è stato sconvolto da linee di faglia o da sovrascorrimenti o da intense fratturazioni indotte da agenti esterni, come i ghiacciai (es. Adrara S. Martino, Predore, Tavernola); dove l'alveo dei corsi d'acqua è stato abbandonato senza alcuna manutenzione che ne abbia asportato la vegetazione infestante e i detriti (un po' tutti i corsi d'acqua sono interessati al problema della manutenzione e pulizia dell'alveo).



4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO – TERRITORIALE DEL TERRITORIO DI VIGOLO

Il Comune di Vigolo occupa la parte più interna del bacino idrografico del Torrente Rino (di Tavernola), il paese si affaccia sul bacino lacustre ai margini di un terrazzo morfologico di origine glaciale, ma il territorio alle sue spalle presenta caratteri tipicamente montani, con un fondovalle ampio, terrazzato, e ripidi versanti con macchie di prati e boschi che salgono a quote mediamente elevate, fino al culmine del Monte Bronzone; un vasto bosco di conifere sui versanti occidentali dei monti Cremona e Mandolino accentua la sensazione “alpestre” dell’interno della valle del Rino. Il territorio comunale coincide in gran parte con il crinale di spartiacque che lo separa dalle valli di Adrara, di Parzanica e di Fonteno; ad est, il confine con Tavernola segue piuttosto il solco di due valli confluenti nell’asta principale del Rino. L’ossatura del territorio è costituita da formazioni triassiche e giurassiche, essenzialmente carbonatiche, localmente interessate da significative morfologie carsiche; la morfologia “pianeggiante” del fondovalle è data dalla presenza dei terrazzi morfologici legati all’azione dei ghiacciai quaternari che si sono insinuati profondamente all’interno della Valle di Vigolo e di cui rimane traccia anche nei potenti cordoni morenici di Paullo e Seradello; la continuità di tali superfici terrazzate è stata interrotta dalla profonda azione di scavo del torrente che oggi scorre in gran parte sul basamento roccioso, ma la cui azione erosiva ha indotto situazioni di potenziale rischio sui versanti, molto ripidi, che sostengono i terrazzi morfologici.

Al di fuori dell’incisione valliva, non sono molte le segnalazioni di dissesti in atto, se non localmente per fenomeni di scivolamento dei terreni superficiali a causa dell’acclività del versante e della scarsa regimazione delle acque superficiali (es. loc. Seradino, strada per Foppelle) o per fenomeni di erosione o di trasporto lungo le aste torrentizie (es. loc. Ronchi della Bratta). In corrispondenza delle valli più incise all’interno del potente deposito

morenico non sono comunque infrequenti i fenomeni franosi di maggiore entità ed estensione (es. loc. Campolerone).



5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'analisi del territorio ha consentito l'individuazione delle principali zone di affioramento del substrato roccioso, delle forme e dei depositi superficiali presenti nell'area oltre al riconoscimento dei processi geomorfici e dei principali lineamenti strutturali del territorio.

I criteri adottati per la redazione della carta geomorfologica, si ispirano ai più recenti lavori di geomorfologia apparsi in letteratura; in particolare si è fatto riferimento alla legenda proposta nell'allegato 10 della D.G.R. 29 ottobre 2001 – n° 7/6645 *“Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art.3 della L.R. 41/97”*.

La simbologia utilizzata nella stesura della carta ha come obiettivo quello di distinguere innanzitutto i sistemi morfogenetici di appartenenza sia per quanto concerne le forme di erosione che per le forme di deposito.

Nell'area di studio sono stati riconosciuti i seguenti sistemi morfogenetici:

- gravitativo;
- fluviale/torrentizio;
- carsico;
- antropico.

Gli elementi rappresentati in carta sono stati distinti oltre che per il diverso sistema morfogenetico di appartenenza, anche per il grado di attività che li caratterizza.

Per ciascuno dei sistemi morfogenetici si riconoscono forme sia di erosione che di accumulo.

Si definiscono:

- **attive**: tutte le forme e i depositi legati a processi in atto che ne determinano una continua evoluzione;

- **quiescenti:** tutte le forme e i depositi che mostrano evidenze geomorfologiche particolarmente marcate legate ad un'attività recente (anche storica) e che non hanno ancora esaurito la loro capacità di riattivarsi ed evolvere ulteriormente;
- **inattive:** tutte le forme ed i depositi che nelle attuali condizioni climatiche non evolvono più o per l'assenza dell'agente morfogenetico che le ha prodotte oppure perché hanno esaurito la loro capacità evolutiva.

5.1 Morfologia gravitativa

L'attività gravitativa nell'area di studio risulta molto importante a causa della profonda incisione operata dai torrenti della zona. La situazione appare particolarmente complessa, sono presenti infatti le più svariate tipologie di frane s.l. .

Le frane sono raggruppabili in due categorie principali: frane in roccia e frane in detrito e più precisamente sono state riconosciute:

- distacchi di detrito dalle pareti verticali in roccia e/o detrito (glaciale/fluvioglaciale);
- fenomeni franosi limitati alla coltre superficiale e ai depositi eluvio-colluviali;
- fenomeni di trasporto di materiale detritico lungo gli alvei torrentizi e/o i canali alimentati a monte dall'evoluzione gravitativa di scarpate in roccia verticali;
- soliflusso/creep.

Si può affermare che sono presenti sia fenomeni gravitativi progressivi di piccola entità, che coinvolgono per lo più i depositi argillosi di natura eluvio-colluviale oppure le coltri detritiche grossolane prive di matrice disposte su versanti particolarmente inclinati ($>35^\circ$), sia fenomeni che interessano i depositi derivanti dalla disgregazione delle scarpate in

calcarei stratificati. In ogni settore del territorio prevalgono tipologie di fenomeni di dissesto direttamente collegate ai caratteri delle litologie presenti in quell'area.

Esse sono riconoscibili sia in corrispondenza di accumuli antichi che di frane più recenti.

Le aree più soggette a fenomeni gravitativi sono chiaramente quelle poste in corrispondenza dei lineamenti strutturali più importanti; oppure sono presenti nelle aree dove l'energia del rilievo risulta elevata, in corrispondenza delle forre verticali incise dai torrenti della Valle del Rino e delle sue valli laterali.

La presenza alternata dal punto di vista stratigrafico di litologie calcaree, dolomitiche e calcaree marnose stratificate, genera in corrispondenza dei versanti una morfologia a balze con scarpate acclivi o subverticali in calcare o dolomia, alternate a versanti poco inclinati ondulati. L'evoluzione gravitativa di tali scarpate ha determinato l'accumulo alla base di detriti di versante (falde o coni), granulometricamente grossolani che appaiono generalmente sciolti oppure più fini e clinostratificati e che sono organizzati in unità deposizionali soggette a processi di cementazione.

Sulla carta geomorfologica sono state segnalate le scarpate in corrispondenza delle quali sono evidenti i possibili distacchi di detriti rocciosi.

5.2 Morfologia fluviale

Il reticolo idrico attuale possiede uno sviluppo di tipo dendritico: i corsi d'acqua che lo costituiscono, sia quelli principali che quelli secondari, testimoniano tutti la rapida incisione alla quale è andata soggetta l'area in questione. Gli alvei principali incidono profondamente la potente copertura glaciale fino ad arrivare spesso a scoprire il "basamento" roccioso, per cui sono presenti gole o forre con salti che generano cascatelle sia sulle aste principali che su quelle secondarie.

Il generale approfondimento dei solchi fluviali ha generato importanti orli di erosione anche profondi che localmente appaiono ancora attivi, ma che più frequentemente si sono ulteriormente estesi verso l'alto in quanto interessati da processi gravitativi. Una discreta attività erosiva invece è presente sul fondovalle principale dove sono soggetti ad erosione sia i sottili depositi alluvionali attuali che quelli terrazzati recenti oltre ai piedi dei versanti.

Il **torrente Rino** attraversa tutto il territorio comunale fino al confine con Tavernola Bergamasca ad est.

L'alveo del torrente si è notevolmente approfondito a partire dalla fine del periodo glaciale ed ha inciso per uno spessore massimo di circa 30-40 metri, i depositi glaciali-alluvionali che avevano colmato il fondovalle. L'alveo attuale infatti scorre in alcuni punti su roccia.

Sono pertanto presenti orli di scarpata fluviale che risultano inattivi se limitano i terrazzi fluviali più antichi, mentre risultano tuttora attivi (e quindi soggetti a possibili fenomeni di erosione di sponda) quelli che limitano i terrazzi recenti o il piede del versante.

Non sono frequenti, lungo l'alveo del torrente principale, opere di regimazione idraulica.

5.3 Morfologia carsica

Relativamente alle forme tipicamente attribuibili all'ambiente carsico sono da segnalare: doline e condotti carsici verticali.

Per quanto riguarda le aree dove sono state rilevate delle doline, si citano in particolare i versanti che salgono al crinale del Monte Bronzone, tra le loc. Vago, Cà della Scola e Marse, ma fenomeni carsici, a diversa scala, sono segnalati diffusamente su gran parte del territorio comunale.

5.4 Forme legate all'attività antropica

Scarpate artificiali e cave

Sono presenti su gran parte delle strade di comunicazione e su quelle private che raggiungono le frazioni o le abitazioni sparse. Scarpate di origine antropica sono state individuate a monte di alcuni edifici.

E' stata segnalata anche una piccola cava di materiale lapideo, ormai inutilizzata.

Terrazzamenti artificiali

Sono utilizzati per terrazzare i prati. Sono molto utili al fine di evitare così il soliflusso e si limita la possibilità di qualsiasi altro tipo di franamento.

Tombinature, ponti e guadi.

Sono presenti in corrispondenza di ogni intersezione tra strade principali e secondarie e gli impluvi.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio di Vigolo è caratterizzato da rocce che appartengono a formazioni sedimentarie che, per cause tettoniche, a partire dall'estremità settentrionale del territorio comunale sino a quella meridionale, si dispongono , si rovesciano e si duplicano per l'esistenza di faglie, di pieghe e di sovrascorrimenti.

Relativamente agli aspetti più strettamente geologici, di seguito si fornisce un inquadramento geologico strutturale del territorio in esame e vengono descritti in dettaglio i depositi di copertura e le formazioni del substrato roccioso distinte e cartografate sulla carta geolitologica, che indicano anche gli aspetti strutturali dell'area.

6.1 Inquadramento geologico-strutturale

Le Alpi Bergamasche presentano un assetto strutturale caratterizzato da unità tettoniche disposte in fasce E-W che individuano un edificio strutturale complesso, suddivisibile per stili e strutture nei seguenti settori:

- Anticlinale Orobica;
- Zona a scaglie e Faglia Valtorta-Valcanale;
- Autoctono Camuno;
- Parautoctono ed unità alloctone
- Zona a pieghe e pieghe-faglie.

L'area di studio ricade nel cosiddetto **Parautoctono prealpino**, vasto settore posto immediatamente a sud della linea Valtorta-Valcanale e caratterizzato da un edificio strutturale creato dalla duplice o triplice sovrapposizione di sequenze carbonatiche triassiche. Tale settore è delimitato alla base da un piano di sovrascorrimento che

individua un'area alloctona difficilmente delimitabile a meridione, che si estende per alcune centinaia di kmq.

Più in particolare l'area in esame si colloca nella porzione a sud di un importante lineamento tettonico a carattere regionale, noto in letteratura con il nome di **Faglia di Clusone**. Tale lineamento presenta un andamento NE-SW e separa il Parautoctono in due zone distinte, caratterizzate da una diversa evoluzione strutturale. La **zona meridionale**, nella quale ricade l'area in esame, fino a poco tempo fa ritenuta poco deformata, è stata recentemente oggetto di una sostanziale revisione ad opera di Berra, Rovellini e Jadoul (1991). Essi hanno riconosciuto una struttura tutt'altro che semplice e caratterizzata da tre unità tettoniche sovrapposte, interessate a loro volta da fenomeni di raccorciamento crostale che le hanno scomposte in diverse sottounità. Partendo dall'alto gli Autori hanno distinto:

- l'Unità del Monte Cornetto-Corna Lunga;
- l'Unità Gandino-Val Supine-Scanapà;
- il **Parautoctono s.s.**

A complicare i limiti tra le varie unità, generando talora anche unità minori interne, sono presenti inoltre sovrascorrimenti secondari, orientati prevalentemente E-W e WNW-ESE, faglie compressive (inverse e trascorrenti) e più recenti faglie distensive. Queste ultime si sviluppano secondo due direzioni preferenziali, N-S e NNW-SSE, e sono caratterizzate da piani subverticali.

Quindi l'attuale configurazione strutturale della catena è il risultato della tettonica compressiva di età alpina, che ha dato luogo ad una fascia di rilievi interessati da pieghe, pieghe-faglie e sovrascorrimenti "pellicolari".

L'edificio strutturale che ne è derivato risulta particolarmente complesso e può essere schematicamente suddiviso, da nord a sud, in tre settori:

- **Basamento cristallino (zona orobica) ed anticlinale orobica s.s.** La zona orobica costituisce la più settentrionale delle zone nelle quali viene tradizionalmente suddivisa la catena. Essa è costituita da rocce del basamento metamorfico accavallate sulle loro coperture permo-triassiche lungo un fascio di linee in parte vicarianti, talora “en échelon”, orientate E-O, che in letteratura sono conosciute come Linea Orobica. A sud di questa è presente una stretta fascia costituita da strutture anticlinali che coinvolgono sia il basamento cristallino che la copertura sedimentaria permo-triassica.
- **Settore centrale comprendente la successione triassica.**
L'assetto strutturale di questa zona è particolarmente complesso nella fascia settentrionale dove, a ridosso delle anticlinali orobiche, si sviluppa un sistema di faglie OSO-ENE e E-O, noto in letteratura come Linea Valtorta-Valcanale. A sud di tale sistema si sviluppa un edificio strutturale alloctono formato dalla successione triassica (“Parautoctono ed unità alloctone” Auct.).
- **Settore frontale comprendente le unità giurassico-cretaciche.**
Sul fronte della catena è presente un'ampia fascia costituita da unità giurassico-cretaciche e caratterizzata da un fascio di pieghe associate a thrust con assi orientati E-O (“Zona a pieghe e pieghe-faglie” Auct.).

L'area di studio ricade nel settore frontale della catena; questo settore che è identificato come “Zona a pieghe e pieghe-faglie”, è caratterizzato da uno stile a pieghe, pieghe-faglie con assi orientati all'incirca E-O e con tendenza all'accavallamento verso sud (sovrascorrimenti).

In particolare in bibliografia sono state individuate le seguenti strutture tettoniche principali procedendo da nord verso sud:

- **sinclinale di Grone - Colli di San Fermo** Ampia sinclinale asimmetrica che termina verso sud con una piega/faglia sudvergente, a sua volta scomposta da faglie N-S a componente orizzontale;
- **anticlinale di Adrara.** Piega simmetrica ad asse orientato all'incirca E-O parzialmente rovesciata verso sud in prossimità del ricoprimento del Monte Bronzone;
- **sovrascorrimento di Predore - Monte Bronzone.**
- **sinclinale di Tavernola.**

Queste strutture tettoniche sono riportate nelle cartografie di inquadramento.

Il rilievo ha dettagliato ulteriormente le strutture sopracitate distinguendo così, sempre procedendo da nord verso sud:

- una sinclinale aperta simmetrica in serie normale nelle formazioni giurassiche. L'andamento dell'asse a sviluppo planimetrico curvilineo ma complessivamente orientato E-O;
- una anticlinale assimetrica con vergenza verso sud, è sviluppata prevalentemente in rocce triassiche, presenta un asse curvilineo e successione rovesciata sul lato meridionale. A questa struttura principale sono associate pieghe minori simili con piano assiale fagliato (faglie inverse) ed orientazione all'incirca NE-SO;
- sovrascorrimento del Monte Bronzone. Tale lineamento è presente subito a sud della struttura sopracitata, possiede un andamento planimetrico simile e determina la sovrapposizione tettonica delle unità triassiche su quelle giurassiche. In corrispondenza di tale lineamento tettonico la roccia è caratterizzata da un elevato grado di fratturazione.

6.2. Geologia

La valle di Vigolo, come tutto l'ambito bergamasco della conca sebina, è stata particolarmente studiata, dal punto di vista geologico; tali studi hanno prodotto numerose cartografie che rappresentano e descrivono le formazioni rocciose che costituiscono l'ossatura del territorio e le unità litologiche superficiali che su vaste aree ricoprono il substrato roccioso; proprio la presenza di coperture di diverse origini ed età è una delle caratteristiche principali e più interessanti del territorio in esame, avendone profondamente condizionato sia la morfologia che lo sviluppo della presenza umana e delle attività antropiche.

L'elaborato fondamentale, per inquadrare la zona, è la recente Carta Geologica della Provincia di Bergamo, patrocinata e pubblicata dall'Amministrazione Provinciale, che ha riassunto tutti i lavori precedenti, valutandoli criticamente alla luce delle più recenti conoscenze ed integrandoli con rilevamenti ed osservazioni originali, in uno studio approfondito e dettagliato e in una cartografia necessariamente di sintesi che comunque fornisce i riferimenti essenziali per descrivere il territorio in esame.

A livello generale, la valle di Vigolo, non solo nel settore più interno, a monte del paese che le dà il nome, ma anche sui versanti che si affacciano direttamente sul lago, è costituita per la maggior parte da un'ossatura di rocce carbonatiche, di età giurassica, rappresentate, nell'intorno del paese, dalla Formazione del Calcere di Domaro e, più all'interno, dalla Formazione del Calcere di Moltrasio.

La **Formazione del Calcere di Domaro** (Pliensabchiano), è caratterizzata da calcari micritici grigi con liste di selce nocciola, a stratificazione decimetrica planare, con intercalazioni di argilliti grigio verdi e localmente di calcareniti-ruditi.

La **Formazione del Calcere di Moltrasio** (Sinemuriano-Pliensbachiano), è costituita da calcari micritici alternati a calcari marnosi grigio scuri, in strati da decimetrici a metrici,

diffusamente bioturbati. Abbondante silicizzazione diffusa, spesso incompleta, in grossi noduli neri.

Formazioni più antiche, al passaggio tra Giurassico e Triassico, sono presenti più limitatamente in corrispondenza dell'alta cupola del M. Bronzone ed affiorano sul versante orientale dello stesso, scendendo verso il profondo fondovalle; si tratta delle formazioni del **Calcare di Sedrina, della Dolomia a Conchodon e del Calcare di Zu.**

I **depositi glaciali**, riferiti alla successione delle grandi glaciazioni quaternarie che per lunghi periodi hanno completamente occupato la conca sebina insinuandosi anche nelle valli laterali, si spingono profondamente anche all'interno della valle di Vigolo, formando gli ampi terrazzi morfologici che ne caratterizzano il settore mediano.

Il **Complesso dell'Oglio** (Pleistocene medio-superiore), che raggruppa depositi di origine glaciale, fluvioglaciale ed alluvionale, viene distinto, nell'area in oggetto, nella cosiddetta **“Unità di Vigolo”**, che a sua volta è costituita da depositi glaciali, fluvioglaciali e di versante.

In generale, l'Unità di Vigolo comprende:

- *Depositi glaciali* di ablazione e alloggiamento: depositi massivi a supporto di matrice limoso-sabbiosa con abbondanti ciottoli e blocchi subarrotondati;
- *Depositi fluvioglaciali*: ghiaie e conglomerati a supporto di matrice sabbiosa con abbondanti ciottoli più o meno selezionati e cementazione variabile, da nulla a buona;
- *Depositi alluvionali*: ghiaie e conglomerati in corpi stratoidi o lenticolari, con matrice sabbiosa e cementazione variabile;
- *Depositi di versante*: depositi talora cementati, a supporto clastico con abbondante matrice fine, clasti spigolosi di provenienza locale.

Depositi glaciali più antichi e più profondamente alterati sono presenti in piccoli lembi anche a quote relativamente più elevate e in settori ancora più interni della valle: essi vengono attribuiti al **Complesso del Monte di Lovere**.

Nell'area affiorano rocce che appartengono a formazioni comprese tra il Triassico e il Giurassico medio-superiore.

Per quanto riguarda i caratteri geologici principali occorre tenere presente che le coperture sedimentarie di età quaternaria si sviluppano prevalentemente in corrispondenza delle zone di fondovalle, ai piedi dei versanti.

Di seguito viene descritta la serie stratigrafica riconosciuta sul territorio comunale procedendo dalla formazione più recente alla più antica e distinguendo tra le coperture sedimentarie e le unità del substrato roccioso.

Nella carta predisposta sono riportati i lineamenti tettonici principali distinti in funzione della tipologia e la giacitura prevalente della stratificazione così come rilevata sugli affioramenti del substrato roccioso.

DEPOSITI QUATERNARI E NEOGENICI

- Riporti antropici
- Detriti di versante
- Depositi di cono detritico
- Depositi di frana e di paleofrana
- Alluvioni attuali e alluvioni recenti
- Alluvioni antiche
- Aree a franosità superficiale diffusa - scivolamenti
- Area a franosità superficiale diffusa - crolli

- Complesso dell'Oglio – Unità di Vigolo (Pleistocene medio)
 - Complesso del Monte di Lovere (Pleistocene inferiore ? - medio)
-

UNITA' DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

GIURASSICO

- Radiolariti (Batoniano superiore - Kimmeridgiano)
 - Formazione di Concesio (Toarciano – Batoniano inferiore)
 - Calcare di Domaro (Pliensbachiano)
 - Calcare di Moltrasio (Sinemuriano – Pliensbachiano)
 - Calcare di Sedrina (Hettangiano)
-

TRIASSICO - GIURASSICO

- Dolomia a Conchodon (Retico superiore - Hettangiano)
-

TRIASSICO

- Calcare di Zu (Norico superiore - Retico)
-

6.2.1 Depositi superficiali quaternari e neogenici

Nel seguito vengono descritte sinteticamente le principali caratteristiche litologiche e granulometriche dei depositi superficiali che sono stati riconosciuti nell'area di studio.

RIPRIENE E RIPORTI ANTROPICI

Realizzati un po' ovunque con terreni dalle caratteristiche litologiche e granulometriche estremamente variabili per colmare depressioni o per sbarrare piccoli impluvi allo scopo di creare terrazzamenti coltivati o non più, limitati a valle da muri a secco costruiti con pietra locale, ricavata dai numerosi affioramenti che caratterizzano l'intera area comunale o dai depositi di detrito roccioso presenti.

Particolarmente importante e significativo, per entità e volumi interessati, è il riempimento dell'avvallamento ad ovest della sede municipale, mediante il quale sono stati ricavati piazzali e parcheggi a servizio del paese; la ripiena, di cui esistono in Comune relazioni geologiche e tecniche a supporto, è stata regolarmente autorizzata, a partire dalla copertura della valle e la realizzazione dell'alta "briglia" di sbarramento.

DEPOSITI COLLUVIALI

Sono costituiti da materiale detritico fine (argille, limi, sabbie e ghiaia fine) di origine eluviale trasportato da acque di scorrimento superficiale non incanalate. Possono derivare anche dalla erosione e risedimentazione di suoli preesistenti. Lo spessore è contenuto in qualche metro. Dato che le caratteristiche litologiche sono simili ai terreni eluviali, nella carta litologica vengono compresi nella stessa unità.

DEPOSITI DI VERSANTE

Sono sviluppati alla base di una scarpata in roccia o di un versante acclive e sono alimentati da fenomeni di crollo. Alcuni di questi corpi detritici non sono più alimentati dal versante soprastante e quindi sono ricoperti da una fitta vegetazione boschiva.

Sono costituiti in prevalenza da blocchi e massi spigolosi a contatto tra loro e matrice sempre scarsa se non addirittura assente. Lo spessore risulta notevolmente variabile in quanto tali depositi si adattano alla morfologia sottostante raggiungendo spesso valori elevati.

DETRITO DI FRANA – PALEOFRANA

La tipologia dei depositi di frana è chiaramente legata alle caratteristiche dei terreni interessati dal franamento. Sono stati individuate alcune frane attive, derivate soprattutto dalla presenza di numerose pareti verticali di rocce calcaree e di calcari dolomitici. Sono state indicati in cartografia i depositi di paleofrana di detrito roccioso, derivato dalle pareti verticali affioranti.

ALLUVIONI ATTUALI

Sono presenti esclusivamente nell'alveo del torrente Rino; il loro spessore è limitato come pure la loro continuità e al di sotto affiora generalmente il substrato roccioso. Sono costituite da ghiaie, ciottoli e blocchi a supporto granulare con scarsa matrice è sabbiosa.

ALLUVIONI RECENTI

Sono presenti piccoli terrazzi di poco rilevati sull'alveo attuale del torrente Rino, il loro spessore massimo è dell'ordine di qualche metro e la loro continuità è limitata. Sono costituite da ghiaie con ciottoli a supporto granulare e matrice sabbiosa.

COMPLESSO DELL'OGLIO (da Note Illustrative Carta Geologica della Provincia di Bergamo)

Diamicton massivo a supporto di matrice con ciottoli e blocchi sino a metrici: till di ablazione e di alloggiamento. Ghiaie a supporto di clasti o di matrice con ciottoli ben arrotondati, stratificate; sabbie laminate; locale cementazione; abbondanti clasti del basamento e della successione permotriassica della Val Camonica, frequenti tonaliti, locali limi di esondazione (Unità di Palosco e di Spinone): depositi fluvioglaciali. Ghiaie a ciottoli da subangolosi a subarrotondati, supporto clastico, matrice sabbiosa; sabbie a laminazione parallela o incrociata; limi; clasti di provenienza locale: depositi alluvionali e

di conoide. Limi laminati con *dropstone*: depositi lacustri. Ghiaie organizzate in foreset: depositi deltizi. Diamicton massivo a supporto di matrice con clasti spigolosi: depositi di versante. Superficie limite superiore caratterizzata da: morfologie ben conservate, solo localmente in erosione, suoli di spessore massimo 1,1 m, colore tra 7.5YR e 10YR, copertura loessica assente.

Comprensivo di: Unità di Songavazzo, **Unità di Vigolo**, Unità di Val Borlezza, Unità di Bossico, Unità di Solto Collina, Unità di Scalve, Unità della Presolana, Unità di Palosco, Unità di Spinone.

Il Complesso dell'Oglio riunisce diverse unità legate al bacino dell'Oglio nella sua accezione più ampia; esse sono caratterizzate da profili di alterazione poco sviluppati, che non interessano l'intero spessore del deposito, e da morfologie piuttosto ben conservate. Vengono riuniti pertanto in esso i depositi rispondenti a tale definizione presenti lungo la sponda bergamasca del Lago d'Iseo, che rappresentano l'espressione sedimentaria del ghiacciaio che ha occupato la Val Camonica; i depositi presenti in Val di Scalve, poichè tale valle è tributaria del Fiume Oglio; i depositi presenti in Val Borlezza e nel bacino di Clusone, legati alla confluenza del ghiacciaio camuno entro tale valle; e i depositi glaciali e fluvioglaciali della Val Cavallina, che, pur appartenendo al bacino del Fiume Cherio, sono stati depositi da una confluenza del ghiacciaio camuno e presentano quindi petrografia dei clasti del tutto differente rispetto ai depositi di stretta appartenenza a tale bacino.

Unità di Vigolo

Definizione - Diamicton massivi: depositi glaciali; ghiaie, conglomerati, sabbie e arenarie

stratificati: depositi fluvioglaciali; diamicton a clasti spigolosi: depositi di versante. Alterazione scarsa e morfologie piuttosto ben conservate.

Litologia - L'Unità di Vigolo comprende:

- till di ablazione e di alloggiamento: diamicton massivo a supporto di matrice limoso - sabbiosa con abbondanti ciottoli e blocchi subarrotondati; diamicton a supporto di matrice limosa con sparsi ciottoli sino a decimetrici arrotondati e spesso striati.
- depositi fluvioglaciali: ghiaie e conglomerati a supporto di matrice sabbiosa in corpi stratoidi con abbondanti ciottoli mal selezionati, da centimetrici a pluridecimetrici, subarrotondati; ghiaie e conglomerati stratificati o in corpi lenticolari, a supporto clastico con matrice sabbiosa, ciottoli piuttosto ben selezionati, di diametro sino a decimetrico; sabbie e arenarie da medie a grossolane, ben stratificate. Cementazione variabile, da nulla a buona. Clasti carbonatici e silicatici che rispecchiano le litologie affioranti nell'alta e media Val Camonica.
- depositi alluvionali: ghiaie e conglomerati in corpi stratoidi o lenticolari, a supporto prevalentemente clastico, con matrice sabbiosa, clasti subarrotondati a selezione da moderata a discreta, di provenienza locale. Cementazione variabile.
- depositi di versante: diamicton, talora cementati, a supporto clastico con abbondante matrice fine, clasti spigolosi eterometrici di provenienza strettamente locale.

Grado di alterazione estremamente variabile. I profili di alterazione, ove osservabili, sono quasi sempre troncati.

Area di Affioramento - L'unità affiora lungo la sponda bergamasca del Lago d'Iseo, entro

le Valli di Vigolo, Parzanica, Fonteno.

Morfologia, Sinonimi e Rapporti Stratigrafici - I depositi riuniti nell'Unità di Vigolo poggiano direttamente sul substrato oppure su depositi glaciali molto alterati attribuiti al Complesso del Monte di Lovere (Unità di Parzanica). Il limite superiore, in genere erosionale, coincide con la superficie topografica. Deposit glaciali scarsamente alterati sono segnalati nella Valle di Fonteno sino a q. 800 m circa; nella valle di Parzanica al di sopra di q. 750 m sono presenti till molto alterati e pedogenizzati, mentre i depositi meno alterati affiorano al di sotto di tale quota; nella Valle di Vigolo infine depositi relativamente inalterati sono segnalati sino a q. 700 m circa. L'Unità di Vigolo comprende molto probabilmente depositi legati a più fasi; controversa è però la loro suddivisione e l'attribuzione cronologica. [VECCHIA \(1954\)](#) suddivide depositi glaciali altimetricamente più elevati, attribuiti al Riss, dai depositi presenti al di sotto dei 400 m circa di quota, attribuiti al Würm. Gli autori della Carta Geologica d'Italia ([SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA FOGLIO BRENO, 1971](#)) riprendono tale suddivisione, distinguendo due unità: una prima, definita "morene fresche raccordabili alle cerchie interne" ed attribuita al Würm, presente solo nella Valle di Vigolo sino a quota 400 m circa; ed una seconda più antica, definita "morene debolmente alterate e raccordabili alle cerchie maggiori; Würm secondo alcuni autori, Riss secondo altri", presente entro tutte le valli in esame sino a quote comprese tra 800 e 700 m circa. [BONI & CASSINIS \(1973\)](#) nelle note illustrative alla Carta Geologica delle Prealpi Bresciane denominano i depositi altimetricamente più elevati come "depositi morenici delle cerchie più elevate" utilizzando "come elemento fondamentale di distinzione quello morfologico" che permette di distinguere "sia nell'anfiteatro sebino sia in alcune valli laterali un complesso di cordoni più elevati sia di quelli che stanno all'interno sia di quelli che stanno all'esterno", caratterizzati da "terreno di alterazione bruno - rossastro di modesto spessore, spesso dilavato e accumulato nelle depressioni";

tale unità viene dagli Autori attribuita comunque al Würm, in contrasto con l'interpretazione di [VECCHIA \(1954\)](#). Riportano quindi sulla carta la suddivisione proposta da Vecchia delimitando i depositi presenti alle quote più basse ("depositi morenici delle cerchie interne"), attribuiti anch'essi al Würm, solo "per lasciare la porta aperta ad ulteriori giudizi". La successione stratigrafica presente entro le valli della sponda bergamasca dell'Iseo, in particolare nella più ampia Valle di Vigolo, si presenta in realtà assai più complessa di quanto prospettato dagli autori precedenti; nelle vallette e lungo i versanti sono infatti presenti sotto una copertura di till corpi conglomeratici in facies alluvionale, probabilmente legati ad episodi di sedimentazione locale durante fasi interglaciali; in fondo ad alcune vallecole sono inoltre segnalati depositi lacustri; l'interpretazione di tutto ciò risulta però difficoltosa, poichè nelle valli laterali il ghiacciaio non ha avuto lo spazio per costruire apparati morenici ben sviluppati, e i depositi di avanzate successive si sovrappongono in spazi brevi; i profili di alterazione sono inoltre spesso troncati e le forme originarie sono in parte obliterate da terrazzamenti successivi. Una corretta attribuzione cronologica dei depositi è possibile solo analizzando litologia, grado di alterazione e geometrie dei corpi sedimentari che costituiscono l'anfiteatro morenico sebino, sito in gran parte lungo la sponda bresciana del lago, e quindi al di fuori dei limiti del presente lavoro. Allo stato attuale delle conoscenze si è quindi preferito riunire convenzionalmente tutti i depositi poco alterati presenti nelle valli laterali dell'Iseo in un'unica unità, comprendente anche i depositi dell'ultima avanzata glaciale.

COMPLESSO DEL MONTE DI LOVERE (da Note Illustrative Carta Geologica della Provincia di Bergamo)

Definizione - Diamicton e diamictiti massivi a supporto di matrice con ciottoli e blocchi arrotondati; le diamictiti sono ben cementate; abbondanti clasti di provenienza dalla Val

Camonica; profondamente alterato e argillificato, con decarbonatazione entro i primi metri; talora profili d'alterazione che arrivano ad interessare l'intero spessore del deposito; colore variabile da 7.5YR a 5YR: till di alloggiamento e di ablazione. Arenarie grossolane e conglomerati fini, stratificati: depositi di contatto glaciale. Ghiaie molto alterate a supporto di matrice limoso argillosa, di colore 5YR: depositi alluvionali. Costituisce lembi isolati, privi di morfologia propria.

Comprensivo di: Unità di Costa, Unità di Brugai, Unità di Falecchio, Unità di Stalle d'Onito, Unità di Prati di Sta, Unità di Corno Ceresa, *Unità di Parzanica*, Unità di Monte Fossana, Unità di Cascina del Prato.

Nel Complesso del Monte di Lovere vengono riunite diverse unità costituite da depositi glaciali e da depositi ad essi legati, in genere non coevi, la cui correlazione risulta pressochè impossibile; esse sono accomunate dalla posizione altimetrica, sempre a quote molto elevate, dalla petrografia dei clasti che comprende elementi di provenienza camuna, e dal grado di alterazione, sempre molto spinto. Esso comprende quindi i depositi glaciali sicuramente anteriori al Complesso di Bratto presenti sui versanti settentrionale e meridionale del Bacino di Clusone, distinti nelle Unità di Costa, Brugai, Falecchio; le placche di tilliti alterate presenti in posizione di cresta fra Monte Torrione e il Corno Ceresa, riunite nell'Unità del Corno Ceresa; i depositi molto alterati presenti sul versante che sale da Bossico verso il Monte Colombina, distinti nelle Unità di Stalle d'Onito e di Prati di Sta; i depositi, sia glaciali sia alluvionali e lacustri ad essi correlati, distinti in Val Cavallina nelle Unità di Monte Fossana e Cascina del Prato; e le placche di depositi molto alterati descritte dagli Autori precedenti ([BIANCHI *et alii*, 1971](#); [BONI & CASSINIS, 1973](#)) entro le Valli di Vigolo e Parzanica, sulla sponda occidentale del Lago d'Iseo, riunite nell'Unità di Parzanica.

Unità di Parzanica

Definizione - Diamicton massivi a supporto di matrice: depositi glaciali. I depositi si presentano alterati fino ad una profondità di circa 5 m.

Litologia - L'Unità di Parzanica comprende:

- Till d'ablazione: diamicton massivi a supporto di matrice limoso argillosa (7.5YR4/6 - 10YR4/4) con blocchi e ciottoli di provenienza camuna. I depositi si presentano alterati fino ad una profondità di circa 5 m. Nella porzione più pedogenizzata si osserva una alterazione molto spinta di tutte le litologie (assenza di clasti carbonatici, argillificazione delle litologie terrigene a componente carbonatica, arenarie del Verrucano con cortex d'alterazione) con abbondanti fenomeni di illuviazione (argillans con colori da 5YR a 7.5YR).

Area di Affioramento - L'Unità di Parzanica affiora entro la Valle di Parzanica fra q. 750 e q. 820 m e nella Valle di Vigolo attorno a q. 700 m.

Morfologia - L'unità non presenta morfologie conservate.

Rapporti Stratigrafici - I depositi glaciali si rinvencono in placche discontinue sui versanti delle valli di Vigolo e Parzanica. Affiorano a quote comprese tra 700 e 820 m, in posizione costantemente più elevata ed esterna rispetto ai depositi raggruppati nell'Unità di Vigolo, dai quali è ricoperta a quote più basse.

6.2.2 Substrato roccioso

Nel seguito vengono descritte sinteticamente le principali caratteristiche litologiche delle unità del substrato roccioso presenti nell'area di studio facendo riferimento alla recente nomenclatura proposta dalla Carta Geologica della Provincia di Bergamo (Provincia di Bergamo, 2000).

RADIOLARITI

In questo settore sono costituite da selci scheggie traslucide di colore rosso nella parte alta e verde, grigio o nero nella parte bassa.

La stratificazione è sottile, piano parallela, di spessore centimetrico e discreta continuità laterale. Gli interstrati argilloso-marnosi sono millimetrici.

Ai livelli selciferi si intercalano localmente strati di siltiti e marne silicee di colorazione verdastra.

Sono presenti in un'area molto limitata lungo il crinale del Colle del Giogo.

FORMAZIONE DI CONCESIO

La formazione prende il nome dalla località omonima ubicata in Val Trompia, in provincia di Brescia, da parte di Boni e Cassinis (1973), anche se non ha mai ricevuto una denominazione formale, né esiste una sezione tipo. La denominazione utilizzata è confermata dall'utilizzo nella letteratura geologica regionale.

Litologicamente tale formazione è rappresentata dall'alternanza di calcareniti e calciruditi bioclastiche, con marne e calcari marnosi selciferi porosi (noduli di selce grigio nerastra marcatamente porosa) e marne, di colore da nocciola a grigio, stratificazione in banchi di spessore e continuità variabile per l'abbondanza dei fenomeni di slumps che caratterizzano la formazione.

La selce è legata prevalentemente a fenomeni di sostituzione e la porosità è dovuta alla dissoluzione della calcite originariamente presente. Nella parte alta si osservano alternanze tra i litotipi sopra citati ed un litotipo più compatto (calcilutiti grigie con liste e noduli di selce), nocciola chiaro, a stratificazione più marcata e regolare, con abbondante silice diffusa ed assenza di selce concentrata in noduli o liste.

I termini calcarei sono meccanicamente molto tenaci, soggetti però a rapida e profonda alterazione, per cui danno luogo ad una spessa copertura sabbioso-limoso-argillosa in cui si conservano frammenti coerenti di aspetto spugnoso. Il passaggio all'unità soprastante avviene rapidamente per graduale aumento del grado di silicizzazione.

Anche questa formazione affiora limitatamente al crinale tra la Rolla e il Colle del Giogo.

CALCARE DI DOMARO

La denominazione di Calcare di Domaro è stata introdotta da G. Bonarelli nel 1894 e comunemente adottata da tutti gli autori. Nella letteratura geologica questa formazione costituisce, insieme al Calcare di Moltrasio, il Gruppo del Medolo. Una ben definita sezione-tipo non è mai esistita e solo molto recentemente la successione è stata ricostruita a spezzoni sul versante nord della Colma di Domaro (Bs).

Si tratta di calcari (calcilutiti), calcari marnosi grigi chiaro, grigio azzurro a frattura concoide con liste e localmente noduli di selce grigia con intercalate marne fogliettate di colore grigio-verde, la stratificazione è variabile da media a spessa ma piano parallela.

In associazione si rinvencono, in livelli spessi sino ad una decina di metri, calcilutiti grigie o rosse con intercalazioni di calcari marnosi nodulari ricchi in Ammoniti la cui stratificazione è sottile ed ondulata. Talora sono presenti strati e banchi calcarenitico-marnosi a liste di selce, gradati e laminati. Il limite superiore è graduale ma rapido.

La formazione del Calcare di Domaro è presente su un'area vasta nel territorio comunale di Vigolo e precisamente nel settore orientale e sud-orientale, da Vigolo fino a Tavernola.

CALCARE DI MOLTRASIO

L'attuale denominazione dell'unità è da attribuire a Stoppani (1857); essa trova corrispondenza laterale all'esterno dell'area bergamasca con il Lombardische Kieselkalk del Bacino del M. Generoso (prov. di Como, D. Bernoulli, 1964) e con il Calcare di Gardone Val Trompia (prov. di Brescia, Parona, 1897); nella letteratura geologica precedente era nota anche come Pietra da Coti (pro parte, Maironi da Ponte, 1819). Questa formazione costituisce, insieme al Calcare di Domaro, il Gruppo del Medolo.

E' costituito da calcari grigio-nerastri con grossi noduli e/o liste di selce, tenaci, ben stratificati, con interstrati marnoso-argillosi, frequenti bioturbazioni ed intercalazioni di marne grigio verdi. Le liste possiedono un'elevata continuità laterale.

La formazione viene divisa in letteratura in tre litozone: una litozona inferiore, una intermedia ed una superiore.

La "**litozona inferiore**" è caratterizzata da calcari ricchi in silice di color nocciola e nera in grossi noduli e bioturbazioni. Il contatto tra i piani di stratificazione è ondulato, sono presenti intercalazioni di brecce ad elementi appartenenti al Calcare di Sedrina, Dolomia a Conchodon e Calcare di Zu. E' il cosiddetto "Moltrasio basale".

La "**litozona intermedia**" è caratterizzata da calcari micritici, calcari marnosi color nocciola, con bioturbazioni sottili a struttura simile ad una fiamma.

La "**litozona superiore**" è caratterizzata dalla presenza di *slumpings* (scivolamenti sinsedimentari) con brecce paraconglomeratiche e selce color grigio grigio-chiaro, interstrati argillosi grigio-verdi. La stratificazione si presenta netta.

Sono presenti orizzonti massivi o caotici costituiti da paraconglomerati intraformazionali legati a scivolamenti in massa sinsedimentari (slumping).

Il limite superiore con il Calcare di Domaro è graduale. La formazione del Calcare di Moltrasio costituisce tutta l'ampia porzione della testata della Valle di Vigolo, a monte del paese e fino al crinale del Colle della Cargadura.

CALCARE DI SEDRINA

Prima che V. Francani istituisse la Formazione del Calcare di Sedrina (1967), con area tipo in Bassa Val Brembana (Sedrina), questa unità era conosciuta con nomi diversi: Pietra da Coti (Maironi da Ponte, 1819), Infralias (Stoppani, 1865), Calcare di Carenno (C.F. Parona, 1884), Lombardische Kieselkalk (D. Bernoulli, 1964), Calcare di Fonteno (M. Del Sere, 1966).

Il Calcare di Sedrina è costituito da calcari micritici alternati a calcari di colore da grigio-nocciola a nerastri, con evidente stratificazione leggermente ondulata. Tali calcari, in alcune località, risultano selciferi.

La formazione viene divisa in due litozone: una litozona inferiore ed una superiore.

La "**litozona inferiore**" è caratterizzata da calcari, calcari marnosi, calcari dolomitici di colore da grigio scuro a nero che compaiono o ben stratificati o in banchi amalgamati con rara selce grigio chiara.

La "**litozona superiore**" è invece costituita da calcari marnosi di colore grigiastro dove risultano particolarmente abbondanti le intercalazioni di selce bianca oppure di color nocciola-grigio scuro. In essi è raramente riconoscibile la struttura oolitica, ed inoltre la stratificazione risulta più sottile, con spessore medio degli strati di circa 20-30 centimetri.

Nell'area studiata lo spessore di tale formazione è molto minore rispetto alla sezione tipo sulla quale ha una potenza di 160 metri. Superiormente la formazione in esame è a

contatto con il Gruppo del Medolo e più precisamente con il Calcare di Moltrasio. Tale limite risulta graduale. Affiora sui versanti del massiccio del M. Bronzone.

DOLOMIA A CONCHODON

La denominazione di Dolomia a Conchodon deriva da quella di Dolomia superiore di Lombardia di A. Stoppani (1861), sinonimo di Dolomia Superiore liassica o Dolomia Superiore e di Calcare del Sasso degli Stampi. La denominazione è stata usata per la prima volta da T. Taramelli (1880) nella legenda della carta geologica della Svizzera. Da allora tutti gli autori hanno definito con il nome di Dolomia a Conchodon il potente banco calcareo, calcareo-dolomitico o prevalentemente dolomitico compreso, nella maggior parte della propria area di affioramento, tra i calcari grigi liassici e i calcari con argilliti della “facies carpatica” del retico lombardo. L'unità è stata infine formalizzata da Gnaccolini (1964) in Lombardia occidentale ed affiora con continuità in gran parte delle Prealpi Bergamasche, dal Monte Albenza fino al Lago d'Iseo.

Questa formazione è costituita da calcari micritici e oolitici a laminazione parallela, interessati localmente da fenomeni di dolomitizzazione selettiva e tardiva che ha prodotto dolomie cristalline saccaroidi; la stratificazione è massiva o in banchi amalgamati, sono talora riconoscibili piccoli noduli di selce nocciola. Il colore è grigio rosa chiaro o nocciola chiaro; in superficie è generalmente presente una patina di alterazione biancastra pulverulenta. Morfologicamente la Dolomia a Conchodon dà luogo a scarpate verticali o aggettante con banconi fessurati lungo due sistemi di discontinuità verticali e normali tra loro.

Ai piedi delle scarpate sono presenti macereti legati ai fenomeni di distacco e di crollo.

Il passaggio all'unità soprastante è netto ed è segnato dalla comparsa di calcari grigi e grigio scuri stratificati. Affiora diffusamente sui versanti del massiccio del M. Bornzone e costituisce generalmente le più ripide pareti rocciose.

CALCARE DI ZU

La formazione del Calcarea di Zu è stata formalizzata da Gnaccolini nel 1965 e affiora in modo esteso nella parte centrale delle Prealpi Bergamasche dall'Alta val Taleggio sino al Lago di Iseo ove è situata la sezione tipo, in corrispondenza dell'omonima località sul lago d'Iseo, Zu, ove la formazione possiede spessori sino a 1000 metri.

La formazione è costituita prevalentemente da calcari, calcari marnosi compatti, di colore prevalentemente grigio nocciola o grigio, a stratificazione piano parallela con strati di spessore da decimetrico a metrico. Il contatto tra i piani di stratificazione risulta ondulato.

Le intercalazioni anche cospicue di marne o argilliti bruno nerastre costituiscono dei cicli plurimetri con i calcari in strati e banchi

Sono presenti livelli calcarei madreporici. Tali livelli a coralli sono presenti nella parte medio-superiore della formazione e permettono di distinguere tre litozone:

1) litozona inferiore caratterizzata da alternanze marne - calcari:

a - calcilutiti di colore nocciola e grigio, in strati planari di 10-40 cm compatte, opache, spesso ricoperte da una caratteristica patina di alterazione di colore giallo intenso;

b - micriti di colore grigio o nocciola, compatte contenenti resti di brachiopodi e rari coralli;

c - argilliti marnose grigio scure-nerastre, scheggie e sfaldabili.

Gli orizzonti a) e b) costituiscono un'alternanza regolare con prevalenza del litotipo a); l'orizzonte c), simile alle argilliti di Vigolo, è presente in modo rilevante nella parte bassa della formazione;

2) litozona intermedio-superiore essenzialmente calcarea e caratterizzata dalla presenza di coralli.

Questa litozona è caratterizzata dalla presenza dei coralli pertanto è denominata "Banco a Coralli". E' costituita da calcareniti e calcilutiti di color nocciola in cui abbondano colonie ramificate, in posizione di vita o rimaneggiate, di coralli calcitizzati associati a lamellibranchi, brachiopodi ed intraclasti. La stratificazione tipica è in banchi metrici, sovente risalati. Questo litotipo, prescindendo dalla presenze fossilifere, è molto simile alla Dolomia a Conchodon. Per alterazione superficiale tale litotipo si ricopre di una patina polverosa biancastra.

3) litozona superiore caratterizzata dalla ripresa delle marne intercalate ai calcari.

E' costituita sia dai litotipi a) che b) con progressiva prevalenza verso l'alto dei primi. Questi assumono, contemporaneamente alla drastica diminuzione del litotipo b), un colore nocciola e una stratificazione talora regolare ed uniforme, dello spessore di circa 40 cm. Localmente inoltre compaiono banchi di calcari scuri.

Al tetto di tale formazione si passa gradualmente alla Dolomia a Conchodon che morfologicamente risulta spesso affiorante con scarpate in risalto morfologico per l'aumento dello spessore dei banchi calcarei. Il passaggio all'unità superiore è netto.

Affiora in corrispondenza della cupola sommitale del M. Bronzone.

6.2.3 La copertura eluviale

Oltre alle unità sopra descritte va ricordata l'esistenza di una coltre eluviale di copertura del substrato roccioso. Tali deposito è legato alla disgregazione chimico fisica delle rocce in posto.

Per fasi pedogenetiche successive si passa da roccia fratturata ad un suolo vero e proprio le cui caratteristiche sono legate al clima. La presenza e lo spessore della coltre eluviale

è estremamente variabile ed è condizionata dall'acclività dei versanti, dalle caratteristiche di solubilità, di disaggregabilità ed alterabilità delle rocce che costituiscono il substrato in loco oltre che dal loro grado di fratturazione.



7. GLI ASPETTI CLIMATICI

Lo studio del territorio non può prescindere dal considerare gli aspetti climatici che lo caratterizzano e la cui importanza è stata più volte dimostrata in occasione sia di eventi meteorici particolarmente intensi che si susseguono con sempre più incalzante frequenza e gravità, che per gli aspetti legati all'approvvigionamento idrico, alla regolazione ed al corretto smaltimento delle acque superficiali anche di utilizzo urbano.

E' importante pertanto che la pianificazione territoriale si basi anche sulla conoscenza dei periodi siccitosi o particolarmente piovosi, dei valori delle precipitazioni minime, medie, massime annue, delle precipitazioni brevi ed intense, dei valori di temperatura e dei giorni di gelo.

Strahler (1970) definisce il clima come la composizione caratteristica dell'atmosfera risultante da lunghi periodi di ripetute osservazioni, dedotta non solo dall'analisi dei valori medi, ma anche di quelli che si discostano da questi ultimi e dall'esame delle possibilità di ricorrenza di eventi particolari.

Pertanto in relazione a quanto detto ci si è sforzati di raccogliere una serie di osservazioni riferite ad un periodo sufficientemente lungo in grado di delineare un quadro significativo del clima che caratterizza la zona di studio. I dati disponibili si riferiscono a serie pluriennali di osservazioni, rilevate in stazioni istituite dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici o passate in carico allo stesso nei primi decenni di questo secolo dopo essere appartenute ad osservatori locali.

Sul territorio del limitrofo comune di Adrara S. Martino ha operato una stazione del Servizio Idrografico Italiano di rilevamento dei parametri climatici tra il 1921 e il 1944; altre stazioni ricadono inoltre nell'ambito del territorio della Comunità Montana del Monte Bronzone e del Basso Sebino; nello specchio seguente sono segnalate le stazioni con

bacino di appartenenza, la quota sul livello del mare e gli anni in cui hanno operato, talvolta in maniera discontinua, nonché il tipo di apparecchiatura.

<i>Stazione</i>	<i>Bacino</i>	<i>Quota</i>	<i>Strumento</i>	<i>Periodo Oss.</i>
Adrara S.M.	Oglio-Iseo	335	P	1921-44
Parzanica	Oglio-Iseo	753	Pn	1923-44
Gandosso	Oglio-Iseo	487	P	1924-83
Sarnico	Oglio-Iseo	197	Pr	1960-83

P = pluviometro; Pn = pluvionivometro; Pr = pluviografo

I periodi di osservazione si riferiscono a valori annui mensili.

Per intervalli giornalieri le serie a disposizione sono più ridotte in quanto i dati non sono stati sempre pubblicati. Per le quattro stazioni, inoltre, non vi sono misure per le piogge brevi e intense. Non vi sono dati utilizzabili nemmeno per quanto riguarda il settore termica atmosferica. Si tratta di valori frammentari e pertanto non idonei a dare una caratterizzazione attendibile delle condizioni termiche.

Un stazione metereologica di rilevazione delle sole temperature massime giornaliere ha comunque operato a Gandosso nel periodo tra il 1946 e il 1952.

7.1 Precipitazioni

Le stazioni riportate nell'elenco precedente sono corredate di un periodo di osservazioni continuo e di durata tale da poter ottenere risultati più che significativi dell'andamento del fenomeno, soprattutto integrando i valori rilevati con quelli di altre stazioni presenti nei territori limitrofi, anche all'esterno della Comunità Montana del M. Bronzone e del Basso Sebino.

La seguente tabella riporta, per ogni stazione, il corrispondente valore delle medie, massime e minime annue di precipitazioni.

Stazione	<i>Precipitazioni medie annue (mm)</i>	<i>Precipitazioni massime annue (mm)</i>	<i>Precipitazioni minime annue (mm)</i>
Adrara S.Martino	1256,7	2012,0	712,0
Parzanica	1151,1	2286,0	352,0
Sarnico	1156,6	1676,8	766,0
Gandosso	1256,3	2037,0	601,0

Dalla “Relazione sugli aspetti climatici” allegata alla Cartografia Geoambientale della Comunità Montana del M. Bronzone e del Basso Sebino si evince che l'intero areale della Comunità Montana, entro cui è compreso il territorio comunale di Vigolo, ha precipitazioni medie annue comprese tra i 1100 e i 1400 mm; esse sono caratterizzate da un incremento diretto con l'altitudine. Infatti i valori più bassi caratterizzano le aree prospicienti il Lago d'Iseo, a quote inferiori; i più elevati le aree di spartiacque con la Val Cavallina (M. Torrezzo, M. di Grone). Il territorio della Comunità ha la possibilità di usufruire mediamente di un afflusso differenziato di circa 400 mm; i valori medi sono ampiamente superiori a quelli della media italiana valutati per il periodo 1921-50.

Nello stesso lavoro, sono riportati anche i valori relativi agli eventi estremi di 12 mesi consecutivi, massimi e minimi, dai quali risulta che i valori più elevati delle serie annuali corrispondono alle aree più interne ed elevate.

Così, per la stazione di Adrara S. Martino, risulta che il mese più piovoso, sulla base dei dati disponibili, è stato il settembre del 1939 (380 mm), mentre nei 12 mesi del 1937 (anno più piovoso) sono scesi 2012 mm di pioggia; nel dicembre 1931 non si sono verificate precipitazioni, mentre nell'arco di 12 mesi consecutivi, tra il marzo 1921 e il febbraio 1922, sono scesi solo 700 mm di pioggia.

In generale, i dati raccolti indicano che le annate particolarmente siccitose sono state il 1921, il 1932 e il 1938.

Per quanto riguarda i regimi pluviometrici, l'analisi delle precipitazioni su scala mensile sottolinea un massimo primaverile ben marcato indicato in maggio e di un minimo invernale in gennaio per Adrara S. Martino e Parzanica, in febbraio per Gandosso. Un secondo massimo, meno definito coincide con novembre.

Anche nella *"Carta delle precipitazioni medie, minime e massime del territorio alpino lombardo, registrate nel periodo 1891-1990"*, di Ceriani e Carelli, edita dalla Regione Lombardia, i valori delle precipitazioni medie annue sono comprese tra i valori sopra indicati. Per quanto riguarda le precipitazioni minime la stessa fonte indica valori compresi tra i 650 e i 750 mm; per le precipitazioni massime vengono indicati valori compresi tra i 1700 e i 2500mm.

7.2 Temperature

Gli unici riferimenti per le temperature sono i dati disponibili per la stazione di Bergamo-Orio, rilevati per un periodo di tempo compreso tra il 1959 e il 1982, e di Clusone, entrambe piuttosto distanti dal territorio considerato.

Alla stazione di Bergamo-Orio è stata rilevata una temperatura media annua pari a 12,3°C; i mesi più caldi sono luglio e agosto e il mese più freddo risulta gennaio.

Secondo i dati raccolti in letteratura, riferibili all'intero territorio regionale, le temperature medie annue, per il territorio considerato, si aggirerebbero tra gli 11°C e i 13°C; le temperature medie del mese di gennaio sarebbero comprese tra 0°C e 2°C, e quelle medie di luglio tra i 20°C e i 23°C.

I dati della stazione di Gandosso (1946-52), danno per luglio una media di 22.8°C (massima assoluta di 29°C in luglio e agosto), e per dicembre-gennaio una media di 2°C-2,4°C.



8. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

In questo capitolo sono raccolte le conoscenze riguardanti il reticolo idrografico superficiale e la circolazione idrica sotterranea. Tali informazioni possono essere utilizzate per la localizzazione, la gestione e la difesa, dal punto di vista della vulnerabilità, della risorsa idrica.

Tali conoscenze sono riassunte nella Carta idrogeologica e del sistema idrografico. Sulla carta, per quanto riguarda l'idrografia superficiale, sono stati distinti i corsi d'acqua perenni da quelli temporanei o stagionali e sono stati delimitati inoltre i bacini idrografici di ciascun affluente.

Tale carta riporta inoltre le sorgenti captate e non, le opere di captazione le cui acque sono destinate ad uso potabile, la zona di rispetto secondo le normative vigenti – a cui si rimanda, i serbatoi, le sorgenti non captate.

Inoltre sono stati riportati i principali lineamenti tettonici distinti per tipologia.

8.1 Idrografia

Il torrente Rino rappresenta l'asta fluviale principale del territorio comunale.

Il torrente Rino incide profondamente i depositi di origine glaciale che si insinuano per lungo tratto nella valle tra il Monte Bronzone e il Monte Mandolino; tali depositi sono riferibili, secondo le indicazioni bibliografiche, alle glaciazioni rissiana e wurmiana.

L'azione erosiva del torrente principale e dei suoi affluenti ha creato un profondo solco, lasciando sui due lati della valle una serie di terrazzi morfologici la cui continuità è interrotta dalle incisioni dei corsi d'acqua laterali. I torrenti, nel corso dei millenni, hanno approfondito notevolmente il loro alveo; il fondovalle è oggi raccordato alla superficie dei

terrazzi morfologici da ripide scarpate, lungo le quali è messa in bella evidenza la successione dei depositi glaciali, talvolta cementati in lenti e letti discontinui.

Il substrato roccioso, che compare soprattutto sul fondo della valle principale e sui versanti più alti dei rilievi montuosi circostanti, è costituito dai calcari marnosi, ben stratificati, talora selciosi ed intercalati a marne e argilliti, riferibili soprattutto alle formazioni giurassiche del **Calcere di Domaro e del Calcere di Moltrasio**.

Le diramazioni della valle principale sono anch'essa incise nel tratto terminale nei depositi morenici, che qui sono riferiti alle cerchie più elevate ed antiche.

I **depositi morenici**, visibili sulle scarpate ai lati dell'accumulo di inerti che ha parzialmente riempito la valle, mostrano i caratteri tipici dei depositi abbandonati dalle masse glaciali quaternarie: *una successione marcatamente eterogenea di ghiaie, ciottoli e massi con matrice sabbiosa in quantità variabile, localmente cementata, soprattutto in corrispondenza delle scarpate più ripide.*

Le caratteristiche del substrato geologico, con la presenza di lenti fortemente cementate (conglomerato) e la concomitante azione erosiva delle acque incanalate, hanno favorito l'instaurarsi di una morfologia molto aspra, peraltro comune in tutto l'ambito territoriale di riferimento, con una profonda incisione tra pareti ripide e dirupate.

8.2. Struttura idrogeologica

Per quanto riguarda la struttura idrogeologica del territorio comunale occorre distinguere innanzitutto tra acquiferi contenuti nei depositi superficiali e acquiferi contenuti nel substrato roccioso.

La permeabilità dei depositi superficiali è legata alle loro caratteristiche strutturali e granulometriche; pertanto a titolo puramente esemplificativo si riportano le seguenti informazioni di carattere bibliografico:

- 10^{-1} - 10^{-3} m/s: range valido per ghiaie e sabbie con ciottoli oppure ghiaie con sabbie, da sciolte a poco addensate, alle quali s'intercalano sottili livelli di conglomerati poco cementati;
- 10^{-3} - 10^{-5} m/s: valore indicativo di una permeabilità primaria di conglomerati poco compatti (a basso grado di cementazione);
- 10^{-4} - 10^{-6} m/s: per ghiaie sabbiose, debolmente limoso-argillose;
- 10^{-7} - 10^{-8} m/s: per sabbie ghiaiose-limoso-argillose.
- 10^{-8} - 10^{-10} m/s: per limi e argille, sabbie con limo ghiaioso-argillose o ghiaie con limo argilloso-sabbiose.

La suddivisione adottata per i le diverse tipologie di depositi individuati è la seguente:

Classe di permeabilità	Valori di permeabilità (k=m/s)	Tipologia dei depositi superficiali
Bassa (b)	$k < 10^{-6}$	Depositi eluviali Coni detritico - colluviali
Media (m)	$10^{-5} < k < 10^{-6}$	Depositi alluvionali antichi terrazzati
Elevata (e)	$10^{-4} < k < 10^{-5}$	Depositi di conoide Depositi alluvionali recenti terrazzati
Molto elevata (me)	$k > 10^{-4}$	Depositi detritici di versante e macereti Depositi alluvionali attuali

Per quanto riguarda la **permeabilità nel substrato roccioso**, occorre pensare che il valore della permeabilità riportato in carta non tiene conto dell'eventuale presenza in superficie della copertura detritica di natura eluviale: tale scelta è legata alla discontinuità laterale che caratterizza tali depositi, solo localmente essi possono possedere spessori significativi.

Le rocce che costituiscono il substrato roccioso sono normalmente caratterizzate da una permeabilità primaria (legata cioè alla composizione stessa della roccia) da scarsa a nulla

e da una permeabilità secondaria variabile a seconda della giacitura della stratificazione, del grado di fratturazione e della loro composizione chimica.

La suddivisione adottata per le formazioni rocciose che costituiscono il substrato è la seguente:

Classe di permeabilità	Formazioni sedimentarie
Bassa (B)	Radiolariti
Media (M)	Formazione di Concesio
	Calcare di Moltrasio
	Calcare di Zu
Elevata (E)	Dolomia a Conchodon
	Calcare di Domaro
	Calcare di Sedrina

Come è possibile constatare, le formazioni rocciose poco impermeabili che possono svolgere un ruolo di separazione tra i diversi acquiferi di natura carbonatica sono le Radiolariti.

Le facies pelitiche del Calcare di Zu possono originare acquiferi locali poco potenti.

Altri limiti di permeabilità sono rappresentati dai limiti tettonici poco impermeabili quali le faglie, le pieghe-faglie e i piani di sovrascorrimento.

8.3. Fonti di approvvigionamento

L'acquedotto comunale di Vigolo è di norma alimentato esclusivamente da acque di sorgente.

Vi sono inoltre altre sorgenti non captate e fontane destinate ad altri usi.

Per quanto riguarda le caratteristiche delle sorgenti, si tratta generalmente di sorgenti in roccia la cui alimentazione è legata alla giacitura della stratificazione delle rocce mentre la localizzazione è legata all'orientazione dei lineamenti tettonici impermeabili. L'acquedotto è dotato inoltre di diversi serbatoi di accumulo sparsi sul territorio.

Nel caso di una sorgente captata a scopo idropotabile la normativa vigente prevede l'esistenza di **un'area di tutela assoluta con raggio pari a 10 metri** attorno all'opera di captazione ed **un'area di rispetto di 200 metri** di raggio a monte di quest'ultima. La zona di rispetto è pertanto riconducibile ad un semicerchio avente per centro l'opera di captazione; tale zona potrebbe essere meglio definita a seguito di una ricerca idrogeologica dettagliata che ricostruisca la zona di alimentazione della sorgente.

Secondo le "Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni delle acque sotterranee (pozzi e sorgenti) destinate al consumo umano (art. 9, punto 1, lett. F) del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 236" – (Deliberazione della giunta regionale del 27 giugno 1996 – n. 6/15137) è indispensabile eliminare dalle immediate vicinanze della sorgente gli scarichi fognari non collettati e limitare quelli a norma secondo le leggi vigenti in materia, le attività agricole e di allevamento, la concimazione dei terreni, i cumuli di letame ed i materiali potenzialmente inquinanti.

In generale, nella **zona di rispetto di 200 metri 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 a eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione e alla protezione delle caratteristiche qualitative e quantitative della risorsa idrica;
- h) gestioni di rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m) pozzi perdenti;
- n) 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. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Per gli insediamenti o le attività 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 disciplinano all'interno delle zone di rispetto le seguenti strutture o attività:

- a) fognature;
- b) edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- c) opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
- d) le pratiche agronomiche e i contenuti dei piani di utilizzazione.

La zona di tutela assoluta di 10 metri: deve essere delimitata secondo le indicazioni delle regioni per assicurare la protezione del patrimonio idrico.

Esse devono essere adeguatamente protette ed adibite esclusivamente alle opere di captazione ed ad infrastrutture di servizio.

In relazione alle caratteristiche del sito ed alla mancanza di dati di portata e del chimismo che consentano di trarre considerazioni di maggior dettaglio, in via conservativa si ritiene necessario adottare, per la delimitazione della zona di rispetto, il criterio geometrico.

A tale proposito, in ottemperanza alla normativa che disciplina le fasce di tutela assoluta e di rispetto dei punti di captazione idropotabile, nelle norme tecniche di attuazione del p.r.g. dovrà essere previsto il seguente articolo:

“Aree di salvaguardia delle risorse idriche (zone di tutela assoluta, zone di rispetto)

Le zone di tutela assoluta, previste dal D.LGS. 258/2000 art. 5 comma 4, aventi un'estensione di almeno 10 metri di raggio devono essere adeguatamente protette ed adibite esclusivamente alle opere di captazione e ad infrastrutture di servizio.

Per quanto riguarda le zone di rispetto valgono le prescrizioni contenute al comma 5 art. 5 del D.LGS. 258/2000. L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art. 5 comma 6 del citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, in assenza di diverse indicazioni formulate dalla Regione ai sensi dell'art. 5 comma 6 del D.LGS. 258/2000, è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che porti ad una ripermimetrazione di tali zone secondo i criteri temporale o idrogeologico (come da D.G.R. n. 6/15137 del 27 giugno 1996, ulteriormente modificata dalla deliberazione della Giunta regionale del 10 aprile 2003 N°7/12693 “Decreto legislativo 11 maggio 1999 N°152 e successive modifiche art. 21 comma 5-Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo

umano”) o che comunque accerti la compatibilità dell’intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi”.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta nell’assicurare il rispetto delle risorse idriche potabili (sorgenti, pozzi), sia nel caso essi si trovano in aree già ampiamente urbanizzate, sia in terreni agricoli o boschivi: comunque dovranno essere valutati attentamente tutti i parametri relativi allo smaltimento delle acque sia di prima pioggia che reflue. Oltre alle attenzioni di cui sopra dovrà essere prodotta con il progetto, qualora si intervenga in prossimità delle opere di captazione o delle risorgive, una relazione tecnica che definisca in modo corretto le metodologie adottate per lo smaltimento dei reflui liquidi di ogni natura, in severa applicazione dei disposti della L. 319/76 e della L.R. 65/82.

Per una giusta definizione dell’area di rispetto, oltre a quella di rispetto assoluto (10 m), che andrebbe comunque ad interessare ambiti già da tempo costruiti, si ritiene necessario procedere ad uno studio mirato e di maggior dettaglio volto a chiarire le caratteristiche e l’estensione del bacino di alimentazione delle sorgenti e in tale occasione fissare le norme per il rispetto delle opere di captazione. Già da ora, tuttavia, risulta indispensabile eliminare dalle immediate vicinanze delle sorgenti, se vi sono, eventuali scarichi fognari non collettati, recinti con attività agricole e di allevamento di pollami, cumuli di letame e di materiali potenzialmente inquinanti; in caso di bisogno, infatti, le acque di tali sorgenti, tra l’altro di portata non indifferente, potrebbero ancora essere utili per l’approvvigionamento idropotabile della popolazione del paese.

8.4 Parametri l’elaborazione delle portate critiche di progetto

L’Autorità di Bacino del Fiume Po ha predisposto, nell’ambito degli studi per la predisposizione del Piano di Bacino, la suddivisione del territorio in celle elementari

ciascuna caratterizzata da valori dei parametri “a” ed “n”, per diversi tempi di ritorno, da utilizzare nella formula per la determinazione della pioggia di progetto, in funzione del calcolo della portata di piena per i singoli bacini idrografici. Tali parametri, secondo le indicazioni dell’Autorità di Bacino, possono dunque essere utilizzati nelle più comuni formule (vengono consigliate, tra le altre, la formula razionale e il Curve Number) per la determinazione della portata liquida di massima piena.

A tale proposito, si richiamano le note e le indicazioni operative riassunte efficacemente nell’Appendice 1 “Calcolo della portata nei corsi d’acqua minori” allegata alle “Linee guida per la progettazione della viabilità agro-silvo-pastorale in Lombardia” pubblicate dalla Regione Lombardia.



9. ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI

9.1 Aspetti geostrutturali

Utilizzando i dati ricavati da un approfondito esame della carta litologica e dalle osservazioni in loco, le rocce e i terreni sono stati classificati in base alle loro caratteristiche geologico-tecniche intese in senso generale. Data la finalità del lavoro tali conoscenze si rifanno a dati acquisiti da precedenti analisi effettuate in loco o a dati acquisiti dalla letteratura.

Caratteristiche litologiche dell'ammasso roccioso	Formazioni di riferimento
Litotipi carbonatici stratificati con noduli e lenti di selce	Moltrasio, F. di Concesio
Litotipi carbonatici stratificati	Calcare di Sedrina, Dolomia a Conchodon
Litotipi carbonatico-marnosi stratificati	Calcare di Zu, Calcare di Domaro
Litotipi silicei stratificati	Radiolariti

Per quanto riguarda in particolare i terreni, sono state prese in considerazione nella totalità della loro superficie le coperture detritiche, caratterizzate in genere da spessori rilevanti; i depositi eluviali, di spessore più ridotto, sono stati rappresentati solo sui versanti dove si è riscontrata la loro presenza e sono stati indicati gli spessori della copertura superficiale. In base ad indagini geotecniche effettuate in passato si può inoltre affermare che localmente gli spessori possono aumentare e formare "sacche" di materiali limoso-argillosi con scadenti caratteristiche geomeccaniche, in particolare sopra formazioni calcaree soggette per natura a forma di carsismo.

Ad ogni gruppo litologico sono stati associati i valori caratteristici dei parametri di riferimento: angolo di attrito interno, coesione e capacità portante per i terreni; indice RQD, basato sul livello di fratturazione, per le rocce.

I valori indicati sono naturalmente solo di orientamento e non sostituiscono assolutamente le indagini puntuali e gli approfondimenti eventualmente necessari per i singoli progetti, secondo le indicazioni di legge attualmente vigenti.

Depositi alluvionali:

Ghiaie, ciottoli e argille debolmente sabbiose e limose, con drenaggio da buono a molto buono.

Angolo di attrito = 25° - 30° ; coesione = 0 – 2,5 t/mq; Q_a = 0,4-0,8 kg/cmq.

Deposito eluviale e colluviale:

Terreni argilloso-limosi con minori o assenti sabbie e ghiaie; drenaggio da buono a mediocre.

Angolo d'attrito = 23° - 30° ; coesione = 0-3 t/mq; Q_a = 0,4- 0,8 kg/mq.

Deposito di frana e paleofrana:

Massi e clasti da grossolani a medi; drenaggio da buono a mediocre. Alcuni depositi sono attivi.

Angolo d'attrito = 35° - 40° ; coesione = 0-4 t/mq; Q_a = 1- 1,5 kg/mq.

Nella carta litotecnica sono stati indicati i valori di RQD (%), di coesione e di capacità portante.

Per le formazioni indicate si sono inoltre stabilite delle caratteristiche geomeccaniche di riferimento, ottenute sia da stime eseguite direttamente sugli affioramenti, sia per

confronto con quanto riportato per le stesse formazioni in relazioni riguardanti lo scavo di gallerie o la stabilità di vani sotterranei.

Sono così stati raggruppate le seguenti formazioni:

Formazioni di riferimento	RQD	Qa
Calcere di Moltrasio Calcere di Domaro Formazione di Concesio	45-70%	4-20 kg/cmq
Calcere di Zu	30-65%	3 – 10 kg/cmq
Dolomia a Conchodon Calcere di Sedrina	50- 100%	7-35 kg/cmq
Radiolariti	45-50%	1-3 kg/cmq

In particolare si fornisce un valore stimato del parametro Rock Mass Rating di base (RMRbasic) della Classificazione Geomeccanica di Bieniawski (1989).

Tale parametro si ricava tenendo conto della resistenza a compressione monoassiale dei litotipi, della percentuale di recupero modificata, della spaziatura dei giunti, delle loro condizioni (persistenza, apertura, rugosità, riempimento, alterazione) e delle condizioni idrauliche.

Si ricorda che tale parametro così calcolato non tiene conto dell'orientazione dei sistemi di discontinuità presenti nell'ammasso; quindi per ottenere una valutazione sulle condizioni di stabilità dei pendii, degli scavi e delle fondazioni, per ogni singolo intervento lo stesso va declassato secondo quanto previsto dalla classificazione.

Calcere di Zu

Tale formazione è formata da litotipi carbonatici e marnosi stratificati nelle porzioni presenta valori di RMRbasic generalmente compresi tra 65 e 85. Le sue caratteristiche d'ammasso sono tali che, dove l'assetto strutturale non è sfavorevole, non vi sono

problemi di stabilità di pendio. Dove invece l'assetto strutturale è sfavorevole, l'apertura di scavi con fronti molto elevati richiede una certa attenzione. Possono verificarsi stacchi di blocchi da pareti verticali.

Dolomia a Conchodon

Tale formazione nelle porzioni più corticali presenta valori di RMRbasic generalmente compresi tra 70 e 90. Le sue caratteristiche d'ammasso a banchi non stratificati e generalmente poco alterati sono tali che, dove l'assetto strutturale non è sfavorevole, non vi sono problemi di stabilità di pendio, sostegno di scavi e fondazione di edifici.

Calcere di Sadrina

Tale formazione nelle porzioni più corticali presenta valori di RMRbasic generalmente compresi tra 50 e 70. Le sue caratteristiche a strati costituiti da calcari selciosi sono tali che, se l'assetto strutturale non è disposto geometricamente in modo sfavorevole, non vi sono problemi di stabilità di pendio, sostegno di scavi e fondazione di edifici.

Inoltre laddove l'assetto strutturale presenta caratteri sfavorevoli, l'apertura di fronti dei scavi di costruzione o di opere di sbancamento per strade, con fronti molto elevati richiede una certa attenzione.

Calcere di Moltrasio

Tale formazione nelle porzioni più corticali presenta valori di RMRbasic generalmente compresi tra 56 e 60. Le sue caratteristiche d'ammasso sono tali che, dove l'assetto strutturale non è sfavorevole, non vi sono problemi di stabilità di pendio, sostegno di scavi e fondazione di edifici. Dove invece l'assetto strutturale è sfavorevole, l'apertura di scavi con fronti molto elevati richiede una certa attenzione.

Calcare di Domaro

Come la precedente, anche tale unità presenta caratteristiche geomeccaniche discrete, con valori di RMRbasic che variano tra 54 e 59. In condizioni di assetto strutturale non sfavorevole non dà luogo a problemi di stabilità, mentre con un assetto sfavorevole l'apertura di scavi con fronti molto elevati necessita di opportune verifiche. L'eventuale presenza di interstrati ed orizzonti pelitici con caratteristiche geomeccaniche scadenti porta ad un declassamento della qualità d'ammasso di tale facies. In questi orizzonti i valori di RMRbasic variano infatti tra 45 e 52. In condizioni di assetto strutturale non sfavorevole non dà luogo a problemi di stabilità, mentre con un assetto sfavorevole va posta particolare attenzione all'apertura di scavi, che devono essere opportunamente sostenuti, ed alla fondazione di edifici. Vi è infatti la possibilità che gli strati carbonatici scivolino sugli orizzonti pelitici, anche su inclinazioni non molto elevate.

Formazione di Concesio

Tale formazione presenta caratteristiche geomeccaniche del tutto simili a quella precedentemente descritta, con valori di RMRbasic che variano tra 45 e 52. Anche per essa, in condizioni di assetto strutturale sfavorevole, vanno opportunamente valutati gli interventi a causa della possibilità di scivolamento degli strati.

Radiolariti

L'ammasso roccioso risulta generalmente piuttosto aperto e disarticolato, anche a causa delle intense deformazioni subite dallo stesso, nel quale sono riconoscibili pieghe a scala metrica e diversi sistemi di giunti.

Gli ammassi di tale formazione, pur essendo costituiti da una matrice rocciosa con elevate caratteristiche geomeccaniche, risultano notevolmente fratturati e presentano valori di RMRbasic variabili tra 41 e 50. L'elevato grado di fratturazione comporta la possibilità che

i fronti di scavo siano interessati da diffusi distacchi di blocchi rocciosi, anche in condizioni di assetto strutturale non particolarmente sfavorevole.

Nell'ambito del presente lavoro le formazioni costituenti il substrato roccioso sono state in primo luogo raggruppate secondo un criterio basato sulle caratteristiche litologiche dei litotipi costituiti l'ammasso roccioso.

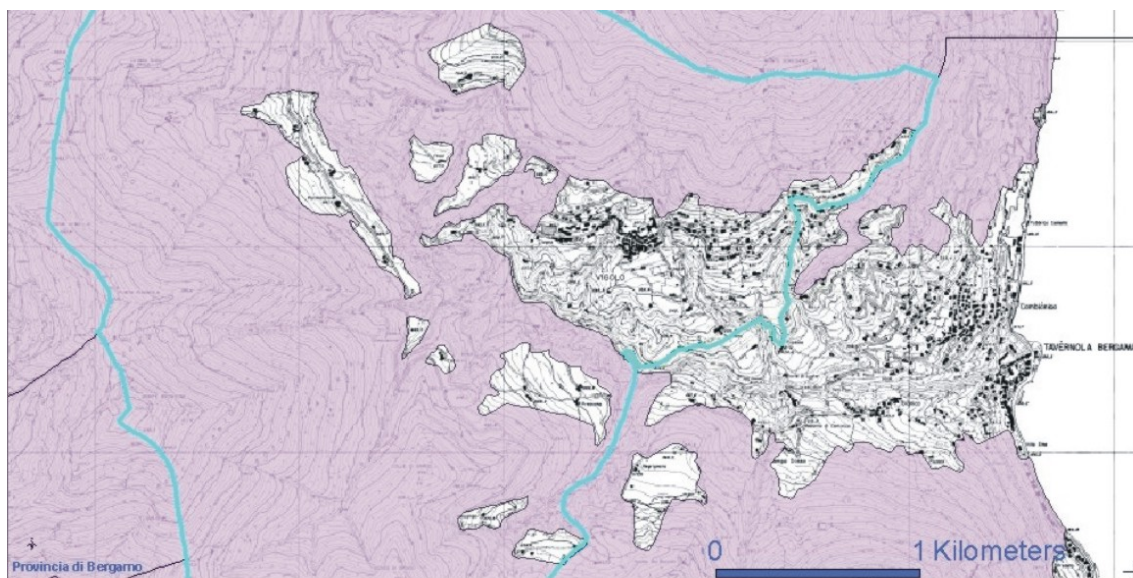
La tabella di seguito riportata presenta una sintesi dei valori del parametro RMRbasic attribuiti alle diverse formazioni. Si ricorda che tali valori necessitano di un declassamento in funzione dell'orientazione dei sistemi di discontinuità nei casi in cui l'assetto strutturale della formazione risulti sfavorevole.

Formazione	Caratteristiche dell'ammasso roccioso	RMRbasic	
		Valore medio	Range proposto
Radiolariti	Buone Discrete	45	41÷50
Zu		75	65÷85
Concesio		48	45÷52
Domaro	Da buone a discrete discrete	57	54÷59
Moltrasio		58	56÷60
Dolomia a Conchodon		76	70÷90
Calcare di Sedrina		62	50÷70

10. LA CARTA DEI VINCOLI

Secondo quanto disposto dai criteri regionali, nella Carta dei Vincoli devono essere riportate “le principali limitazioni d’uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente idrogeologico”, con riferimento alla pianificazione di bacino (Fasce Fluviali, PAI, L. 183/89), alla cosiddetta “Legge Valtellina” (L. 102/90), al Quadro del dissesto (come presente nel SIT regionale), ai vincoli di polizia idraulica e alle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.

Sulla carta sono state dunque riportate tutte le informazioni richieste, relativamente al reticolo idrografico, con la fascia di rispetto di 200 metri delle sorgenti, la fascia di rispetto di 10 metri per il reticolo idrico e la distinzione tra reticolo maggiore e minore.



Estensione del vincolo idrogeologico (campitura colorata - elaborazione Provincia di Bergamo)

Per quanto riguarda le captazioni ad uso idropotabile, si ricorda che l'estensione e le limitazioni all'uso del territorio delle relative aree di rispetto sono definite dalla Circolare

38/SAN/83 della Regione Lombardia e il D.G.R. n. 6/15137 del 27.6.1996.dal D.P.R. del 24/05/1988 n.236 e dal D.L. 152 del 29 maggio 1999 e dal recente D.LGS. 258/2000, nonché della d.g.r. n. 7/12693 del 10 aprile 2003.

Non sono presenti altre limitazioni, se non quelle legate al Piano di Assetto Idrogeologico, riportate sulla **Carta di delimitazione delle aree PAI** derivata dalle analisi ed indagini originali che hanno condotto a questo studio, e al vincolo idrogeologico, non riportato in cartografia, di cui fanno fede le carte catastali di proprietà del Corpo Forestale, ora riportate su CTR dalla Provincia di Bergamo.

A proposito del reticolo idrico minore, si segnala che, ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868, come modificata dalla d.g.r. 1 agosto 2003, n. 13950, lo studio finalizzato all'individuazione di tale reticolo deve essere preventivamente sottoposto alla Sede Territoriale Regionale competente per l'espressione di parere vincolante e che, fino all'espressione del parere sopra menzionato e al recepimento dello studio mediante variante urbanistica, sulle acque pubbliche, così come definite dalla legge 5 gennaio 1994, n. 36, e relativo regolamento, valgono le disposizioni di cui al regio decreto 25 luglio 1904, n. 523, e in particolare il divieto di edificazione ad una distanza inferiore ai 10 metri.

Per quanto riguarda in particolare il **Quadro del dissesto regionale**, le analisi di terreno e la verifica della documentazione cartografica esistente (consistente sostanzialmente nelle tavole di PTCP, nella Cartografia Geoambientale – peraltro rilevata nella zona di interesse dal sottoscritto, nelle cartografie prodotte dalla Comunità Montana del Basso Sebino e del M. Bronzone, tra le quali si segnala la carta geomorfologica predisposta dal Dott. Geol. Daniele Ravagnani e dal Dott. Geol. Sergio Santambrogio), hanno portato ad una parziale revisione ed aggiornamento di alcune situazioni segnalate, di cui di seguito si fornisce un

sommario resoconto. Tale aggiornamento ha naturalmente una importante ricaduta, combinando le tipologie dei dissesti con le classi di fattibilità all'interno degli schemi proposti nelle d.g.r. 1566/2005 e 7374/2008, sulla Carta di fattibilità finale.

Si propone dunque un aggiornamento del Quadro del dissesto regionale relativamente alle seguenti situazioni.

Frane superficiali diffuse in loc. Cascina Vago

In corrispondenza del versante in loc. Vago il Quadro del dissesto regionale riporta una vasta area interessata da frane superficiali diffuse. L'assetto litologico, rilevato direttamente sul terreno in occasione anche di precedenti lavori, è caratterizzato per gran parte da depositi eluviali e/o eluvio-colluviali disposti su substrato calcareo, localmente subaffiorante, interessato da manifestazioni carsiche più o meno consistenti; la porzione inferiore del pendio è costituita da depositi morenici che culminano nel grande cordone laterale a monte della Cascina Seradello. Non si rilevano, in questa situazione, fenomeni franosi diffusi, se non alcune forme d'erosione superficiale, soliflusso e piccole nicchie di frana ormai stabilizzata nel settore più basso dell'area considerata, a valle della Cascina Vago e a monte del cordone morenico laterale. Non si esclude tuttavia una possibile propensione ai fenomeni di soliflusso soprattutto dove maggiore è lo spessore della coltre eluvio-colluviale, peraltro non facilmente e non ovunque determinabile con certezza.

Si propone dunque una ridefinizione dell'area riportata nel Quadro dei dissesti, limitando il settore interessato da "frane diffuse" (Fq nel PAI) alla porzione inferiore del versante, estendendolo tuttavia sul retro del cordone morenico di Seradello.

Conoide in loc. Case Vecchie

Il rilievo di terreno non evidenzia in loco alcun deposito riconducibile a conoide alluvionale, ma piuttosto alle diffuse e potenti coperture glaciali che caratterizzano gran parte del settore interno della Valle di Vigolo, anche profondamente escavate dal corso d'acqua principale, ma anche dalle valli secondarie, quale la Valle delle Case Vecchie, assolutamente simile alle molte che solcano i versanti orientali del Monte Bronzone.

Si propone dunque di escludere completamente il conoide alluvionale segnalato nel Quadro dei dissesti regionale.

Frane di scivolamento quiescenti in loc. Seradino

In loc. Seradino, a monte della strada comunale sono prevalenti depositi eluviali che ricoprono, con spessori che possono arrivare in qualche punto al metro, il substrato calcareo, affiorante solo in corrispondenza di incisioni vallive o di scassi stradali; a valle della strada, al contrario, prevalgono depositi glaciali profondamente incisi dalla valle fino a portare alla luce il medesimo substrato roccioso.

Non vi sono evidenze delle frane di scivolamento segnalate nel Quadro del dissesto, tranne alcune erosioni e smottamenti di qualche entità alle quote più elevate, circa oltre gli 850 m di quota, nonché, con maggiore frequenza ed entità, in corrispondenza dei depositi glaciali a valle della strada, interessati, alla fine del sec. XIX da una frana di più rilevanti dimensioni, ormai stabilizzata e difficilmente riconoscibile, che provocò tuttavia danni ad edifici e persone.

Da quanto riscontrato direttamente sul terreno, dunque, si propone una ridelimitazione dell'area riportata nel Quadro del dissesto regionale mantenendone la classificazione (Fq nel PAI) nella porzione più elevata e più o meno a valle della strada comunale.

Frane superficiali diffuse ad ovest del Ponte delle Tombe

Valgono le stesse considerazioni proposte per l'area della Cascina Vago. In questo caso, tuttavia, non sono presenti depositi di origine glaciale, ma esclusivamente depositi di natura eluviale, di non grande spessore, su substrato calcareo che affiora a tratti diffusamente. Non si esclude che alle quote più basse, la più blanda morfologia terrazzata abbia subito l'azione di modellamento glaciale, come più facilmente desumibile sul versante opposto della Valle delle Tombe, ma in questo caso pressoché ovunque gli originari depositi morenici sono stati asportati e dilavati. Non si rilevano particolari fenomeni di dissesto, tranne localizzate forme d'erosione superficiale e piccoli scivolamenti in corrispondenza del settore alle quote più basse.

Si propone dunque una ridefinizione dell'area riportata nel Quadro dei dissesti, limitando il settore interessato da "frane diffuse" (Fq nel PAI) alla porzione inferiore del versante.

Conoide in loc. Bratta

In loc. Bratta non si è rilevata la presenza del conoide alluvionale riportato nel Quadro dei dissesti regionale, sebbene la morfologia e qualche evidenza litologica rimandi, nel più ampio contesto di riferimento, a lembi isolati e di non grande estensione di depositi alluvionali, fortemente incisi dal reticolo idrografico locale. Anche in questo caso non si esclude che l'originaria morfologia glaciale sia stata dilavata ed erosa dalla successiva azione delle acque superficiali.

Si propone dunque di escludere completamente il conoide alluvionale segnalato nel Quadro dei dissesti regionale.

11. I BENI GEOLOGICI ED AMBIENTALI

Alcune brevi annotazioni sono relative alla qualità ambientale del territorio comunale di Vigolo e dell'intera valle percorsa dal torrente Rino, sia per quanto riguarda gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrografici che gli aspetti paesistici; infatti, dalle numerose escursioni eseguite, da precedenti indagini e lavori eseguiti in loco, si è rilevato come l'intero territorio comunale possieda un'elevata valenza ambientale proprio nel suo complesso, nella scansione e nella stretta interrelazione tra le diverse "componenti" geografiche che in esso si sono riconosciute e che sono state più sopra descritte.

Oltre alle maggiori evidenze, tanti sono i dettagli che meriterebbero una considerazione e una valorizzazione, quando non addirittura una salvaguardia.

Oltre al crinale del M. Bronzone e il lungo spartiacque che circonda la valle del Rino, alle rupi dello stesso Bronzone, alla profonda ed incisa valle del Rino, alle residue testimonianze della morfologia glaciale, con i ripiani e i cordoni morenici, fino a quanto rimane dell'assetto tradizionale dei versanti e dei prati, tanti sono i dettagli che meriterebbero una considerazione e una valorizzazione, quando non addirittura una salvaguardia: così i muretti e i terrazzamenti che ancora resistono diffusamente, con elementi combinati tra pietra locale e blocchi di origine fluvioglaciale, o i terrazzi artificiali che a volte risalgono i versanti. Ancora si ricorda la particolarità del versante orientale e dell'alta cupola del M. Bronzone, dal punto di vista geologico, con la serie rovesciata delle formazioni rocciose, complicata dalla presenza di importanti linee di faglia o di sovrascorrimento.

La stessa rete idrografica, che pure induce localmente fenomeni di dissesto e di pericolosità geologica, possiede una sua valenza ambientale, soprattutto per le relazioni che essa ha avuto con lo sviluppo degli abitati e la presenza delle case sparse e con l'uso del territorio.

Tutto ciò deve essere considerato nel pensare lo “sviluppo” urbanistico del territorio comunale, come devono essere salvaguardate le viste all'esterno, i “cannocchiali” visivi, le panoramiche, da e verso il territorio di Vigolo.

12. LA CARTA DI SINTESI

Attraverso l'analisi della cartografia d'inquadramento e dai dati di rilevamento si può concorrere alla redazione della Carta della Pericolosità o di Sintesi, confrontando tra loro le carte tematiche relative agli aspetti geomorfologici ed idrogeologici, nonché con i dati sismici.

I passaggi che hanno portato alla redazione della carta di sintesi sono i seguenti:

- analisi della geomorfologia del territorio riportata nella carta geomorfologia: in particolare sono stati evidenziate le aree pericolose per la presenza di fenomeni di instabilità dei versanti, avvenuti o potenziali, delle aree soggette a crolli di parete rocciosa o di soliflussi, e le aree con scadenti caratteristiche geotecniche.
- analisi dell'idrografia superficiale e dei fenomeni collegati alla vulnerabilità idraulica: sono stati evidenziati i fenomeni di erosione fluviale, le aree protette da interventi di difesa dalle possibili esondazioni e, in relazione a quanto indicato dall'Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia, sono state ricercate sul territorio in esame possibili aree di debris flow o di frana attiva.

Il risultato di questa analisi ha portato alla creazione di una matrice che tiene conto degli aspetti indicati dalle cartografie d'inquadramento e di rilevamento e – in prima battuta - delle **valutazioni della sismicità** dell'area.

E' tuttavia da segnalare che gli aspetti connessi alla componente sismica saranno poi ulteriormente dettagliati mediante la redazione della carta di pericolosità sismica, in ottemperanza a quanto disposto dalle normative statali e regionali in materia, oggetto di specifico paragrafo.

Questa matrice mette in correlazione il grado di sismicità con l'instabilità delle aree, secondo il presupposto che le aree ad elevata amplificazione sismica presentano maggior grado di pericolosità se coincidono anche con aree ad elevata instabilità.

Amplificazione sismica	stabilità	Instabilità bassa	Instabilità media	Instabilità forte	Instabilità massima
ALTA	S6	S7	S8	S8	S8
MEDIO - ALTA	S5	S6	S7	S8	S8
MEDIA	S4	S5	S6	S7	S8
MEDIO-BASSA	S3	S4	S5	S6	S7
BASSA	S2-S1	S3-S2	S4-S3	S5-S4	S6-S5

Nella matrice vengono inserite le diverse classi di sintesi di seguito descritte.

Si è poi passati all'analisi della carta dei vincoli, con particolare attenzione alle aree di rispetto dei pozzi e alle aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico e dal punto di vista idraulico.

Tutti i parametri individuati nella fase di analisi sopracitata, sono poi stati riportati in carta e sovrapposti: ciò ha permesso l'individuazione di aree che non presentavano alcun fenomeno e aree che presentavano una maggior concentrazione di tali parametri. Tali aree sono state sintetizzate in diversi poligoni.

Questi poligoni sono caratterizzati da una sigla formata dalla lettera S e da un numero crescente da 1 a 8, che indica il diverso grado di pericolosità presente nei diversi poligoni. Vale l'ordine per cui un poligono individuato dalla sigla S1, presenta una sintesi di caratteri che implicano una pericolosità inferiore rispetto ai caratteri presenti in un poligono S8.

In generale, vengono identificate, raggruppando per semplicità diverse condizioni di “pericolo” legate a caratteristiche geologiche, morfologiche, idrografiche, ecc., le seguenti classi a diverso grado di pericolosità:

- S8 pericolosità elevata con grado di instabilità da medio a massimo ed amplificazione sismica elevata. Sono presenti nelle aree interessate da fenomeni franosi e sulle creste rocciose.
- S7 pericolosità elevata con grado di instabilità da medio-basso a massimo ed amplificazione sismica medio-elevata per la presenza di fenomeni di crollo da scarpate di erosione, nelle valli incise e nelle aree soggette a possibili fenomeni di debris-flow. Rientrano in questa classe le aree di fondovalle caratterizzate dalla presenza di materiale di trasporto alluvionale incoerente.
- S6 pericolosità alta con grado di instabilità variabile da stabile - basso a massima ed amplificazione sismica medio- elevata per la presenza di aree interessate in passato da fenomeni di dissesto e di crollo attivi, o di carsismo. Sono comprese le aree ad alta acclività (>50%) e possibile instabilità della coltre superficiale.
- S5 pericolosità alta con grado di instabilità variabile da stabile - basso a massima ed amplificazione sismica media, a causa della acclività dei versanti (<50%) con la possibilità di innesco di movimenti della coltre superficiale attualmente quiescente.
- S4 pericolosità media, con grado di instabilità variabile da basso a forte ed amplificazione sismica medio-bassa, definita dalla presenza di aree boschive incolte e prati ad acclività media e nelle aree caratterizzate da possibili fenomeni di soliflusso.
- S3 pericolosità medio-bassa, con grado di instabilità variabile da basso a medio ed amplificazione sismica medio-bassa presenti in concomitanza delle selle

e dei prati mediamente acclivi, con terreni eluviali poco profondi, con possibili movimenti superficiali.

- S2 pericolosità bassa, con grado di instabilità basso ed amplificazione sismica bassa definita dalla presenza di terreni in condizioni morfologiche mediamente favorevoli e terreni soggetti a semplice erosione superficiale. Sono aree già urbanizzate.
- S1 pericolosità bassa o nulla , con grado di instabilità basso ed amplificazione sismica bassa, sono principalmente aree stabili, non interessate da fenomeni di dissesto idrogeologico in atto.

13. LA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

Secondo quanto disposto dalla normativa, la presente relazione, redatta ai sensi della l.r. 41/97 (vigente alla data di conferimento dell'incarico e della prima redazione dello studio) e successivamente parzialmente aggiornata nel rispetto della nuova l.r. 12/2005, in sostituzione della precedente, dovrà essere integrata e adottata nelle varianti e negli strumenti urbanistici comunali.

In particolare la redazione della Carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano dovrà fornire indicazioni relative alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio.

Le indicazioni relative alla fattibilità geologica e gli indirizzi per la pianificazione territoriale sono stati desunti dalla valutazione analitica e incrociata degli elementi ricavati dallo studio geologico redatto.

L'esame dei dati ha consentito di sviluppare un processo diagnostico che ha permesso di suddividere e classificare l'intero territorio comunale di Vigolo dal punto di vista della fattibilità geologica e di formulare proposte operative in relazione alla classe di appartenenza.

La classificazione adottata è stata direttamente desunta dalla Carta di Sintesi, attribuendo un valore di classe di Fattibilità a ciascun poligono definito dalla carta di sintesi, precedentemente descritto.

Il passaggio tra le classi individuate nella carta di Sintesi e le Classi di Fattibilità si rifà a quanto indicato nelle tabelle di comparazione presenti nella Direttiva in attuazione della L.R.41/97.

Il passaggio tra le due classificazioni tiene conto inoltre della conoscenza diretta del territorio, per cui possono esservi leggere discrepanze tra poligoni della carta di sintesi e della carta di fattibilità.

Il passaggio tra le due classificazioni è indicato – **come riferimento generale** - nella seguente tabella:

carta di sintesi	Classi di fattibilità
S1	1-2
S2	2
S3	2
S4	3
S5	3
S6	4
S7	4
S8	4

Per quanto riguarda il territorio di Vigolo, la specifica conoscenza dei caratteri del territorio porta ad escludere la presenza di aree classificate in classe di fattibilità 1.

La carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano in particolare fornisce utili indicazioni in ordine alla destinazione d'uso, alle cautele generali da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, ed infine alle opere necessarie per la riduzione ed il controllo del rischio geologico ed idrogeologico.

Si ricorda ancora che gli studi condotti nell'attuazione della ex l.r. 41/97 e della l.r. 12/2005 e dei "criteri relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale", **non devono essere in alcun modo sostitutivi delle indagini geognostiche di maggior dettaglio prescritte dalla normativa vigente in materia di edilizia sia per la pianificazione attuativa che per la progettazione esecutiva.**

Seguendo le indicazioni riportate nei criteri approvati e proposti dalla Regione Lombardia, sono state individuate dal punto di vista delle condizioni e delle situazioni geologiche quattro classi di fattibilità, che sono riconoscibili per numero e colore sulla carta che costituisce parte integrante della normativa del piano regolatore generale.

Nel caso specifico per il territorio comunale di Vigolo sono presenti:

Classe II – Fattibilità con modeste limitazioni

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

Per tutte le aree di classe "II" debbono essere richieste indagini geologiche-geotecniche con diversi livelli di approfondimento a seconda della situazione locale e per tutti gli interventi ad eccezione di quelli di cui alla l. 457/78, art. 31, lettere a), b) e c).

Tali indagini dovranno evidenziare, sulla base della tipologia d'intervento, i mutui rapporti con la geologia, con la geomorfologia e l'idrogeologia del sito oltre al buon governo delle acque di scorrimento superficiale.

Si dovranno valutare pertanto le interferenze prodotte da eventuali scavi e/o riporti nei confronti della stabilità locale e generale del pendio ed in relazione al grado di permeabilità dei terreni, dovranno essere opportunamente valutati e dimensionati i sistemi di drenaggio, di raccolta e di smaltimento delle acque superficiali, facendo attenzione ad evitare lo scarico nel sottosuolo di agenti inquinanti.

Le suddette indagini, sulla base dell'entità dell'intervento e a discrezione del professionista incaricato, potranno essere costituite o da una semplice relazione geologica o richiedere specifici approfondimenti geotecnici attraverso l'effettuazione di prove penetrometriche in sito, sondaggi diretti, indagini geofisiche, analisi geostrutturali degli ammassi rocciosi potenzialmente instabili, ecc.; l'area di studio si dovrà estendere per un intorno significativo rispetto all'intervento edificatorio proposto.

In particolare si ritiene opportuno, per la realizzazione di qualsiasi nuovo edificio, di mantenere una distanza di sicurezza di almeno 10 metri dal ciglio di scarpate morfologiche di qualsiasi origine se classificate in classe 3 ed almeno 20 metri dal ciglio di scarpate in classe 4.

Nel caso di realizzazione di edifici in prossimità di cigli di scarpata si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità della scarpata sottostante che tengano in considerazione l'applicazione del sovraccarico che comporta la realizzazione dell'edificio.

Nel caso che la realizzazione dell'edificio comporti la formazione di un fronte di scavo a monte e/o ai lati (es: realizzazione di un edificio su un pendio inclinato, esecuzione di box e di locali interrati in fregio a edifici esistenti e magari di vecchia costruzione), si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità del pendio in relazione alla realizzazione del fronte di scavo previsto. Questo per predisporre un progetto adeguato in merito alle opere di sostegno necessarie evitando così che l'esecuzione di scavi in prossimità di edifici esistenti possano indurre lesioni nelle strutture adiacenti.

Per quanto riguarda il territorio comunale di Vigolo, nella Classe II ricadono parte delle aree già urbanizzate nel centro del paese e alcune situazioni puntuali e localizzate dove la morfologia e la natura del substrato lo consentono.

Classe III – Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe “III” comprende zone in cui sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno; in essa sono comprese aree acclivi potenzialmente soggette all'influenza di fenomeni di dissesto idrogeologico e fenomeni alluvionali con trasporto in massa, terreni con scarsa qualità geotecnica o potenziale instabilità, forme di degrado antropico.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto necessariamente subordinato alla realizzazione di indagini dettagliate finalizzate all'acquisizione di una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi specifici di varia natura (geologici, geofisici, idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici, ecc.).

Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le necessarie opere di sistemazione e/o bonifica. Per l'edificato esistente dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione e la realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall'edificato. Potranno essere inoltre predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione d'indagini mirate all'acquisizione di una maggiore conoscenza geologico-tecnica, idrogeologica o idraulica dell'area e di un suo immediato intorno. Tale approfondimento tecnico dovrà essere attuato attraverso l'effettuazione di approfonditi studi geologici-geotecnici, idrogeologici e l'esecuzione di campagne geognostiche, prove di laboratorio, verifiche di stabilità, etc.

Nel caso di problematiche di tipo idraulico, gli studi saranno necessari non solo in corrispondenza dei principali corsi d'acqua, ma anche dei corsi d'acqua minori che nel passato hanno manifestato significative forme di dissesto.

Il risultato delle indagini condotte dovrà valutare la compatibilità dell'intervento edificatorio e la portata massima che esso può avere in relazione alle caratteristiche del sito.

Gli interventi di bonifica idraulica o idrogeologica dovranno, ove possibile, essere eseguiti con tecniche di bioingegneria forestale.

Anche in questo caso si ritiene opportuno, nel caso della realizzazione di qualsiasi edificio, di mantenere una distanza di sicurezza di almeno 20 metri dal ciglio di scarpate in classe 4.

Nel caso di realizzazione di edifici in prossimità di un ciglio di scarpata si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità della scarpata sottostante che tengano in considerazione l'applicazione del sovraccarico che comporta la realizzazione dell'edificio.

Nel caso che la realizzazione dell'edificio comporti la formazione di un fronte di scavo a monte e/o ai lati (es: realizzazione di un edificio su un pendio inclinato, esecuzione di box e di locali interrati in fregio a edifici esistenti e magari di vecchia costruzione), si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità del pendio in relazione alla realizzazione del fronte di scavo previsto. Questo per predisporre un progetto adeguato in merito alle opere di sostegno necessarie evitando così che l'esecuzione di scavi in prossimità di edifici esistenti possano indurre lesioni nelle strutture adiacenti.

Nei casi in cui nella Carta del dissesto con legenda uniformata PAI siano comprese aree che ricadono nella Classe III di fattibilità geologica, si rimanda per esse all'art. 9 delle N.d.A. del PAI: queste ultime verranno considerate prevalenti, nel caso fossero più restrittive, su quelle delle classi di fattibilità attribuite. Lo stralcio completo della normativa PAI citata è allegato alla presente relazione e ad esso si rimanda per qualsiasi approfondimento.

Classe IV – Fattibilità con gravi limitazioni

In questa classe ricadono tutte quelle aree per le quali la situazione di alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica della destinazione d'uso delle particelle.

In queste aree dovrà pertanto essere di norma esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non la manutenzione ordinaria e straordinaria degli edifici esistenti, per i quali saranno

consentiti esclusivamente gli interventi così come definiti dall'Art. 31 lettere a), b) e c) della L.457/1978, fatto salvo quanto consentito per le infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico..

Eventuali infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico dovranno essere valutate puntualmente; la loro eventuale realizzazione è comunque consentita solo se non altrimenti localizzabili.

A tal fine alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità pubblica, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico. In questi casi, sulla base dei risultati emersi dall'indagine dovrà essere elaborato un progetto degli interventi di consolidamento, di trattamento e/o miglioramento dei terreni. Il progetto dovrà eventualmente tenere conto di un programma di monitoraggio ambientale destinato a verificare gli effetti degli interventi eseguiti in relazione all'entità dell'opera.

Gli interventi di bonifica idraulica o idrogeologica dovranno, ove possibile, essere eseguiti con tecniche di bioingegneria forestale.

Nei casi in cui nella Carta del dissesto con legenda uniformata PAI siano comprese aree che ricadono nella Classe IV di fattibilità geologica, si rimanda per esse all'art. 9 delle N.d.A. del PAI: queste ultime verranno considerate prevalenti, nel caso fossero più restrittive, su quelle delle classi di fattibilità attribuite. Lo stralcio completo della normativa PAI citata è allegato alla presente relazione e ad esso si rimanda per qualsiasi approfondimento.

14. CENNI GENERALI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

Il Comune di Vigolo è stato inserito in zona 3 nella recente riclassificazione dei comuni a rischio sismico, nell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003.

Secondo la normativa nazionale e regionale, l'inserimento del Comune di Vigolo nell'elenco dei comuni classificati sismici, sebbene con basso grado di rischio, comporta "l'individuazione dal punto di vista geomorfologico e geotecnico delle aree passibili di amplificazione" sismica. Riferimento fondamentale, per qualsiasi approfondimento anche locale, è lo studio "Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia", giugno 1996, redatto a cura della Regione Lombardia, Servizio Geologico e C.N.R., nonché la citata Ordinanza n. 3274 e relativi allegati.

L'esame delle caratteristiche geologiche di larga sintesi mostra che sul territorio di Vigolo possono essere riconosciute - in generale - le seguenti litologie, per le quali lo studio della Regione Lombardia fornisce indicazioni in merito ai parametri utili per la valutazione del rischio sismico e dell'amplificazione sismica locale, da verificare anche in funzione delle caratteristiche geomorfologiche.

14.1 Successioni carbonatico-dolomitiche e marnoso-selciose

► massicce

Dolomia a Conchodon

Ammassi rocciosi costituiti da calcari, calcari dolomitici o dolomie massicce non stratificate generalmente poco alterati. I valori dei parametri sono influenzati dal grado di fratturazione, dalla giacitura, spazatura e apertura dei giunti di strato o dalla presenza di acqua.

Parametro	Min	Max
RMR base	70	90
$\Phi(^{\circ})$	40	50
C (kPa)	350	450
E situ (Gpa)	40	80
Ammassi di qualità ottima		Vp = 3800 - 5800 m/s

► a banchi

Calcere di Zu

Ammassi rocciosi costituiti da calcari, calcari dolomitici o dolomie massicce stratificate in banchi dallo spessore metrico e generalmente poco alterati. I valori dei parametri sono influenzati dal grado di fratturazione, dalla giacitura, spaziatura e apertura dei giunti di strato.

Parametro	Min	Max
RMR base	65	85
$\Phi(^{\circ})$	37,5	47,5
C (kPa)	325	425
E situ (Gpa)	30	70
Ammassi di qualità ottima		Vp = 3800 - 5800 m/s

► stratificate

Calcere di Sedrina, Calcere di Domaro, Calcere di Moltrasio, Formazione di Concesio, Radiolariti

Ammassi rocciosi costituiti da calcari selciosi tenaci sempre nettamente stratificati con alterazione molto variabile e da calcari marnosi, arenarie e siltiti in strati decimetrici e

centimetrici. I valori dei parametri sono influenzati dal grado di fratturazione, dalla giacitura, spaziatura e apertura dei giunti di strato e dalla presenza di acqua.

Parametro	Min	Max
RMR base	50	70
$\Phi(^{\circ})$	30	40
C (kPa)	250	350
E situ (Gpa)	10	40
Ammassi di qualità buona		Vp = 3600 - 5600 m/s
Ammassi di qualità mediocre		Vp = 3000 - 3600 m/s

14.2 Depositi continentali addensati: detriti cementati, depositi glaciali addensati o consistenti

I caratteri geotecnici sono mediamente buoni. Per quanto riguarda i depositi glaciali e fluviali le variazioni delle caratteristiche geotecniche sono funzione della percentuale della componente fine limoso argillosa, della presenza di acqua e del diverso grado di cementazione.

Detriti cementati

Parametro	Min	Max
RMR base	50	70
$\Phi(^{\circ})$	30	40
C (kPa)	250	350
E situ (Gpa)	10	40
Ammassi di qualità discreta		Vp = 3500 - 4500 m/s
Ammassi di qualità scadente		Vp = 2500 - 3500 m/s

14. 3 Depositi continentali sciolti: terreni prevalentemente a grana grossa (detriti di falda), terreni prevalentemente a grana medio-fine (eluvium - colluvium)

I caratteri geotecnici di questi terreni sono variabili in funzione della litologia, dell'acclività e della meccanica di sedimentazione. In genere per quanto riguarda i depositi a granulometria più grossolana (detriti di falda), si hanno buone o discrete caratteristiche geotecniche. Per i restanti terreni la variazione delle caratteristiche è funzione della frazione fine che favorisce una permeabilità moderata e una predisposizione, sui pendii più acclivi, a fenomeni franosi per scivolamento rotazionale o colamento.

Litotipi a:	grana grossa		a grana da media a finissima	
Parametro	Min	Max	Min	Max
γ	16	18	17	19
$\Phi(^{\circ})$	25	45	20	30
C (kPa)	0	10	10	20
E (Mpa)	0	0	0	0
V_p (m/s)	800	1200	500	1000
V_s (m/s)	200	300	150	300

In generale, comunque, la valutazione dell'amplificazione sismica comporta sempre notevoli semplificazioni ed approssimazioni, se non ricorrendo a complesse valutazioni analitiche non sempre accettabili per le comuni applicazioni. Le procedure più semplici comportano un maggiore grado di errore, ma possono essere utilizzate anche in situazioni geologiche complesse, con la cautela, nelle fasi operative, di ricorrere ai parametri più cautelativi.

Una delle metodologie semplificate ed approssimate più utilizzate, in termini d'incremento d'intensità sismica (scala Mercalli-Cancani-Sieberg) è quella degli "Scenari di Barosch".

14.4 Scenari geologici di Barosch (dal manuale del software “Sisma” - Program Geo, Bs)

“Sulla base di osservazioni strumentali, Barosh(1969) ha proposto ventisei scenari geologici, scelti fra i più diffusi, distinti in base alle loro caratteristiche litologiche, idrogeologiche e geomorfologiche, abbinando ad ognuno di essi un intervallo d'incremento d'intensità sismica.

Il vantaggio dell'uso di questi schemi è nella possibilità di ottenere rapidamente un valore numerico dell'incremento d'intensità semplicemente confrontandoli con la situazione osservata in campagna.

I principali svantaggi risiedono nel fatto che non tutte le possibili combinazioni dei fattori litologia, idrogeologia e geomorfologia sono prese in considerazione e nella eccessiva dispersione degli intervalli d'incremento legati ad alcuni scenari (2 o più gradi).”

Per quanto riguarda il territorio di Vigolo, possono essere di massima riconosciuti i seguenti “scenari”, **con un tentativo di adattamento alle condizioni locali.**

- Depositi alluvionali e fluviali a granulometria diversa, terrazzati, non consolidati, di potenza prossima a 4 m, giacenti su substrato più rigido o su altri sedimenti. Incremento di intensità sismica da 2,3 a 3,9: amplificazione medio-elevata. (Carta di Sintesi: S7-S8).
- Depositi di disfacimento di rocce carbonatiche interessate da fenomeni carsici. Incremento di intensità sismica da 2,0 a 4,0: amplificazione medio-elevata. (Carta di Sintesi: S6).
- Rocce compatte stratificate fittamente, ma omogenee, spesso interessate, almeno nei livelli superficiali sottoposti ad alterazione, da elevata fratturazione. Incremento

di intensità sismica da 0,7 a 1,1, maggiore in corrispondenza delle parti più fratturate e sottoposte a disfacimento: amplificazione media. (Carta di Sintesi: S5)

- Accumuli di frana antica e recente su terreni non saturati, falde detritiche e aree sorgenti con substrato roccioso fratturato e in erosione accelerata. Incremento di intensità sismica da 1,0 a 4,0: amplificazione medio-alta. Aree a forte erosione (Carta di Sintesi: S6, S7).

Lo studio citato della Regione Lombardia fornisce a sua volta altre indicazioni relative agli effetti di un sisma relativamente alle condizioni locali, tra le quali posso essere ricordate le seguenti, che certamente possono influire o comunque confermare il grado di amplificazione riconosciuto con il metodo degli scenari di Barosch.

Da quanto descritto, risulta evidente come le norme di fattibilità geologica nell'ambito del territorio comunale di Vigolo debbano tenere conto della necessità di provvedere ad opportuni approfondimenti della materia, secondo quanto più oltre specificato e nel rispetto delle normative vigenti in materia.

Relativamente alle aree che potrebbero essere maggiormente interessate dall'amplificazione degli effetti di un sisma, si segnalano i crinali, le scarpate e gli orli dei terrazzi morfologici, dai quali sarà opportuno mantenere un'adeguata distanza, e le aree sottoposte ad intensi fenomeni di degradazione del versante e del substrato roccioso, peraltro già inserite nella Classe IV di fattibilità geologica.

15. PROPOSTA DI DELIMITAZIONE DELLE AREE PAI

Conseguentemente ai risultati ottenuti mediante lo studio sopra descritto, sulla base delle informazioni riportate sulla carta di sintesi e sulla carta della fattibilità geologica per le azioni di piano, in conclusione dello studio generale del territorio comunale di Vigolo si propone anche la delimitazione delle aree considerate a rischio negli elaborati cartografici allegati al PAI.

La tavola con la proposta di delimitazione delle aree PAI è considerata parte integrante dello studio della componente geologica del territorio comunale di Vigolo, ai sensi della ex l.r. 41/97, della l.r. 12/2005 e relativi criteri attuativi. Le motivazioni che hanno portato ad adeguare il quadro del dissesto regionale e proporre una diversa delimitazione delle aree PAI sono descritte nel capitolo relativo alla Carta dei Vincoli.

Per quanto riguarda invece le aree riportate nel quadro originario del PAI, anche per esse le analisi di terreno e la verifica della documentazione cartografica esistente (consistente sostanzialmente nelle tavole di PTCP, nella Cartografia Geoambientale – peraltro rilevata nella zona di interesse dal sottoscritto, nelle cartografie prodotte dalla Comunità Montana del Basso Sebino e del M. Bronzone, tra le quali si segnala la carta geomorfologica predisposta dal Dott. Geol. Daniele Ravagnani e dal Dott. Geol. Sergio Santambrogio), hanno portato ad una parziale revisione ed aggiornamento delle superfici interessate.

1. L'ampia area segnalata come “frana quiescente (Fq)” nel quadro PAI originario a sud-ovest del crinale della Punta del Bert non trova completo riscontro nella realtà, ed è piuttosto limitata ai settori in erosione lungo le incisioni vallive, per cui si propone una sua ridelimitazione ed un riclassificazione come “area con pericolosità molto elevata o elevata (Ea)” nell'ambito dei dissesti morfologici di carattere torrentizio.

2. Le medesime considerazioni valgono per l'analoga area definita come “frana quiescente (Fq)” nel quadro PAI originario a sud-ovest del Monte Cremona, che verrà dunque ridimensionata e riclassificata come “area con pericolosità molto elevata o elevata (Ea)” nell'ambito dei dissesti morfologici di carattere torrentizio.
3. Uguale la motivazione relativamente all'area indicata come “frana stabilizzata (Fs)” lungo il tratto superiore della Valle di Rino a nord di Vigolo, che potrà più correttamente essere identificata come “area con pericolosità molto elevata o elevata (Ea)” nell'ambito dei dissesti morfologici di carattere torrentizio.
4. Infine, non trova corrispondenza nella realtà nemmeno la vasta area classificata addirittura come “frana attiva (Fa)” in corrispondenza di un ramo secondario della stessa Valle di Rino, a monte di Vigolo: in essa si può tutt'al più riconoscere un settore caratterizzato da “pericolosità molto elevata o elevata (Ea)” nell'ambito dei dissesti morfologici di carattere torrentizio.

Si rileva comunque la presenza di numerose aree di “frana” attiva, quiescente o stabilizzata (Fa, Fq e Fs) sottoposte alla normativa PAI riportata in allegato, che completa ed integra quella descritta nelle classi di fattibilità.

16. AGGIORNAMENTO AI SENSI DELLA D.G.R. N. 1566/2005 E DELLA D.G.R. N. 7374/2008 RELATIVAMENTE ALLA COMPONENTE SISMICA DELLO STUDIO GEOLOGICO

La Legge Regionale 11 marzo 2005, n.12 “Legge per il governo del territorio” ha abrogato la precedente l.r. 24 novembre 1997 n° 41, e le relative D.G.R. applicative: le d.g.r. n. 5/36147 del 18 maggio 1993, n. 6/37918 del 6 agosto 1998 e n.7/6645 del 29 ottobre 2001, che hanno costituito, sino ad ora, gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei comuni. La Regione Lombardia, in ottemperanza all’art. 57 della L.R. 12/2005, ha approvato, con D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 “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”, le nuove linee guida per la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l’assetto geologico, geomorfologico e con le condizioni di sismicità del territorio a scala comunale. I criteri contenuti nella D.G.R. perfezionano le precedenti direttive in materia, dettate dalle citate deliberazioni della Giunta Regionale e puntualizzano, in particolare, gli **aspetti del rischio sismico**, a seguito della nuova classificazione sismica del territorio nazionale secondo l’O.P.C.M. 3274 e secondo il d.m. 14 settembre 2005 “Norme tecniche per le costruzioni”. Antecedentemente al 1998 il territorio comunale di Vigolo (Bg), non era classificato come comune “sismico”, le successive revisioni operate dal G.d.L., nel 1998, ha inserito il territorio comunale in sismicità III; la recente O.P.C.M. 3274, ha confermato le revisioni, classificando il territorio comunale di Vigolo in Zona Sismica 3. In base alla Classe Sismica del territorio comunale vengono attribuiti valori dell’accelerazione sismica attesa, secondo quanto riportato nella seguente tabella:

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a _g /g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

La D.G.R. 8/1566 del 22/12/2005 stabilisce che tutti i Comuni “sono tenuti ad aggiornare i propri studi geologici ai sensi della direttiva, relativamente alla componente sismica (in linea con le disposizioni nazionali introdotte dall’ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, da cui scaturiscono le nuove classificazioni sismiche del territorio su base comunale).

Il presente documento si propone quindi quale aggiornamento dello Studio Geologico precedentemente redatto ai sensi della ex l.r. 41/97, relativamente alla componente sismica del territorio comunale di Vigolo, in ottemperanza alle nuove norme vigenti.

Si segnala a questo proposito che, secondo quanto ribadito dalla d.g.r. 1566/2005, **le carte di sintesi e di fattibilità sono state estese all'intero territorio comunale** fin dalla redazione dello studio geologico ai sensi della l.r. 41/97 e come tali approvate, come allora voleva la norma, dai competenti uffici della Regione Lombardia. Il presente studio le lascia sostanzialmente inalterate, tranne alcune piccole modifiche apportate per una migliore coerenza con i territori comunali limitrofi, per cui viene allegata la sola Carta della Fattibilità Geologica sulla quale sono stati riportati i retini e le informazioni desunti dall'aggiornamento alla nuova normativa antisismica.

16.1 Zonazione sismica del territorio comunale

Lo studio per la zonazione sismica del territorio comunale, così come indicato nell'Allegato 5 della d.g.r. n. 8/1566 del 22/12/2005, 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:

Zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello Fase pianificatoria	2° livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
2- 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree inedificabili	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5
4	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici rilevanti

I primi due livelli sono obbligatori (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza,) in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione, sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Il livello 3° è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

1° Livello

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. La raccolta sistematica dei dati 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 (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di 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, posizione e regime della falda, proprietà indice, 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 sulla base dei dati

geotecnici e stratigrafici disponibili, non si è ritenuto necessario eseguire nuove indagini originali di carattere geotecnico e/o geofisico di approfondimento.

Lo studio è consistito quindi nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi ed inquadramento (carta geologica, carta geomorfologica, ecc.) dello studio geologico e nella redazione di un'apposita cartografia (a scala 1:5.000), rappresentata dalla **Carta della pericolosità sismica locale**, derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, in grado di determinare gli effetti di amplificazione sismica locale.

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

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali 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 (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Gli aggiornamenti proposti e le relative **cartografie di 2° livello**, seguono i riferimenti normativi della Regione Lombardia che prevede i seguenti livelli di approfondimento:

Zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello Fase pianificatoria	2° livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
2- 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree inedificabili	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato> valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5

Pertanto per i comuni in Zona Sismica 3, è obbligatorio il 1° Livello di approfondimento, mediante la predisposizione della Carta della Pericolosità Sismica Locale, estesa a tutto il territorio comunale.

Il 2° Livello è obbligatorio, in fase di pianificazione, solo per le Zone Z3 e Z4 e solo per le aree interferenti con il centro abitato e/o edificabili.

Nel caso specifico di Vigolo il 2° Livello è stato applicato solo alle Zone Z3 e Z4 che interessano l'urbanizzato e/o il centro abitato.

La distribuzione geografica degli scenari suscettibili di amplificazioni litologiche/geometriche è evidenziata nella **Carta della Pericolosità Sismica Locale**.

Essa rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento, relativi esclusivamente agli scenari Z3 e Z4, suscettibili di amplificazione sismica.

2°Livello

Il 2° livello, implementato in presenza dello scenario Z4 e Z3 (amplificazioni litologiche e topografiche), si basa su metodi quantitativi semplificati, che prevedono il confronto tra un

fattore di amplificazione sismica locale (F_a) e un valore soglia calcolato per ciascun comune.

Il 2° livello, per i comuni classificati in Zona Sismica 3, è obbligatorio solo per le aree edificate e/o edificabili.

Amplificazione litologica (Scenari Z4)

Per le procedure semplificate di questo livello è richiesta la conoscenza di alcuni parametri geofisici (andamento delle velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità; spessore e V_s di ogni unità geofisica) necessari alla definizione del modello geofisico del sottosuolo.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa **scheda di valutazione di riferimento**.

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità; in particolare si è verificato l'andamento delle V_s con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di V_s inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

All'interno della scheda di valutazione è stata scelta, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito T .

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

Il valore di F_a determinato è stato approssimato alla prima cifra decimale ed è utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Amplificazione topografica/morfologica (Scenari Z3)

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo – cigli di scarpata (Z3a e Z3b); il rilievo è stato identificato sulla base di cartografia CTR a scala 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H).

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni:

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);
- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno $1/3$ della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (cresta arrotondata).

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo L ;
- larghezza in cresta del rilievo l ;
- dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
- coefficiente di forma H/L .

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L .

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l , mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

I valori di F_a così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto dal sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti dalla scheda di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zone 2, 3 e 4) e per suolo di tipo A ($V_s > 800$ m/s) e per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati della Regione Lombardia e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s				
		Valori soglia		
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo A	Suolo tipo B-C-E	Suolo tipo D
Vigolo	3	1,5	2	2,2

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s				
		Valori soglia		
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo A	Suolo tipo B-C-E	Suolo tipo D
Vigolo	3	2	3,2	5,2

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di ± 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- *il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1);*
- *il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).*

16.2 Classificazione sismica dei terreni nel comune di Vigolo

Sulla scorta delle precedenti indicazioni, è stata condotta l'analisi dei dati litologici, stratigrafici e geofisici disponibili per il territorio comunale di Vigolo, al fine di pervenire alla classificazione sismica dei terreni e per consentire le successive elaborazioni per definire i valori del fattore di amplificazione sismica locale F_a .

Dall'analisi delle sezioni stratigrafiche disponibili per il territorio comunale di Vigolo, nonché dai dati forniti dalle indagini geotecniche in sito, messe a disposizione dall'Amministrazione Comunale, è stato possibile stimare, attraverso metodi indiretti di conversione, la velocità delle onde S e sono stati ricavati gli andamenti principali dei depositi sciolti granulari che caratterizzano il sottosuolo indagato. Tali depositi presentano valori di velocità prevalentemente comprese tra 360 e 800m/s in funzione del grado di

consolidazione. Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate, è possibile valutare il valore di Vs30 attraverso le formule precedentemente indicate.

Per la ricostruzione della sezioni stratigrafiche del territorio comunale si è fatto riferimento ai dati forniti dall'Amministrazione Comunale e dalle conoscenze assunte dallo scrivente in occasione della redazione dello studio geologico, relativi a numerose indagini geotecniche eseguite sul territorio, a supporto della realizzazione di opere edilizie.

Dal punto di vista topografico/morfologico, la situazione risulta abbastanza complessa; per necessità di sintesi si è dovuta operare una semplificazione nell'individuazione delle tipologie morfologiche da inquadrare secondo gli scenari di pericolosità sismica locale.

Sono state riconosciute zone di ciglio, di scarpata/terrazzo e zone di creste rocciose/cocuzzolo con morfologie appuntite/arrotondate, così come individuato nella Carta della Pericolosità Sismica Locale.

Dalle sezioni stratigrafiche/geotecniche e dalle relative correlazioni empiriche per la stima dei parametri geofisici, è stato ricavato il parametro Vs30 (velocità media nei primi 30 m di sottosuolo), variabile da 360 a circa 800 m/s, che colloca i terreni in categoria A e B dei suoli di fondazione secondo la distinzione indicata dal O.P.C.M. 3274/03. In ragione di tali evidenze si può ritenere che i terreni di sottofondo del territorio comunale di Vigolo siano classificabili, dal punto di vista sismico, **in senso generale**, come terreni:

Classe	Descrizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30, compresi fra 360 m/s e 800 m/s (Nspt>50 o coesione non drenata >250 kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di

	metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{sp} < 15$, $c_u < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di Vs30 simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Sulla base delle informazioni raccolte, il territorio comunale di Vigolo è classificabile cautelativamente come **Classe B per il fondovalle e per la fascia pedemontana, sui terrazzi glaciali e fluvioglaciali; come Classe A per la rimanente porzione del territorio.**

Tale classificazione vale naturalmente in senso generale; per ogni caso particolare, soprattutto per opere ed interventi di particolare complessità e rilevanza, dovrà essere verificata attentamente la classificazione sismica del sito, che potrebbe essere localmente più sfavorevole.

16.3 Caratterizzazione geotecnica qualitativa dei terreni

I dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° livello sono stati desunti principalmente dalle numerose stratigrafie di trincee esplorative/scavi eseguite sia sul territorio comunale di Vigolo, sia in comuni limitrofi, nonché sulla base di numerose indagini geotecniche in sito che hanno interessato gli orizzonti superficiali del suolo (indicativamente inferiori ai 10 m da p.c.).

I dati geofisici sono invece stati ottenuti attraverso relazioni empiriche di correlazione con i dati stratigrafici e geotecnici.

Il grado di attendibilità per ciascuna tipologia di dato utilizzato è rappresentato nella seguente tabella:

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi/stratigrafie pozzi)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Il rilevamento geologico ha permesso di suddividere i depositi superficiali che ricadono nel territorio comunale in unità geologiche e di distinguere, al loro interno, litofacies omogenee dal punto di vista litologico.

Ciò consente di associare, sia pure in modo qualitativo, alcuni parametri geotecnici indicativi alle diverse litofacies come riassunto nel seguente prospetto:

Depositi alluvionali/detritici - I depositi superficiali, riferibili alle alluvioni presenti sul territorio comunale, rappresentano una modesta porzione delle coltri terrigene quaternarie complessivamente individuabili sul territorio comunale; sono pertanto stati associati, anche per analogia nelle caratteristiche granulometriche e geotecniche, ai depositi detritici e di conoide. Sono terreni con componente clastica variabile, spesso prevalente, e una matrice a tessitura limosa e sabbiosa e/o, solo subordinatamente, argillosa. Si tratta di sedimenti dotati di buone proprietà meccaniche. Sulla base delle indagini geotecniche disponibili è stato possibile procedere ad una correlazione con i dati geofisici attribuendo

valori elevati sia per le Vs superficiali (mediamente attorno a 400 m/s), che per le Vs30 (comprese tra 530 e 740 m/s), tali da comportare in prima istanza – e fatte salve più approfondite indagini locali - l'attribuzione di tali terreni alla classe B dei suoli di fondazione, quella più elevata nell'ambito dei terreni non rocciosi.

Depositi di versante – depositi eluvio/colluviali - Si tratta di depositi clastici con matrice da sabbiosa a limoso sabbiosa, a comportamento granulare. Possono essere ritenuti terreni di buona qualità geotecnica, con elevato modulo elastico. Anche per tali sedimenti sono possibili correlazioni con i dati stratigrafici/geofisici, sulla base di trincee esplorative, scassi stradali, scavi per fondazioni e indagini geotecniche in sito.

Tali depositi sono caratterizzati per lo più da debole spessore, inferiore ai 10 m per i depositi di versante ed inferiori ai 5 m per i depositi eluviali.

In generale, fatte salve situazioni localizzate, i terreni che ricadono nel territorio comunale di Vigolo presentano caratteri di qualità geotecnica da buona ad elevata, sia per le litofacies di origine alluvionale/detritica che per quelle fluvioglaciali.

Depositi morenici - Sono riferibili ai sedimenti connessi con le ultime pulsazioni dell'apparato glaciale camuno e sono caratterizzati da depositi incoerenti granulari eterometrici privi di cassazione e gradazione. Si tratta di sedimenti dotati di buone proprietà meccaniche. Sulla base delle indagini geotecniche disponibili è stato possibile procedere ad una correlazione con i dati geofisici attribuendo valori elevati sia per le Vs superficiali (mediamente attorno a 400 m/s), che per le Vs30 (comprese tra 530 e 740 m/s), tali da comportare l'attribuzione in prima istanza – e fatte salve più approfondite indagini locali - di tali terreni alla classe B dei suoli di fondazione, quella più elevata nell'ambito dei terreni non rocciosi.

16.4 2° Livello - Determinazione di Fa (Fattore di Amplificazione Sismica locale)

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e per quanto attiene alla pianificazione, si applica, per comuni inseriti in Zona Sismica 3, ai soli ambiti interferenti con l'edificato e/o edificabile.

Amplificazione litologica (Scenari Z4c)

Per il territorio comunale di Vigolo, in relazione ai possibili effetti di amplificazione litologica, si è fatto riferimento alle caratteristiche geotecniche/geofisiche dei terreni considerati, così come riportato nei paragrafi precedenti. La procedura operativa è illustrata nell'Allegato 5 dei "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. 12/2005.

La scheda litologica più opportuna è risultata essere la scheda per la litologia ghiaiosa. Il periodo proprio di sito è risultato pari a 0,235 s, pertanto:

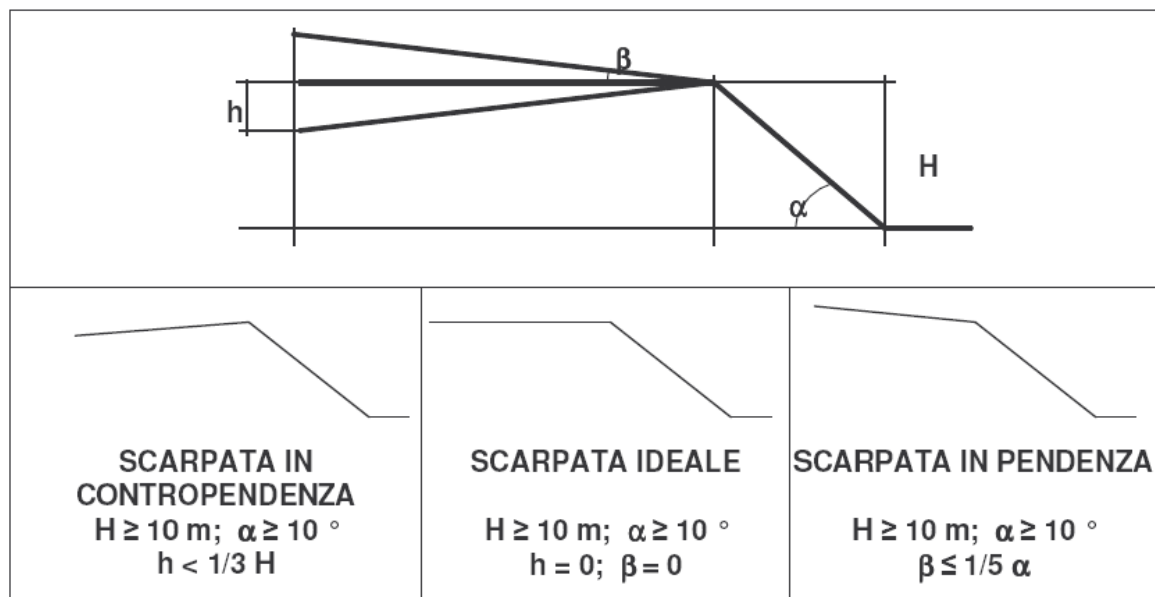
scheda tipo	validità	T sito	Fa 0,1-0,5 s sito	Fa 0,5-1,5 s sito
litologia ghiaiosa	SI	0,158	1,276	-----

Per il territorio comunale di Vigolo (Bg), per entrambi i periodi, i valori di Fa sono inferiori a Fa soglia definito per il territorio in esame e per il tipo di suolo considerato, pertanto la normativa è in linea di massima da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1).

Amplificazione topografica/morfologica (Scenario Z3a)

In relazione all'amplificazione topografica, nell'ambito comunale è stato individuato lo scenario PSL Z3a, che riguarda le zone di ciglio (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica). La procedura per questo scenario è illustrata nell'integrazione all'Allegato 5 dei "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. 12/2005", scaricabile dal portale web della Regione Lombardia. Secondo l'allegato, sono da considerarsi scarpate le morfologie che soddisfano i seguenti criteri: criteri geometrici:

- H (distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale) > 10 m;
- inclinazione del fronte principale) 10° ;
- l'estensione del fronte superiore (distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica) deve essere paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m e, se inclinato, deve rispondere ai seguenti requisiti:
 - scarpate in pendenza (pendenza concordante con quella del fronte principale);
 - l'inclinazione (β) del fronte superiore deve essere $\leq 1/5 \alpha$
 - scarpate in contropendenza (pendenza opposta a quello del fronte principale): il dislivello altimetrico minimo (h) deve essere $\leq 1/3H$.



Criteri litologici: attualmente il campo di validità della procedura è limitato a terreni di classe A (bedrock), identificati, secondo la definizione dell' O.P.C.M. n. 3274/03, sulla base dell'impronta sismica ($V_s > 800 \text{ km/s}$). Un'ulteriore limitazione della procedura deriva dal fatto che il suo campo di validità è limitato al periodo (T) 0,1 - 0,5 s, perché i risultati per l'intervallo 0,5 – 1,5 s appaiono eccessivamente influenzati dalla variabilità del moto di input e quindi non sufficientemente adatti a rappresentare in modo univoco la risposta sismica al sito. Nel territorio comunale gli elementi rispondenti, in prima approssimazione, ai criteri geometrici sono rappresentati dai versanti a monte dell'abitato di fondovalle.

Dal punto di vista litologico, le scarpate sono strutturate su litotipi carbonatici e su conglomerati fluviali, litologicamente assimilati al substrato roccioso.

La procedura comporta il confronto tra i valori di H e α ottenuti per le varie tipologie di scarpata con una tabella che riporta, per classi altimetriche e di inclinazione, il valore di F_a di sito e l'estensione della relativa area di influenza (A_i), che indica l'ampiezza del settore

in prossimità del ciglio di scarpata in cui si risente maggiormente dei fenomeni di amplificazione sismica, secondo la tabella sotto indicata.

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di Fa	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Con i dati geometrici delle scarpate considerate, desunti dalle cartografie ufficiali, si ottengono i seguenti risultati:

Settore	H (m)	a (°)	Fa di sito	Ai (area di influenza)
A	45	75	1,1	30
B	35	80	1,2	26
C	55	75	1,1	37

Infine, i valori Fa di sito vengono confrontati con il valore Fa soglia per terreni di classe A, fornito dal Politecnico di Milano. Per il comune di Vigolo il valore di soglia, in tutte le situazioni analizzate, risulta sempre Fa sito < Fa soglia; non si escludono naturalmente variazioni in situazioni più localizzate.

Per il territorio comunale di Vigolo (Bg), i valori di Fa di sito sono inferiori a Fa soglia definito per il territorio in esame e per il tipo di suolo considerato, pertanto la normativa è in linea di massima da considerarsi sufficiente a tenere in

considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1).

16.5 Norme Tecniche di Attuazione per la costruzioni sul territorio comunale di Vigolo - Carta della Fattibilità Geologica e riflessi sulla pianificazione territoriale

Per il territorio comunale di Vigolo, relativamente all'urbanizzato di fondovalle, il confronto tra i valori di Fa ottenuti dalla valutazione di 2° livello ed i valori di soglia, per gli scenari Z3a e z4, adottando quanto previsto dall'Allegato 5 dei "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. 12/2005" e delle relative integrazioni per gli effetti morfologici, ha consentito di verificare che: i valori di Fa di sito sono inferiori a Fa soglia definito per il territorio in esame e per il tipo di suolo considerato, pertanto la normativa è da considerarsi **in linea di massima sufficiente** a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1).

In fase di progettazione si dovranno adottare i riferimenti normativi previsti per la Zona sismica 3 e si dovranno prevedere gli approfondimenti sismici di 2° LIVELLO solo per gli ambiti Z3 e Z4 e solo per la realizzazione di edifici strategici e rilevanti così come individuati dal Decreto n. 19904 del 21 novembre 2003, al di fuori del centro abitato e delle perimetrazioni di cui alla carta di fattibilità geologica/sismica allegata.

Zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello Fase pianificatoria	2° livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
2- 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree inedificabili	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5

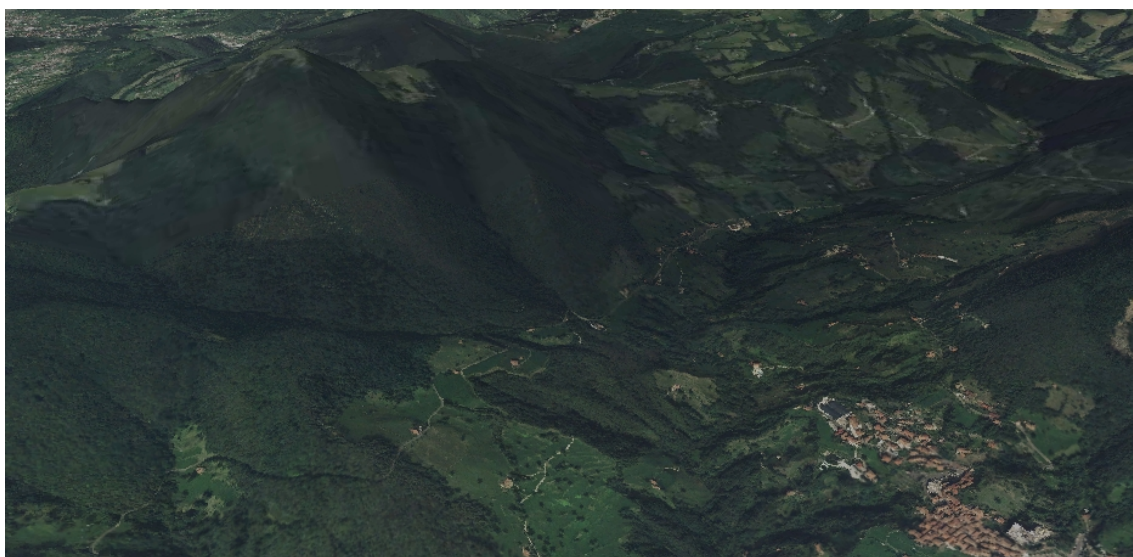
Si evidenzia che sulla base dei risultati emersi per la valutazione degli effetti di sito di amplificazione sismica per tutte le condizioni geologiche e geomorfologiche considerate ed estrapolabili all'urbanizzato di Vigolo (applicazione del 2 Livello) non sono emerse, da valutazioni comunque di larga massima, condizioni geologiche, strutturali e morfologiche che comportino un incremento del rischio sismico.

Si ritiene comunque che il **grado di attendibilità** delle valutazioni eseguite, sulla base dei dati geotecnici disponibili, sia **MEDIO**, secondo le indicazioni per la valutazione del grado di giudizio previste dalla normativa. Su tutto il territorio comunale, come previsto dalla suindicata normativa antisismica Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", si dovrà prevedere l'applicazione delle norme tecniche specifiche previste per la ZONA 3.

Ne consegue che in linea generale non sono necessarie ulteriori prescrizioni oltre quelle di legge; la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche possibili effetti di amplificazione litologica e morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla legislazione regionale e nazionale (Classe di pericolosità H1).

Costituiscono parte integrante del presente aggiornamento la Carta della Pericolosità Sismica Locale e la Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano, con la

sovrapposizione, con retino trasparente, della Pericolosità Sismica Locale. Si fa presente che tale sovrapposizione non comporta un cambio di classe di fattibilità (che rimane la stessa) ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal d.m. 14 settembre 2005.



17. CONCLUSIONI

Le analisi svolte sul territorio di Vigolo hanno consentito di giungere al risultato di dare una indicazione delle problematiche di ordine geologico utili anche alla pianificazione urbanistica del territorio stesso. Tale risultato, che trova il compendio nella tavola della fattibilità geologica per le azioni di piano, è stato possibile solo dopo aver preso atto dei fenomeni geologici e morfologici presenti sul territorio e dopo aver valutato la loro importanza e il loro peso nell'ambito della dinamica del territorio stesso. Si sono così delineate aree con una maggiore o minore potenzialità al dissesto e con una maggiore o minore propensione all'utilizzo da parte dell'uomo.

Accanto tuttavia alle situazioni "problematiche" in ordine agli aspetti geologici, che sono state ampiamente elencate nelle pagine precedenti, pare importante, in sede di conclusioni, sottolineare come il territorio di Vigolo abbia una rilevanza notevolissima e molti pregi anche e soprattutto per quanto riguarda gli aspetti geologici e morfologici. Gli elementi di pregio "naturalistico" dovrebbero concorrere a pari titolo rispetto a quelli di rischio o di degrado nell'ambito della pianificazione urbanistica.

Anche la stessa genericità contenuta nell'affermare che il territorio di Vigolo è di elevato valore paesaggistico-ambientale, assume nel nostro caso implicazioni importanti: il territorio di Vigolo si presenta, con significativi elementi di riflessione e di ammirazione per i suoi caratteri ambientali (di cui la morfologia è solo una parte), e scelte urbanistiche sbagliate possono rompere un equilibrio, che certo è uno degli elementi qualificanti del territorio comunale.

Tagliuno (Castelli Calepio), Dicembre 2005 - agg. Dicembre 2008

Dott. Geol. Fabio Plebani

Iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia al n. 884