

**Comune di Rogno (Bergamo)**

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL**

**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

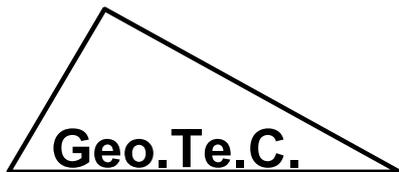
**AI SENSI DELLA D.G.R. 22 DICEMBRE 2005 - n.8/1566**

**IN ATTUAZIONE DELL'ART.57, COMMA 1, DELLA L.R. 11 MARZO 2005, n.12**

*RELAZIONE ILLUSTRATIVA*

*Febbraio 2008*

Dr. geol. Fabio Alberti



**Geo.Te.C.** - Geologia Tecnica Camuna  
Studio Associato - tel. /fax: 0364-533637  
Via Albera, 3 - Darfo Boario Terme (BS)  
E-mail: [info@geotec-studio.it](mailto:info@geotec-studio.it)

## **INDICE**

INDICE.....	1
PREMESSA.....	5
AGGIORNAMENTO FEBBRAIO 2008.....	7
STUDI ESISTENTI.....	9
FASE D'ANALISI (INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO).....	10
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	10
2. ASPETTI GEOLOGICI.....	10
2.1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'INSIEME.....	11
2.2 - SUBSTRATO ROCCIOSO.....	11
2.3 - DEPOSITI SUPERFICIALI.....	15
3. ASPETTI GEOMORFOLOGICI.....	19
3.1. QUADRO GEOMORFOLOGICO LOCALE.....	19
3.2. DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI.....	20
3.2.a - Carta geomorfologica di inquadramento (scala 1:10.000).....	20
3.2.a.1 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLA GRAVITA'.....	20
3.2.a.2 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI.....	24
3.2.a.3 - ELEMENTI IDROGEOLOGICI.....	26
3.2.a.4 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'ATTIVITA' GLACIALE E NIVALE.....	27
3.2.a.5 - FORME CARSICHE.....	28
3.2.a.6 - FORME DI ORIGINE COMPLESSA.....	29
3.2.a.7 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI ANTROPICI.....	29
4. ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO.....	32
5. ASPETTI METEO-CLIMATICI, IDROGEOLOGICI, Idrografici ed idrologici - CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA Idrografico.....	33
5.1 - ASPETTI METEO-CLIMATICI.....	33
5.2. - ASPETTI IDROGEOLOGICI GENERALI.....	34

5.3. – SISTEMA IDROGRAFICO .....	36
5.3.a. - Dinamica morfologica e tendenze evolutive generali.....	37
5.4. - ASPETTI IDROLOGICI .....	40
5.4.a. - Valutazione della portata di massima piena dei corsi d'acqua.....	40
5.4.b. - Valutazione della magnitudo.....	42
5.5. - CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO .....	42
Permeabilità del substrato roccioso .....	42
Permeabilità dei depositi superficiali .....	43
Sorgenti captate .....	44
Pozzo .....	44
Zone di tutela delle opere di captazione delle acque potabili .....	45
6. VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' MORFOLOGICA .....	47
6.1 - ANALISI DELLA PROPAGAZIONE DELLE COLATE LUNGO I CONOIDI.....	47
6.1.a. Pericolosità su base morfologica .....	48
6.1.b. - Metodo semi-empirico per la mappatura del deposito di materiale solido da colata detritica .....	48
6.1.c. - Classi di pericolosità nelle aree di conoide .....	50
6.1.d. - Condizioni di pericolosità nelle aree di conoide .....	51
6.1.e. - Vincoli e prescrizioni connessi al grado di pericolosità per le aree di conoide.....	59
6.2. ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GENERATA DA CROLLI IN ROCCIA.....	60
6.2.a. - Metodologia di analisi .....	60
6.2. b. - Descrizione delle aree .....	64
6.1.b.1. - Rogno .....	64
6.1.b.2. - Rogno-Bessimo.....	66
6.1.b.3. - Bessimo .....	66
6.1.b.4. - Rondinera .....	67
6.1.b.5. - Rogno-Rondinera.....	67
6.1.b.6. - Monti .....	68
6.3. VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA NELLE AREE COMPRESSE NELLA FASCIA C INDIVIDUATA DA UN LIMITE DI PROGETTO TRA LA FASCIA B E LA FASCIA C.....	68
7. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO .....	71
7.1 – NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	71
7.2 – RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	72
7.3. ANALISI DI PRIMO LIVELLO - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI PRIMO LIVELLO .....	74
7.4. ANALISI DI SECONO LIVELLO - AREA DEL POLO SCOLASTICO DI ROGNO .....	76
7.4.a. - Indagine geofisica per la determinazione delle velocità delle onde sismiche di taglio (Vs).....	76
7.4.b. Calcolo delle "Vs30" (velocità di taglio nell'ambito dei primi trenta metri di sottosuolo) e determinazione della categoria di suolo di fondazione secondo il DM 14/09/2005 .....	77

7.4.c. Valutazione del fattore di amplificazione sismica locale (Fa) .....	78
<i>FASE DI VALUTAZIONE (SINTESI DEGLI ELEMENTI)</i> .....	80
8. CARTA DEI VINCOLI .....	80
9. CARTA DI SINTESI .....	81
9.1. - AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI. ....	81
9.1.d. - Aree con pericolosità derivante da crolli di massi: .....	82
9.1.e. - Aree in erosione accelerata .....	83
9.1.f. - Aree di frana attiva.....	83
9.1.g. - Aree di frana quiescente.....	83
9.1.h. - Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse .....	84
9.1.i. - Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati .	84
9.1.l. - Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali.....	84
9.1.m. - Aree estrattive attive o dismesse .....	84
9.2. - AREE INTERESSATE DA TRASPORTO IN MASSA E FLUSSI DI DETRITO SU CONOIDE.....	85
9.3. - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO .....	86
9.3.b. - Aree di salvaguardia delle captazioni d'acqua ad uso potabile.....	86
9.3.c. - Aree interessate da carsismo profondo (doline e sorgenti carsiche).....	86
9.4. - AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	86
9.4.a. - Aree con riporti di materiale.....	86
9.5. - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO .....	87
9.5.c. - Aree potenzialmente soggette a fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa.....	88
<i>FASE PROPOSITIVA</i> .....	90
<i>FATTIBILITÀ' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO - NORME GEOLOGICHE DI PIANO</i> .....	90
10. CARTA DELLA FATTIBILITÀ' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO .....	90
10.1 - INDICAZIONI DI CARATTERE GENERALE.....	90
10.2.a - CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni.....	92
10.2.b - CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni. ....	92
10.2.b.1. - Sottoclasse 2t - Aree a bassa pericolosità che possono essere interessate fenomeni di esondazione e trasporto in massa lungo i conoidi alluvionali.....	93
10.2.b.2. - Sottoclasse 2q - Aree caratterizzate da pendenze da medie a basse, potenzialmente interessate da fenomeni di instabilità. ....	94
10.2.b.3. - Sottoclasse 2u - Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta di blocchi (zone di accumulo a bassa pericolosità).....	94

10.2.c - CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni. ....	96
10.2.c.1. - Sottoclasse B - Aree comprese entro la Fascia Fluviale B del P.A.I. ....	97
10.2.c.2. - Sottoclassi g, n, d, e, f, y - Aree potenzialmente alluvionabili da parte del fiume Oglio situate principalmente entro la Fascia Fluviale C del P.A.I., individuata da un limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C. ....	98
10.2.c.3. - Sottoclasse C - Aree comprese entro la fascia Fluviale C del PAI. ....	99
10.2.c.4. - Sottoclasse z - Aree a pericolosità media che possono essere interessate da fenomeni di esondazione e trasporto in massa lungo i conoidi alluvionali. ....	100
10.2.c.5. - Sottoclassi 3 p, $\alpha$ - Aree con pendenze elevate a prevalenza di depositi superficiali con possibilità di innesco di locali fenomeni di degradazione (sottoclasse p) e/o aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati con presenza di locali fenomeni di degradazione (sottoclasse $\alpha$ ). ....	102
10.2.c.6. - Sottoclassi 3h e 3 $\beta$ - Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta di blocchi (zona di accumulo a media pericolosità)- Sottoclasse 3h - e aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata area di influenza (zona di accumulo a media pericolosità) - Sottoclasse 3 $\beta$ . ....	102
10.2.c.7. - Sottoclasse 3 $\lambda$ - Aree estrattive attive o dismesse. ....	103
10.2.c.8. - Sottoclasse 3 $\gamma$ - Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse. ....	103
10.2.c.9. - Sottoclassi r, i - Aree con presenza di riporti di materiale di origine antropica o di terreni aventi caratteristiche geotecniche scadenti. ....	104
10.2.c.10. - Sottoclassi l,k - Aree con caratteristiche geotecniche scadenti per presenza di gesso o anidrite in affioramento (l) o nel sottosuolo (k). ....	105
10.2.d - CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni. ....	106
10.2.e - Aree senza valutazione della fattibilità specifica, ma soggette a normative riguardanti aspetti geologici .....	107
11. CARTA DEI RISCHI IDRAULICI E IDROGEOLOGICI. ....	108
11.1 - Normativa di riferimento per le aree in dissesto individuate nell'atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici del PAI. ....	108
12. - BIBLIOGRAFIA. ....	113

## PREMESSA

Il presente studio è stato redatto su incarico dell'Amministrazione Comunale di Rogno ed è stato finalizzato all'esame degli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici del territorio comunale ed alla definizione della fattibilità geologica per la pianificazione urbanistica.

Lo studio è stato redatto in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. n. 8/1566 del 22/12/2005 - *Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologia, idrogeologica e sismica del piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005 n. 12* -.

Dall'elenco dei comuni contenuto nell'allegato 13 alla d.g.r. n. 8/1566 risulta che il Comune di Rogno non ha ancora avviato l'iter relativo all'art. 18 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Il comune di Rogno non dispone in effetti di uno studio geologico completo, ma solo di studi parziali relativi a varianti non generali del PRG ed a singole situazioni localizzate.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, secondo l'OPCM n. 3274 del 20/3/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" (G.U. n° 105 del 8/05/2003, suppl. ord. n. 72), in vigore contestualmente al d.m. 14/09/2005, il territorio del Comune di Rogno ricade in zona sismica 4.

In accordo con le normative di riferimento lo studio è stato sviluppato secondo le seguenti fasi:

- Fase d'analisi. In questa fase sono state effettuate una raccolta dei dati esistenti (geologici, morfologici, idrogeologici, idrografici ed ambientali) ed una serie di osservazioni di campagna finalizzate alla definizione degli aspetti complessivi del territorio. La fase d'analisi ha portato alla stesura delle cartografie d'inquadramento e di dettaglio. Nella fase in esame sono state prodotte le seguenti cartografie:

- |                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| - Tavola 1         | Carta geologica - scala 1:10.000  | } Estese a tutto il territorio comunale        |
| - Tavola 2         | Carta geomorfologica di inquadramento - scala 1:10.000  |  |
| - Tavola 3         | Carta idrogeologica e del sistema idrografico - scala 1:10.000  |  |
| - Tavola 4         | Carta della pericolosità sismica locale (analisi di 1° livello) - scala 1:10.000                      |  |
| - Tavole 5a<br>e5b | Carta della dinamica geomorfologica di dettaglio con elementi litologici e geotecnici - scala 1:2.000 | Per le sole aree interessate da urbanizzazione |

- Fase di sintesi/valutazione. In questa fase sono stati esaminati ed incrociati gli elementi desunti dalla fase precedente, individuando le situazioni di pericolosità geologica-geotecnica e morfologica e la vulnerabilità idraulica e idrogeologica, con le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative di contenuto prettamente geologico in vigore; questa fase ha portato alla predisposizione della seguente cartografia:

- |                  |                                    |  |
|------------------|------------------------------------|--|
| - Tavola 6       | Carta dei vincoli – scala 1:10.000 | Estese a tutto il territorio comunale          |
| - Tavola 7       | Carta di sintesi - scala 1:10.000  |  |
| - Tavole 8a e 8b | Carta di sintesi - scala 1:2.000   | Per le sole aree interessate da urbanizzazione |

- Fase di proposta. In questa fase è stata condotta la valutazione critica delle condizioni di pericolosità dei fenomeni rilevati, dei conseguenti scenari di rischio e delle componenti geologico-ambientali con la predisposizione della seguente cartografia:

- |                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| - Tavola 9         | Carta di fattibilità del le azioni di piano - scala 1:10.000                | Estesa a tutto il territorio comunale          |
| - Tavole 10a e 10b | Carta di fattibilità del le azioni di piano - scala 1:2.000                 | Per le sole aree interessate da urbanizzazione |
| Tavola 11          | Carta del dissesto con legenda uniformata alla legenda PAI - scala 1:10.000 | Estesa a tutto il territorio comunale          |

## AGGIORNAMENTO FEBBRAIO 2008

Il presente studio è stato aggiornato nel febbraio 2008 in riferimento alle modificazioni introdotte in seguito all'accoglimento delle osservazioni presentate nella fase finale relativa al procedimento di adozione del Piano di Governo del Territorio e approvate dal Consiglio Comunale di Rogno con deliberazione n. 5 del 30/01/2008.

Le modificazioni introdotte sono relative alle osservazioni presentate dallo scrivente in riferimento ad alcuni errori relativi alla compilazione della cartografia.

In particolare un esame di dettaglio della Carta di Fattibilità aveva messo in evidenza la presenza di alcune incongruenze tra Carta della Fattibilità e Carta di Sintesi e tra Carta della Fattibilità alla scala 1:2.000 e Carta della Fattibilità alla scala 1:10.000.

Le incongruenze rilevate riguardavano due zone, la prima situata al limite est dell'abitato di Rogno e la seconda a monte di Castelfranco. Le incongruenze sono dovute a meri errori di trasposizione degli elementi da una carta all'altra e si è pertanto proceduto ad una correzione delle incongruenze.

- 1) Sulla carta di fattibilità alla scala 1:2.000 e 1:10.000 non è stata riportata l'indicazione relativa a falda poco profonda ed a terreni a caratteristiche geotecniche mediocri presente nella carta di sintesi per una piccola area posta a cavallo di via Nazionale alla periferia est di Rogno: l'area era stata pertanto assegnata erroneamente alla classe di fattibilità 1 invece che alla classe di fattibilità 2vm. E' stata quindi corretta l'assegnazione della classe su entrambe le carte di fattibilità come si osserva nei seguenti estratti.

Carta di fattibilità scala 1:10.000 - Tavola 9

dicembre 2006

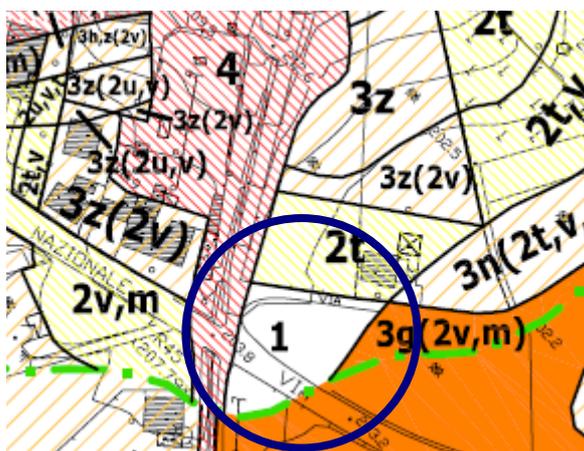


aggiornamento

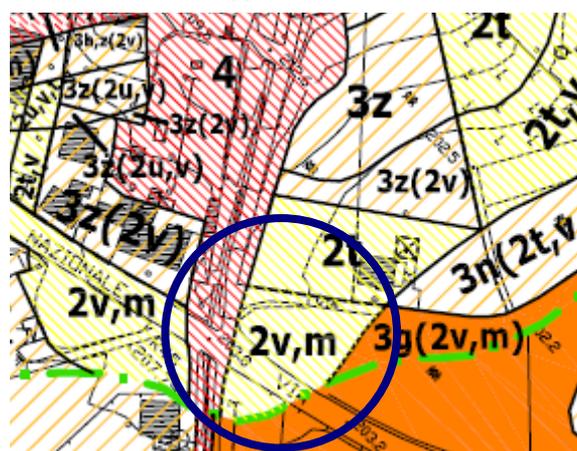


Carta di fattibilità scala 1:10.000 - Tavola 10

dicembre 2006

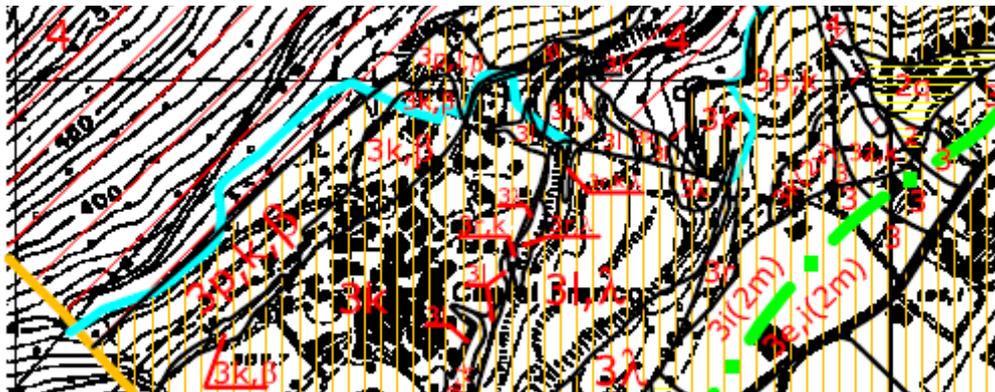


aggiornamento

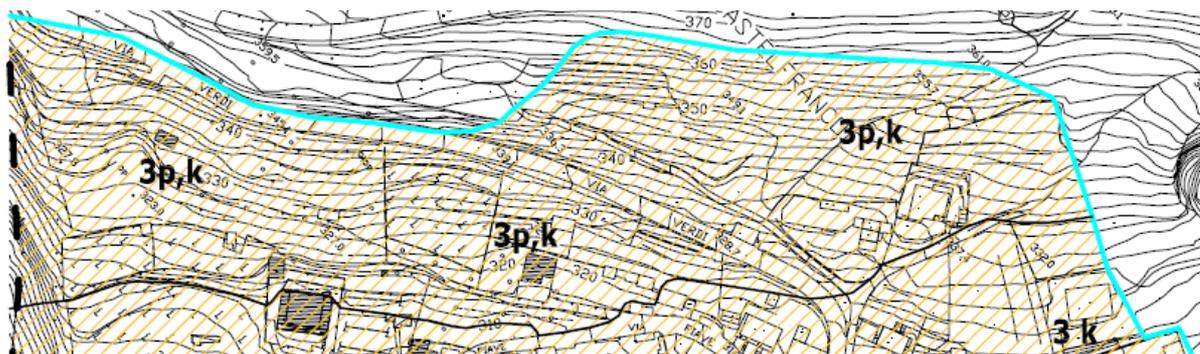


- 2) Sulla carta di fattibilità alla scala 1:2.000 non sono stati riportati erroneamente i limiti relativi ai fenomeni di caduta massi definiti e presenti sulla carta alla 1:10.000, dove è rappresentato il versante nella sua interezza, relativamente ad una zona posta a monte dell'abitato di Castelfranco. E' stata quindi corretta la carta di fattibilità alla scala 1:2.000 con la trasposizione dei limiti e l'attribuzione delle classi rappresentati nella carta di fattibilità alla scala 1:10.000, come si osserva nei seguenti estratti.

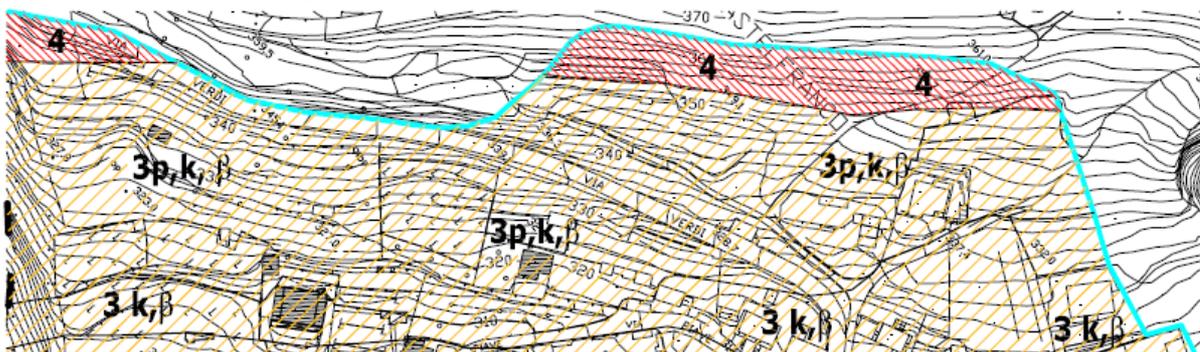
Carta di fattibilità alla scala 1:10.000 - Tavola 9 - dicembre 2006.



Carta di fattibilità alla scala 1:2.000 - Tavola 10 - dicembre 2006.



Carta di fattibilità alla scala 1:2.000 - Tavola 10 - aggiornamento.



L'integrazione del febbraio 2008 ha portato pertanto alla modifica dei seguenti elaborati.

- *Relazione illustrativa*
- *Tavola 9*                      *Carta di fattibilità delle azioni di piano - scala 1:10.000*
- *Tavole 10a e 10b*            *Carta di fattibilità delle azioni di piano - scala 1:2.000*

## STUDI ESISTENTI

Nella redazione del presente si è tenuto conto dei dati, studi e indagini esistenti sulle aree in esame, sia quelli di carattere generale sia quelli di dettaglio.

In particolare, per quanto riguarda gli studi di carattere generale è stato consultato :

- *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti (Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter).* - *Tavole Di Delimitazione Delle Fasce Fluviali*, Autorità di Bacino del fiume Po, Parma, 2001 - individua le fasce di potenziale esondazione del fiume Oglio.

Per quanto riguarda gli studi di dettaglio sono stati consultati:

- *Indagine geologica di supporto alla redazione delle varianti al PRG* - Geo.Te.C. Studio Associato - dicembre 1999 - prende in esame le condizioni della fattibilità geologica delle aree di variante al PRG di Rogno, seguendo le indicazioni espresse in "criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica della pianificazione comunale, secondo quanto disposto dall'art. 3 della L.R. 24/11/1997 n. 41" (D.G.R. 6 agosto 1998, n. 6/37918).
- *Integrazione all'indagine geologica di supporto alla redazione delle varianti al PRG del dicembre 1999* - Geo.Te.C. Studio Associato - settembre 2000 - integra l'indagine precedente estendendo lo studio ad aree inizialmente non comprese.
- *Perimetrazione delle aree a rischio idraulico lungo il conoide della Valle dell'Orso* - Geo.Te.C. Studio Associato - gennaio 2001 - perimetrazione condotta in riferimento alle procedure contenute in "*Perimetrazione e zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei "siti a rischio" in adempimento alla legge 267/98*",
- *Valutazione delle condizioni di pericolosità idraulica delle aree del territorio comunale comprese nella fascia C individuata da un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C* - Geo.Te.C. Studio Associato e Studio Tecnico Associato ing. Bertoni e geom. Mattioli - aprile 2002 - studio relativo alle condizioni di pericolosità delle zone di esondazione poste in destra idrografica del fiume Oglio condotto in riferimento alla d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365.

## **FASE D'ANALISI (INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO)**

---

### **1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Il territorio del comune di Rogno si sviluppa nella bassa Val Camonica, comprendendo il settore della piana di fondovalle situata sulla sponda idrografica destra del fiume Oglio ed estendendosi fino alla sommità del versante destro della valle. Il comune è costituito dal capoluogo, situato in corrispondenza del conoide alluvionale del torrente Valle dell'Orso, dalle frazioni di Bessimo e Rondinera, situate nella zona di fondovalle, e dalle frazioni di Castelfranco, S. Vigilio e Monti, situate sul versante.

Il territorio comunale è compreso nelle Sezioni *D4a3*, *D4a4*, *D4b3* e *D4b4* della Cartografia Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, utilizzata per la cartografia di inquadramento.

### **2. ASPETTI GEOLOGICI**

Nella fase d'analisi sono state redatte la *Carta geologica di inquadramento* (Tavola 1 - scala 1:10.000) estesa a tutto il territorio comunale e la *Carta della dinamica geomorfologica di dettaglio con elementi litologici e geotecnici* (Tavola 5 - scala 1:2000) per i soli ambiti territoriali interessati dall'urbanizzazione. In questi allegati, in riferimento alle scale adottate, sono rappresentate le litologie lapidee che costituiscono il substrato roccioso, affioranti e subaffioranti, e la coltre dei depositi superficiali. Le litologie del substrato roccioso sono state distinte adottando le unità formazionali individuate nella carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e nella carta geologica della provincia di Bergamo, mentre per quanto riguarda i depositi superficiali sono stati rappresentati solo i lembi caratterizzati da estensione e potenza significativi alla scala della carta, distinguendolo tra loro in ragione delle genesi e dell'età.

Nella cartografia è inoltre rappresentato l'assetto strutturale fondamentale del settore in esame.

Per quanto riguarda gli aspetti litologici, la legenda di queste carte è stata strutturata operando una prima separazione tra i materiali, distinguendo le litologie sciolte dalle litologie lapidee. I *terreni* (litologie sciolte) sono dei materiali i cui costituenti, individui cristallini o clasti di varia origine, composizione e dimensione, non sono legati tra loro o lo sono, ma da forze coesive relativamente deboli. Le rocce (litologie lapidee) sono invece dei materiali i cui costituenti sono tenuti uniti da forze coesive tali da conferire all'insieme una compattezza apprezzabile. Alle unità della classe delle litologie sciolte corrispondono generalmente i depositi superficiali mentre alla classe delle litologie lapidee appartengono soprattutto i materiali costituenti il substrato. All'interno di queste due classi i vari materiali sono stati distinti tra loro in base ai caratteri di composizione, tessitura e struttura, espressi anche mediante connotazioni di tipo genetico, nei casi in cui esiste una diretta relazione tra genesi e litologia, come spesso accade per i depositi superficiali.

## **2.1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'INSIEME**

Dal un punto di vista litologico il versante destro della bassa Val Camonica è costituito dalle unità della copertura sedimentaria sudalpina di età compresa tra il permiano ed il triassico. Queste formazioni costituiscono una monoclinale disposta a reggipoggio rispetto al versante, con immersione rivolta verso nord-ovest ed inclinazione variabile da 30° a 40°.

La serie stratigrafica è interessata da numerose faglie e fratture, soprattutto subverticali e disposte con direzione perpendicolare a quella del versante. Il lineamento principale è rappresentato da una faglia a carattere trascorrente disposta in corrispondenza di una linea di impluvio che decorre tra le frazioni di S. Vigilio e Rondinera nella parte inferiore del versante mentre nella parte superiore decorre all'incirca lungo l'asse della Valle dell'Orso. A nord-est della faglia, nella parte inferiore e media del versante affiorano le formazioni clastiche e vulcaniche del Permiano, mentre nella parte superiore affiorano le unità prevalentemente carbonatiche del Trias. A sud-ovest della faglia affiorano solo le unità triassiche, con alla base, al piede del versante, i gessi della formazione della Carniola di Bovegno.

Il substrato roccioso appare localmente coperto da coltri di depositi superficiali di spessore variabile rappresentati soprattutto da depositi detritici di versante e secondariamente da depositi glaciali ed eluvio-colluviali.

La zona di fondovalle è occupata dai depositi alluvionali del fiume Oglio. Al raccordo tra il versante e la piana di fondovalle si trova una fascia costituita dalla falda di detrito di versante posta alla base delle pareti rocciose e dai conoidi alluvionali posti allo sbocco dei principali corsi d'acqua laterali.

## **2.2 - SUBSTRATO ROCCIOSO**

La descrizione delle caratteristiche litologiche delle unità del substrato roccioso è fatta seguendo l'ordine di età, dalle formazioni clastiche e vulcaniche più antiche, attribuibili al Permiano, a quelle più recenti, prevalentemente carbonatiche, del Triassico inferiore e medio.

### *Conglomerato di Dosso dei Galli*

E' la formazione più antica affiorante entro il territorio comunale. Essa è rappresentata da prevalenti siltiti micacee di colore rosso cupo, caratterizzate dalla presenza di strutture tubolari (bioturbazioni), e subordinate arenarie a clasti di quarzo, di rocce metamorfiche e vulcaniche. Subordinatamente compaiono anche intercalazioni di conglomerati grossolani. La stratificazione è generalmente indistinta o a grossi banchi. Questa formazione affiora alla base del versante solo nella zona dell'abitato di Rogno.

### *Vulcaniti di Auccia*

Questa formazione è costituita da rioliti ignimbriche rappresentate in prevalenza da porfidi quarziferi di colore

rosso-viola con evidenti fenocristalli di oligoclasio, quarzo e biotite. La stratificazione è indistinta o a grossi banchi. Queste rocce affiorano alla base del versante nella zona di Bessimo e a ridosso dell'abitato di Rondinera. (Permiano inferiore).

#### Verrucano Lombardo

E' la formazione maggiormente rappresentata nell'area e costituisce buona parte del versante destro della bassa Val Camonica nel tratto posto a nord della faglia di S. Vigilio. E' costituita da un'alternanza di arenarie quarzoso-feldspatiche, di colore rosso, e di conglomerati medio-grossolani a cemento siliceo e a matrice sericitica, con clasti di origine vulcanica e subordinatamente metamorfica. Localmente compaiono intercalazioni di siltiti micacee di colore rosso più intenso. Questi litotipi sono disposti in grossi banchi, a volte poco distinti, generalmente di forma lenticolare, all'interno dei quali si osservano spesso delle gradazioni granulometriche, con ripetuti passaggi da conglomerati ad arenarie; sempre all'interno dei banchi si possono osservare strutture da corrente come superfici erosionali che delimitano tasche di erosione, spesso riempite da materiale più grossolano, e laminazioni incrociate a piccola e grande scala. (Permiano superiore).

#### Servino

La formazione del Servino affiora nella parte intermedia del versante destro della Val Camonica a nord della faglia di S. Vigilio, nella fascia dei terrazzi morfologici di Monti e S. Vigilio; piccoli lembi sono presenti anche lungo il piano della faglia Rondinera-S. Vigilio. L'unità è costituita soprattutto da siltiti di colore rosso o verde in strati sottili o fittamente laminate, talora risaldate in banchi, alle quali si accompagnano calcari marnosi e marne calcaree di colore grigio-giallastro disposte in strati sottili e, alla base della formazione, calcareniti di colore rosso e verde in strati medi. (Scitico inferiore).

#### Carniola di Bovegno

La Carniola di Bovegno affiora sia alla base del versante, nell'area compresa tra Castelfranco e Rondinera, sia nella parte intermedia subito a monte della fascia dei terrazzi di Monti e S. Vigilio. Si tratta di un'unità costituita da rocce formatesi nella zona interna di una piattaforma carbonatica in cui si sono raggiunte anche condizioni di forte evaporazione. Alla base del versante la formazione è rappresentata da gessi a grana fine, talora saccaroidi, di colore bianco, localmente passante al grigio chiaro, disposti in strati di spessore medio o medio-sottile; agli orizzonti gessosi si intercalano talora dei livelli di gesso semiidrato e, subordinatamente, dei livelli di anidrite a grana fine e solo raramente compaiono anche sottili intercalazioni di siltiti di colore verde o rossastro. Gli affioramenti della Carniola posti a ridosso del piano di faglia che delimita ad ovest gli affioramenti del Verrucano Lombardo sono invece rappresentati da dolomie cariate, carniolate e brecce tettoniche, vacuolari e molto alterate, di colore giallastro. Nei pressi di S.Vigilio la Carniola è invece costituita da calcari marnosi, di colore grigio nocciola o giallastro, in strati medi o sottili e da calcari dolomitici, talora gessosi, di colore grigio, localmente tettonizzati. La Carniola ha rappresentato un orizzonte di relativa debolezza nel corso della storia tettonica dell'area, assorbendone in modo molto evidente le deformazioni conseguenti. Per questo motivo la formazione appare sempre molto tettonizzata. Lo spessore della formazione varia in genere da 50 a 200 m, ma nella zona in esame lo spessore appare molto superiore e raggiunge circa i 400 m, in relazione alle intense deformazioni

subite che hanno determinato un ispessimento per accavallamento secondo pieghe rovesciate e spesso fagliate. I gessi della Carniola sono stati in passato e sono tuttora oggetto di coltivazione nelle cave di Castelfranco. (Scitico superiore).

#### Calcare di Angolo

Questa formazione affiora nella parte medio superiore del versante destro della Val Camonica nel tratto a nord-est della faglia di S. Vigilio, mentre si porta nella parte medio-inferiore a sud-ovest della faglia dove viene in parte sostituita dalla formazione del Calcare di Camorelli con la quale si trova in eteropia. La potenza di questa unità si aggira intorno a 800 m. I litotipi che costituiscono la litozona inferiore della formazione, posta a contatto con la Carniola, sono rappresentati da calcari, con subordinati calcari dolomitici, di colore grigio o grigio scuro, a stratificazione indistinta o in grossi banchi, localmente alternati a livelli a stratificazione sottile. La litozona superiore è invece rappresentata da calcari e calcari marnosi di colore grigio scuro o nero, a stratificazione molto sottile con sottili interstrati di marne e argilliti nere, spesso con superfici di stratificazione che presentano un aspetto molto ondulato, ed a volte rinsaldati in banchi. (Anisico medio-inferiore).

#### Calcare di Camorelli

La formazione del Calcare di Camorelli affiora nel settore intermedio del versante destro della Val Camonica a partire dalla valle dell'Orso verso sud, dove sostituisce in parte il Calcare di Angolo con il quale si trova in eteropia. L'unità è costituita da calcari e calcari dolomitici, di colore grigio chiaro o rosati, disposti in grossi banchi. La potenza di questa formazione nell'area in esame è di circa 400. (Anisico medio-inferiore).

#### Calcare di Prezzo

Il Calcare di Prezzo è rappresentato da un'alternanza di strati calcareo-marnosi neri, di spessore medio, e di livelli di pari spessore di marne e marne carboniose nere, sottilmente laminate. Nella parte inferiore della formazione le intercalazioni marnose possono diventare localmente prevalenti assumendo spessori di circa un metro. Questi litotipi sono spesso ricchi di fossili, rappresentati soprattutto da cefalopodi e lamellibranchi. La formazione si trova nel settore medio-superiore del versante destro della Val Camonica e, in ragione della litologia facilmente soggetta a disgregazione, costituisce spesso un debole ripiano morfologico e la roccia è spesso coperta da coltri di depositi superficiali. (Anisico superiore).

#### Calcare di Buchenstein

La formazione è costituita da calcari e calcari debolmente marnosi di colore grigio scuro o nero, in strati di spessore medio separati da sottili intercalazioni di marne argillose nere. All'interno degli strati calcarei compaiono dei noduli o, meno frequentemente, delle sottili liste di selce scura; a volte i noduli sono silicizzati solamente al bordo. Spesso la presenza dei noduli conferisce alle superfici di stratificazione un caratteristico aspetto budinato. In questo settore la formazione ha uno spessore relativamente piccolo, dell'ordine di 60 m. (Ladinico inferiore).

#### Formazione di Wengen

La formazione è costituita prevalentemente da marne e marne arenacee nere, stratificate in banchi con laminazione interna. Alle marne si intercalano argilliti marnose nerastre o arenarie grigio-verdi, talora tufacee, a

grana media, compatte, in straterelli isolati di 5-10 cm; più rare le intercalazioni di calcari marnosi stratificati. Caratteristica è la presenza, nei litotipi di questa unità, di noduletti di pirite, diffusi prevalentemente nelle marne, che sulla superficie alterata danno luogo a tipiche macchie color ruggine. La presenza di evidenze di fenomeni di scivolamento sinsedimentario e strutture torbiditiche indicano una sedimentazione avvenuta lungo la scarpata di raccordo tra fondo marino e linea di costa. (Ladinico superiore).

#### Calcare di Esino

La formazione affiora con continuità nella parte superiore del versante destro della Val Camonica, con maggiore evidenza morfologica sui versanti della Valle dell'Orso, ed è costituita da calcari e calcari dolomitici massicci di colore grigio da chiaro a scuro, talora rosato. Questi litotipi risultano abbondantemente fossiliferi con coralli, lamellibranchi e gasteropodi, ed al loro interno compaiono spesso pisoliti vadose, cavità riempite da cemento calcitico ed oncoliti. (Ladinico).

#### Calcare Metallifero Bergamasco

La formazione del Calcare Metallifero Bergamasco costituisce una sottile fascia alla sommità degli affioramenti dell'Esino. Essa è costituita da calcari e calcari dolomitici grigi, in strati di spessore medio, separati da sottili intercalazioni di marne argillose nerastre; all'interno degli orizzonti calcarei si possono osservare piccole plaghe di calcite bianca o di siderite. (Carnico inferiore).

#### Formazione di Gorno

Affiora nella parte superiore ed alla sommità del versante della Val Camonica ed è costituita da calcari e calcari marnosi di colore grigio scuro o nero, in strati medi o sottili, intercalati ad orizzonti, di analogo spessore, di marne nere sottilmente laminate o compatte, spesso fossilifere. Nella parte inferiore dell'unità compaiono a volte delle intercalazioni di arenarie o di calcareniti grigio-verdi o nere in strati di spessore medio. (Carnico medio-inferiore).

#### Arenarie di Val Sabbia

La formazione è costituita in prevalenza da arenarie a clasti vulcanici e calcareniti di colore grigio-verde, subordinatamente di colore rosso, organizzate in strati spessi o medi. Compaiono inoltre siltiti o marne arenacee di colore verde, spesso laminate. Questa formazione è eteropica alla Formazione di Gorno con la quale risulta fittamente interdigitata. (Carnico medio-inferiore).

#### Formazione di San Giovanni Bianco

Questa formazione è costituita da marne e dolomie marnose di colore grigio, in strati di spessore medio o sottile, e da siltiti ed argilliti sottilmente laminate di colore verde, verde-azzurro o rosso. Localmente sono presenti anche strati medi di calcari marnosi grigi o, verso l'alto, argilliti nere. Questi litotipi risultano spesso tettonizzati, fortemente fratturati o brecciati e a volte trasformati in carniole e breccie tettoniche giallastre in cui si notano cristalli di calcite e dolomite di neoformazione. In ragione della facile degradabilità l'unità, che affiora alla sommità del versante destro della Val Camonica, presenta uno scarso rilievo morfologico ed è spesso coperta da coltri di depositi superficiali. (Carnico superiore).

### **2.3 - DEPOSITI SUPERFICIALI**

Nell'ambito del territorio comunale il substrato roccioso è spesso coperto da coltri e lembi di depositi superficiali di potenza variabile. Le unità che costituiscono l'insieme dei depositi superficiali presenti nell'area sono state distinte tra loro in ragione delle caratteristiche genetiche dalle quali dipendono sostanzialmente la distribuzione, la geometria, la composizione granulometrica e lo stato di addensamento. Nella descrizione delle singole unità si è tenuto conto, per quanto possibile, di un criterio temporale a partire dall'unità più antica.

#### Deposito glaciale

Questa unità è rappresentata dai materiali legati all'attività deposizionale dei ghiacciai che hanno occupato il solco vallivo del fiume Oglio durante l'ultima glaciazione. I depositi glaciali sono diffusi soprattutto sui due versanti del solco della Valle dell'Orso, a quote comprese tra i 1000-1200 metri e i 700 metri circa, ed in corrispondenza dei principali terrazzi morfologici del versante destro della Val Camonica, nelle zone di Monti, S. Vigilio e Castelfranco. lembi minori sono diffusi in tutto il settore inferiore del versante.

Si tratta di un'unità definita esclusivamente sulla base di un criterio litologico che comprende tutti i till, subglaciali, proglaciali e sopraglaciali, presenti nell'area rilevata, indipendentemente dalla loro appartenenza ad un preciso episodio glaciale. Questi depositi sono caratterizzati da una forte eterogeneità granulometrica e litologica e sono costituiti in genere da diamicton, ovvero da sedimenti formati da blocchi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia, limo e argilla. Possono presentare supporto clastico o supporto di matrice ed i clasti sono in genere poco arrotondati. In riferimento alla classificazione ASTM possono essere classificati principalmente come GM, ovvero ghiaie prevalenti con matrice limosa apprezzabile. In relazione alla modalità della loro messa in posto, sotto la massa glaciale o lungo il suo bordo, possono essere caratterizzati o meno da un certo grado di consolidazione. I depositi con matrice abbondante, essendo caratterizzati da un elevato contenuto in limo e argilla, hanno una resistenza al taglio contraddistinta da un basso valore dell'angolo di attrito, molto sensibile al contenuto d'acqua.

Nella carta geologica alla scala 1:10.000 l'unità dei depositi glaciali, per motivi di scala, comprende anche i depositi fluvioglaciali e i lembi, presenti localmente, di depositi di contatto glaciale e glaciolacustri.

I depositi fluvioglaciali sono descritti separatamente nel prossimo paragrafo. I sedimenti di contatto glaciale sono costituiti da tutti i depositi formati a contatto con il ghiacciaio in posizione esterna ad essa e possono quindi essere costituiti da diverse facies intercalate in modo irregolare comprendendo sedimenti glaciali in senso stretto, ovvero diamicton, messi in posto direttamente o franati o colati rispetto alla posizione originaria, sedimenti detritici di versante o colluviali o, più frequentemente, sedimenti legati all'azione dell'acqua, di tipo alluvionale o di tipo lacustre.

Il comportamento geotecnico e la permeabilità di questi materiali variano fortemente in funzione della granulometria, della tessitura e dello stato di addensamento. Da un punto di vista generale, i depositi glaciali sono caratterizzati da permeabilità medio-bassa e discrete caratteristiche geotecniche.

#### Depositi fluvioglaciali

Questi depositi sono stati rappresentati separatamente solo alla scala 1:2.000 dove i lembi assumono dimensioni cartografabili. I depositi fluvioglaciali rappresentano i sedimenti connessi al rimaneggiamento dei materiali di

origine glaciale causato dall'azione di erosione, trasporto e deposizione operata dalle acque di fusione dei ghiacci, probabilmente in posizione laterale al ghiacciaio. Lembi di depositi fluvioglaciali di estensione significativa sono presenti principalmente nel settore inferiore del versante destro della Val Camonica nella zona di Rondinera. Piccoli lembi, anche intercalati ai depositi glaciali, sono relativamente diffusi soprattutto nel bacino della Valle dell'Orso.

I caratteri granulometrici e tessiturali dei depositi fluvioglaciali sono del tutto simili a quelli dei sedimenti alluvionali e sono rappresentati in genere da orizzonti di ghiaia, ghiaia e sabbia o sabbia (GW, GP, GM, SW, SP) all'interno dei quali si possono osservare le tipiche strutture sedimentarie da corrente come gradazioni, laminazioni parallele o incrociate, contatti erosionali e ciottoli embricati. Intercalati a questi orizzonti si osservano localmente anche dei livelli fini, con sabbia e sabbia limosa, e locali livelli di limi sabbiosi e limi debolmente argillosi (SM, ML). Questi depositi appaiono in genere da leggermente a fortemente addensati e localmente anche cementati. I depositi fluvioglaciali presenti nell'area in esame sono contraddistinti da un'alta permeabilità e da parametri geotecnici da buoni a discreti.

#### Deposito detritico di versante

I depositi detritici di versante sono dovuti principalmente all'azione della gravità e si originano dall'accumulo, alla base delle pareti rocciose, dei materiali derivanti dal distacco di volumi di roccia causato dalla degradazione operata dai vari agenti esogeni. Questi accumuli sono rappresentati da sedimenti sciolti, a supporto clastico o, meno frequentemente, a supporto di matrice, costituiti da clasti a spigoli vivi con una percentuale variabile di matrice. Le dimensioni dei clasti sono molto variabili, dai blocchi alla ghiaia (GM, GW), e nell'ambito di uno stesso accumulo, in riferimento all'area di alimentazione, aumentano dalla zona prossimale alla zona distale; da un punto di vista granulometrico, secondo la classificazione ASTM, possono essere classificate in genere come GM e GW ovvero ghiaie prevalenti con matrice limosa apprezzabile e ghiaie ben gradate, ovvero con dimensioni dei clasti piuttosto variabili. Sono in genere organizzati in coni o falde a seconda che la zona di alimentazione sia concentrata o estesa lungo un fronte più o meno ampio.

I depositi detritici di versante sono diffusi in tutto il territorio comunale a causa della presenza di numerose pareti rocciose soggette, attualmente o nel passato, a fenomeni di crollo. Gli accumuli detritici più consistenti si trovano alla base del versante destro della Val Camonica, dove costituiscono una fascia quasi continua sottostante alle pareti rocciose del Verrucano Lombardo, a nord-est di Rondinera, e del Calcare di Angolo e di Camorelli a sud-ovest. Altri accumuli detritici consistenti si trovano nel settore intermedio del versante destro della Val Camonica e nel tratto intermedio della Valle dell'Orso. Localmente compaiono orizzonti detritici cementati, con grado di cementazione variabile da basso ad elevato: la cementazione è dovuta alla deposizione per evaporazione da parte di acque ricche in carbonato di calcio in ragione della natura litologica prevalente delle rocce e di conseguenza dei clasti che costituiscono gli stessi depositi detritici. Spesso gli orizzonti cementati non si trovano in superficie, ma affiorano in corrispondenza di sezioni o scarpate di erosione, e rappresentano episodi di sedimentazione e cementazione relativamente antichi e legati a condizioni climatiche diverse dalle attuali.

I depositi detritici di versante sono contraddistinti in genere da un'alta permeabilità e da discrete caratteristiche geotecniche.

#### Depositi alluvionali recenti ed attuali

Le alluvioni attuali e recenti corrispondono rispettivamente ai depositi che formano l'alveo e la piana alluvionale dei corsi d'acqua. Si tratta pertanto di sedimenti clastici, legati essenzialmente all'azione trattiva della corrente, deposti lungo l'alveo al calare delle piene o all'esterno di esso durante le esondazioni. I clasti sono in genere ben arrotondati e la loro dimensione media dipende dalla velocità della corrente che li ha deposti. Questi sedimenti costituiscono l'intera piana alluvionale del Fiume Oglio, sino al raccordo con il versante; depositi alluvionali si trovano anche in corrispondenza dell'alveo della valle dell'Orso. In ragione delle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua si tratta in genere di depositi grossolani a clasti arrotondati: le alluvioni attuali del fiume Oglio sono costituite da sedimenti di canale con ciottoli con ghiaia e pochi massi e solo localmente, nelle zone riparate delle barre, si ritrovano delle sabbie, mentre nelle alluvioni attuali oltre ai sedimenti di canale si ritrovano livelli da esondazione costituiti da sabbie e sabbie limose. Relativamente alle classificazione ASTM si tratta principalmente di GP, ovvero ghiaie ben classate per i sedimenti di canale e di SP, SM, sabbie ben classate e sabbie con frazioni fini, per i sedimenti di piana. Localmente sono presenti anche livelli molto fini derivanti da decantazione in zone di ristagno d'acqua in seguito ad esondazione o per la presenza di situazioni di affioramento di acqua o ristagno nei tratti di piana posti a ridosso della base del versante: a situazioni simili sono legati i livelli di limo sabbioso e argilloso (ML secondo la classificazione ASTM) ed i livelli di torba (OH) e, soprattutto, sabbie limose ricche di sostanza organica e di legno non decomposto, ritrovati nel settore di piana posto a ridosso del versante subito ad ovest di Rondinera.

Lungo l'alveo del torrente della Valle dell'Orso, a seconda della pendenza del tratto, si trovano depositi da molto grossolani, con massi, massi e ciottoli, a grossolani con ciottoli e ghiaia.

In media i depositi alluvionali sono contraddistinti da una permeabilità elevata e da buone caratteristiche geotecniche salvo i livelli fini.

#### Depositi di conoide alluvionale

I conoidi alluvionali sono depositi dalla tipica forma a ventaglio che i corsi d'acqua formano quando incontrano, lungo il loro percorso, una sensibile diminuzione del gradiente topografico e subiscono una diminuzione della velocità e quindi della capacità di trasporto della corrente.

Nell'area in esame i conoidi alluvionali sono posti allo sbocco sulla piana di fondovalle del fiume Oglio dei corsi d'acqua che scorrono lungo il versante. Il conoide di maggiori dimensioni è posto allo sbocco del torrente della Valle dell'Orso, dove si trova l'abitato di Rogno. In ragione del regime del corso d'acqua questo conoide è costituito in prevalenza da depositi alluvionali con livelli grossolani di ghiaia prevalente; la granulometria diminuisce nella zona distale, dove prevale la sabbia. Livelli con frazione fine apprezzabile sono presenti anche nel settore apicale, per deposizione in seguito a fenomeni di trasporto in massa. L'impluvio soprastante Rondinera, l'impluvio della Val Gola e il Canale di Bessimo sono invece caratterizzati da corsi d'acqua a carattere esclusivamente temporaneo ed i rispettivi conoidi sono costituiti soprattutto da livelli con abbondante matrice fine, legati a fenomeni di trasporto in massa o ad episodi di colata conseguenti a periodi di precipitazioni piuttosto intense. L'orizzonte più corticale di questi depositi è caratterizzato da una matrice sabbiosa e limosa relativamente abbondante in cui sono immersi clasti di composizione prevalentemente carbonatica.

In ogni caso, si tratta di depositi con clasti generalmente arrotondati, le cui dimensioni diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale, in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente, passando da depositi costituiti da massi, ciottoli e ghiaia in zona apicale a depositi costituiti prevalentemente da ghiaia e sabbia in zona distale. Questi depositi sono spesso legati ad episodi di trasporto in massa, sotto forma di colata, oltre che all'azione trattiva della corrente. Gli orizzonti legati ai fenomeni di trasporto in massa sono generalmente costituiti da massi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia e limo (GM); la percentuale di matrice è variabile e, soprattutto nelle zone distali, può diventare prevalente rispetto ai clasti (GM, SM). Gli orizzonti dovuti ad un'azione trattiva della corrente sono invece a supporto clastico, costituiti in genere da massi, ciottoli e ghiaia (GP, SP).. Nelle scarpate di erosione si osservano localmente anche orizzonti caratterizzati da un certo grado di cementazione.

Nel complesso questi depositi sono caratterizzati da una permeabilità da media ad alta in funzione degli aspetti granulometrici e tessiturali; il comportamento geotecnico varia in genere da mediocre a discreto.

#### Deposito eluvio-colluviali

I depositi eluviali sono costituiti dai materiali derivanti dall'alterazione in posto del substrato roccioso operata dai vari agenti esogeni. I depositi colluviali derivano invece dal trasporto e dall'accumulo lungo i versanti, ad opera della gravità o per il dilavamento delle acque meteoriche, dei materiali eluviali. I depositi eluviali si ritrovano pertanto nelle zone a minore pendenza mentre quelli colluviali si ritrovano concentrati alla base dei tratti a maggiore acclività. Le caratteristiche granulometriche e tessiturali di questi depositi sono strettamente legate alla composizione dei litotipi originari. Si tratta in genere di sedimenti fini, a prevalente supporto di matrice, rappresentati da ghiaia e ciottoli immersi in abbondante matrice di sabbia, limo e argilla (GM, SM, ML). I clasti sono in genere a spigoli vivi.

Questi depositi sono relativamente diffusi entro il territorio comunale, organizzati in lembi sparsi lungo il versante destro della Val Camonica e presentano una maggiore estensione in corrispondenza delle aree sommitali costituendo una fascia relativamente continua dal Pian de La Palù fino al Monte Pora.

In ragione delle caratteristiche granulometriche, sono caratterizzati da una permeabilità bassa e da parametri geotecnici mediocri.

#### Materiale di riporto

Con questa voce sono stati rappresentati alcuni accumuli di materiale riportato artificialmente dall'uomo che per le loro dimensioni assumono una relativa importanza morfologica.

Si tratta in genere di materiali inerti di origine naturale derivanti da scavi e sbancamenti. Gli accumuli maggiori sono localizzati nei pressi delle cave di gesso di Castelfranco, dove sono costituiti principalmente dal terreno di copertura del gesso e dal suo orizzonte di alterazione.

Tali depositi sono contraddistinti in genere da un basso grado di addensamento e da una certa disomogeneità di composizione per cui i parametri geotecnici sono nel complesso da mediocri a scadenti.

### 3. ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Nella *Carta Geomorfologica di inquadramento*, redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale, e nella *Carta della dinamica geomorfologica di dettaglio con elementi litologici e geotecnici*, redatta alla scala 1:2000 solo per le aree urbanizzate, sono state rappresentate le forme fisiche del paesaggio intese come diretta manifestazione dei vari processi che coinvolgono la superficie terrestre. Le forme della superficie terrestre sono spesso dovute a processi legati al concorso ed alla sovrapposizione di diversi agenti morfologici la cui attività è determinata sia da fattori geologici, relativi alle condizioni litologiche e strutturali dei materiali coinvolti, sia da fattori climatici che possono accentuare di volta in volta l'importanza relativa di ciascun agente.

Le carte morfologiche sono state redatte principalmente sulla base di rilievi di campagna e sono stati consultati tutti gli altri studi di carattere geologico disponibili. In particolare, per quanto riguarda l'individuazione e la definizione dello stato di attività dei fenomeni franosi si è fatto riferimento anche alla Carta Inventario dei fenomeni franosi della Regione Lombardia.

Il criterio di base di ogni classificazione adottata è strettamente genetico e le forme sono state quindi distinte in funzione del principale agente morfologico che le ha generate.

Sono state quindi distinte forme legate principalmente all'azione della gravità, forme legate all'azione delle acque di dilavamento non incanalate e delle acque incanalate, alle quali sono dovute le forme fluviali, oppure legate all'attività delle acque in condizioni climatiche particolari, come le forme glaciali. Sono state inoltre distinte le forme antropiche, legate alle varie attività umane.

In riferimento alla dinamicità che caratterizza il modellamento della superficie terrestre i vari elementi morfologici relativi a ciascuna classe sono stati distinti tra loro anche in funzione dello stato di attività dei vari processi responsabili. Le forme individuate nel corso del rilievo di campagna sono state quindi distinte in tre categorie:

- a) *inattive*: forme e depositi legati a condizioni morfodinamiche e climatiche differenti da quelle attuali e quelli legati a processi che hanno portato a termine la loro evoluzione o che non possono più continuare ad evolversi;
- b) *quiescenti*: forme e depositi che, non avendo esaurito la propria evoluzione, possono riattivarsi, per i quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze di attività nell'attuale sistema morfoclimatico;
- c) *attive*: le forme ed i depositi legati a processi in atto o ricorrenti in tempi brevi.

#### 3.1. QUADRO GEOMORFOLOGICO LOCALE

Il territorio del comune di Rogno si trova nel tratto inferiore della Val Camonica e comprende una buona parte del fondovalle, tutto il settore in sponda destra ed una striscia in sponda sinistra del fiume Oglio, e l'intero versante destro, dalla base fino alla sommità.

L'assetto morfologico di questo territorio risulta definito e condizionato da tre fattori principali: le caratteristiche litologiche delle rocce affioranti, l'azione modellatrice esercitata in passato dal ghiacciaio e, successivamente al suo ritiro, la sovrapposizione alle forme glaciali dell'azione modellatrice delle acque superficiali, soprattutto per quanto riguarda il fondovalle.

Alle caratteristiche litologiche del substrato è direttamente connesso lo sviluppo del versante destro della valle, nel complesso relativamente ripido, ma con una pendenza relativamente uniforme e presenza di numerosi ripiani morfologici sia pur ristretti, nella zona di affioramento delle rocce clastiche del permiano, ovvero nella metà inferiore del versante lungo il tratto compreso tra Rondinera e Bessimo, mentre si hanno pareti più aspre ed intervallate da falde di detrito dove affiorano con continuità su tutto il versante le unità di natura prevalentemente carbonatica del triassico, ovvero da Rondinera verso il confine con Costa Volpino.

L'azione glaciale è evidente solamente con forme di erosione, principalmente nel profilo ampio del fondovalle e nel profilo ripido del versante destro. Le rocce clastiche presenti nella zona tra Rondinera e Bessimo hanno localmente conservato anche forme minori, soprattutto superfici arrotondate e levigate in corrispondenza dei ripiani definiti dalle testate di strato. L'approfondimento del solco della valle dell'Oglio ad opera del ghiacciaio ha inoltre lasciato sospeso le incisioni laterali della valle dell'Orso e della Val Gola.

Successivamente al ritiro dei ghiacci il ruolo di principale agente morfogenetico è stato assunto dalle acque superficiali che hanno determinato sia forme di deposito, principalmente con la formazione dell'attuale piana di fondovalle del fiume Oglio, sia forme di erosione lineare accentuata lungo i corsi d'acqua laterali con la formazione delle forre della valle dell'Orso e della val Gola.

### **3.2. DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI**

#### **3.2.a - Carta geomorfologica di inquadramento (scala 1:10.000)**

Nel presente paragrafo sono descritte singolarmente le voci utilizzate nella legenda della *Carta geomorfologica di inquadramento* alla scala 1:10.000 e viene fornita un'interpretazione dei processi morfogenetici principali in relazione alla dinamica dei diversi settori.

##### 3.2.a.1 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLA GRAVITA'

###### Trincea

L'esistenza di fenomeni franosi, in particolare di fenomeni profondi, è spesso evidenziata dalla presenza di trincee, depressioni allungate secondo la disposizione delle fratture di trazione che separano il corpo franoso rispetto alla parte di versante stabile o che separano i vari settori in cui è suddiviso un corpo di frana.

Trincee legate a fessure di trazione sono presenti sul versante destro del tratto superiore della valle dell'Orso, interessato da fenomeni gravitativi profondi, dove sono poste principalmente a monte delle scarpate principali.

Trincee relativamente ampie e continue sono presenti anche sul versante destro della Val Camonica, in corrispondenza delle pareti rocciose del Verrucano Lombardo, e mettono in evidenza l'esistenza di fenomeni di rilascio tensionale anche nel settore inferiore del versante, ai quali sono legati in parte gli episodi di distacco di blocchi rocciosi e che potrebbero dar luogo a fenomeni di caduta di grandi volumi rocciosi. Queste fessure di trazione sono legate al rilascio tensionale del versante successivo all'erosione glaciale ed al ritiro dei ghiacciai, con la compagine rocciosa che si è deformata in modo rigido, fratturandosi, in corrispondenza dei litotipi più

resistenti, conglomerati ed arenarie, mentre si è deformata in modo relativamente duttile in corrispondenza delle siltiti. Dal rilievo eseguito non è stato possibile valutare se il rilascio tensionale interessa solo il settore di versante attualmente esposto o se la deformazione ha inizialmente coinvolto il versante a partire da una quota inferiore a quella della piana di fondovalle attuale.

*Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana superficiale - corpo di frana*

I fenomeni franosi sono rappresentati dai movimenti di masse di terra o di roccia formanti un pendio che avvengono verso il basso e verso l'esterno del pendio stesso. L'orlo di scarpata di frana rappresenta l'estremo superiore della superficie creatasi entro il versante interessato da un fenomeno franoso, in seguito al movimento del materiale franato. La nicchia di frana rappresenta la superficie di distacco delle masse interessate dal fenomeno. Il corpo di frana rappresenta la parte di versante, roccia o terreno, interessata dal movimento.

Da questa voce della legenda sono state escluse le frane di piccole dimensioni, indicativamente con larghezza non superiore a 10 m, le frane da deformazione profonda in roccia e le zone interessate da frane di crollo, alle quali è sono state dedicate delle voci apposite. La voce comprende principalmente fenomeni franosi che interessano i depositi superficiali, con forme di scorrimento, soprattutto planare, e forme di colata. Data la netta prevalenza di versanti rocciosi sulle zone di versante con copertura di depositi superficiali, il numero di fenomeni franosi è relativamente contenuto e rappresentato principalmente da forme di piccole dimensioni, mentre non è stata rilevata la presenza, all'atto del rilievo, di fenomeni franosi attivi o quiescenti di dimensioni significative.

Il fenomeno franoso superficiale di maggiori dimensioni è rappresentato dalla forma di scorrimento e colata che ha interessato nel 1996 la linea di impluvio posta a monte di Rondinera, ora stabilizzata in seguito ad interventi di sistemazione.

*Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana profonda - corpo di frana*

Sul versante destro del tratto medio-superiore della valle dell'Orso e sul versante sinistro del tratto superiore della Val Gola è stata rilevata la presenza di fenomeni franosi che si estendono per buona parte dei versanti interessati e che coinvolgono anche in profondità il substrato roccioso. Si tratta di fenomeni di colata (o flusso o creep) in roccia, noti in letteratura anche come deformazioni gravitative profonde di versante, e sono legati ad un comportamento degli ammassi rocciosi di tipo viscoso con deformazione che comporta un movimento distribuito su più superfici di scorrimento in genere coincidenti con le linee di debolezza di tipo litologico o di tipo tettonico.

La presenza di questi fenomeni è legata all'evoluzione morfologica caratterizzata dalla rimozione di sostegno al piede causata dalla forte erosione lineare conseguente al ritiro dei ghiacciai ed è stata favorita dalla presenza di lineamenti tettonici ai quali sono associate fasce di ammasso roccioso cataclasate o milonitizzate che costituiscono degli elementi di relativa debolezza nell'ambito del substrato e dalla presenza di rocce a comportamento relativamente plastico e viscoso, ovvero che tendono a deformarsi senza arrivare a rotture di tipo rigido e che si deformano in modo prolungato nel tempo anche come conseguenza di una variazione istantanea dello stato tensionale, come sono i litotipi marnosi o siltitici presenti in alcune formazioni.

Tutti questi fenomeni franosi si sono sviluppati per riequilibrare lo stato tensionale dei versanti modificato in seguito alla rimozione di sostegno al piede operata dai ghiacciai, prima con l'escavazione e poi con il ritiro, e successivamente ad opera dei corsi d'acqua.

Le conoscenze attuali dei fenomeni presenti nel territorio di Rogno non consentono di fare ipotesi sicure sul loro grado di attività: nel corso del rilievo di campagna, al di là dell'evidenza morfologica complessiva, non sono stati individuati elementi morfologici che potessero evidenziarne l'attività e mancano notizie storiche. In cartografia sono stati rappresentati come fenomeni privi di evidenze di attività recente, ma è probabile che si tratti, come accade in genere, di fenomeni quiescenti caratterizzati da un'evoluzione lenta, o con movimenti relativamente continui oppure con un'alternanza di periodi di stasi, anche lunghi, e periodi relativamente brevi di attività.

I periodi di attività o comunque le variazioni della velocità di deformazione sono in relazione alle modificazioni dello stato tensionale che sono indotte da diverse cause:

- per l'evoluzione dei fenomeni franosi stessi e per l'attività dei fenomeni erosivi e franosi minori che portano ad una modificazione della geometria del versante;
- per le variazioni del grado di saturazione e del regime delle pressioni dell'acqua nei terreni e negli ammassi rocciosi;
- per le variazioni della resistenza al taglio di terreni e rocce, in particolare delle miloniti, connesse a fenomeni di alterazione e soprattutto a variazioni del contenuto d'acqua.

La dinamica di questi fenomeni è quindi generalmente condizionata dall'andamento delle precipitazioni e può subire delle accelerazioni o delle riattivazioni in occasione di periodi di forti precipitazioni.

A fenomeni di deformazione gravitativa profonda sono legati probabilmente anche le fratture da rilascio tensionale presenti nelle pareti rocciose poste alla base del versante destro della Val Camonica tra Bessimo e Rogno.

#### *Piccola frana non fedelmente cartografabile*

In questa voce sono state inserite le frane di piccole dimensioni, caratterizzate da nicchie di larghezza inferiore a 10 metri. Si tratta in genere di fenomeni superficiali, per scivolamento traslazionale o colata, impostatisi in corrispondenza di coltri eluviali o detritiche di versante in aree relativamente acclivi e spesso in presenza di piccole venute d'acqua. Sono presenti soprattutto sui tratti più acclivi dei fianchi del tratto superiore della valle dell'Orso.

#### *Parete rocciosa soggetta a fenomeni di crollo - crolli in roccia localizzati*

I fenomeni franosi inseriti in questa voce sono rappresentati dalle forme di crollo intese in senso lato come distacco di volumi di materiale dalle pareti rocciose. Si tratta quindi sia di fenomeni di crollo vero e proprio sia di fenomeni di ribaltamento o di scorrimento planare. Nella carta morfologica alla scala 1:10.000 sono state rappresentate nel complesso le pareti rocciose interessate dai fenomeni sia in forma diffusa sia in forma localizzata, mentre nella carta alla scala 1:2.000, dato il maggiore dettaglio, è stato messo un simbolo sui settori di parete interessati. Questi fenomeni interessano in modo episodico buona parte delle pareti rocciose presenti nel territorio comunale, soprattutto nella fascia posta alla base del versante destro della Val Camonica, dove interessano le pareti rocciose costituite dal Verrucano Lombardo e dove le zone di espansione dei blocchi in caduta raggiungono alcuni settori degli abitati. Nella parte superiore del versante e nella parte superiore della valle dell'Orso i fenomeni di crollo interessano principalmente le pareti rocciose del Calcere di Camorelli e del Calcere di Esino. Localmente il fenomeno interessa anche depositi detritici cementati.

#### Area interessata da reptazione e/o soliflusso

La reptazione, o creep, rappresenta dei movimenti lenti che, sotto l'azione della forza di gravità, coinvolgono le coltri di depositi superficiali presenti sui versanti. In particolare, la reptazione è un movimento dovuto all'assestamento delle singole particelle che costituiscono i depositi ed avviene molto lentamente, con spostamenti dell'ordine di pochi centimetri all'anno, e con velocità decrescenti dalla superficie verso le parti più interne del terreno. Le cause dell'assestamento delle singole particelle sono da ricercare nei cicli di gelo e disgelo, di umidificazione ed essiccazione, di dilatazione e contrazione termica, nell'azione delle radici dei vegetali oppure nell'azione degli animali che scavano il terreno. Può essere provocato anche dall'azione degli animali al pascolo. Questo fenomeno si manifesta con piccole scarpatine e decorticazioni del manto vegetale e può causare la crescita di alberi ricurvi. Fenomeni di reptazione sono relativamente diffusi nell'ambito del territorio comunale ed interessano soprattutto le coltri di origine eluviale o colluviale o le coltri di detrito di versante, meno frequentemente i depositi glaciali, in aree caratterizzate da una relativa acclività. Sono maggiormente evidenti nelle aree poste a quote più elevate dove è assente la copertura arborea, ma sono in genere molto diffuse anche nelle zone boscate delle quote medie. Il fenomeno è particolarmente sviluppato nella parte superiore dei ripidi versanti della valle dell'Orso.

Il soliflusso è un movimento relativamente più veloce, fino a qualche decimetro all'anno, legato allo scivolamento del terreno con una componente argillosa apprezzabile in seguito a saturazione; il fenomeno si può verificare anche per saturazione del terreno conseguente al disgelo e per questo è favorito alle quote elevate. Nel territorio comunale il soliflusso è localmente presente alla sommità della Valle dell'Orso, dove i depositi eluviali derivanti dall'alterazione del S. Giovanni Bianco hanno un contenuto significativo di argilla.

Sia il soliflusso sia il creep possono evolversi in forme di maggior intensità determinando l'innescarsi di processi erosivi o di frane superficiali e questo, a parità di altre condizioni, avviene più facilmente nelle zone dove l'assenza di copertura arborea determina una minore protezione rispetto all'azione erosiva della pioggia e del ruscellamento.

#### Falda detritica

Le falde di detrito rappresentano le forme di accumulo connesse all'azione della forza di gravità che provoca la caduta, alla base delle pareti rocciose, dei detriti derivanti dai processi di frammentazione fisica e chimica, connessi alla degradazione meteorica e all'azione dei vari agenti esogeni. Questi accumuli sono rappresentati da sedimenti sciolti, a supporto clastico o, meno frequentemente, a supporto di matrice, costituiti da clasti a spigoli vivi con una percentuale variabile di matrice. Le dimensioni dei clasti sono molto variabili, dai blocchi alla ghiaia, in funzione delle caratteristiche litologiche delle rocce costituenti le pareti rocciose, e nell'ambito di uno stesso accumulo, in riferimento all'area di alimentazione, aumentano dalla zona prossimale alla zona distale. Sono organizzati in coni o falde a seconda che la zona di alimentazione sia concentrata o estesa lungo un fronte più o meno ampio. Queste forme sono diffuse in tutto il territorio comunale e gli accumuli più consistenti sono presenti alla base del versante destro della Val Camonica, soprattutto al piede delle pareti rocciose del Calcare di Camorelli, dove si sviluppa la strada Castelfranco-San Vigilio, ed alla base delle pareti rocciose del Verrucano Lombardo, da Bessimo a Rondinera.

Quasi tutte le falde di detrito presenti nel territorio comunale sono da considerarsi quiescenti, alimentate anche solo in modo episodico da fenomeni di caduta di blocchi dalle pareti rocciose soprastanti. Dove i fenomeni di alimentazione sono più frequenti le falde sono solo parzialmente colonizzate dalla vegetazione, come si osserva nel settore superiore della falda posta a monte di Castelfranco e nella falda posta alla base del versante destro del tratto intermedio della Valle dell'Orso.

### 3.2.a.2 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

#### Orlo di scarpata di erosione torrentizia

Le scarpate di erosione torrentizia sono generate dall'attività erosionale dei corsi d'acqua, sia nel caso di erosione di fondo (connessa alla variazione del livello locale dell'erosione provocata dal ritiro dei ghiacciai, con abbassamento della quota dell'alveo e conseguente aumento dell'altezza e della pendenza delle sponde), sia nel caso di sola erosione laterale, legata alla migrazione delle sinuosità. Scarpate d'erosione laterale attiva o quiescente sono presenti sia lungo il corso del fiume Oglio, l'alveo del quale è impostato entro i depositi alluvionali del fondovalle, sia lungo i corsi d'acqua minori, principalmente lungo il torrente della Valle dell'Orso.

I fenomeni erosivi lungo il fiume Oglio sono legati all'assetto morfologico relativamente sinuoso nel complesso e con barre in alveo che comportano una maggiore sinuosità a scala minore e quindi alla conseguente tendenza alla divagazione con erosione laterale relativamente intensa soprattutto lungo le sponde esterne delle anse.

I fenomeni di erosione laterale lungo il torrente della Valle dell'Orso sono particolarmente accentuati nel tratto intermedio, dove l'alveo è impostato entro depositi glaciali e detritici di versante.

#### Orlo di forra rocciosa

Le forre sono incisioni vallive strette e molto approfondite che rappresentano delle forme lineari legate all'azione erosiva di fondo dei corsi d'acqua. Nel territorio comunale scorrono in forra i tratti inferiori dei torrenti della Valle dell'Orso e della Val Gola, il tratto superiore dei quali è rimasto sospeso in seguito al ritiro della lingua di ghiaccio che occupava il solco della Val Camonica.

In ragione delle caratteristiche litologiche delle rocce in cui sono impostate, nel calcari massicci del Calcare di Camorelli la Val Gola e nel Verrucano Lombardo la Valle dell'Orso, le forme presenti nell'area in esame sono fortemente incise e di notevole rilievo morfologico. Entrambe le forme sono da considerare come quiescenti, soggette alla continua erosione lineare dei corsi d'acqua che tuttavia, poichè interessa soprattutto il substrato roccioso, si manifesta in modo relativamente poco evidente.

#### Conoide alluvionale

I conoidi alluvionali rappresentano le forme deposizionali che i corsi d'acqua formano quando incontrano, lungo il loro percorso, una sensibile diminuzione del gradiente topografico che provoca una diminuzione della velocità e quindi della capacità di trasporto della corrente. Questa situazione si verifica soprattutto alla base dei versanti vallivi alla confluenza dei corsi d'acqua laterali. I conoidi presentano una tipica forma a ventaglio e le dimensioni del materiale deposto diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale, in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente. Lungo i conoidi la posizione dell'alveo dei corsi d'acqua può essere

relativamente instabile perchè il materiale deposto in corrispondenza dell'apice durante una piena può provocare una diversione del corso d'acqua all'arrivo della piena successiva.

Un conoide alluvionale relativamente ampio si trova allo sbocco sul fondovalle del torrente della Valle dell'Orso; conoidi minori sono presenti allo sbocco della Val Canale a Bessimo, della valle di Rondinera, della Val Gola e di due piccoli impluvi nel tratto compreso tra Rogno e Bessimo.

Solo nei conoidi del torrente della Valle dell'Orso e della Val Canale l'alveo si trova relativamente inciso nel settore apicale mentre per gli altri settori e gli altri conoidi l'alveo è in genere poco inciso; nel settore intermedio del conoide della Valle dell'Orso e del conoide dell'impluvio posto a est di Rogno l'alveo è inoltre pensile.

In tutti i casi si tratta di forme quiescenti, potenzialmente soggette ad episodi di alimentazione in concomitanza delle piene maggiori che, a seconda dei casi, possono coinvolgere buona parte area del conoide oppure un solo settore di esso.

Altri conoidi alluvionali quiescenti, non direttamente compresi entro il territorio comunale di Rogno, ma che possono interessare aree del territorio comunale in occasione di fenomeni di esondazione, si trovano sulla sponda idrografica sinistra del fiume Oglio, allo sbocco dei torrenti Re di Artogne, Val Roncaglia e Re di Gratacasolo. Le condizioni di pericolosità dei vari conoidi sono descritte in dettaglio nel paragrafo relativo.

#### Area interessata da ruscellamento diffuso

Forme erosive dovute allo scorrimento superficiale delle acque meteoriche non incanalate, che determina l'asportazione delle particelle di terreno e la rimozione della copertura vegetale in aree contraddistinte da una relativa acclività e da una copertura di depositi superficiali sciolti o poco coerenti. Queste forme sono presenti soprattutto in aree altimetricamente elevate dove sono favorite dalla presenza di terreni fini eluviali e dalle condizioni climatiche, come ad esempio nelle zone del Pian della Palù e del Pian del Termen. In alcuni casi le forme di ruscellamento si sono sviluppate come evoluzione di manifestazioni meno accentuate legate a fenomeni di creep o di soliflusso.

#### Solco di ruscellamento concentrato

I solchi d'erosione, o solchi di ruscellamento, sono fenomeni erosivi legati all'azione delle acque di scorrimento superficiale che tendono a concentrarsi lungo linee preferenziali. Queste forme erosive sono presenti localmente nell'area in esame, soprattutto in corrispondenza di coltri detritiche od eluviali in aree relativamente acclivi. In alcuni casi solchi di ruscellamento concentrato sono legati ad interventi antropici che hanno modificato le condizioni di deflusso originario dei siti, soprattutto a partire da punti di scarico delle acque raccolte dalle sedi stradali.

#### Alveo con tendenza all'approfondimento

In relazione al quadro morfologico descritto, caratterizzato da corsi d'acqua rimasti sospesi rispetto ai fondovalle e da fianchi vallivi relativamente ripidi, si registra una forte tendenza all'erosione di fondo soprattutto lungo l'alveo dei corsi d'acqua laterali. L'erosione di fondo si manifesta ovviamente con maggiore intensità nei tratti d'alveo impostati entro depositi superficiali sciolti piuttosto che nei tratti impostati direttamente nel substrato roccioso.

Anche il fiume Oglio, l'alveo del quale è impostato sempre nei depositi sciolti del fondovalle, ha manifestato negli ultimi anni una certa tendenza all'erosione di fondo lungo tutto il tratto posto nella bassa Val Camonica, evidenziata localmente dallo scalzamento alla base di alcune opere esistenti lungo l'alveo: questa tendenza è però stata condizionata all'attività antropica, in particolare alla forte escavazione in alveo esercitata negli anni passati, soprattutto nel periodo 1970-1980 e probabilmente è influenzata anche dalla continua rimozione di materiale alla foce nel lago.

#### Alveo inciso, poco inciso, pensile

Il grado di incisione dell'alveo, ovvero la profondità del fondo rispetto alle aree circostanti è un primo indice della pericolosità di un corso d'acqua rispetto ai fenomeni di esondazione; un alveo si dice pensile quando il fondo si trova ad una quota superiore rispetto alle zone adiacenti ed è quindi contenuto da argini.

In ragione della forte pendenza media dei siti e della tendenza all'erosione che li caratterizza quasi tutti i corsi d'acqua presenti nell'ambito del territorio comunale di Rogno hanno un alveo ben inciso rispetto alle zone circostanti. Situazioni con alveo poco inciso si trovano solamente nella zona della piana di fondovalle e dei conoidi di fondovalle.

Tratti pensili si ritrovano solo nei settori intermedi del conoide alluvionale della valle dell'Orso e del conoide alluvionale dell'impluvio posto ad est di Rogno.

#### Sezioni d'alveo critiche lungo il conoide della Valle dell'Orso

In riferimento alle verifiche idrauliche condotte nello studio relativo alle condizioni di pericolosità lungo il conoide della Valle dell'Orso (Perimetrazione delle aree a rischio lungo il conoide della Valle dell'Orso - 2001) sono state rappresentate in carta le sezioni risultate critiche in relazione ai diversi tempi di ritorno considerati. Sezioni critiche per eventi con tempi di ritorno dell'ordine di 50 anni si trovano nel settore distale del conoide, dove l'andamento dell'alveo è stato modificato successivamente agli eventi alluvionali che hanno interessato il fiume Oglio nel 1960, allungandone il percorso e quindi diminuendone complessivamente la pendenza. Sezioni critiche per eventi con tempi di ritorno di 200 anni si trovano nel settore intermedio del conoide, all'attraversamento della ex-SS42 (via Nazionale) mentre sezioni critiche per eventi a carattere catastrofico si trovano nella zona apicale: queste verifiche sono state fatte in riferimento alla sola portata liquida mentre considerando anche il trasporto solido, in occasione di fenomeni di trasporto in massa o di colata, le sezioni critiche sono presenti già all'apice del conoide.

### 3.2.a.3 - ELEMENTI IDROGEOLOGICI

#### Sorgenti captate o non captate

Nel territorio comunale di Rogno le manifestazioni sorgentizie sono nel complesso poco diffuse e questa situazione è probabilmente legata all'assetto delle unità litologiche del substrato, disposte con immersione verso nord-ovest, che determina un deflusso delle acque sotterranee verso zone esterne al territorio comunale. Le sorgenti utilizzate dall'acquedotto comunale sono situate nel bacino della Valle dell'Orso, dove l'incisione valliva interseca le direzioni di deflusso sotterraneo. Le sorgenti poste nel settore superiore sono legate ad infiltrazione di acque entro calcari marnosi probabilmente carsificati e venuta a giorno in corrispondenza di un limite di

permeabilità rappresentato dalle rocce della Formazione delle Arenarie di Val Sabbia. La sorgente di maggiore potenzialità, situata nella parte intermedia della valle è ancora legata a circolazione entro rocce carsificate, probabilmente nella Carniola di Bovegno con affioramento legato al limite di permeabilità con le sottostanti rocce del Servino. Situazione idrogeologica analoga si ha per le sorgenti, poste alla base del versante destro della Val Camonica nella zona di Rondinera, dove la Carniola è rappresentata da gessi e dove affiorano acque marcatamente mineralizzate a solfati (sorgente acqua marcia).

#### Area caratterizzata da ristagno d'acqua

Aree caratterizzate dalla presenza, stagionale o perenne, di ristagni d'acqua sulla superficie topografica oppure dalla venuta a giorno in modo diffuso di acque sotterranee. Queste situazioni sono state rilevate solamente nelle zone di fondovalle in posizione intermedia tra Rogno e Bessimo e subito ad est di Rogno e sono dovute alla presenza di falde superficiali sospese, legate alla presenza di livelli relativamente fini presenti entro i depositi della piana che sostengono le acque che si infiltrano dalla superficie e le acque provenienti dai versanti.

#### Pozzo per uso potabile

L'acquedotto del comune di Rogno è alimentato, oltre che da sorgenti, anche da un pozzo situato nel settore centrale del conoide del torrente della Valle dell'Orso. Il pozzo sfrutta la falda a pelo libero contenuta nei depositi alluvionali di fondovalle che in questo settore si interdigitano con i depositi di conoide.

### 3.2.a.4 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'ATTIVITA' GLACIALE E NIVALE

#### Canalone di valanga potenziale

Le ripide linee di impluvio presenti sul versante sud del monte Pora e del Dosso della Sessa e sul versante sud del Monte Alto, in condizioni meteo-climatiche favorevoli, possono essere percorse da masse nevose scivolose a partire dalla zona superiore del versante. In ragione della morfologia del versante le zone di distacco della neve hanno un'estensione relativamente contenuta e le masse nevose non si propagano lungo i canali oltre il tratto superiore del versante, rimanendo ben confinate all'interno degli impluvi.

#### Gradino di valle sospesa

A causa dell'intensa attività erosiva operata dai ghiacciai ed al conseguente approfondimento del solco vallivo del fiume Oglio le valli laterali, il fondo delle quali si raccordavano direttamente alla quota del fondovalle antico, corrispondente all'incirca alla quota attuale del gradino, si sono trovate sospese rispetto alla quota del fondovalle successivo all'escavazione glaciale. La variazione del livello locale di erosione provocata dal ritiro dei ghiacciai ha pertanto innescato lungo il tratto inferiore di questi corsi d'acqua, a partire dal gradino di valle sospesa, lo sviluppo di intensi fenomeni di erosione lineare regressiva, tuttora attiva, che hanno generato le forre della Valle dell'Orso e della Val Gola.

#### Rocce levigate dall'esarazione glaciale

L'attività erosiva operata dai ghiacciai risulta spesso evidente oltre che dal profilo delle valli anche nell'aspetto delle superfici rocciose, nel caso in cui queste ne abbiano conservato la testimonianza perchè costituite da litotipi

sufficientemente resistenti all'erosione. Le superfici rocciose direttamente interessate dall'esarazione sono in genere contraddistinte da forme relativamente dolci ed appaiono frequentemente ondulate e spesso ben levigate, molte volte si possono osservare anche scanalature, solchi o strie. Nell'area in esame queste forme si sono conservate quasi esclusivamente in corrispondenza delle rocce del Verrucano Lombardo, sul tratto di versante posto a valle di S. Vigilio e nelle zone poste a valle di Monti.

### 3.2.a.5 - FORME CARSICHE

#### Dolina

La natura carbonatica di parte del substrato roccioso ha favorito lo svilupparsi di forme carsiche legate alla dissoluzione dei carbonati. Nell'area in esame sono presenti piccole manifestazioni carsiche di superficie dovute alla corrosione, scannellature, piccoli solchi o docce, in corrispondenza degli affioramenti del Calcare di Esino e del Calcare di Camorelli. Le forme carsiche superficiali più evidenti tuttavia sono legate a fenomeni di dissoluzione dei gessi della Carniola di Bovegno nella zona di Castelfranco e sono rappresentati in particolare da una dolina posta a monte del settore est dell'abitato, interessata anche recentemente da sprofondamento. Questa dolina, posta sul versante, ha forma ellittica con diametro variabile da 40 a 60 m, profonda almeno 10 m, è impostata all'interno di depositi detritici di versante, ma è legata a sprofondamento conseguente alla dissoluzione operata dalle acque di infiltrazione sulle sottostanti rocce gessose e anidritiche. Come evidenziato dalle lesioni che interessano la strada Castelfranco-S. Vigilio, nel tratto a monte della dolina, lo sprofondamento del fondo sembra in continua evoluzione, con accentuazione in occasione dei periodi piovosi.

Nella zona di Castelfranco non si hanno altre evidenze nette della presenza di doline salvo la zona dell'impluvio posto ad est della cava di gesso, all'interno della quale si trova una sorgente detta dell'acqua marcia perchè caratterizzata da una netta mineralizzazione a solfati e direttamente connessa ai percorsi dei condotti carsici, la cui conformazione farebbe supporre una derivazione da una dolina aperta su un lato a causa dell'erosione, ma per la quale non si hanno notizie di attività.

In corrispondenza dell'abitato di Castelfranco non si hanno evidenza morfologiche di doline, ma sono comunque diffuse le lesioni dei fabbricati dovuti a fenomeni di dissoluzione dei gessi sottostanti: in passato si sono avuti sprofondamenti localizzati legati a rotture di condotte idriche a loro volta provocate dai cedimenti da dissoluzione.

#### Lesioni su edifici o infrastrutture viarie

Lesioni su edifici e su infrastrutture viarie, sede stradale e muri, sono presenti in modo diffuso in corrispondenza del centro abitato di Castelfranco e nelle zone adiacenti. L'origine di queste lesioni è legata alla presenza nel sottosuolo di rocce a composizione gessosa o anidritica molto solubili ed ai fenomeni di sprofondamento conseguenti alla dissoluzione operata dalle acque di infiltrazione.

I fenomeni in corrispondenza dell'abitato si sono manifestati in passato generalmente in modo episodico, sia con lesioni legate a fenomeni di dissoluzione localizzati sia con fenomeni generalizzati, come è avvenuto recentemente, secondo le testimonianze raccolte, in occasione dei periodi di forti piogge degli anni 2000 e 2001, quando sono comparse lesioni anche nel muro della strada Castelfranco-S. Vigilio, subito a monte dell'abitato.

In continua evoluzione, con accentuazione in occasione dei recenti periodi piovosi, sono invece le lesioni che interessano la stessa strada Castelfranco-S. Vigilio in prossimità della dolina posta a monte del settore est dell'abitato.

### 3.2.a.6 - FORME DI ORIGINE COMPLESSA

#### Orlo di terrazzo di origine complessa

Con questo termine sono stati considerati i terrazzi morfologici presenti lungo il versante destro della Val Camonica, soprattutto nel settore di S. Vigilio e nella zona di Monti. Si tratta di terrazzi impostati direttamente nel substrato roccioso legati inizialmente alla disposizione degli strati e, in alcuni casi, alla presenza di faglie o fratture, che hanno orientato l'attività di degradazione, e successivamente l'erosione glaciale.

### 3.2.a.7 - FORME, PROCESSI E DEPOSITI ANTROPICI

#### Gabbioni

I gabbioni sono strutture realizzate con una gabbia a forma di parallelepipedo in maglia in filo d'acciaio zincato, riempite con materiale lapideo di pezzatura grossolana e sono presenti come elementi costitutivi di varie opere. Principalmente sono stati utilizzati per la realizzazione di opere di difesa di sponda o di arginature e come opere di sostegno alla base di scarpate di frana o in degradazione. In legenda sono stati distinti in funzione dello stato di integrità della struttura dei gabbioni e dell'esistenza di un'eventuale scalzamento alla base.

In particolare, oltre a numerosi interventi minori, i gabbioni sono stati utilizzati per realizzare tratti di difesa di sponda lungo il fiume Oglio e per realizzare gli argini dell'alveo del torrente della Valle dell'Orso nel settore distale del conoide.

#### Scogliera integra/scalzata e/o danneggiata

Le opere di protezione di sponda in genere sono realizzate principalmente per evitarne l'erosione, specie quando possa compromettere la stabilità dei versanti. Esse sono realizzate cercando di fissare la linea di sponda, evitandone lo scalzamento e l'arretramento. Con questa voce sono state classificate tutte le opere costituite da grossi massi (di forma arrotondata) o blocchi (a spigoli vivi) di pietra, disposti sia secco, sia intasati con terreno sia intasati con calcestruzzo. Queste opere sono presenti solo lungo l'alveo del fiume Oglio e sono state realizzate in tempi relativamente recenti, a partire all'incirca dal 1983, per contenere localmente i fenomeni di erosione di sponda dovuti alla divagazione della corrente che hanno portato ad interessare direttamente tratti di strada posta a ridosso della sponda stessa, in particolare nel tratto posto a subito a monte ed a valle della confluenza in Oglio del torrente Re di Artogne.

#### Soglie e briglie integre/scalzate e/o danneggiate

Briglie e soglie sono opere di consolidamento dei corsi d'acqua realizzate per ridurre la tendenza all'erosione ed ottenere in tal modo la stabilizzazione degli alvei. Sono opere idrauliche trasversali e prendono il nome di briglie o soglie, rispettivamente a seconda che il loro coronamento sia più alto rispetto al fondo dell'alveo o allineato con

esso. Le soglie di fondo a raso hanno il compito di fissare la sezione dell'alveo, impedendone l'approfondimento. Le briglie, invece, introducendo salti di fondo, diminuiscono per tratti la pendenza e quindi la capacità erosiva della corrente, stabilizzando allo stesso tempo le sponde con la creazione di un riporto al piede. In legenda, briglie e soglie sono state distinte in base allo stato di integrità della struttura, evidenziando l'eventuale scalzamento al piede o le lesioni all'opera. Briglie realizzate in pietra e calcestruzzo, sono presenti lungo il tratto intermedio della valle dell'Orso, soprattutto tra la strada S. Vigilio-Monti ed il gradino di valle sospesa, dove l'alveo è impostato in depositi glaciali e detritici: queste opere mostrano tutte un leggero principio di scalzamento e necessitano di un intervento di consolidamento.

Briglie e soglie di varia tipologia, attualmente in buono stato di manutenzione, sono state realizzate lungo la valle di Rondinera dopo la frana di colata del 1997. Soglie in pietra e calcestruzzo o in gabbioni sono invece presenti lungo il conoide della linea di impluvio che si trova ad est di Rogno.

Soglie in legname e pietrame sono presenti lungo un impluvio interessato da erosione nella zona del Pian della Palù

#### Scarico fognario

La rete fognaria del comune di Rogno è relativamente articolata in ragione della presenza di molti nuclei abitati. In particolare le reti delle frazioni montane di Monti e S. Vigilio fanno capo entrambe a corsi d'acqua superficiali mentre le reti di Rogno, Bessimo, Castelfranco e Rondinera fanno capo al collettore fognario consortile posto sul fondovalle ed hanno recapito nei corsi d'acqua superficiali solo con gli scolmatori. In carta sono stati evidenziati gli scarichi delle due frazioni montane e gli scolmatori,

#### Alveo con rivestimento di fondo

L'alveo dei corsi d'acqua presenti nel territorio comunale è in genere naturale, a volte con presenza di opere di difesa delle sponde. Incanalati artificialmente, con fondo costituito da un selciato in massi e calcestruzzo, sono un tratto della valle di Rondinera, ripristinato su materiale di riporto, ed un tratto del corso della Valle dell'Orso nei settori medio ed inferiore del conoide, dove il rivestimento è stato realizzato per assicurare una scabrezza minore e favorire il deflusso.

#### Rilevato d'argine in terra

Tratti di argine realizzati con rilevati di terra, ricavata direttamente dal materiale alluvionale del corso d'acqua, sono presenti lungo il torrente della Valle dell'Orso nel settore distale del conoide, dove l'andamento dell'alveo del torrente è stato modificato in seguito all'alluvione del fiume Oglio nel 1960, e lungo alcuni tratti della sponda destra del fiume Oglio, a valle di Rondinera. Gli argini lungo il fiume Oglio sono stati realizzati successivamente all'alluvione del 1960, a tratti con rilevato di terra ed a tratti con muri in pietra e calcestruzzo.

#### Muro in pietra a secco, pietra e calcestruzzo, calcestruzzo

In carta sono state rappresentate, distinguendole per tipologia costruttiva, le opere longitudinali presenti lungo le sponde dei corsi d'acqua sia per proteggerle dall'erosione laterale, con altezza pari a quella del terreno adiacente, sia per arginare gli eventi di piena, con altezza superiore a quella del terreno adiacente. La difesa di sponda con muri è impiegata quando siano da contenere al minimo gli spazi per la presenza di manufatti

antropici, quali abitazioni o strade, o per la presenza di sponde molto ripide. Muri di protezione delle sponde sono presenti soprattutto lungo il corso del torrente della Valle dell'Orso, nel settore medio e inferiore del conoide, dove l'alveo è stato incanalato artificialmente; tratti di muro in pietra a secco, peraltro in cattivo stato di manutenzione, sono invece presenti lungo la sponda sinistra del torrente nel settore apicale del conoide, lungo la sponda esterna di un'ansa.

Tratti di muri d'argine in pietra e calcestruzzo, dell'altezza in media non superiore ad 1 m, sono presenti lungo entrambe le sponde del fiume Oglio, realizzati assieme ad alcuni tratti di rilevato in terra successivamente all'alluvione del 1960.

#### Deposito antropico

Accumuli di materiale riportato dall'uomo di dimensioni significative, quantomeno per estensione superficiale, sono presenti principalmente nelle zone delle cave di gesso di Castelfranco e nelle loro adiacenze. Si tratta di accumuli di terreni naturali, soprattutto la coltre di alterazione dei gessi, utilizzati per il ripristino ambientale dei settori di cava non più attivi.

#### Terrazzamenti agrari

Nell'area esaminata le falde di detrito poste alla base del versante destro della Val Camonica sono in molti tratti interessate dalla presenza di terrazzamenti artificiali (terrazzamenti agrari) realizzati per diminuire localmente la pendenza originaria e recuperare in questo modo delle aree coltivabili. I terrazzamenti artificiali sono in genere sostenuti da muri a gravità realizzati con pietrame a secco e di altezza variabile da 1 a 2,5 m a seconda della situazione topografica locale. L'abbandono delle attività agricole ha determinato localmente il degrado delle aree, testimoniato dall'invasione della vegetazione infestante e la conseguente mancanza di manutenzione delle opere di sostegno è stata in più occasioni la causa di piccoli franamenti che hanno coinvolto i muri di sostegno ed il terreno posto a tergo.

#### Rete/barriera paramassi

Per proteggere costruzioni o infrastrutture dai fenomeni di caduta massi che interessano localmente le pareti rocciose sono state disposte in alcuni punti delle opere di difesa rappresentate sia da reti, accoppiate a funi disposte in aderenza sulle pareti rocciose, sia da barriere paramassi poste alla base delle pareti. Reti e funi in aderenza sono presenti lungo alcuni tratti delle pareti rocciose presenti lungo il lato di monte della strada Castelfranco-S. Vigilio. Barriere paramassi del tipo ad alto assorbimento di energia, alte 4 m, sono state poste a monte di alcune abitazioni situate alla base del versante nel tratto compreso tra Rogno e Rondinera.

#### Tracce di pascolamento/reptazione agricola

La presenza di animali da pascolo è una delle tante cause della comparsa delle tipiche forme associate al fenomeno di reptazione (creep) superficiale, rappresentate da piccole scarpatine e locali decorticazioni del manto vegetale che vengono anche chiamate impronte d'armenti. Quando un'area è sottoposta ad un eccessivo carico di bestiame queste forme possono assumere un carattere areale ed interessare superfici notevoli in corrispondenza delle quali si verificano la distruzione del manto vegetale ed il rimaneggiamento dell'orizzonte superficiale. In questa situazione le aree interessate si trovano facilmente esposte al rischio di fenomeni erosivi

legati alle acque di scorrimento superficiale. Zone soggette a reptazione da pascolo, a tratti relativamente intensa, si trovano in corrispondenza dei pascoli posti nel settore superiore del territorio comunale, nella zona del Pian del Termen e del Pian della Palù.

#### Orlo di scarpata artificiale in degradazione

Con questa voce sono state segnalate le scarpate di origine antropica non connesse all'attività di cava ed interessate da fenomeni di degradazione. Nella maggior parte dei casi si tratta di scarpate relative a sbancamenti effettuati nel corso di lavori stradali, soprattutto nel caso di strade costruite a mezzacosta, che non sempre sono state realizzate in modo da evitare di compromettere la stabilità dei pendii interessati. Questa situazione si rileva soprattutto lungo la strada Castelfranco-S. Vigilio che si sviluppa lungo un'ampia falda di detrito, ripida e per buona parte quiescente

#### Orlo di scarpata di cava - Ambiti di cava

Nell'ambito del territorio comunale di Rogno sono attualmente presenti sia cave di lapidei, che sfruttano le litologie gessose ed anidritiche della Carniola di Bovegno nella zona di Castelfranco, sia cave di inerti che sfruttano i depositi alluvionali della piana di fondovalle del fiume Oglio. La perimetrazione degli ambiti di cava è stata ricavata dalla cartografia relativa al Piano delle Cave della Provincia di Bergamo. All'esterno di queste aree sono presenti delle cave abbandonate, principalmente di lapidei: gesso nella zona di Castelfranco e pietre da costruzione nella zona di Rogno e Rondinera e Bessimo, dove erano sfruttate sia le siltiti rosse del Dosso dei Galli (membro della Pietra Simona) sia i porfidi delle Vulcaniti di Auccia.

Miniere abbandonate, in galleria, per lo sfruttamento di filoni a fluorite contenuti nelle unità carbonatiche triassiche sono invece presenti nella zona di Case Camorelli.

## **4. ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO**

La Carta della Dinamica Geomorfologica di Dettaglio con Elementi Litologici e Geotecnici è stata redatta sulla base della carta tecnica comunale alla scala 1:2.000, comprendendo tutte le aree di interesse urbanistico corrispondenti ai centri abitati ed alle zone adiacenti.

Nell'elaborato sono rappresentati, con un dettaglio maggiore consentito dalla scala, gli elementi di carattere litologico e morfologico già rappresentati sulle rispettive carte alla scala 1:10.000.

Per la descrizione generale degli elementi rappresentati nella cartografia di dettaglio si rimanda pertanto ai paragrafi relativi alla cartografia di inquadramento generale.

## 5. ASPETTI METEO-CLIMATICI, IDROGEOLOGICI, IDROGRAFICI ED IDROLOGICI - CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO

### 5.1 - ASPETTI METEO-CLIMATICI

All'interno del territorio comunale di Rogno non si hanno stazioni di rilevamento dei dati meteorologici. Gli elementi di carattere meteo-climatico sono stati quindi desunti da stazioni di rilevamento presenti in aree adiacenti e dai dati disponibili in letteratura.

I dati relativi alle elaborazioni contenute nel PTCP della provincia di Bergamo, riguardanti il periodo 1955-1984, danno il territorio di Rogno compreso tra le isoterme medie di 11 e 12 °C. Per quanto riguarda le isochimene e le isotere (rispettivamente medie del mese di gennaio e del mese di luglio) il territorio ricade rispettivamente tra le isoterme di 19 e 21 °C e tra le isoterme di 2 e 3 C°.

Nelle zone adiacenti al territorio di Rogno esistono alcune stazioni di rilevamento dei dati pluviometrici localizzate rispettivamente a: Bessimo di Darfo, sul fondovalle dell'Oglio alla quota di circa 250 m, Gratacasolo anch'essa sul fondovalle alla quota di circa 200 m, Piazze di Artogne, sul versante sinistro della Val Camonica alla quota di 650 m e Dorga, in Val Seriana, a nord dello spartiacque del Pian del Termen, alla quota di 950 m.

Dalla Carta delle Precipitazioni Medie, Minime e Massime del Territorio Alpino Lombardo (Regione Lombardia, dicembre 1999) relativa al periodo 1891-1990 il territorio di Rogno si trova compreso tra le isoiete di 1250 e 1400 mm per le piogge medie, tra le isoiete di 500 e 550 mm per la media delle piogge minime e tra 2000 e 2300 mm per la media delle massime.

Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi alle stazioni presenti nell'area.

Stazione	quota (m)	periodo	media (mm)	minima (mm)	massima (mm)
Bessimo	250	1982-1983	1060,78	938,0	1183,4
Gratacasolo	200	1972-1982	1221,0	912,6	1460,0
Piazze d'Artogne	650	1923-1962	1248,6	740,0	1892,0
Dorga	950	1922-1963	1487,6	619,0	2266,0

L'esame dei dati pluviometrici delle stazioni di Piazze d'Artogne e Dorga, relativi al periodo 1951-1959, riportati nella tabella seguente, mostra un periodo di massimo tardo-primaverile ed estivo che può estendersi, con un massimo relativo, anche al periodo autunnale e da un periodo di minimo in inverno. Il massimo mensile si registra di norma in maggio-giugno.

Stazione	periodo	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Piazze	51-59	46	54	77	100	151	126	126	143	117	118	121	64	1243
Dorga	51-59	47	61	84	128	198	202	150	159	145	143	142	48	1019

Per quanto riguarda la valutazione delle piogge di forte intensità si può fare riferimento ai dati elaborati dalla provincia di Brescia per le stazioni di Breno e di Clusone.

Per elaborazioni di maggiore dettaglio si potrà fare riferimento, in futuro, ai dati rilevati dalla stazione di Bessimo (quota 210m), gestita dal Consorzio dell'Oglio e dotata anche di un idrometro per la misura del livello del fiume, e dalla stazione della Val Vedetta, gestita dal Comune di Gianico (quota 1050 m).

Gli elementi di carattere idrogeologico ed idrografico sono stati rappresentati sulla Carta idrogeologica e del sistema idrografico redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale.

Alcuni degli elementi rappresentati sulla Carta Idrogeologica sono presenti anche sulla Carta Geomorfologica e per la loro descrizione si rimanda al capitolo relativo.

## **5.2. - ASPETTI IDROGEOLOGICI GENERALI**

Nell'ambito del territorio comunale di Rogno si distinguono due settori idrogeologici rappresentati dal fondovalle del fiume Oglio e dalla zona montana corrispondente ad un tratto del fianco destro della Val Camonica, comprendendo l'intero bacino della Valle dell'Orso.

### **5.2.a. - Settore di fondovalle**

Il settore di fondovalle è caratterizzato dalla presenza di una coltre relativamente potente di depositi superficiali, principalmente di origine alluvionale, che è sede di un acquifero poroso a pelo libero il cui livello piezometrico si trova ad una profondità relativamente contenuta rispetto alla superficie topografica della piana.

Non si dispone di dati piezometrici di dettaglio ed una prima valutazione sulla situazione piezometrica complessiva è stata ricavata sulla base delle informazioni raccolte ed in riferimento alla base cartografica comunale alla scala 1:2.000, dove sono riportate le quote del pelo d'acqua in corrispondenza delle cave di inerti presenti nel fondovalle. Sulla base della quota della falda nelle cave, supponendo una direzione di scorrimento dalla falda verso il lago e parallela all'asse della valle, si ottiene un gradiente medio dell'ordine di 0,003, da 0,0032 a 0,0029 nella parte superiore e di 0,0030 nella parte inferiore del tratto di fondovalle in esame. Confrontando le quote del livello della falda con la quota del fondo dell'alveo del fiume Oglio si nota una relativa prossimità tra i due valori: le differenze sembrano suggerire una situazione di alimentazione della falda da parte del corso d'acqua nel settore superiore (a monte della zona di Rogno la falda si approfondisce relativamente rispetto al corso d'acqua) ed un drenaggio della falda da parte del corso d'acqua nel tratto inferiore.

Confrontando le quote del livello della falda con la quota della superficie topografica si rileva in media una differenza media dell'ordine di 4-6 m, con valori di 5-6 m nel settore superiore, 4-5 m nel settore inferiore e valori minori, dell'ordine di 3-4 m nel tratto intermedio, nella zona di Rondinera, dove in occasioni di piogge prolungate si verificano fenomeni di allagamento dei locali interrati.

La presenza di locali zone di affioramento o di ristagno d'acqua in corrispondenza della piana, sia nella zona compresa tra Bessimo e Rogno, sia nella zona di Rogno, sia nella zona di Rondinera, fa supporre che localmente sia presente anche una falda sospesa, anche solo temporanea, alimentata dall'infiltrazione superficiale o da apporti anche sotterranei dal versante, e sostenuta dalla presenza di livelli alluvionali fini e dotati di una relativa continuità laterale. Da questi punti di affioramento d'acqua prendevano origine in passato dei corsi d'acqua superficiali ora in buona parte cancellati dall'urbanizzazione.

Nella zona di Rondinera gli affioramenti di acqua presenti alla base del versante sono connessi alle acque sotterranee che scorrono nei condotti carsici legati alle rocce gessose del versante.

La falda a pelo libero contenuta nelle alluvioni di fondovalle è sfruttata a scopo potabile dal pozzo che serve l'acquedotto comunale, situato nel settore intermedio del conoide alluvionale della Valle dell'Orso.

Dai dati relativi al pozzo si rileva una quota del livello della falda relativamente superiore rispetto a quella ricavata dal fondo delle cave: la discrepanza, oltre che alla differenza temporale tra i dati potrebbe essere legata alla presenza di una significativa alimentazione della falda da parte del torrente della valle dell'Orso, le cui acque tendono facilmente ad infiltrarsi nel terreno nel settore apicale del conoide. La quota della falda registrata nel pozzo corrisponde infatti alla quota di una zona di affioramento temporaneo di acque sotterranee situata al limite tra il settore distale del conoide alluvionale e la piana di fondovalle nel settore in sinistra idrografica del conoide.

La successione stratigrafica relativa al pozzo è costituita principalmente da livelli a granulometria grossolana, a ghiaie prevalenti, che rappresentano depositi fluviali, con la presenza di intercalazioni sabbioso-limose, tra 18,5 e 20 m, e limoso-argillose, tra 36 e 47 m, e con depositi probabilmente glaciali nella parte più profonda, a partire da 54 m. La mancanza di livelli fini nella parte superficiale comporta una vulnerabilità elevata per la falda a pelo libero, almeno nel settore del conoide alluvionale. La presenza di intercalazioni fini in profondità, se continue, potrebbe definire più acquiferi e consentire la separazione di falde sovrapposte. La portata specifica del pozzo, pari a 80 l/s per metro di abbassamento, conferma la notevole consistenza della falda o delle falde contenute nei depositi del fondovalle.

### **5.2.b. - Settore dei versanti**

L'assetto idrogeologico del settore del versante destro della Val Camonica è legato strettamente alla situazione stratigrafica e strutturale dei versanti. La disposizione con immersione verso nord-ovest delle unità litologiche del substrato determina molto probabilmente un deflusso delle acque sotterranee verso zone esterne al territorio comunale, per cui le manifestazioni sorgentizie sono nel complesso poco diffuse e relativamente poco consistenti. Gli acquiferi sono principalmente di tipo carsico entro le litologie carbonatiche che costituiscono l'intero versante a sud-ovest della faglia S. Vigilio-Rondinera, con le acque che scorrono sostenute lungo strato dalle intercalazioni fini, e subordinatamente di tipo fratturato entro le litologie clastiche presenti alla base del versante a nord-est della faglia.

In particolare nella serie carbonatica, in base alle sorgenti presenti si riconoscono almeno tre acquiferi fratturati: un acquifero superiore costituito dalla Formazione di Gorno e sostenuto dalle Arenarie di Val Sabbia, presente nel settore superiore della Valle dell'Orso; un acquifero intermedio contenuto principalmente nell'unità del Calcere di

Esino e sostenuto alla base dal Calcarea di Prezzo, presente nel tratto medio-superiore della valle dell'Orso, e, di maggiore consistenza, un acquifero inferiore relativo alla unità del Calcarea di Angolo/Calcarea di Camorelli e della Carniola di Bovegno sostenuto dalle rocce della formazione del Servino, presente nel settore medio ed inferiore del versante della Val Camonica. All'acquifero superiore sono legate tre sorgenti captate dall'acquedotto comunale ed altre piccole scaturigini di scarsa consistenza. All'acquifero intermedio sono legate solo piccole venute d'acqua a carattere principalmente temporaneo mentre all'acquifero inferiore sono legate sia la sorgente principale che serve l'acquedotto comunale, situata nel settore medio-inferiore della valle dell'Orso, sia altre sorgenti, non captate, situate alla base del versante della Val Camonica nella zona di Rondinera, dove la Carniola di Bovegno è costituita anche da gessi ed una sorgente, denominata acqua marcia, è caratterizzata da una forte mineralizzazione a solfati.

### **5.3. – SISTEMA IDROGRAFICO**

L'idrografia del territorio compreso entro il Comune di Rogno può essere suddivisa in tre zone: la parte superiore del territorio comunale, il settore del versante destro della Val Camonica ed il settore di fondovalle.

A sua volta, la parte superiore del territorio comunale è morfologicamente suddivisibile in due sottosettori. Il principale dei due coincide con il bacino idrografico della Valle dell'Orso, delimitato dallo spartiacque che collega il Monte Pora, il crinale di Pian del Termen, il crinale di Pian della Palù e Punta Covolo: in questo settore l'idrografia si presenta ben gerarchizzata, con una serie di tributari che solcano i due versanti vallivi dalla sommità e confluiscono nel solco principale del torrente della valle dell'Orso. Il secondo sottosettore è ubicato a sud-ovest rispetto allo spartiacque che collega il crinale di Pian della Palù con Punta Covolo e corrisponde ad una parte del bacino idrografico della Val Gola, includendo una serie di torrenti che recapitano le proprie acque esternamente al territorio comunale.

Il settore intermedio del territorio comunale coincide con il versante destro della Val Camonica: in questo ambito la rete idrica è nel complesso poco sviluppata; i corsi d'acqua incidono il versante percorrendolo secondo la linea di massima pendenza e, nella maggior parte dei casi, sono privi di tributari. Laddove questi sono presenti, appaiono molto poco sviluppati. La quasi totalità dei corsi d'acqua di questo settore presenta una terminazione a spaglio lungo il versante. Vi sono tuttavia alcune eccezioni; fra queste, oltre alla principale rappresentata dalla valle dell'Orso, dotata di numerosi, ma brevi, tributari e confluyente nel fiume Oglio, si segnalano la Val Canale di Bessimo, il corso d'acqua posto immediatamente a nord-est di Rogno (valle di Monti) e la Valle di Rondinera.

Il settore di fondovalle si estende dalla base del versante destro della Valcamonica fino ad occupare un lembo della sponda idrografica sinistra del fiume Oglio. Esso comprende quindi la porzione occupata dalla piana alluvionale del fiume Oglio, sia in destra sia in sinistra idrografica, e dai conoidi alluvionali formati allo sbocco sul fondovalle da parte dei tributari principali provenienti dal versante idrografico destro della Val Camonica. L'elemento idrografico di maggior importanza in questo settore è rappresentato dal Fiume Oglio stesso. Nel settore di piana posto in sponda destra dell'Oglio la rete idrica è costituita innanzitutto dalla porzione terminale dei torrenti principali provenienti dal versante destro della valle (da sud-ovest verso nord-est si trovano la Valle di

Rondinera, la Valle dell'Orso, la valle di Monti e la Val Canale di Bessimo) e, secondariamente, da una serie di canali e fossi utilizzati sia per l'irrigazione sia per il drenaggio. In sponda idrografica sinistra la rete idrica è rappresentata dalle porzioni terminali dei corsi d'acqua principali che solcano il versante sinistro della Val Camonica, con il torrente Val Vedetta di Gianico ed il torrente Re di Artogne mentre il torrente Re di Gratacasolo sfocia nel fiume Oglio proprio in corrispondenza del confine comunale, e da una serie di canali e fossi

### **5.3.a. - Dinamica morfologica e tendenze evolutive generali**

#### Fiume Oglio

Nel tratto di fondovalle compreso nel territorio comunale di Rogno, il fiume Oglio mostra nel complesso un comportamento morfologico da corso d'acqua a meandri, ma, essendo caratterizzato a tratti da pendenze di fondo relativamente alte e da una capacità di trasporto solido nel complesso consistente (favorita dal contributo dei corsi d'acqua laterali), in occasione delle piene maggiori presenta un comportamento prossimo a quello di un corso d'acqua a canali anastomizzati.

La composizione granulometrica dei depositi alluvionali attuali è relativamente grossolana e varia localmente in funzione dell'ambiente deposizionale:

- i depositi di canale sono costituiti da ciottoli e ghiaia grossolana, con rari massi;
- le barre longitudinali presenti in alveo sono sostanzialmente costituite da ghiaia e ciottoli, ghiaia ciottolosa e sabbiosa;
- nelle zone più interne delle barre, soprattutto dove è presente della vegetazione, si trovano lenti di sabbia.

L'andamento del fiume è sinuoso e la disposizione delle anse è in parte condizionata dalla posizione dei conoidi alluvionali dei maggiori corsi d'acqua laterali, soprattutto quelli della sponda sinistra. L'alveo del fiume è ampio, definito da scarpate di erosione nette che lo separano dalla piana alluvionale. Nell'alveo sono presenti barre longitudinali piuttosto estese, in genere saldate ad una sponda e talvolta separate da entrambe le sponde fino a definire delle isole fluviali; le barre maggiori sono relativamente stabili e presentano vegetazione con cespugli ed alberi. Le barre e le isole vengono completamente sommerse nel corso delle piene maggiori. Il percorso della corrente durante le fasi di magra e di morbida è condizionato dalla presenza delle barre ed è pertanto fortemente sinuoso, con passaggi dall'una all'altra sponda; le barre maggiori riescono a condizionare la direzione della corrente anche durante le piene ordinarie, concentrando la corrente lungo le sponde esterne delle sinuosità e dando luogo ad intensi fenomeni di erosione laterale.

All'esterno dell'alveo la piana di fondovalle non presenta terrazzi fluviali che individuano settori a diverso grado di attività ed è quindi da considerare nel complesso come recente e, in caso di esondazione, potenzialmente tutta alluvionabile. Nell'ambito della piana sono comunque presenti, anche se oblitrate localmente dall'urbanizzazione, delle fasce leggermente depresse disposte all'incirca parallelamente all'asse della valle (talora poste anche a ridosso della base del versante) che individuano vecchi canali abbandonati dal fiume. Lungo queste fasce si sviluppano i corsi d'acqua superficiali che drenano le acque provenienti dai versanti e le acque meteoriche che cadono sulla piana stessa; lungo di esse si incanalano preferenzialmente anche le eventuali acque di esondazione.

La dinamica morfologica del fiume Oglio nel tratto in esame è attualmente caratterizzata da una certa tendenza all'approfondimento dell'alveo e dalla tendenza alla divagazione con erosione laterale relativamente intensa lungo le sponde esterne delle anse.

La tendenza alla divagazione è evidente esaminando la posizione del fiume nelle cartografie degli ultimi decenni; in questo periodo la sponda destra si è mantenuta pressoché nella stessa posizione tranne che all'altezza di Bessimo ed in corrispondenza della confluenza della Valle dell'Orso, poco a valle di Rogno, dove si è spostata verso SE di qualche decina di metri. Maggiori sono state le variazioni della posizione della sponda sinistra che si è spostata verso SE per buona parte del tratto in esame, portando nel complesso ad un ampliamento della sezione dell'alveo.

La tendenza alla divagazione lungo la sponda destra è stata contenuta dalla presenza di opere di difesa della sponda realizzate successivamente all'alluvione del 1960 e costituite principalmente da un muro d'argine in pietra e calcestruzzo; nei tratti dove è maggiore la tendenza all'erosione laterale sono presenti anche opere di difesa al piede con tratti di scogliera in blocchi di pietra, blocchi di pietra e calcestruzzo o gabbionate.

Lungo la sponda sinistra sono presenti solo brevi tratti di opere di difesa della sponda, realizzate recentemente e localizzate all'altezza di alcune abitazioni prossime alla stessa; tali opere sono costituite da scogliere e gabbionate.

Le variazioni dell'assetto morfologico degli ultimi decenni e l'attuale tendenza evolutiva del fiume dipendono quindi molto dall'attività antropica, in particolare dalla realizzazione delle arginature (effettuata per contenere la tendenza alla divagazione) e dall'escavazione del materiale inerte in alveo (esercitata con una certa intensità fino a circa 30 anni fa); i tratti dove si riscontrano le maggiori modificazioni della posizione delle sponde sono quasi tutti localizzati in prossimità di aree soggette, attualmente o in passato, ad attività estrattiva.

In riferimento al quadro morfologico descritto emerge la necessità di tenere sotto controllo e di mantenere l'efficienza delle opere di difesa esistenti, soprattutto le arginature, nei confronti della tendenza all'erosione laterale ed all'erosione di fondo.

I nuclei storici degli abitati di fondovalle, Rogno e Bessimo (Rondinera è di impianto recente, principalmente successivo alla seconda guerra mondiale) si trovano su conoide alluvionale e quindi per gli abitati non si hanno notizie in passato di danni da esondazione del fiume Oglio: si hanno invece indicazioni generiche di danni alle campagne e quindi la collocazione in posizione rilevata dei nuclei storici è molto probabilmente legata anche alla pericolosità delle esondazioni del fiume Oglio.

L'ultimo fenomeno alluvionale con esondazione in corrispondenza del tratto di piana compresa nel territorio del comune di Rogno si è verificato nel settembre dell'anno 1960. In quell'occasione l'esondazione si è verificata principalmente a partire dall'ansa del fiume Oglio situata poco a monte dell'abitato di Bessimo, in territorio di Darfo, e nella zona posta a valle della confluenza del torrente della Valle dell'Orso. A partire dall'ansa di Bessimo le acque di esondazione sono defluite principalmente lungo una traccia di canale abbandonato disposto nel settore esterno della piana, al limite con il piede della zona di raccordo al versante, ritornando verso l'alveo del fiume all'altezza di Rogno dove la piana di fondovalle viene ristretta dal conoide della valle dell'Orso. A valle del conoide l'esondazione ha portato le acque ad estendersi lungo quasi tutta la piana.

Gli interventi di sistemazione e di difesa realizzati successivamente all'alluvione del 1960 e soprattutto le recenti variazioni dell'assetto morfologico dell'alveo del fiume Oglio, in particolare per quanto riguarda la quota del fondo, che si è approfondito rispetto alla piana di fondovalle, hanno avuto sicuramente un'influenza anche sulla sua possibilità di esondazione del fiume e non consentono un diretto confronto con le condizioni del passato.

La possibilità di esondazione del fiume Oglio è stata considerata, in relazione alla situazione morfologica attuale, nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) redatto recentemente dall'Autorità di bacino del fiume Po che ha valutato le zone potenzialmente alluvionabili in riferimento a diversi tempi di ritorno (200 anni e piena catastrofica - indicativamente 500 anni) definendo delle fasce fluviali che rappresentano le aree di potenziale esondazione.

Le aree di esondazione individuate dall'Autorità di Bacino comprendono sostanzialmente tutta la piana di fondovalle sia pure con un limite esterno che a tratti è stato definito in maniera piuttosto approssimativa.

In riferimento all'andamento dei limiti delle Fasce Fluviali del PAI si rileva che le sezioni critiche rispetto alla possibilità di esondazione verso la sponda destra si trovano a partire da un punto situato in posizione intermedia tra Bessimo e la confluenza in Oglio del torrente Re di Artogne.

L'analisi strettamente morfologica condotta in questa sede conferma che la piana di fondovalle è potenzialmente tutta alluvionabile e mette in evidenza anche che non si può comunque escludere a priori la possibilità che l'esondazione della piana di Rogno si verifichi ancora a partire dall'ansa del fiume posta a monte dell'abitato di Bessimo, nel territorio di Darfo, dove la sponda destra del fiume, posta nella parte esterna dell'ansa, è protetta alla base da una scogliera in blocchi relativamente consistente ed è sormontata da un argine in terra non protetto lungo il lato interno.

#### Corsi d'acqua secondari di fondovalle.

La situazione morfologica del fondovalle è caratterizzata dalla presenza di un reticolo di corsi d'acqua secondari, principalmente a regime temporaneo, legati sia alla prosecuzione delle maggiori linee dei principali corsi d'acqua provenienti dai versanti sia ad affioramenti locali di falde sospese o, principalmente in passato, della stessa falda a pelo libero. L'andamento di questi corsi d'acqua è disposto in direzione prevalentemente sub-parallela all'asse della valle in quanto ha risentito della presenza dei canali abbandonati del fiume Oglio. Parte di questo reticolo è stata modificata dall'urbanizzazione recente della piana, di fondovalle ed alcuni alvei sono stati completamente oblitterati, altri sono stati coperti a tratti oppure convogliati nelle reti fognarie. Si ritiene necessario che gli elementi del reticolo idrografico di fondovalle siano conservati, mantenuti in efficienza ed eventualmente ripristinati in modo da garantire un drenaggio adeguato delle acque superficiali.

#### Corsi d'acqua dei versanti.

Versante destro della Val Camonica. L'assetto idrografico del versante destro della Val Camonica è caratterizzato dalla presenza di due corsi d'acqua principali, da sud a nord il torrente della Val Gola e il torrente della Valle dell'Orso i cui bacini idrografici si estendono dal piede fino alla sommità del versante, e da una serie di corsi d'acqua minori, tra i quali i maggiori sono, da sud a nord, la valle di Rondinera e il torrente Val Canale, tutti a sviluppo lineare o poco ramificato e il cui bacino non raggiunge in genere il settore superiore del versante, ma si limita al tratto inferiore e medio.

L'eredità glaciale, ovvero il fatto che le due valli maggiori, Gola e Orso, siano sospese rispetto al fondovalle e la ripidità dei fianchi della Val Camonica fanno sì che tutti i corsi d'acqua presentino una marcata tendenza all'erosione di fondo i cui effetti sono comunque in buona parte mitigati dalla natura rocciosa dell'alveo, mentre dove si ha una presenza significativa di depositi superficiali, ovvero nel tratto intermedio della valle dell'Orso.

In particolare i fenomeni erosivi di maggiore entità ed intensità lungo la valle dell'Orso si concentrano nei tratti compresi tra le quote di 1450-1200 m, 1000-850 m e 800-650 m, dove sono state realizzate, soprattutto negli anni tra il 1950 e 1970, delle opere di sistemazione, principalmente briglie, che nella maggiore parte necessitano di interventi di manutenzione proprio a causa dell'erosione che ne determina lo scalzamento alla base. La tendenza all'erosione di tutti i corsi d'acqua presenti sul versante si traduce in una produzione di materiale che alimenta il trasporto solido e nella conseguente possibilità di innesco di fenomeni di piena con trasporto solido consistente o di fenomeno di trasporto in massa. Questi fenomeni possono interessare tutti i corsi d'acqua presenti, sia pure con intensità ed entità diverse in ragione delle dimensioni e delle caratteristiche morfologiche di dettaglio.

La descrizione della pericolosità di tali fenomeni e la situazione morfologica dei tratti inferiori dei corsi d'acqua principali è contenuta nel capitolo dedicato ai conoidi alluvionali di fondovalle.

I corsi d'acqua minori, a causa delle ridotte dimensioni dei bacini idrografici e delle caratteristiche litologiche, presentano un regime temporaneo o saltuario, spesso con presenza di deflusso superficiale solo in stretta concomitanza delle precipitazioni e di conseguenza, data la permeabilità alta dei depositi detritici presenti in genere alla base del versante, manca in molti casi un alveo nel tratto inferiore perché il corso termina naturalmente a spaglio oppure il tratto inferiore è stato obliterato o modificato con l'urbanizzazione della base del versante. Questa condizione ha creato e può creare localmente delle situazioni critiche in relazione sia alla portata liquida sia soprattutto al trasporto solido ed è quindi necessario curare la conservazione, il ripristino e la manutenzione delle linee di drenaggio nel settore di raccordo tra versante e fondovalle.

Versante sinistro della Val Camonica. Il comune di Rogno comprende anche una striscia di territorio posta in sponda idrografica sinistra dell'Oglio, dove si trovano i tratti terminali, nel settore distale dei rispettivi conoidi o al passaggio alla piana alluvionale, dei corsi d'acqua provenienti dal versante sinistro della Val Camonica : da sud verso nord, torrente Re di Gratacasolo, Val Roncaglia, torrente Re di Artogne e Val Vedetta. La situazione morfologica di questi corsi d'acqua è descritta nel capitolo relativo ai rispettivi conoidi di fondovalle (capitolo ).

#### **5.4. - ASPETTI IDROLOGICI**

In questa sede sono stati considerati gli aspetti relativi alle portate di massima piena dei corsi d'acqua che hanno un ruolo diretto nella definizione della pericolosità morfologica complessiva.

##### **5.4.a. - Valutazione della portata di massima piena dei corsi d'acqua**

Ad esclusione del fiume Oglio, per il quale si rimanda alle valutazioni contenute nel Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po, in questa sede è stata fatta una valutazione della

portata dei principali corsi d'acqua significativi per i fenomeni di esondazione su conoide in zone urbanizzate o di interesse urbanistico.

La valutazione della portata è stata condotta stimando la massima piena per eventi con tempi di ritorno di 100 e 200 anni, da assumere come valori indicativi per verifiche idrauliche di larga massima. In particolare, nel presente paragrafo viene descritta la metodologia di calcolo utilizzata per la valutazione delle portate critiche dei corsi d'acqua in esame.

Per la valutazione dei bacini dei corsi d'acqua considerati ci si è attenuti agli aspetti morfometrici desunti dall'esame della Carta Tecnica Regionale (vedi Allegati 2a e 2b a fine testo).

I bacini, le quote delle sezioni di chiusura che li sottendono e la loro posizione sono indicati nel seguente elenco:

<u>Sezione</u>	<u>Quota</u>	<u>Posizione e bacino sotteso</u>
1	430 m	Conoide della Val Gola
2	225 m	Conoide della valle di Rondinera
3	232 m	Conoide del rio Valle dell'Orso
4	250 m	Conoide della Val Canale (Bessimo)

Per ciascuna di queste sezioni sono state calcolate le massime piene stimate per un tempo di ritorno di 100 e 200 anni.

#### Portata critica dei corsi d'acqua

Per la stima delle massime piene lungo gli impluvi, sono state effettuate delle valutazioni sulla base delle metodologie disponibili in letteratura, per un tempo di ritorno di 100 e 200 anni. I risultati dell'analisi condotta sono riassunti nei fogli di calcolo riportati in allegato a fine testo (Allegato 2a).

Di seguito è riportata una breve descrizione dei metodi applicati:

- *Metodo di Giandotti e metodo di Giandotti e Visentini.* Nel calcolo della pioggia critica con questi metodi si è tenuto conto della curva di possibilità climatica della stazione di Breno, ricavata dai dati del periodo 1951-1982 nello "Studio delle precipitazioni intense in provincia di Brescia e verifica funzionale della rete pluviometrica esistente" (1984), che in ragione della sua relativa vicinanza può essere assunta in prima approssimazione come rappresentativa per l'area in esame.
- *Metodo della Portata Indice.* Il metodo si basa sulla stima della media della massima portata istantanea annuale e si è fatto riferimento alla pubblicazione "Valutazione delle portate di piena della Provincia di Brescia" di B.Bacchi, B.Armanelli, E.Rossini (Università degli Studi di Brescia - Dipartimento di Ingegneria Civile).
- *Metodo Razionale.* Si è utilizzata l'espressione razionale di traduzione degli afflussi meteorici entro il bacino idrografico in deflussi, in riferimento ad uno studio di Bacchi, Armanelli e Rossini del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Brescia nel quale sono stati determinati i valori dei coefficienti delle curve di possibilità climatica di varie stazioni, adottando i valori relativi alla stazione di Breno.
  - *Stima della portata solida:* in riferimento alle caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici in esame, si è tenuto conto della possibilità di eventi di piena con elevato trasporto solido stimando la capacità di trasporto della

corrente. In particolare, si è utilizzata un'espressione empirica che tiene conto di un incremento della portata liquida secondo un rapporto tra portata con trasporto solido e portata liquida compreso tra 1.13 e 1.24. La valutazione è stata fatta a partire dai valori di portata liquida calcolati con il metodo della portata indice e della formula razionale.

I risultati dei calcoli effettuati (massima portata per eventi con tempo di ritorno di 100 anni e massima portata per eventi con tempo di ritorno di 200 anni) sono riportati negli allegati 2b e 2c a fine testo.

La portata al colmo calcolata con i diversi metodi presenta dei valori relativamente dispersi dovuti alle semplificazioni relative a ciascuno di essi.

In prima approssimazione si ritiene che si possano assumere come rappresentativi i valori di portata liquida stimati sulla base del metodo della Portata Indice, tenendo conto, nel caso di eventi a carattere eccezionale, anche dell'incremento dovuto trasporto solido.

#### **5.4.b. - Valutazione della magnitudo**

La magnitudo corrisponde al volume massimo di materiale mobilizzabile all'interno di un bacino idrografico per l'alimentazione delle colate detritico-fangose durante un singolo evento. Per la valutazione della magnitudo sono stati utilizzati dei metodi empirici disponibili in letteratura. Questi metodi propongono delle formule per la stima della magnitudo basate sulle caratteristiche morfometriche del bacino e del conoide, sulle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del bacino e sul grado di dissesto al suo interno.

Le formule utilizzate dai vari metodi per il calcolo della magnitudo ed i valori ottenuti sono riportate nell'Allegato 2d a fine testo.

### **5.5. - CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO**

Gli elementi di carattere idrogeologico ed idrografico sono stati rappresentati sulla Carta idrogeologica e del sistema idrografico redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale.

Alcuni degli elementi rappresentati sulla Carta Idrogeologica sono presenti anche sulla Carta Geomorfologica e per la loro descrizione si rimanda al capitolo relativo.

#### **5.5.a. - Elementi idrogeologici**

##### Permeabilità del substrato roccioso

Nella valutazione della permeabilità degli ammassi rocciosi si è tenuto conto sia delle caratteristiche litologiche sia del relativo grado di fratturazione, almeno per quanto risulta dalle condizioni riscontrate in superficie.

Rocce con permeabilità elevata. In questa classe di permeabilità, indicativamente con un coefficiente di permeabilità maggiore di  $10^{-5}$  m/s, rientrano gli ammassi rocciosi presenti nella fascia medio-superiore del versante della destra della Val Camonica, corrispondenti principalmente alle unità formazionali del Calcere di Camorelli e del Calcere di Esino, ed alla base del versante nella zona di Castelfranco, dove sono rappresentate dai gessi della Carniola di Bovegno. L'alta permeabilità di queste rocce è legata alla loro solubilità che ha favorito l'impostarsi di fenomeni di dissoluzione carsica. Queste rocce rappresentano delle zone di relativa infiltrazione preferenziale per le acque superficiali e costituiscono degli acquiferi carsici, sostenuti da sottostanti litologie meno permeabili, ai quali fanno capo le maggiori sorgenti presenti nel territorio comunale.

Rocce con permeabilità media. In questa classe di permeabilità, indicativamente con un coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  m/s, rientrano principalmente gli ammassi rocciosi della formazione del Calcere di Angolo presenti nella parte medio superiore del versante tra da S. Vigilio a Monti e nella parte inferiore a Rondinera. La presenza anche di fenomeni di dissoluzione carsica consente a questa unità di giocare un ruolo acquifero significativo.

Rocce con permeabilità scarsa. In questa classe di permeabilità, indicativamente con un coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-6}$  e  $10^{-7}$  m/s, rientrano degli ammassi rocciosi presenti in una fascia posta alla sommità del versante della Val Camonica, corrispondenti alla unità della Formazione di Gorno, e soprattutto nella fascia posta alla base del versante da Rondinera a Bessimo, con le unità del Verrucano Lombardo e subordinatamente delle Vulcaniti di Auccia e del Dosso del Galli. Queste rocce possono assumere localmente un ruolo di acquifero, sia pure di consistenza limitata, relativamente alla permeabilità minore delle rocce adiacenti.

Rocce praticamente impermeabili. Alla classe delle rocce impermeabili, indicativamente con un coefficiente di permeabilità compreso minore di  $10^{-7}$  m/s, sono stati assegnati gli ammassi rocciosi costituiti dalle formazioni del Calcere di Prezzo e delle Arenarie di Val Sabbia che costituiscono la base degli acquiferi posti nel settore medio e superiore del versante della Val Camonica.

#### Permeabilità dei depositi superficiali

Depositi ad alta permeabilità. Con questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità superiore a  $10^{-3}$  m/s, sono stati cartografati principalmente i depositi alluvionali che costituiscono principalmente la piana di fondovalle del fiume Oglio, a granulometria prevalentemente grossolana. Rientrano infatti in questa classe i depositi alluvionali attuali e quelli recenti, sebbene questi ultimi, in corrispondenza della piana, presentano in genere un orizzonte superficiale relativamente fine ed a permeabilità inferiore.

Depositi a permeabilità media. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-3}$  e  $10^{-5}$  m/s, sono stati attribuiti principalmente i depositi detritici di versante ed i depositi di conoide alluvionale, spesso caratterizzati entrambi dalla presenza di una frazione fine apprezzabile.

Depositi a permeabilità scarsa. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-5}$  e  $10^{-8}$  m/s, sono stati assegnati i depositi di origine glaciale, eluviale e colluviale presenti diffusamente sui versanti.

#### Sorgenti captate

Le sorgenti utilizzate dall'acquedotto comunale sono situate nel bacino della Valle dell'Orso, dove l'incisione valliva interseca le direzioni di deflusso sotterraneo, principalmente nel settore superiore.

Le sorgenti poste nel settore superiore della valle dell'Orso sono tre:

- sorgente Merse, situata alla quota di circa 1360 m, con una portata relativamente costante dell'ordine di 1,5 l/s;
- sorgente di Mezzo, situata alla quota di 1460 m, con portata piuttosto variabile e comunque inferiore ad 1 l/s;
- sorgente Acquefredde, posta alla quota di circa 1510 m e con portata variabile dell'ordine di 1 l/s.

Queste tre sorgenti sono rappresentate da scaturigini dal substrato roccioso ben localizzate, due delle quali, Acquefredde e Merse, associate anche alla presenza di piani di faglia. Tutte e tre sono legate ad infiltrazione di acque entro calcari marnosi carsificati e venuta a giorno in corrispondenza di limiti di permeabilità relativi rappresentato dalle rocce della Formazione delle Arenarie di Val Sabbia: la sorgente Merse, a portata relativamente costante, è legata ad un percorso delle acque più profondo delle altre, che sono invece legate alla parte superficiale dell'acquifero e ne risentono sia nella quantità sia qualità delle acque. Allo stato attuale solo la sorgente Merse è collegata all'acquedotto comunale mentre le altre due non sono utilizzate.

La sorgente Molinello, di maggiore importanza, si trova invece nel settore intermedio della valle dell'Orso, in prossimità del fondovalle, in sponda sinistra alla quota di circa 660 m. La sorgente ha una portata variabile in media tra 1 e 1,2 l/s ed è legata ad un acquifero carsico contenuto nelle rocce del Calcare di Angolo e della Carniola di Bovegno e sostenuto dal contatto con la sottostante unità del Servino.

#### Pozzo

Oltre che dalle sorgenti l'acquedotto del comune di Rogno è servito da un pozzo situato nel settore intermedio del conoide alluvionale del torrente della Valle dell'Orso, alla quota di circa 212m. Il pozzo è profondo 63 m e, in riferimento alla stratigrafia allegata a fine testo, sfrutta l'acquifero a pelo libero contenuto nei depositi di fondovalle: la quota del piano campagna locale della piana di fondovalle è infatti dell'ordine di 200,5-201 m mentre la quota della falda registrata al momento della realizzazione del pozzo, nel 1968, è inferiore di 12 m rispetto al piano di campagna del pozzo. La quota della falda di fondovalle riportata nel 2000 dalla carta aerofotogrammetrica nella cava posta in sinistra idrografica del fiume Oglio all'altezza dell'abitato di Rogno è invece di 195,5 m e questa differenza è probabilmente legata in parte, oltre che alle diverse condizioni temporali, anche alla presenza di un'alimentazione della falda dal versante e dall'infiltrazione lungo il conoide. La quota della falda registrata nel pozzo corrisponde infatti alla quota di una zona di affioramento temporaneo di acque sotterranee situata al limite tra il settore distale del conoide alluvionale e la piana di fondovalle nel settore in sinistra idrografica del conoide.

La successione stratigrafica relativa al pozzo è costituita principalmente da livelli a granulometria grossolana, a ghiaie prevalenti che rappresentano depositi fluviali, con la presenza di intercalazioni sabbioso-limose, tra 18,5 e 20 m, e limoso-argillose, tra 36 e 47 m. e con depositi probabilmente glaciali nella parte più profonda, a partire da

54 m. I filtri del pozzo sono posizionati in corrispondenza dei livelli grossolani. L'abbassamento del livello di falda nel pozzo in seguito a pompaggio, dell'ordine di 0,5 m con una portata emunta di 40 l/s, indica una buona consistenza della falda sfruttata. Le pompe installate hanno una portata massima di 30 l/s m ed attualmente viene prelevata una portata di 24 l/s.

#### *Zone di tutela delle opere di captazione delle acque potabili*

Le zone di tutela delle opere di captazione sono state istituite per la salvaguardia della qualità delle acque destinate al consumo umano: le aree di tutela sono distinte in zona di tutela assoluta, zona di rispetto e zone di protezione (D.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 - G.U. n. 88 del 14/04/06, Suppl. Ord. n. 96). In questa sede non è stato condotto uno specifico studio idrogeologico finalizzato ad individuare l'estensione delle zone di tutela delle opere di captazione in riferimento ai criteri dettati dalla normativa esistente e pertanto, sia per le sorgenti sia per il pozzo che servono l'acquedotto comunale di Rogno, trattandosi di captazioni comunque esistenti, è stata rappresentata in cartografia solo l'estensione della Zona di Rispetto definita secondo il criterio geometrico. L'estensione della zona di rispetto secondo il criterio geometrico per il pozzo è rappresentata da un cerchio con centro sul punto di captazione e raggio di 200 m e mentre per le sorgenti è rappresentata da una porzione di cerchio, con centro sull'opera di presa e raggio di 200 m, delimitata a valle dall'isoipsa passante per l'opera stessa.

#### **5.5.b. - Elementi idrografici**

##### *Corsi d'acqua del reticolo idrico principale e minore*

Nell'ambito del territorio comunale di Rogno fanno parte del reticolo principale, secondo quanto indicato nella d.g.r. 25 gennaio 2002 n. 7/7868, il fiume Oglio, il torrente Valle dell'Orso o di Rogno (dalla confluenza in Oglio sino a quota 1170 m), il torrente Valle di Artogne o Re di Artogne (lungo il tratto di fondovalle camuno al confine con il territorio del Comune di Artogne) e il torrente Val Vedetta (lungo il tratto di fondovalle camuno al confine con il territorio del Comune di Gianico). Per questi corsi d'acqua, per la parte contenuta nella carta, sono stati rappresentati anche i limiti dei rispettivi bacini. Tutti gli altri corsi d'acqua naturali presenti nel territorio comunale fanno parte del reticolo idrico minore.

Nella Carta Idrogeologica (Tavola 3) non è stata rappresentata la totalità dei corsi d'acqua presenti nel territorio comunale di Rogno: la carta non è quindi esaustiva rispetto al reticolo idrografico minore.

##### *Corsi d'acqua (/impluvi) a regime perenne o temporaneo*

Queste voci della legenda descrivono il regime fluviale dei corsi d'acqua presenti entro il territorio comunale di Pian Camuno.

I corsi d'acqua rappresentati nella Carta Idrogeologica (Tavola 3) sono stati distinti in ragione del regime idraulico, perenne o temporaneo, valutato sulla base delle osservazioni di campagna.

Il regime perenne, sia pure con portate anche fortemente variabili, compete solo ai maggiori corsi d'acqua: il Fiume Oglio, il tratto medio-inferiore della Valle dell'Orso, Il torrente Val Vedetta e il torrente Re di Artogne.

Tutti gli altri corsi d'acqua hanno invece regime temporaneo, con periodi più o meno lunghi caratterizzati da assenza di deflusso oppure con deflusso solo in stretta concomitanza con le piogge.

#### Spartiacque principali

Per i maggiori corsi d'acqua presenti, relativamente alla parte contenuta nella carta, sono stati rappresentati anche i limiti dei rispettivi bacini idrografici. La linea di spartiacque, posta in corrispondenza delle linee morfologiche di cresta separa infatti i diversi settori di scorrimento delle acque superficiali. I bacini idrografici rappresentati in carta sono stati individuati a partire dalla sezione apicale dei conoidi di fondovalle.

### **5.5.c. - Elementi antropici**

#### Delimitazione delle Fasce Fluviali relative al PAI

Nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po, sono state individuate le fasce di potenziale esondazione del fiume Oglio in riferimento a diversi tempi di ritorno (200 anni e piena catastofica - indicativamente 500 anni) definendo delle fasce fluviali che rappresentano le aree di potenziale esondazione.

Il PAI ha individuato tre fasce fluviali descritte di seguito.

- Fascia Fluviale A. Rappresenta la fascia di deflusso della piena di riferimento, in grado di consentire il deflusso di una portata dell'ordine dello 80% della massima piena stimata per un tempo di ritorno di 200 anni. Coincide sostanzialmente con l'alveo e le zone golenali del fiume Oglio.
- Fascia Fluviale B. Rappresenta la fascia esondazione e comprende le aree che possono essere interessate dalla fuoriuscita dell'acqua in occasione della piena di riferimento, stimata per un tempo di ritorno di 200 anni. Queste aree comprendono buona parte della piana di fondovalle nella fascia prossima all'alveo del fiume Oglio del fiume Oglio, sia in sponda destra sia in sponda sinistra.
- Fascia Fluviale C individuata da un limite di progetto tra la Fascia A e la Fascia B. Comprende dei settori della fascia di esondazione per i quali, nell'ambito del PAI, è stata individuata la possibilità di difesa dai fenomeni di esondazione con la realizzazione di opere specifiche. Queste aree comprendono la fascia della piana di fondovalle del fiume Oglio situata in posizione esterna, in prossimità del versante.
- Fascia Fluviale C. Rappresenta la fascia di esondazione per piena catastofica, indicativamente in riferimento ad un evento di piena con tempo di ritorno di 500 anni. Comprende sostanzialmente buona parte della piana di fondovalle del fiume Oglio.

Si precisa che il limite esterno della fascia Fluviale C definito dall'Autorità di Bacino è stato individuato a tratti in modo piuttosto infelice, con una scarsa attenzione anche alla morfologia che comunque si ricava dal dettaglio della CTR e che pertanto in questa sede, per quanto riguarda la valutazione delle condizioni di pericolosità morfologica e di fattibilità geologica si è fatto riferimento ad una valutazione più aderente alla situazione morfologica reale.

## **6. VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' MORFOLOGICA**

In questo capitolo sono presi in considerazione gli aspetti relativi alla pericolosità morfologica di alcune forme presenti sul territorio che possono comportare interferenze negative con le aree urbanizzate o di interesse urbanistico. In particolare è stata presa in considerazione la pericolosità relativa a fenomeni di piena o colata lungo i conoidi di fondovalle, a fenomeni di caduta massi da pareti rocciose ed ai fenomeni di esondazione del fiume Oglio nelle aree comprese entro la Fascia Fluviale C definita da un limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C.

La pericolosità relativa ai conoidi di fondovalle ed alle pareti rocciose è stata valutata direttamente in questa sede in riferimento alle metodologie di analisi proposte dalla Regione Lombardia nella d.g.r. n. 8/1566 del 22/12/2005. In particolare per quanto riguarda il conoide alluvionale del torrente della Valle dell'Orso sono state riprese le valutazioni contenute dallo studio relativo alla *"Perimetrazione delle aree a rischio idraulico lungo il conoide della Valle dell'Orso"*, redatto dallo scrivente nel Gennaio 2001 su richiesta della Struttura Rischi Idrogeologici della Regione Lombardia (lettera prot. n. 21.2000.0039314 in data 19/19/2000) in sede di valutazione delle osservazioni presentate dal Comune di Rogno alla perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico riportata nella cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po.

Le condizioni di pericolosità relative all'esondazione del fiume Oglio sono state invece riprese dallo studio *"Valutazione delle condizioni di pericolosità idraulica nelle aree comprese nella fascia C individuata da un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C"* (Alberti F., Bertoni P., aprile 2002) redatto in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365.

### **6.1 - ANALISI DELLA PROPAGAZIONE DELLE COLATE LUNGO I CONOIDI**

In questa sede sono stati considerati i conoidi di fondovalle dei seguenti corsi d'acqua:

- 1) impluvio della valle di Rondinera;
- 2) impluvio della Valle dell'Orso;
- 3) impluvio della Val Canale (Bessimo);
- 4) impluvio della Val Gola.

Oltre che con i fenomeni di esondazione in occasione di eventi di piena con forte portata liquida la pericolosità geomorfologica delle aree di conoide è da mettere in relazione con la possibilità che si verifichino fenomeni di colate detritico-fangose.

La perimetrazione della pericolosità nelle aree di conoide è stata fatta principalmente su base morfologica, integrando queste osservazioni con l'analisi della propagazione delle colate secondo il *"Metodo semi-empirico per la mappatura del deposito di materiale solido da colata detritica in area di conoide"* proposto da T. Takahashi.

Il risultato del confronto e dell'integrazione tra le valutazioni di carattere morfologico e l'analisi della propagazione delle colate è stato tradotto in termini di pericolosità in riferimento alle 5 classi di pericolosità definite nell'Allegato 2 alla d.g.r. n. 8/1566 del 22/12/2005.

#### **6.1.a. Pericolosità su base morfologica**

La valutazione della pericolosità su base morfologica è stata fatta in riferimento alle indicazioni contenute nella normativa ed in particolare sono stati presi in considerazione i seguenti elementi, oltre alla stima della portata liquida e della magnitudo dei fenomeni di colata fatta nei paragrafi precedenti:

- situazione geologica e geomorfologica del bacino idrografico;
- grado di incisione del canale principale sul conoide;
- presenza di punti critici rappresentati da sezioni ristrette, attraversamenti, anse, opere di attraversamento o trasversali che possono provocare o favorire i fenomeni di esondazione;
- variazioni di pendenza che possono favorire fenomeni di deposizione;
- presenza di zone che possono modificare o deviare il deflusso.

#### **6.1.b. - Metodo semi-empirico per la mappatura del deposito di materiale solido da colata detritica**

Il metodo è stato applicato tenendo conto dei valori di portata liquida e magnitudo determinati precedentemente e consente di stimare la distanza di arresto delle colate a partire da una diminuzione di pendenza dell'alveo posta in corrispondenza o in prossimità dell'apice del conoide. A valle della diminuzione della pendenza è stata inoltre verificata la possibilità di ostruzione parziale delle sezioni d'alveo da parte del materiale trasportato e depositato dalle colate e la conseguente possibilità di esondazione. I calcoli relativi all'applicazione del metodo sono esposti nell'Allegato 2e, mentre nei paragrafi successivi sono esposti i passi di applicazione del metodo.

##### *o Determinazione della portata di acqua chiara di progetto (Ql).*

Per il valore di acqua chiara è stata utilizzata la portata liquida determinata per un tempo di ritorno pari a 200 anni, secondo la metodologia illustrata nel paragrafo 5.4.a.

##### *o Determinazione della portata di piena della miscela liquido-solido (Qm).*

In seguito all'evento piovoso estremo che determina lo sviluppo della piena al colmo, lo scorrimento della portata di acqua chiara sull'ammasso granulare completamente saturo, per l'aumento dell'azione di trascinamento della corrente di piena fino al superamento della resistenza dello strato superficiale del letto, origina una colata detritica; la portata totale  $Q_m$  può essere stimata con la seguente formula:

$$Q_m = \frac{C^*}{C^* - C_u} \times Q_l \quad (m^3/s)$$

dove

- |              |   |
|--------------|---|
| $C^* = 0,65$ | concentrazione volumetrica di massimo impaccamento del materiale ( $C^*=1-n$ dove $n$ è la porosità)  |
| $C_u = 0,59$ | Concentrazione volumetrica di equilibrio dei solidi (fini e grossolani) trasportati dalla corrente in moto uniforme. Nella pratica è stato supposta pari a $0.9 \times C^*$ . |

##### *o Calcolo del volume dei sedimenti trasportati: "Magnitudo" (Wm).*

I criteri per la determinazione e i valori di magnitudo sono esposti nel paragrafo 5.4.b.

o *La propagazione delle colate e il calcolo di primo tentativo dell'estensione longitudinale del deposito ( $X_L$ ).*

Durante un singolo evento la deposizione non interessa l'intera superficie del conoide alluvionale, ma, in relazione alle morfologie dei siti, si presenta in posizione distale o prossimale, con lobi laterali di varie dimensioni che possono raggiungere quelle dell'incisione entro la quale avviene la deposizione. Non è escluso inoltre il fatto che, a causa delle elevate pendenze dell'asta a monte del conoide, le colate detritiche si depositino come lobi aventi larghezze paragonabili a quelle dell'alveo a monte.

Sulla base della definizione delle condizioni al contorno e delle caratteristiche del materiale granulare preso in carico dalla corrente, approssimando la densità del fluido interstiziale a quella della sola acqua, viene definita la lunghezza massima del deposito sul conoide, attraverso l'applicazione della formula approssimata proposta da Takahashi e Yoshida (1979), richiamata in Takahashi (1991) e generalizzata in Ghilardi (1999). La distanza d'arresto viene definita sulla base di considerazioni di equilibrio dinamico del tratto di corrente coincidente con il fronte del debris flow, dove:

$$X_L = \frac{V^2}{G}$$

$$G = \left( \frac{c_u g (\rho_s - \rho_l) \cos \theta_d \tan \phi}{c_u (\rho_s - \rho_l) + \rho_l} \right) - g \sin \theta_d$$

$$V = \left( u_u + \frac{g^* h_u}{2^* u_u} \cos \theta_u \right) \cos(\theta_u - \theta_d)$$

Nelle relazioni precedenti compaiono: 
$$U_u = K^{\frac{2}{5}} \left( \frac{Q_m}{B_u} \right)^{\frac{3}{5}}$$

velocità media della corrente di moto uniforme nel tratto di alveo a monte del cambio di pendenza:

spessore della corrente a monte del cambio di pendenza 
$$h_u = \left( \frac{Q_m}{KB_u} \right)^{\frac{2}{5}}$$

La costante K è stata dedotta dall'analisi dei processi di stony debris flow, nell'ipotesi che sia trascurabile lo sforzo interstiziale rispetto allo sforzo intergranulare e siano costanti sulla sezioni i valori di concentrazione c e l'angolo di attrito dinamico; ulteriore ipotesi introdotta dal metodo semplificato è l'attribuzione del valore dell'angolo di attrito dinamico stabilito pari a quello statico:

$$K = \frac{2}{5d} \left( \frac{g^* \sin \theta_u}{a^* \sin \phi} \left( c_u + (1 - c_u) \frac{\rho_l}{\rho_s} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \left( \left( \frac{c_*}{c_u} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right)$$

o *Calcolo della pendenza della superficie del deposito ( $\omega$ ).*

Quando il materiale trasportato da una corrente detritica si deposita a valle del cambio di pendenza lo scheletro si compatta e l'acqua in eccesso espulsa dai pori defluisce sulla superficie del deposito; la metodologia proposta prevede due condizioni limite definite sulla base della presenza di un alveo inciso lungo il conoide oppure meno. Nel primo caso la colata detritica s'incanala lungo l'alveo, mantenendo nella propagazione dimensioni simili a quelle del canale stesso; nel secondo caso, il materiale detritico si distribuisce sul conoide in un'area a forma di ventaglio. Nel nostro caso, in relazione alle condizioni morfologiche del conoide, è stata considerata solamente la prima ipotesi.

Considerazioni di natura statica consentono di definire l'inclinazione della superficie del deposito detritico ( $\omega$ ) secondo la seguente espressione:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{c * (\rho_s - \rho_l)}{c * (\rho_s - \rho_l) + \rho_l * \left( 1 + \frac{0,52}{d} \left( \frac{Q_l^2}{g * B_d^2} \right)^{\frac{1}{3}} \right)} \tan \phi$$

Come indicato nella documentazione consultata, nel caso in cui  $\omega < \theta_d$ , nel procedere dei calcoli è stato assunto il valore  $\omega = 0.5(\theta_d + \theta_u)$ .

o *Determinazione dell'area di accumulo*

Per la definizione delle aree di accumulo delle colate detritiche è stata assunta come generale, viste le condizioni morfologiche al contorno, l'ipotesi per la quale il deposito avviene in un canale rettangolare largo  $B_d$ . Operando a favore della sicurezza, è stato trascurato il volume che può arrestarsi a monte dell'apice del conoide e pertanto il volume accumulato ( $m^3$ ) risulta pari a:

$$W_d = \frac{1}{2} X_L^2 B_d (\tan \omega - \tan \theta_d)$$

Il valore dedotto dalla precedente espressione è stato confrontato con il volume  $W_r$  derivante dal debris flow, assumendo prudenzialmente che la miscela depositata abbia concentrazione  $C_u$ :

$$W_r = \frac{W_m}{C_u}$$

Per la definizione di  $L$  (lunghezza del deposito) si è proceduto per tentativi sino all'ottenimento di  $W_d \geq W_r$ .

**6.1.c. - Classi di pericolosità nelle aree di conoide**

La perimetrazione della pericolosità è stata rappresentata sulla *Carta di Sintesi* alla scala 1:2.000 (Tavola 8) e sulla *Carta di Sintesi* alla scala 1:10.000 (Tavola 7).

Sono stati considerati 5 gradi di pericolosità, secondo la classificazione individuata nell'allegato 2 alla d.g.r. . n. 8/1566 del 22/12/2005.

<b>H5</b>	<b>CLASSE V</b>	<b>Pericolosità molto alta</b>	<i>Comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.</i>
<b>H4</b>	<b>CLASSE IV</b>	<b>Pericolosità Alta</b>	<i>Area con <u>alta probabilità</u> di essere interessata da fenomeni di erosioni di sponda trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido e con danneggiamento di opere e manufatti.</i>
<b>H3</b>	<b>CLASSE III</b>	<b>Pericolosità Media</b>	<i>Area interessata in passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche. Area con <u>moderata probabilità</u> di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione). In particolare in esse si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiale sabbioso ghiaioso</i>
<b>H2</b>	<b>CLASSE II</b>	<b>Pericolosità Bassa</b>	<i>Area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessate da fenomeni di dissesto.</i>
<b>H1</b>	<b>CLASSE I</b>	<b>Pericolosità Molto Bassa</b>	<i>Area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata dai fenomeni di dissesto</i>

### **6.1.d. - Condizioni di pericolosità nelle aree di conoide**

#### 6.1.d.1. - Conoide della Val Gola

La Val Gola si sviluppa lungo il versante destro della Val Camonica al confine con il comune di Costa Volpino e del conoide alluvionale di fondovalle rientra nel territorio di Rogno solo l'estremità distale di sinistra. Il bacino idrografico della Val Gola si sviluppa principalmente nel settore superiore del versante, con un fondovalle sospeso rispetto al fondovalle dell'Oglio, al quale si raccorda con una stretta forra impostata nel Calcare di Camorelli. La rete idrografica è relativamente poco sviluppata per la prevalenza di rocce carbonatiche e la presenza di una buona copertura detritica, con aste rettilinee e ripide. Il regime del corso d'acqua è temporaneo con deflusso superficiale soprattutto in diretta conseguenza delle precipitazioni. Nella parte superiore del bacino sono presenti localmente fenomeni di erosione e di degradazione, ma il trasporto solido verso la zona del conoide è legata principalmente al materiale detritico che si accumula lungo la forra per degradazione delle pareti rocciose che ne costituiscono i fianchi. Il conoide di fondovalle ha una forma piuttosto allungata e si sviluppa in gran parte all'interno di un'incisione impostata nel terrazzo morfologico che costituisce il piede del versante destro della Val Camonica. Il settore superiore del conoide di fondovalle è costituito da depositi di colata detritica relativamente recenti, solo parzialmente colonizzati ed è da considerare come quiescente e direttamente raggiungibile da nuove colate detritiche. Anche il settore inferiore del conoide è da considerare quiescente e potenzialmente raggiungibile dalle colate o, nel settore distale, dalle loro frazioni fluide. Nel territorio comunale di Rogno rientra solo l'estremità distale sinistra del conoide, in una zona laterale che non è posta lungo le direzioni preferenziali di deflusso, che si mantengono principalmente nel settore centrale. Le condizioni di pericolosità per il settore distale del conoide compreso entro il territorio di Rogno, raggiungibile dalle propaggini più avanzate delle frazioni fluide sono quindi dell'ordine delle classi di pericolosità H2 ed H3 e, in via cautelativa, si è attribuita l'area alla classe H3.

#### 6.1.d.2. - Conoide dell'impluvio di Rondinera

Nel settore di versante posto a monte dell'abitato di Rondinera, lungo la faglia Rondinera-S. Vigilio, si sviluppa una linea di impluvio breve, ripida e rettilinea, che sottende un bacino idrografico di piccole dimensioni e che si raccorda al fondovalle con un piccolo conoide. La linea di impluvio è percorsa dall'acqua solo temporaneamente, in occasione delle precipitazioni e con portate contenute e le acque tendevano ad infiltrarsi rapidamente nel terreno già nella zona apicale del conoide e di conseguenza, in anni relativamente recenti, la zona del conoide è stata urbanizzata e la linea di impluvio coperta disponendo un tubo già a monte del conoide e le sue acque recapitate nella rete fognaria. Il 26/06/1997 la linea di impluvio è stata interessata da un fenomeno di colata di fango e grossi massi evolutosi a partire da una frana per scorrimento traslazionale che ha interessato depositi di origine glaciale ricoperti da depositi detritici e colluviali, con una nicchia di frana compresa tra le quote di 648 (in corrispondenza della strada che conduce al centro abitato di san Vigilio) e 605 m circa, una larghezza della nicchia alla corona di 40 m e una scarpata principale alta 12 m (lungo i fianchi l'altezza si riduce a 4-5 m). Il materiale incanalatosi nell'impluvio sottostante lo ha percorso per tutta la lunghezza, pari a circa 500 m, superando la briglia e la vasca di espansione poste a quota 270 m fino a raggiungere il conoide di fondovalle,

dove si è arrestata alla quota di circa 196 m e dove ha danneggiato alcune abitazioni. Volume asportato in corrispondenza della nicchia circa 18.000 m<sup>3</sup> e volume asportato lungo l'impluvio circa 6.000 m<sup>3</sup> per un totale di circa 24.000 m<sup>3</sup>. Una parte del materiale della colata è stato deposto subito a monte del conoide, in corrispondenza della briglia e del vicino attraversamento stradale, e nella zona apicale del conoide; fango e blocchi hanno raggiunto la zona intermedia del conoide mentre nella zona distale è arrivata solo frazione fangosa. La nicchia di frana, l'impluvio percorso dalla colata e le aree del conoide investite dalla colata sono stati in buona parte sistemati con due interventi condotti negli anni 1999-2001 finanziati nell'ambito dell'Ordinanza n. 2622/97 del Dipartimento di Protezione Civile sulla base di due progetti successivi (Consolidamento frana su viabilità comunale - comune di Rogno, BG - Regione Lombardia, 1998; Interventi di sistemazione valletta e ripristino della viabilità, Comune di Rogno, 1999).

In particolare sono stati consolidati la nicchia di frana, alcuni tratti della linea di impluvio soggetti ad erosione di fondo e laterale, è stata creata una vasca di sedimentazione più ampia a valle della briglia di quota 270 m, che è stata trasformata in briglia selettiva, è stato riportato a cielo aperto e consolidato il tratto di impluvio compreso tra la vasca e la zona apicale del conoide ed è stata realizzata una piccola vasca di sedimentazione anche all'apice del conoide, prima del tratto di impluvio rimasto coperto.

In riferimento agli interventi eseguiti, in grado di limitare notevolmente la possibilità di innesco di nuovi fenomeni di colata e la loro propagazione verso valle, in questa sede è stata fatta una valutazione della pericolosità residua in riferimento alla situazione morfologica attuale. A titolo cautelativo si è assegnata alla classe di pericolosità alta (H4) una stretta fascia posta lungo la prosecuzione della linea di impluvio a valle del punto in cui il corso d'acqua viene coperto, nel settore superiore del conoide, dove potrebbe espandersi al limite un'eventuale colata non trattenuta dalle opere poste a monte. In riferimento ad una maggiore espansione delle frazioni più fluide è stato assegnato alla classe di pericolosità media (H3) il settore centrale del conoide per tutta la sua estensione ed alla classe di pericolosità bassa (H2) i settori più esterni.

#### 6.1.d.3. - Conoide del torrente "Valle dell'Orso"

Le considerazioni relative al conoide del torrente della Valle dell'Orso riportate in questa sede derivano dallo studio relativo alla "Perimetrazione delle aree a rischio idraulico lungo il conoide della Valle dell'Orso" (Geo.Te.C. Studio Associato; gennaio 2001) condotta in riferimento alle procedure contenute in "Perimetrazione e zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei "siti a rischio" in adempimento alla legge 267/98".

Bacino idrografico. Il bacino idrografico del torrente della Valle dell'Orso è caratterizzato da un settore superiore relativamente ampio e da un settore inferiore piuttosto angusto. Longitudinalmente il bacino presenta tre gradini morfologici sostenuti da formazioni resistenti all'erosione, impostati rispettivamente nella formazione del Calcare di Camorelli (quota 1050 m circa), nella parte inferiore del Calcare di Angolo (quota 850 m circa) e nel Verrucano Lombardo (600 m circa): a valle dei gradini si trovano delle forre strette ed incise, soprattutto quella posta a valle del gradino inferiore che separa l'antico fondovalle glaciale della Valle dell'Orso rispetto al fondo della Val Camonica. I versanti del bacino idrografico della Valle dell'Orso sono soggetti localmente a fenomeni di erosione da ruscellamento diffuso ed incanalato, a piccoli fenomeni franosi ed a fenomeni di degradazione delle pareti rocciose e sono percorsi da linee di impluvio ripide e soggette localmente a fenomeni di erosione.

Nel complesso la forte pendenza media della curva di fondo del torrente fa prevalere nettamente i fenomeni di erosione di fondo e laterale: solo a monte dei gradini morfologici si trovano dei tratti di torrente relativamente poco ripidi dove localmente prevalgono fenomeni di deposizione. I fenomeni di erosione sono più evidenti nel settore superiore e nei tratti posti a valle dei gradini morfologici, soprattutto a spese dei depositi glaciali e fluvioglaciali presenti al fondo del settore intermedio, sia a valle del gradino del Calcare di Camorelli sia a valle del gradino del Calcare di Angolo; questi fenomeni di erosione sono stati in buona parte mitigati dalla realizzazione di una serie di briglie, ma sono tuttora attivi e alcune opere sono in via di scalzamento. Tutti i fenomeni descritti contribuiscono al trasporto solido del torrente e possono dar luogo a piene con forte trasporto solido od a fenomeni di trasporto in massa e di colata in corrispondenza del conoide alluvionale. Scavi eseguiti in corrispondenza del conoide

Il tratto terminale del collettore è inciso nel versante che è da considerare come una forma quiescente in grado di ricevere ancora alimentazione. Non si hanno testimonianze storiche dirette su fenomeni di esondazione: si rileva comunque che il nucleo storico dell'abitato di Rogno si sviluppa solo nel settore intermedio del conoide ed a relativa distanza dall'alveo mentre uno scavo eseguito nel settore medio-superiore del conoide, nella zona del cimitero, ha messo in evidenza la presenza di un deposito di colata dello spessore di circa 1-1,5 m che ricopre del materiale di riporto con frammenti di laterizi e calcestruzzo di epoca storica.

Assetto morfologico del conoide. Dal punto di vista morfologico il conoide alluvionale della Valle dell'Orso può essere suddiviso in tre settori:

- Settore apicale. La presenza di uno sperone roccioso in sinistra idrografica porta il torrente a scorrere lungo il limite destro del conoide; nella zona apicale del conoide l'alveo si trova relativamente inciso entro i propri depositi; il fondo ed fianchi sono naturali, con roccia o detrito di versante sulla sponda destra e depositi alluvionali di conoide lungo la sponda sinistra; la pendenza longitudinale dell'alveo è elevata, dal 30 al 10%, ed il corso d'acqua tende ad approfondire il fondo.
- Settore intermedio. L'alveo è leggermente inciso, con l'incisione che diminuisce dalla zona superiore a quella inferiore, ed è incanalato artificialmente con andamento rettilineo; il fondo è rivestito in pietrame ammorsato nel calcestruzzo con piccoli salti di fondo; i fianchi sono costituiti da muri in calcestruzzo o in pietra e calcestruzzo; la pendenza dell'alveo è media, dell'ordine del 5%, e si ha tendenza all'erosione di fondo nella parte medio-superiore e, localmente, alla deposizione nella parte medio-inferiore; sono presenti quattro attraversamenti stradali.
- Settore distale. L'alveo è costituito da un canale artificiale realizzato dopo la piena dell'Oglio del 1960: il canale ha un andamento diverso dal quello originario, disposto normalmente al fiume, perchè è stato allungato realizzando un'ansa verso destra che porta il tratto terminale del torrente a scorrere quasi parallelamente al fiume Oglio. L'alveo è poco inciso e, nel settore dell'ansa, anche pensile, con il fondo del torrente posto ad una quota superiore rispetto alle zone esterne; il fondo è rivestito in pietrame ammorsato nel calcestruzzo ed i fianchi sono costituiti da un muro in calcestruzzo rialzato con un argine in terra (sponda destra all'ansa) o gabbionate (sponda sinistra); nel tratto terminale gli argini e il fondo sono in terra. La pendenza di fondo è relativamente bassa, dell'ordine del 2%, perché diminuita artificialmente rispetto a quella originaria in seguito alla diversione che ha allungato il tratto terminale; si rileva una tendenza locale alla deposizione.

Valutazione della pericolosità. Sulla base della morfologia del conoide sono state verificate le possibilità che un'eventuale piena del torrente o una colata detritica, una volta raggiunto l'apice del conoide, possa propagarsi a valle seguendo due modalità differenti:

- fuoriuscire in sinistra idrografica a partire dal brusco cambio di direzione che l'alveo presenta all'apice del conoide.
- rimanere nell'alveo inciso lungo l'apice del conoide e raggiungere il settore medio ed inferiore;

Nell'ipotesi che la colata detritica si propaghi in sinistra idrografica a partire dal settore apicale del conoide, sono stati individuati dei settori, in genere corrispondenti a strade interne all'abitato, che possono essere sede preferenziale del deflusso superficiale; le acque tendono a raggiungere il settore medio-inferiore del conoide.

Nella seconda ipotesi sono state fatte delle verifiche sulle sezioni d'alveo, rilevate con triplometro e rotella metrica, in riferimento alla portata stimata per un tempo di ritorno di 200 anni..

La situazione che emerge dalle verifiche effettuate è la seguente.

- A partire da portate superiori alla massima piena stimata per un tempo di ritorno di 50 anni si può verificare la fuoriuscita delle acque in corrispondenza della sponda sinistra nel settore inferiore del conoide alluvionale, dove la pendenza dell'alveo è minore rispetto alle zone situate a monte, con conseguente esondazione verso le zone situate a valle.
- A partire da portate superiori alla massima piena stimata per un tempo di ritorno di 100 anni nel settore inferiore del conoide alluvionale si può verificare la fuoriuscita delle acque anche in corrispondenza della sponda destra.
- A partire da portate superiori alla massima piena stimata per un tempo di ritorno di 200 anni si può verificare la fuoriuscita delle acque anche in corrispondenza della sezione del ponte stradale di via Roma; la sezione è comunque in grado di far defluire portate relativamente prossime alla massima piena stimata per 200 anni per cui un evento di questo tipo non è caratterizzato da elevata intensità ed energia, ma comporta sostanzialmente la fuoriuscita di una portata non eccessiva con una lama d'acqua torbida e poco materiale in carico che tende ad incanalarsi ed a scorrere lungo le strade adiacenti.
- In occasione di fenomeni eccezionali di elevato trasporto solido o di trasporto in massa con presenza di materiale, quale grossi ceppi, rami e tronchi di albero, tutte le sezioni dei ponti potrebbero essere intasate, provocando la fuoriuscita della piena, con acqua e materiale in carico, su buona parte del conoide alluvionale. In occasioni di ondate di piena conseguenti a temporanei sbarramenti lungo tratto di alveo posto a monte del conoide è possibile che si verifichi l'esondazione già a partire dalla zona apicale del conoide con due possibilità in ragione della situazione topografica dei siti: che la corrente rientri nell'alveo all'altezza del primo ponte stradale oppure che defluisca alle spalle dell'abitato lungo la fascia orientale del conoide.

Sulla base dei risultati delle verifiche è stata definita la perimetrazione della pericolosità del conoide alluvionale rappresentata nella Carta di Sintesi alla scala 1:2000. Alla classe di pericolosità molto alta (H5) è stato assegnato l'alveo ed alla classe di pericolosità alta (H4) sono stati assegnati un settore posto in sponda sinistra nella zona apicale ed una stretta fascia posta in sponda sinistra nella zona medio-superiore. Alla classe di pericolosità media (H3) sono state assegnate zone relativamente adiacenti all'alveo nel torrente nel tratto medio del conoide e che si ampliano esternamente nel tratto distale. Per il resto buona parte del tratto medio e superiore del conoide è stata

assegnata alle classi di pericolosità bassa (H2) e molto bassa (H1). La perimetrazione mette in evidenza che il nucleo storico dell'abitato di Rogno si colloca sostanzialmente in aree a bassa pericolosità mentre molte costruzioni realizzate negli ultimi decenni ricadono in aree a pericolosità media e alta. Si osserva inoltre che le aree soggette alle condizioni di pericolosità maggiore sono quelle poste nella zona apicale del conoide e nelle immediate adiacenze del corso d'acqua del settore mediano, dove si verifica la deposizione del materiale detritico di eventuali colate. A valle delle zone interessate dalla deposizione della colata si ha il deflusso della torbida che, tendenzialmente, segue le direttrici definite dalle strade presenti nell'abitato e raggiunge le aree topograficamente più depresse.

Nel settore mediano e distale, in relazione alle dimensioni dell'alveo, sono state identificate alcune sezioni idrauliche critiche, in corrispondenza delle quali si ha la possibilità di esondazione della corrente di piena con trasporto di fondo di sabbia e ghiaia.

#### 6.1.d.4. - Conoide dell'impluvio della Val Canale (Bessimo)

Il conoide della Val Canale è tagliato longitudinalmente a metà dal confine tra i comuni di Rogno e Darfo Boario Terme, coincidente nel suo tratto inferiore con l'alveo della Val Canale stessa, ed insiste quindi solo parzialmente sul territorio comunale di Rogno, comprendendo buona parte del centro abitato di Bessimo.

Bacino idrografico. Il bacino idrografico sotteso dal conoide di Bessimo presenta nel complesso forti pendenze medie e vi affiorano con continuità, a partire dalla base, tutte le formazioni comprese tra le Vulcaniti di Auccia ed il Calcare di Esino.

Il settore superiore del bacino, da quota 1000 a quota 1614 m, è relativamente ampio, con rocce spesso subaffioranti, comprese dal Calcare di Prezzo al Calcare di Esino, o con coperture discontinue detritico-colluviali interessate diffusamente da fenomeni di reptazione superficiale. Sono presenti localmente depositi di conoide detritico-colluviali legati a fenomeni locali di trasporto solido o di colata lungo le linee di impluvio presenti. In questo settore la rete idrografica è costituita da alcune linee di impluvio ripide e con andamento tra loro subparallelo, percorse da acqua solo in occasione di forti precipitazioni.

Il settore intermedio, da quota 750 a quota 1000 m è caratterizzato da alte pareti rocciose impostate nel Calcare di Angolo alla cui base si sviluppa una falda di detrito che copre le rocce della Carniola di Bovegno, alimentata attivamente dai fenomeni di crollo che interessano le pareti e localmente interessata da fenomeni di erosione da parte delle acque di ruscellamento. In questo settore le linee di impluvio si raccordano in un unico collettore.

Il settore inferiore, da quota 750 ai 250 m dell'apice del conoide, ha uno sviluppo lineare, con il collettore ripido e fortemente inciso nelle unità comprese dal Servino alle Vulcaniti. Le pareti rocciose che costituiscono i fianchi dell'incisione sono localmente interessate da fenomeni di crollo.

In riferimento alla situazione morfologica descritta l'impluvio di Bessimo può ancora essere interessato da fenomeni di piena con elevato trasporto solido o da colate detritiche in occasione di piogge particolarmente intense o durature; i detriti presi in carico derivano dall'evacuazione del materiale che si accumula lungo l'impluvio a causa della degradazione delle pareti rocciose e dall'erosione nella falda di detrito posta nel settore intermedio del bacino. Si hanno testimonianze dirette di fenomeni di esondazione in corrispondenza del conoide relativamente ad un evento del 1983, in occasione del quale, in seguito a forti piogge, le acque di piena sono

defluite all'esterno dell'alveo a partire dal tratto inferiore del conoide riversandosi all'esterno nel settore distale di sinistra del conoide alluvionale, entro il territorio di Darfo.

Il regime del corso d'acqua è temporaneo, con deflusso idrico legato direttamente alle precipitazioni. Lungo il conoide le acque tendono ad infiltrarsi rapidamente nel terreno tanto che, nel settore inferiore, l'alveo perde evidenza morfologica e si interrompe in corrispondenza di via ex-Emigranti; poco a monte della stessa via il corso d'acqua è stato inoltre intubato fino allo sbocco in Oglio.

Aspetto morfologico del conoide. Il conoide alluvionale si sviluppa dalla quota di 250 m dell'apice alla quota di 206 m circa della piana di fondovalle. Nel settore apicale la sezione dell'alveo è relativamente piccola fino all'attraversamento della strada Bessimo-Lago Moro, alla quota di circa 245 m. A valle di questo attraversamento, nel settore intermedio, l'alveo è ben inciso entro il conoide e presenta una sezione piuttosto ampia con una serie di briglie che termina alla quota di circa 220 m, a partire dalla quale il corso d'acqua viene intubato; a valle della sezione di intubamento parte dell'alveo non più attiva è occupata da un'abitazione e dai suoi annessi; poco più a valle, alla quota di circa 214 m, in corrispondenza di via ex-Emigranti si perde l'evidenza morfologica dell'alveo ed è presente una griglia che raccoglie le acque residue e le convoglia nella rete fognaria del comune di Rogno.

In relazione alla situazione morfologica descritta la pericolosità morfologica risulta alta e molto alta per l'alveo, compresa la sua prosecuzione a valle della sezione di intubamento, nel settore distale del conoide. Per quanto riguarda le altre zone del conoide si hanno condizioni di criticità per esondazione a partire dalla sezione dell'attraversamento del sentiero Bessimo-Lago Moro posta nel settore apicale, rispetto alla quale è stata definita una fascia a pericolosità media disposta a ridosso dell'alveo per tutta l'estensione del conoide, con asse di deflusso preferenziale lungo via S. Francesco. Esternamente a questa fascia è stata definita una zona a pericolosità bassa che comprende sostanzialmente tutto il settore centrale e di destra del conoide e si estende per un tratto nella piana di fondovalle adiacente.

#### 6.1.d.5. - Conoidi minori in sponda destra dell'Oglio

Al piede del versante destro della Val canonica nel tratto compreso tra i conoidi di Rogno e Bessimo sono presenti altri tre piccoli conoidi di dimensioni minori. I due conoidi posti in prossimità di Rogno e Bessimo sottendono le linee di impluvio che decorrono rispettivamente al centro e ad est dell'abitato di Monti, mentre il conoide centrale, compreso tra i primi due e di dimensioni minori, sottende una linea di impluvio che si sviluppa tutta a valle di Monti.

Bacino idrografico. Oltre ad un'estensione piuttosto limitata, poiché si sviluppano in un settore di versante piuttosto ripido, caratterizzato dalla presenza delle pareti rocciose subverticali formate dal Verrucano Lombardo, i bacini idrografici sottesi dai tre conoidi in esame hanno una forma stretta ed allungata con una linea di impluvio poco ramificata. La linea di impluvio che decorre ad ovest di Monti presenta un tratto superiore, a ridosso dell'abitato, relativamente poco acclive ed impostato su depositi glaciali; più a valle, come le altre due, presenta un tratto molto ripido ed inciso nelle pareti rocciose del Verrucano: a valle delle pareti tutte e tre le linee di impluvio decorrono lungo la ripida falda di detrito che raccorda le pareti al fondovalle, caratterizzata dalla presenza di terrazzamenti sostenuti da muri in pietra a secco molti dei quali in cattive condizioni di manutenzione e lesionati o danneggiati dalla spinta del terreno a tergo. Le tre linee di impluvio sono percorse da corsi d'acqua a

regime temporaneo, con deflusso strettamente connesso alle precipitazioni: in particolare solo la linea di impluvio maggiore, posta ad ovest di Monti, ha occasionalmente un deflusso significativo lungo il conoide di fondovalle mentre per le due linee di impluvio mancano di un alveo definito in corrispondenza del proprio conoide di fondovalle.

La possibilità di trasporto solido in occasione di eventi di piena legati a forti precipitazioni è legata in tutti e tre i casi alla rimozione del materiale detritico che si accumula al fondo della linea di impluvio nel tratto delle pareti rocciose del Verrucano a causa della degradazione degli ammassi rocciosi che ne costituiscono i fianchi e, soprattutto, a fenomeni erosivi di fondo e laterali lungo il tratto impostato in corrispondenza della falda di detrito. Il materiale preso in carico in occasione di forti piogge potrebbe dar luogo a fenomeni di trasporto in massa o di colata lungo tutti e tre gli impluvi.

Assetto morfologico del conoide. Il conoide alluvionale della linea di impluvio che decorre ad ovest di Monti è caratterizzato dalla presenza di un settore centrale rialzato disposto per tutta la lunghezza del conoide, corrispondente ad un vecchio lobo di colata, lungo il quale si sviluppa l'alveo che risulta pertanto pensile, con il fondo a quota superiore rispetto alle aree esterne. L'alveo è definito con muri di sponda in pietra e malta o in gabbioni e sono presenti piccoli salti di fondo in calcestruzzo e in gabbioni; tutte le opere sono in buone condizioni di manutenzione. Le sezioni di deflusso sono in genere relativamente sufficienti rispetto alla portata liquida, ma in buona parte insufficienti rispetto ad un eventuale trasporto solido per cui si ha possibilità di fuoriuscita di eventuali colate, soprattutto verso la sponda destra, già dalla zona apicale e da un attraversamento stradale posto nel tratto medio-superiore del conoide; altra sezione critica si trova nella zona distale all'attraversamento di via Nazionale (ex-SS42).

La perimetrazione delle aree potenzialmente raggiungibili dalle colate e la loro suddivisione nelle classi di pericolosità è stata fatta su base morfologica in ragione dell'assetto dei luoghi, relativamente lineare nel settore di sinistra e più complicato per la presenza di fabbricati nel settore di destra. Le aree a maggiore pericolosità, classe H4, lambiscono i fabbricati presenti in sponda destra che rientrano nella maggior parte dei casi nella classe di pericolosità H3.

Gli altri conoidi hanno una forma a ventaglio più regolare e, in ragione del regime occasionale dei deflussi, sono privi di un alveo ben definito per cui l'intera area del conoide è potenzialmente raggiungibile, sia pure con intensità diversa da fenomeni di piena o di colata. L'individuazione delle aree a diversa pericolosità è stata fatta in ragione della morfologia dei siti, soprattutto dell'evidenza di accumuli o lobi di colata per cui ad entrambi i conoidi è stato assegnato alla classe di pericolosità H4 il settore superiore, più rilevato, ed alla classe H3 il settore inferiore.

#### 6.1.d.6. - Conoidi del versante sinistro della Val Camonica : Val Vedetta, Re di Artoqne, Val Roncaaglia e Re di Gratacasolo.

Al territorio del comune di Rogno appartiene anche una fascia della piana di fondovalle situata in sinistra idrografica del fiume Oglio. La fascia non comprende direttamente i conoidi alluvionali di fondovalle dei corsi d'acqua che solcano il versante sinistro della Val Camonica, ma comprende alcune aree della piana di fondovalle

che sono comunque potenzialmente interessate da fenomeni di esondazione o di colata da parte di questi corsi corsi d'acqua.

Val Vedetta. Il bacino idrografico della Val Vedetta è interessato da fenomeni franosi profondi e diffusi fenomeni franosi relativamente superficiali che possono dar luogo a fenomeni di trasporto in massa o di colata. Nel settore della piana di fondovalle situata in sponda sinistra dell'Oglio, entro il territorio comunale di Rogno, si trova solo il tratto inferiore del corso del torrente della Val Vedetta, in posizione morfologicamente lontana dal relativo conoide di fondovalle, per cui è stata assegnata la classe di pericolosità H5 al solo alveo in quanto le zone di esondazione diretta si trovano all'esterno.

Torrente Re di Artogne. Il territorio del comune di Rogno comprende la zona di confluenza del torrente Re di Artogne nel fiume Oglio ed il tratto di piana di fondovalle posto subito all'esterno del relativo conoide alluvionale. Il bacino idrografico del torrente Re di Artogne è interessato diffusamente da fenomeni franosi profondi e superficiali ed è potenzialmente soggetto a fenomeni di trasporto in massa o di colata in grado di espandersi sul conoide di fondovalle. Il tratto inferiore dell'alveo del torrente Re è costituito da un cunettone a sezione ad arco di cerchio con fondo e sponde in massi di pietra e calcestruzzo e contenuto lateralmente da argini in terra; l'alveo è relativamente pensile, con quota del fondo di poco superiore alle zone circostanti. Le condizioni di manutenzione delle opere idrauliche sono buone. Tra le sezioni critiche dell'alveo a partire dalle quali si possono verificare i fenomeni di esondazione, una si trova in corrispondenza dell'attraversamento della linea ferroviaria Brescia-Edolo, subito a monte del confine comunale tra Rogno e Artogne, che determina una forte riduzione della superficie di deflusso rispetto al tratto di alveo posto a monte. In relazione alla morfologia dei siti, relativamente pianeggiante, ed alla potenziale intensità dei fenomeni alluvionali da parte del torrente Re, è stata assegnata alla classe di pericolosità H4 una fascia relativamente ampia posta a ridosso dell'alveo del torrente ed alla classe H3 una fascia situata in posizione più esterna; l'alveo del torrente è stato assegnato alla classe di pericolosità H5.

Val Roncaglia. Il bacino idrografico della Val Roncaglia si sviluppa lungo il fianco destro di fenomeno gravitativo profondo di versante e può essere soggetto a fenomeni di trasporto in massa o di colata. Nel territorio del comune di Rogno rientrano solo la zona di confluenza in Oglio ed il tratto inferiore del corso del torrente, in posizione morfologicamente lontana dal relativo conoide di fondovalle e dalle zone interessate direttamente dai fenomeni di esondazione di forte intensità e con trasporto solido consistente. In ragione della situazione morfologica dei siti sono stati assegnati alla classe di pericolosità H5 l'alveo del torrente ed alla classe di pericolosità H3 le aree di fondovalle ad esso adiacenti.

Torrente Re di Gratacasolo. Il territorio del comune di Rogno comprende la zona di confluenza del torrente Re di Gratacasolo nel fiume Oglio ed il tratto di piana di fondovalle posto subito all'esterno del relativo conoide alluvionale. Il bacino idrografico del torrente Re di Gratacasolo è interessato da fenomeni franosi profondi e diffusamente da fenomeni franosi superficiali ed è potenzialmente soggetto a fenomeni di trasporto in massa o di colata in grado di espandersi sul conoide di fondovalle. Il tratto inferiore dell'alveo del torrente Re di Gratacasolo è caratterizzato da un alveo a sezione relativamente ristretta con sponde in muri di pietra a secco in cattivo stato di manutenzione. Tra le sezioni critiche dell'alveo a partire dalle quali si possono verificare i fenomeni di esondazione, una si trova in corrispondenza dell'attraversamento della linea ferroviaria Brescia-Edolo, poco a monte del confine comunale tra Rogno e Pian Camuno, che determina una forte riduzione della superficie di

deflusso rispetto al tratto di alveo posto a monte. In relazione alla morfologia dei siti, relativamente pianeggiante, ed alla potenziale intensità dei fenomeni alluvionali da parte del torrente Re, è stata assegnata alla classe di pericolosità H4 una fascia relativamente ampia posta a ridosso dell'alveo del torrente ed alla classe H3 una fascia situata in posizione più esterna; l'alveo del torrente è stato assegnato alla classe di pericolosità H5.

#### **6.1.e. - Vincoli e prescrizioni connessi al grado di pericolosità per le aree di conoide**

Le indicazioni contenute nella normativa di riferimento, ed in particolare nella d.g.r. n. 7/7365 del 11/12/2001, definiscono la corrispondenza tra le classi di pericolosità individuate in questo studio e:

- classificazione delle aree interessate da dissesto idrogeologico (cioè delle aree soggette a rischio idrogeologico, perimetrare secondo la legenda della cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - PAI - redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po)
- classi di fattibilità geologica per le azioni di piano,

secondo il seguente schema:

<b>Classi di pericolosità</b> <i>(Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in adempimento alla L. 267/98)</i>	<b>Classi di fattibilità geologica per le azioni di piano</b> <i>(criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale secondo quanto disposto dall'art. 3 della L.R. 24 novembre 1997, n. 41)</i>	<b>Classificazione delle aree interessate da dissesto idrogeologico</b> <i>(art. 9 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico - PAI)</i>
<b>H5</b>	<b>4</b>	<b>Ca</b>
<b>H4</b>	<b>4</b>	<b>Cp</b>
<b>H3</b>	<b>3</b>	<b>Cn</b>
<b>H2</b>	<b>2</b>	<b>Cn</b>
<b>H1</b>	<b>1</b>	<b>Cn</b>

In riferimento alla corrispondenza tra classi di pericolosità e classificazione delle aree in dissesto si ricorda che per le aree assegnate alla classe di pericolosità **H5** valgono le indicazioni ed i vincoli individuati dalle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico riguardanti le aree classificate come **Ca**.

Per le aree assegnate alla classe di pericolosità **H4** valgono le indicazioni ed i vincoli individuati per le aree classificate **Cp**.

Per le aree assegnate alla classe di pericolosità **H3**, **H2** ed **H1**, corrispondenti alla classe **Cn**, in accordo con le indicazioni dell'art. 9, comma 9 delle Norme di Attuazione del P.A.I., sono state definite alcune prescrizioni sulle modalità di intervento, in riferimento alle condizioni di pericolosità individuate nello studio condotto.

Le norme relative alle aree Ca e Cp contenute nelle Norme di Attuazione del PAI sono riportate nel capitolo relativo (capitolo 10) mentre le indicazioni relative alle zone Cn sono riportate nel capitolo relativo alla Fattibilità Geologica (capitolo 11).

## **6.2. ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GENERATA DA CROLLI IN ROCCIA**

In questa sede sono state considerate le condizioni di pericolosità da caduta massi dell'intero territorio comunale, con particolare attenzione per quanto riguarda l'abitato di Monti e le aree urbanizzate ubicate sul fondovalle, nella fascia posta al piede delle pareti rocciose che costituiscono la parte inferiore del versante destro della Valle Camonica, nel tratto compreso tra gli abitati di Bessimo e di Rondinera.

In corrispondenza di tali aree urbanizzate, la valutazione della pericolosità da caduta massi è stata condotta con maggior dettaglio, ricorrendo ad una modellazione del fenomeno di crollo, in riferimento alle indicazioni contenute nell'Allegato 2 alla d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, e adottando, in forma semplificata, la procedura denominata *R.H.A.P. -Rockfall Hazard Assesment Procedure-*, valida per crolli di singoli blocchi rocciosi o per crolli di massi fino a una volumetria massima di 1000 m<sup>3</sup>.

Sul resto del territorio comunale, la valutazione della pericolosità da caduta massi è stata condotta su base morfologica, stimando l'area di influenza del fenomeno di caduta massi.

### **6.2.a. - Metodologia di analisi**

La valutazione effettuata in corrispondenza delle aree urbanizzate è stata sviluppata secondo i passaggi descritti nei punti seguenti.

#### *Analisi geologico-strutturale delle pareti rocciose*

Sono stati eseguiti rilievi geologici delle pareti rocciose interessate dall'analisi per raccogliere i dati di base sulle caratteristiche litologiche e strutturali degli ammassi rocciosi, intese come natura, composizione e organizzazione degli ammassi, presenza e caratteristiche delle discontinuità e condizioni di fatturazione.

#### *Individuazione di traiettorie di caduta blocchi*

In ciascuna delle aree omogenee individuate sono state scelte una o più traiettorie di discesa dei blocchi su cui effettuare le simulazioni di caduta. Sono state ovviamente individuate le sezioni con le caratteristiche peggiori in relazione alle situazioni morfologiche locali. L'ubicazione delle sezioni è riportata nell'Allegato 1a.

#### *Modellazione delle traiettorie di caduta blocchi*

Le traiettorie di caduta dei blocchi lungo il versante in esame sono state modellate utilizzando il programma *GeoRock - versione 4.1.11* - prodotto dalla *Geostru Software House*, che permette la ricostruzione delle traiettorie di caduta di blocchi lungo un pendio utilizzando il metodo di calcolo *CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program)*.

Tale metodo è stato messo a punto da *Pfeiffer e Bowen* (1989) con lo scopo di modellare il moto di caduta di blocchi aventi la forma di sfere, cilindri o dischi con sezione circolare nel piano verticale del movimento; per

descrivere il movimento dei blocchi il modello *CRSP* applica l'equazione del moto parabolico di un corpo in caduta libera ed il principio di conservazione dell'energia totale.

Il fenomeno d'impatto viene modellato utilizzando alcuni parametri, costituiti dai coefficienti di restituzione normale e tangenziale, dalla rugosità del pendio e dalle dimensioni dei blocchi.

In particolare, il modello *CRSP* assume che l'angolo formato tra la direzione del blocco ed il profilo del pendio vari secondo una statistica che deve essere definita per ogni caso analizzato; il modello tratta quindi in modo statistico anche i risultati che, principalmente, consistono nelle velocità e nelle altezze di rimbalzo rispetto alla superficie del pendio durante il percorso di caduta; il modello considera quindi le combinazioni dei movimenti di caduta libera, rimbalzo, rotolamento e scivolamento, che possono variare a seconda delle dimensioni dei blocchi e della rugosità del pendio.

L'affidabilità del modello è stata verificata attraverso confronti tra i risultati numerici e quelli ottenuti da prove in sito.

La descrizione del moto di caduta libera inizia da un punto nel quale si supponga nota la velocità iniziale, scomposta nelle sue componenti orizzontali e verticali. Il blocco è soggetto al movimento di caduta libera fino a quando non collide con la superficie del pendio. Dall'intersezione vengono ricavate le coordinate del punto di impatto. Il vettore della velocità di pre-impatto  $V$ , forma un angolo con il pendio. Ad ogni impatto l'inclinazione del pendio viene fatta variare casualmente in un campo di valori compreso tra 0 ed un valore funzione della rugosità del pendio e dalla dimensione del blocco.

La velocità che si ottiene a seguito dell'impatto, viene determinata attraverso l'equazione di conservazione dell'energia totale così espressa:

$$\left( \frac{1}{2} J \varpi_1^2 + \frac{1}{2} M V_{t1}^2 \right) \times f(F) \times SF = \frac{1}{2} J \varpi_2^2 + \frac{1}{2} M V_{t2}^2 \quad (1)$$

dove:

- $M$  = Massa del blocco;
- $J$  = Momento d'inerzia del blocco;
- $\varpi_1$  = Velocità angolare prima dell'impatto;
- $\varpi_2$  = Velocità angolare dopo l'impatto;
- $V_{t1}$  = Velocità tangenziale prima dell'impatto;
- $V_{t2}$  = Velocità tangenziale dopo l'impatto;

La funzione  $f(F)$  di attrito così definita:

$$f(F) = SF + \frac{(1 - R_t)}{\left[ \left( \frac{V_{t1} - \varpi_1 \times R}{20} \right)^2 + 1.2 \right]}$$

Mentre la funzione di scala  $SF$ :

$$SF = \frac{R_t}{\left[ \left( \frac{V_{n1}}{250 \times R_n} \right)^2 + 1 \right]}$$

Dove:

- $R_n$  = Coefficienti di restituzione normale;
- $R_t$  = Coefficienti di restituzione tangenziale;
- $R$  = Raggio del blocco;

I termini  $f(F)$  e  $SF$  sono ricavabili attraverso espressioni empiriche che vengono utilizzate per valutare l'energia cinetica dissipata nelle collisioni tra blocco e pendio a causa dell'attrito e dell'urto.

L'attrito riguarda principalmente la dissipazione dell'energia prodotta dalla velocità tangenziale, l'urto quella prodotta dalla velocità normale al pendio.

Le velocità tangenziali e angolari post-collisione sono messe in relazione tra loro dalla seguente equazione:

$$V_{t2} = \omega_2 \times R$$

che assume che i blocchi abbandonino il contatto con il pendio ruotando, indipendentemente dalla velocità angolare precedente.

Dalla (1) si ottiene  $V_{t2}$ , mentre la velocità normale post-collisione viene ricavata dalla seguente espressione empirica:

$$V_{n2} = V_{n1} \times \frac{R_n}{\left[1 + \left(\frac{V_{n1}}{9}\right)^2\right]}$$

che intende tener conto del fatto, verificato anche sperimentalmente, che il rapporto tra le velocità normali post-impatto e pre-impatto diminuisce con l'aumentare della velocità normale pre-impatto stessa.

#### Sezioni e taratura modello

La ricostruzione delle traiettorie di caduta blocchi dalla parete è stata fatta sulla base di profili del versante ricavati dalla Carta Tecnica Comunale alla scala 1:2000, integrata da osservazioni e misure speditive di terreno.

Le sezioni utilizzate sono rappresentative dei diversi settori omogenei nei quali è suddivisa l'area in esame, sia rispetto alle caratteristiche della parete, sia nei confronti delle zone poste alla base. I dati relativi alla geometria delle sezioni unitamente ai parametri utilizzati nella modellazione sono riportati nell'Allegato 1b. Per ciascuna sezione sono state individuate le caratteristiche litologiche, geometriche e morfologiche compilando le schede relative ai fenomeni di crollo che sono state riportate in forma condensata nell'Allegato 1e.

I valori utilizzati per i coefficienti di restituzione normale e tangenziale sono stati ricavati dai dati disponibili nella letteratura specifica in riferimento alla natura del terreno e della copertura vegetale, tarando i valori sulla base della morfologia della falda e dei massi presenti, individuati grazie a sopralluoghi nelle aree di interesse.

Le dimensioni e la forma dei blocchi considerati nella ricostruzione delle traiettorie sono stati desunti dall'osservazione della parete, che hanno permesso di ricavare l'ordine di grandezza dei volumi unitari potenziali, e dall'osservazione dei volumi reali dei blocchi osservati in corrispondenza delle falde detritiche alle basi delle pareti rocciose.

Come prescritto dalla normativa di riferimento, la ricostruzione delle traiettorie è stata condotta sia per il blocco rappresentativo del volume unitario massimo, sia per il blocco rappresentativo del volume unitario modale maggiore. Operando a favore della sicurezza, sono stati utilizzati nella modellazione massi di forma sferica.

#### Risultati della modellazione

I risultati ottenuti nella ricostruzione delle traiettorie di caduta sono stati rappresentati parzialmente nell'Allegato 1c, visualizzazione traiettorie di caduta dei blocchi rappresentativi del volume modale: la ricostruzione delle

traiettorie è stata fatta simulando la caduta di 1000 blocchi, mentre nelle sezioni in allegato sono state rappresentate solo 20 traiettorie per motivi di leggibilità.

In base ai risultati delle analisi di caduta dei blocchi, si è effettuata una zonazione longitudinale preliminare delle traiettorie di caduta, suddividendole in tre zone:

- a) di transito e arresto del 70% dei blocchi: a questa zona viene assegnata una *classe di pericolosità relativa 4*;
- b) di arresto del 95% dei blocchi: a questa zona viene assegnata una *classe di pericolosità relativa 3*;

Queste percentuali sono valutate sulla totalità delle simulazioni effettuate – 1000 cadute per ogni traiettoria – sui blocchi di volume modale maggiore considerato.

In aggiunta si è delimitata un'area di bassa pericolosità (*classe di pericolosità relativa 1*), utilizzando la distanza massima raggiunta dal blocco di maggiori dimensioni, oppure la distanza massima raggiunta da massi di crolli precedenti.

Con la modellazione, oltre alla distanza di arresto dei blocchi, è stata anche valutata l'energia di impatto dei blocchi su di un'eventuale barriera individuando, rispetto al blocco di volume maggiore ed al blocco modale, la distanza a partire dalla quale si hanno energie di impatto dell'ordine di 1000, 1500 e 200 kJ, contenibili da parte delle barriere paramassi attualmente in uso.

#### Valutazione dell'attività relativa delle aree omogenee di origine dei crolli

Dopo aver determinato le classi di pericolosità relativa, è stata valutata la probabilità di accadimento dei fenomeni di caduta massi in ciascuna delle aree omogenee, definendo la propensione al distacco dei blocchi in relazione alla presenza dei seguenti elementi di instabilità:

- Fratture aperte con evidenze di attività associate a cinematismi possibili
- Blocchi ruotati
- Zone intensamente fratturate
- Superfici non alterate che testimoniano recenti distacchi
- Emergenza di acqua alla base di blocchi

Per ciascuna area omogenea è stata calcolata la somma degli elementi di instabilità presenti considerando, a favore di sicurezza un'unica maglia per ciascuna area e ricavando la percentuale di attività in relazione al numero massimo ottenibile nell'area omogenea, dando a ciascuna area il valore massimo 5.

In base alle percentuali così ricavate, le aree omogenee sono state suddivise in tre gruppi a differente *attività relativa*: *alta, media, bassa*, riportati nell'Allegato 1d.

#### Zonazione finale della pericolosità

La *zonazione finale della pericolosità* è stata definita utilizzando i valori delle *classi di pericolosità relativa* della zona di transito e accumulo dei blocchi, che vengono aumentati di 1, mantenuti costanti o diminuiti di 1 a seconda che le pareti sovrastanti appartengano ai gruppi di attività alta, media o bassa rispettivamente. Si possono così avere in totale 5 classi di pericolosità, da *H1* a *H5*.

In riferimento alle indicazioni contenute nella normativa di riferimento, ed in particolare nella d.g.r. n. 7/7365 del 11/12/2001, si ha inoltre la corrispondenza tra le classi di pericolosità definite in questo studio e le classi di fattibilità geologica per le azioni di piano, secondo il seguente schema:

<b>Classi di pericolosità</b>	<b>Classi di fattibilità geologica per le azioni di piano</b>
<i>(Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in adempimento alla L. 267/98)</i>	<i>(criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale secondo quanto disposto dall'art. 3 della L.R. 24 novembre 1997, n. 41)</i>
<b>H5</b>	<b>4</b>
<b>H4</b>	<b>4</b>
<b>H3</b>	<b>3</b>
<b>H2</b>	<b>2</b>
<b>H1</b>	<b>1</b>

## **6.2. b. - Descrizione delle aree**

### 6.1.b.1. - Rogno

Le pareti rocciose poste a monte dell'abitato di Rogno sono costituite dalla formazione del Verrucano Lombardo, rappresentata da conglomerati ed arenarie in strati spessi e banchi, con subordinati livelli di siltiti, disposti con immersione rivolta verso nord e nord-ovest ed inclinazione di 30-40°, piuttosto variabile in ragione della lenticolarità degli strati.

La morfologia d'insieme è caratterizzata dalla disposizione delle altre famiglie discontinuità, principalmente due disposte rispettivamente a definire la parete e perpendicolarmente ad essa. L'ammasso roccioso è nel complesso relativamente poco fratturato, ma sono presenti situazioni di evidente rilascio tensionale che determinano la presenza di fratture aperte e persistenti, con blocchi parzialmente sconnessi. Le dimensioni dei blocchi caduti e di quelli potenzialmente instabili sono mediamente elevate in ragione della spaziatura delle superfici di stratificazione.

Le condizioni geometriche degli ammassi rocciosi, intese come presenza e disposizione delle discontinuità, sono relativamente omogenee su tutto il settore di parete rocciosa che sovrasta la zona dell'abitato come si osserva nelle proiezioni ciclografiche, tuttavia le condizioni strutturali e la conformazione delle pareti rocciose varia da zona a zona.

Nel tratto di versante posto a monte del settore occidentale dell'abitato di Rogno, a monte del limite destro del conoide alluvionale del torrente della Valle dell'Orso, in corrispondenza delle sezioni 5a e 5b, le pareti rocciose sono relativamente distanti dalla base del versante e sono separate da essa da una falda di detrito, sovrapposta localmente a depositi glaciali, ben colonizzata dalla vegetazione e terrazzata nella sua parte inferiore. In ragione delle situazioni geometriche e strutturali per questo settore sono stati considerati un volume unitario medio dell'ordine di 0,25 m<sup>3</sup> ed un volume unitario massimo dell'ordine di 1-2 m<sup>3</sup>.

Il tratto di parete rocciosa posta a monte del settore centrale dell'abitato di Rogno, indicativamente a monte di via S. Giovanni e del cimitero, dove si trovano le sezioni 6, 7, 8 e 9, ha un'altezza variabile da 60 a 110 m con un'inclinazione media di circa 60° nel terzo inferiore e fino a 80° nella parte superiore. Alla base della parete si trova una falda di detrito colonizzata dalla vegetazione e con terrazzamenti nella sua parte inferiore, che nel settore est entra in coalescenza con i cono detritici posti a valle di alcune incisioni. Le condizioni di fratturazione della parete rocciosa e la presenza di volumi rocciosi sconnessi o disarticolati e potenzialmente instabili sono piuttosto variabili. Il volume modale, stimato in riferimento ai blocchi presenti nella falda di detrito ed ai volumi individuati dalle fratture persistenti ed aperte osservate in parete, è compreso tra 0,5 e 1 m<sup>3</sup> mentre il volume massimo considerato nella modellazione varia da 2 a 4 m<sup>3</sup>. Nel settore ovest (sezioni 6 e 7), soprattutto alla sommità, sono presenti delle situazioni con settori di ammasso roccioso interessati da rilascio tensionale, con fratture persistenti ed aperte che definiscono complessivamente volumetrie potenzialmente instabili dell'ordine del centinaio di m<sup>3</sup> con volumi unitari compresi tra 0,5 e 4 m<sup>3</sup>, al limite anche maggiori, fino a circa 9 m<sup>3</sup>. I blocchi presenti nella falda di detrito posta alla base presentano un volume modale dell'ordine di 0,5 m<sup>3</sup> e volumi maggiori fino a circa 3 m<sup>3</sup>.

Nel settore est, corrispondente alla sezione 8, la presenza di una discontinuità ben persistente che definisce buona parte della parete comporta condizioni di fratturazione minori, con presenza di poche situazioni favorevoli al distacco, situate soprattutto alla sommità e con volumi unitari minori.

Il tratto di parete posto a monte della zona del cimitero di Rogno è caratterizzato da una morfologia più articolata perchè comprende il fianco destro di una rientranza, definita dalla combinazione di incisioni impostate normalmente alla direzione della parete e di incisioni disposte parallelamente alla direzione della parete, alla base della quale si è formato un cono di detrito in coalescenza con le falde dei settori adiacenti. La formazione della rientranza è legata ai fenomeni di rilascio tensionale governati dalla famiglia di fratture disposta parallelamente al versante.

Le pareti rocciose a monte dalla zona del cimitero sono prevalentemente subverticali con altezza media dell'ordine di 100 m e le condizioni degli ammassi rocciosi sono caratterizzate da un grado di fratturazione e di alterazione relativamente basso per i settori di parete rivolti verso sud, mentre il grado di fratturazione diventa medio per i tratti di parete che determinano le rientranze. L'osservazione delle dimensioni dei blocchi presenti in corrispondenza della falda di detrito ha messo in evidenza un volume modale medio dell'ordine di 0,25-1,0 m<sup>3</sup>, mentre il volume modale maggiore varia da 1 m<sup>3</sup>, nella parte superiore della falda, a 2-3 m<sup>3</sup> nella inferiore della falda. I volumi maggiori osservati nella falda di detrito sono dell'ordine di 3 e 11 m<sup>3</sup> nella parte superiore e 3, 45 m<sup>3</sup> nella parte inferiore. Osservando la parete rocciosa invece i volumi maggiori dei singoli blocchi parzialmente disarticolati e potenzialmente instabili sono dell'ordine di 2 m<sup>3</sup> nella zona dello spigolo est della parete e fino a 2-4 m<sup>3</sup> nella parte superiore, dove sono però parzialmente suddivisi da fratture interne; rispetto alle volumetrie d'insieme sono presenti situazioni con possibilità di distacco di volumi complessivi dell'ordine di 10-60 m<sup>3</sup>. Volumi unitari e complessivi ben maggiori riguardano invece il settore di parete adiacente

Il tratto di parete posto a monte del settore est dell'abitato di Rogno, indicativamente di via Nazionale, presenta una morfologia caratterizzata da incisioni relativamente ampie, disposte secondo fratture disposte normalmente al versante, che definiscono due torrioni entro un motivo a gradoni disposti parallelamente al versante e separati tra

loro da trincee o stretti ripiani. Questa morfologia deriva da fenomeni di rilascio tensionale del versante: fenomeni legati alla rimozione di sostegno al piede conseguente all'erosione glaciale ed al successivo ritiro dei ghiacci, che hanno portato a deformazioni gravitative, rigide entro gli orizzonti più competenti arenacei e conglomeratici, con fessure di trazione verticale parallele alla parete, e plastiche, poco inclinate, entro gli orizzonti delle siltiti.

Le pareti, che costituiscono le scarpate dei gradoni ed i fianchi delle incisioni sono in genere subverticali, con altezza medie di circa 100 m. Alla base di questo tratto di parete si trova una falda di detrito in continuità laterale con il cono dell'incisione posta a est del cimitero. La falda è colonizzata dalla vegetazione e terrazzata nella parte inferiore.

Le situazioni morfologiche e strutturali nell'ambito di questo settore di parete sono piuttosto variabile. Le condizioni di fratturazione del settore ovest del fianco destro e della sommità dell'incisione posta ad est del cimitero (subito ad est della sezione 9) sono in media relativamente basse, con possibilità di distacco di volumi unitari da 0,5 a 2 m<sup>3</sup>, ma con situazioni locali caratterizzate da volumi unitari fino a 4 m<sup>3</sup>. Condizioni di maggiore fratturazione si trovano in corrispondenza del fianco sinistro dove si ha un settore di ammasso scomposto in blocchi sconnessi e disarticolati con dimensioni medie di circa 1 m<sup>3</sup> e volumetria complessiva di qualche decina di m<sup>3</sup>. Alla sommità del torrione ovest (sezione 9a), si trova una situazione caratterizzata da fratture verticali persistenti ed aperte che definiscono un blocco roccioso, con la base apparentemente ancora connessa al resto dell'ammasso, del volume di circa 300 m<sup>3</sup>. Localmente sono presenti in parete blocchi parzialmente disarticolati con volumi unitari fino a circa 12 m<sup>3</sup>. Il settore orientale di questo tratto, corrispondente al torrione est ed alla incisione che separa i due torrioni (sezioni 10, 10b e 10c), presenta in media un grado di fratturazione minore, con volumetrie potenzialmente instabili inferiori, sia a livello complessivo sia a livello di volumi unitari, che in media sono dell'ordine di 0,5 m<sup>3</sup>, ed al massimo di 2-4 m<sup>3</sup>.

#### 6.1.b.2. - Rogno-Bessimo

Una situazione strutturale analoga alla precedente per quanto riguarda i volumi unitari caratterizza anche le pareti rocciose poste nel tratto di versante compreso tra Rogno e Bessimo, dalla sezione 10a alla sezione 15. Questo tratto di versante è caratterizzato da pareti subverticali relativamente regolari, con altezze compresa tra 80 e 120 m, alla base delle quali si trova una falda di detrito ampia e piuttosto ripida, colonizzata dalla vegetazione e per buona parte terrazzata. Attualmente le pratiche agricole sono però limitate ai terrazzamenti inferiori e nella parte media e superiore i terrazzamenti sono stati invasi del bosco e molti tratti dei muri di sostegno in pietra a secco sono in cattivo stato di manutenzione.

#### 6.1.b.3. - Bessimo

Le pareti rocciose che costituiscono il settore di versante poste a monte dell'abitato di Bessimo di Rogno, in corrispondenza delle sezioni 16, 17 e 18, sono costituite dalla formazione delle Vulcaniti di Auccia, che affiora alla base del versante, fino alla quota di circa 280 m e dalla formazione del Verrucano Lombardo che affiora nella fascia superiore, formando in particolare le pareti rocciose comprese all'incirca tra le quote di 360 e 450 m. Altre pareti in Verrucano si trovano nella fascia superiore, tra le quote di 500 e 700 m circa, ma sono poco significative per i fenomeni di caduta di blocchi che possono la base del versante sia per la presenza di una falda intermedia

sia perchè i blocchi in caduta tendono ad incanalarsi lungo le linee di impluvio, e sono poche le possibilità di blocchi, necessariamente di grosse dimensioni. In grado di raggiungere il fondovalle.

Le pareti rocciose costituite dalle rocce delle Vulcaniti di Auccia sono di altezza contenuta e possono dar luogo principalmente a caduta di blocchi che si arrestano a breve distanza dalla pareti. Le pareti rocciose costituite dal Verrucano Lombardo presentano invece situazioni caratterizzate dalla possibilità di distacco di blocchi con volumetrie singole relativamente elevate e localizzate in settori di ammasso roccioso interessati da fenomeni di rilascio tensionale secondo linee di frattura disposte con direzione subparallela alla direzione del versante, con tratti di trincee ben evidenti. In ragione delle condizioni strutturali si sono assunti come rappresentativi un volume unitario medio dell'ordine di  $0,5 \text{ m}^3$  ed un volume unitario massimo dell'ordine di  $3 \text{ m}^3$ .

#### 6.1.b.4. - Rondinera

Le pareti rocciose che costituiscono il settore di versante poste a monte dell'abitato di Rondinera ed il settore di versante compreso tra Rondinera e Rogno sono costituite dalla formazione delle Vulcaniti di Auccia, che affiora alla base del versante, non oltre la quota di circa 260 m, e soprattutto dalla formazione del Verrucano Lombardo che affiora nella fascia superiore, formando le pareti rocciose comprese all'incirca tra le quote di 260-350 m ed il ripiano del terrazzo morfologico di S. Vigilio, impostato nel Servino. Alla base del versante tra Rondinera e Rogno compaiono localmente anche tratti di parete impostati nel Dosso dei Galli, ma di piccola altezza e quindi non significativi.

Nel settore di versante posto a monte di Rondinera, in corrispondenza delle sezioni 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, i tratti di parete rocciosa che costituiscono il versante sono separati da ripiani relativamente ampi e la possibilità di fenomeni di distacco riguarda principalmente il Verrucano Lombardo, rappresentato da ammassi rocciosi relativamente poco fratturati e poco alterati, per i quali si sono assunti un volume unitario medio dell'ordine di  $0,15-0,25 \text{ m}^3$  ed un volume unitario massimo dell'ordine di  $0,5-1 \text{ m}^3$ .

#### 6.1.b.5. - Rogno-Rondinera

Nel tratto compreso tra Rogno e Rondinera, dove si trovano le sezioni 2, 3, 4 e 5, le pareti rocciose che costituiscono il versante sono relativamente continue, separate solo da stretti ripiani. Le condizioni strutturali sono relativamente omogenee, con gli ammassi rocciosi del Verrucano generalmente poco fratturati e con poche situazioni favorevoli al distacco di blocchi, sia pure con volumetrie unitarie consistenti, e situazioni di maggiore fratturazione e maggiore probabilità di distacco in corrispondenza degli ammassi rocciosi delle Vulcaniti di Auccia, con volumetrie localmente considerevoli. Le condizioni di maggiore fratturazione e di maggiore pericolosità per fenomeni di distacco si sono riscontrate lungo i fianchi dell'incisione che solca il versante all'incirca a metà strada tra Rondinera e Rogno, dove si sono verificati in passato fenomeni di caduta con relativa frequenza e dove, tra il 1980 e il 1990, è stato realizzato un tratto di barriera paramassi a protezione di alcune abitazioni (sezione 4).

Per queste pareti sono stati considerati un volume unitario medio dell'ordine di  $0,15-0,5 \text{ m}^3$  ed un volume unitario massimo compreso tra 1 e  $6 \text{ m}^3$ .

#### 6.1.b.6. - Monti

Per la zona di Monti è stato considerato un tratto della parete rocciosa sovrastante il settore est dell'abitato, in posizione esterna al nucleo storico. La parete rocciosa è subverticale, costituita dalla formazione del Calcere di Angolo rappresentato da calcari e calcari marnosi in strati da medi a sottili con locali banchi. L'ammasso roccioso è caratterizzato da un grado di fratturazione medio-basso, con presenza di situazioni geometriche caratterizzate da frammenti e blocchi rocciosi parzialmente o completamente disarticolati che possono dar luogo a fenomeni di distacco. Anche in ragione delle dimensioni dei blocchi presenti in corrispondenza della falda di detrito, colonizzata, sottostante alla parete sono stati considerati un volume unitario medio dell'ordine di  $0,25 \text{ m}^3$  ed un volume unitario massimo dell'ordine di  $1 \text{ m}^3$ .

### **6.3. VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA NELLE AREE COMPRESSE NELLA FASCIA C INDIVIDUATA DA UN LIMITE DI PROGETTO TRA LA FASCIA B E LA FASCIA C.**

In questa sede sono state riprese le considerazioni relative ad uno studio, redatto anche dallo scrivente, (*Valutazione delle condizioni di pericolosità idraulica nelle aree comprese nella fascia C individuata da un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C - Alberti, Bertoni; aprile 2002*) e finalizzato a valutare le condizioni di pericolosità idraulica delle aree del territorio comunale di Rogno comprese nella fascia C individuata da un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C, in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365.

Il settore di piana alluvionale situato in destra idrografica e compreso nel territorio comunale di Rogno è infatti caratterizzato dalla presenza di due aree comprese nella fascia C ed individuate da un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C: la prima area si trova tra Bessimo Superiore e Rogno, la seconda area si sviluppa invece a valle dell'abitato di Rogno, comprendendo la frazione di Rondinera e proseguendo nel territorio del comune di Costa Volpino a comprendere la frazione di Fermata Castello .

La prima area può essere suddivisa in due settori:

- il settore a monte, nella zona di Bessimo, è intensamente urbanizzato, occupato principalmente da insediamenti di tipo industriale ed artigianale e secondariamente da fabbricati residenziali: il limite di progetto corre a ridosso dell'area urbanizzata e solo in posizione molto interna rispetto al limite rimangono dei lotti liberi.
- il settore di valle, posto all'altezza di Rogno, è invece urbanizzato solo parzialmente, con fabbricati residenziali; anche in questo caso la linea di progetto borda la zona urbanizzata.

La seconda area è intensamente urbanizzata in corrispondenza del nucleo della frazione Rondinera, con edilizia principalmente di tipo residenziale e solo subordinatamente di tipo artigianale e industriale, mentre nelle zone più

distanti dalla frazione è solo parzialmente urbanizzata con fabbricati residenziali ed agricoli. Il limite di progetto tra la fascia C e la fascia B borda l'area urbanizzata con spazi liberi relativamente ampi al suo interno.

La valutazione delle condizioni di pericolosità idraulica contenuta nello studio in oggetto è stata condotta adottando il metodo di approfondimento definito dagli indirizzi contenuti nell'Allegato 3 alla .g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365.

Sull'area in esame era già stato condotto in precedenza, da parte della Comunità Montana di Valle Camonica, uno studio idraulico finalizzato alla perimetrazione delle aree di esondazione del fiume Oglio, redatto in riferimento a sezioni di rilievo ed a sezioni ricavate da carte aerofotogrammetriche alla scala 1:2.000, più recenti e di maggiore dettaglio rispetto alla CTR alla scala 1:10.000 utilizzata come riferimento per la cartografia del PAI. Al fine di procedere alle valutazioni di pericolosità idraulica del Fiume Oglio nel settore in esame (considerando, in accordo con la cartografia PAI, che la possibilità di esondazione riguardasse il tratto di fiume posto a valle della zona di Bessimo superiore, a partire dalla zona dell'impianto di trattamento di inerti della ditta Beton Camuna spa) sono quindi state riutilizzate le stesse sezioni servite per lo studio idraulico redatta dalla Comunità Montana di Valle Camonica, integrate da altre sezioni ricavate da vari rilievi aerofotogrammetrici alla scala 1 :2.000.

Sulla base di quella cartografia nello studio oggetto sono state ricavate 40 sezioni dell'alveo del fiume Oglio posizionate in modo da rappresentare le singolarità dell'alveo e delle zone di piana nel tratto in esame. Nello studio in oggetto le verifiche idrauliche sono state condotte ricostruendo i profili liquidi di moto permanente gradualmente vario con il programma HEC-RAS, versione 3.0.1, ed assumendo come valori di portata di massima piena per un tempo di ritorno di 200 anni i valori stimati dall'Autorità di Bacino per le sezioni comprese nel tratto di fiume in esame.

La modellazione degli eventi di piena e di esondazione condotta nello studio in esame è stato sviluppato secondo i passaggi seguenti:

- verifiche idrauliche e modellazione della piena, con riferimento alla portata stimata dall'Autorità di Bacino, lungo un tratto significativo del fiume Oglio, esteso dalla zona di Bessimo superiore fino al confine con il territorio del comune di Costa Volpino, al fine di individuare le sezioni critiche e definire le zone di eventuale esondazione. Secondo la modellazione le sezioni critiche sono localizzate nella parte superiore del tratto in esame, dove si può avere la fuoriuscita dell'acqua sia sulla sponda destra sia sulla sponda sinistra. Tuttavia, a favore di sicurezza, è stato ipotizzato che tutta la portata in uscita defluisse lungo la sponda destra, secondo un ordine di grandezza di  $120 \text{ m}^3/\text{sec}$ , per poi ritornare in alveo poco a valle della sezione critica. A valle di queste sezioni non si ha più esondazione verso la sponda destra.
- modellazione delle acque di esondazione in destra idrografica, sia lungo la fascia posta a ridosso del limite di progetto (per verificare le condizioni di deflusso delle acque di esondazione una volta realizzati gli interventi relativi al limite di progetto), sia in corrispondenza dei settori di piana alluvionale in esame (per valutare le attuali condizioni di pericolosità nell'area, priva degli interventi relativi al limite di progetto): nonostante buona parte delle acque di esondazione ritornino nell'alveo del fiume in corrispondenza del restringimento della piana stessa, determinato dalla presenza del conoide alluvionale della Valle dell'Orso, nella modellazione (a

favore della sicurezza) si è considerando che le acque di esondazione non rientrino nell'alveo, ma rimangano tutte nella piana alluvionale.

Nella prima ipotesi, quindi, si sono modellate le acque di esondazione considerando come sezione disponibile al deflusso il settore di piana compreso tra la sponda del fiume e la posizione limite di progetto tra la fascia B e C, in modo da valutare il comportamento idraulico nell'eventualità di realizzazione di un argine lungo la linea di progetto: in questo caso, sia le altezze del tirante idrico che le velocità della corrente sono state tali per cui risultano verificate le condizioni di area urbanizzabile a seguito della realizzazione di opere di mitigazione del rischio, con gli accorgimenti costruttivi definiti nell'art. 4 dei criteri di compatibilità idraulica e delle proposte di uso del suolo nelle aree a rischio idraulico contenute nell'allegato 3 alla d.g.r. 29 ottobre 2001 n. 7/6645.

Nella seconda ipotesi, si sono modellate le acque di esondazione in modo da valutare le altezze del tirante idrico nel caso di deflusso in tutta la piana posta in destra idrografica. Dapprima non si è considerata la presenza dei fabbricati esistenti (in tal caso, valido per la zona di piana a valle della confluenza della valle dell'Orso, essendo urbanizzata in modo meno intensivo, il deflusso si concentra nelle zone depresse dei canali abbandonati), ed in seguito si è elaborata una modellazione con l'inserimento delle sagome dei fabbricati (accettabile per il tratto di piana posto a monte del conoide della Valle dell'Orso dove l'urbanizzazione, di tipo artigianale ed industriale, è piuttosto intensa): questa modellazione porta di fatto ad individuare degli assi di deflusso in corrispondenza delle strade che percorrono la piana alluvionale.

I risultati delle modellazioni condotte nello studio in oggetto per le acque di esondazione, tutte largamente a favore della sicurezza, hanno evidenziato velocità della corrente e tiranti idrici in accordo con le condizioni di area urbanizzabile a seguito di opere di mitigazione del rischio e con accorgimenti costruttivi definiti nell'art. 4 dei criteri di compatibilità idraulica e delle proposte di uso del suolo nelle aree a rischio idraulico contenute nell'allegato 3 alla d.g.r. 29 ottobre 2001 n. 7/6645. Nello studio in oggetto le aree in esame sono state quindi assegnate alla classe di fattibilità 3 e sono state individuate delle prescrizioni vincolanti che sono state riproposte in questa sede nel capitolo relativo alla Fattibilità Geologica.

## 7. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

### 7.1 – NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Con l'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*" (G.U. n° 105 del 8/05/2003, suppl. ord. n. 72), sono state individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, contestualmente al dm 14/09/2005 "*Norme Tecniche per le costruzioni*" (G.U. n° 222 del 23/09/2005, suppl. ord. n. 159).

A partire da tale data è in vigore quindi la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni; la Regione Lombardia, con la dgr n° 14964 del 7 Novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata ordinanza 3274/03.

Si è quindi passati dalla precedente classificazione sismica di cui al dm 5 marzo 1984 alla attuale definita dall'ordinanza 3274/03, secondo la quale il territorio del Comune di Rogno ricade in zona sismica 4 (dove si hanno basse possibilità di subire danni sismici) individuata secondo valori di accelerazioni orizzontali con probabilità di superamento del 10% in 50 anni inferiori a 0,05 g (dove g è l'accelerazione di gravità).

Nella carta dei valori della pericolosità sismica del territorio nazionale calcolati su una griglia con passo di 0,02° (allegato 1b all'Ordinanza PCM n° 3519 del 28 aprile 2006) il territorio di Rogno rientra invece in una fascia per la quale sono stati individuati valori di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni compresi tra 0,075g e 0,100g. Questa cartografia non ha attualmente valore normativo, ma costituisce comunque un riferimento scientifico ufficiale.

Per l'entrata in vigore del dm 14/09/2005 "*Norme Tecniche per le costruzioni*", è comunque previsto un periodo sperimentale di 18 mesi di non obbligatorietà dell'applicazione delle norme in esso contenute; durante questo periodo da intendersi di "regime transitorio" è possibile applicare in alternativa la normativa previgente in materia. Analogamente, per quanto riguarda i valori del grado di sismicità da adottare nella progettazione, nelle zone sismiche già classificate e di nuova classificazione, per il periodo transitorio di 18 mesi, si possono utilizzare sia le norme di cui agli allegati tecnici dell'ordinanza n° 3274/2003 sia le norme previgenti. Attualmente il periodo transitorio è stato prorogato al 31 dicembre 2007 (comma 4-bis, art. 3, L. 26 febbraio 2007 n. 17).

Alla luce della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 con la quale la Regione Lombardia imponeva l'obbligo, in zona 4, della progettazione antisismica esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti (così come individuati nel dduo n° 19904 del 21 novembre 2003, secondo la dgr 22 dicembre 2005 n°8/1566 si ritiene corretto considerare le specifiche di "sismicità media" (S=9) per i Comuni in zona 2 e di "sismicità bassa" (S=6) per i Comuni sia in zona 3 che in zona 4. Tali specifiche possono essere adottate anche nel caso di edifici non rientranti tra quelli considerati strategici e rilevanti.

## 7.2 – RISPOSTA SISMICA LOCALE

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi che vanno a sovrapporsi e sommarsi a quelli del sisma; tali effetti devono essere considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica di una data area e costituiscono l'oggetto della "componente sismica" del Piano di Governo del Territorio di cui alla dgr 22 dicembre 2005 n° 8/1566.

Tali effetti, in funzione delle caratteristiche del terreno presente, vengono distinti in due gruppi: gli effetti di sito (o di amplificazione sismica locale) e gli effetti di instabilità.

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche e sono rappresentati dall'insieme delle modifiche che un moto sismico (terremoto di riferimento) relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire presso la superficie topografica o durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock. Tali effetti si distinguono a loro volta in due sottogruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito.

- 1 - Gli effetti di amplificazione topografica, che si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate, che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche presso la cresta dei rilievi e i ripiani sovrastanti le scarpate, con conseguente amplificazione delle onde stesse a causa di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto.
- 2- Gli effetti di amplificazione litologica, che si verificano quando sono presenti profili stratigrafici con determinate proprietà meccaniche sovrastanti il bedrock, che portano all'esaltazione locale delle azioni sismiche causate da fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrazione del terreno e della sovrastruttura.

Gli effetti di instabilità interessano invece tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese, che può rivelarsi incompatibile con la stabilità delle strutture presenti. I principali effetti di instabilità sono i seguenti.

- Fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali, colamenti eccetera) per i quali il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento a causa dell'accelerazione esercitata o a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.
- Movimenti relativi verticali e orizzontali tra diversi settori areali posti in corrispondenza di faglie sismogenetiche, che portano a scorrimenti e cedimenti differenziali (tali fenomeni sono possibili solo per terremoti di magnitudo molto elevata e in presenza di particolari strutture geologiche affioranti o sepolte).
- Fenomeni di rottura connessi a deformazione permanente del suolo nel caso di terreni caratterizzati da proprietà fisico-meccaniche particolarmente scadenti; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di addensamento del materiale mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi sono possibili fluimenti e colamenti a causa di fenomeni di liquefazione.

- Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati, legati al crollo parziale o totale delle cavità sotterranee.

### **7.2.a. Metodologia per l'analisi della risposta sismica**

Nel presente paragrafo viene riassunta la metodologia definita dalla d.g.r. 22 dicembre 2005 n° 8/1566 per l'analisi della risposta sismica in un dato territorio comunale, in adempimento a quanto previsto dal DM 14/09/2005, dall'OPCM n° 3274 del 20 Marzo 2003 e dal dduo n° 19904 del 21/11/2003. Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, in funzione della classificazione sismica del Comune, dell'importanza degli edifici interessati e della fase di lavoro (pianificatoria o progettuale).

- **Analisi di primo livello:** è un approccio di tipo qualitativo che consiste nel riconoscimento delle situazioni passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità sulla base di dati esistenti, cartografie di inquadramento, osservazioni geologico-geomorfologiche, topografiche e morfometriche del territorio. Tale livello, obbligatorio per tutti i comuni, prevede la redazione della "Carta della pericolosità sismica locale" su tutto il territorio comunale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale e lineare delle diverse situazioni tipo definite nella legenda (che verrà illustrata nel successivo paragrafo) di cui all'allegato 5 alla d.g.r. 22 dicembre 2005 n° 8/1566, in grado di determinare gli effetti sismici locali e denominate "scenari di pericolosità sismica locale" (zone PSL da Z1 a Z5).
- **Analisi di secondo livello:** è un approccio di tipo semi-quantitativo che si applica nelle sole aree passibili di amplificazione perimetrata nella carta della pericolosità sismica locale (zone PSL Z3 e Z4); permette di determinare un valore numerico (fattore di amplificazione sismica locale -  $F_a$ ) che fornisce una stima dell'effettiva risposta sismica delle situazioni individuate tramite il primo livello. Per applicare tale procedura (per i dettagli sulla quale si rimanda all'allegato 5 alla dgr 22 dicembre 2005 n° 8/1566) sono necessari, relativamente alle situazioni individuate, dati più approfonditi di tipo morfometrico, litologico-stratigrafico e geofisico (questi ultimi in particolare relativi alla velocità di propagazione nel terreno delle onde sismiche di taglio). L'analisi di secondo livello è obbligatoria per i comuni ricadenti in zona sismica 2 e 3, nelle zone interferenti con l'urbanizzato e nelle aree di espansione urbanistica; nei comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle situazioni in cui si prevede la realizzazione o l'ampliamento di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al dduo n° 19904/03). Il valore di  $F_a$  determinato con l'applicazione del secondo livello deve essere confrontato con "valori soglia" definiti dalla Regione Lombardia per ogni comune, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente a tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione sismica locale ( $F_a < \text{soglia}$ ) o insufficiente ( $F_a > \text{soglia}$ ).
- **Analisi di terzo livello:** è un approccio di tipo quantitativo e consiste nella determinazione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi ancor più approfondite (per la descrizione delle quali si rimanda all'allegato 5 alla dgr 22 dicembre 2005 n° 8/1566). Le analisi di terzo livello si applicano in fase progettuale nelle aree passibili di effetti di instabilità individuate con il primo livello (zone PSL Z1 Z2 e Z5) e nelle aree analizzate con il secondo livello per le quali si è ottenuto un valore di  $F_a$  superiore alla soglia; in quest'ultimo

caso, in fase progettuale, in alternativa all'applicazione del terzo livello è possibile utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore. Nei comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nei confronti di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al dduo n° 19904/03). Il terzo livello 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 ferroviarie o viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti sociali essenziali.

Nella carta della fattibilità delle azioni di piano devono essere riportate con appositi retini trasparenti le aree a pericolosità sismica locale distinguendo quelle con Fa maggiore del valore soglia comunale da quelle con Fa minore.

### 7.3. ANALISI DI PRIMO LIVELLO - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI PRIMO LIVELLO

Come precedentemente esposto, il territorio del Comune di Rogno ricade in zona sismica 4 ed è quindi prevista obbligatoriamente l'applicazione dell'analisi di primo livello per tutto il territorio comunale e del secondo livello per le zone individuate come passibili di amplificazione sismica nelle situazioni in cui si prevede la realizzazione o l'ampliamento di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al dduo n° 19904/03).

Nel caso in esame è stata applicata l'analisi di primo livello all'intero territorio comunale tramite redazione della carta di pericolosità sismica locale; è stata inoltre applicata l'analisi di secondo livello all'area della palestra e delle scuole elementari e medie di via Giusti, nell'ambito della quale è intenzione dell'Amministrazione Comunale realizzare in futuro un nuovo asilo nido (considerato opera rilevante secondo il dduo n° 19904/03).

Per quanto riguarda l'analisi di primo livello, conformemente a quanto richiesto dalla normativa, sono state individuate le aree passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità, tramite redazione della Carta di pericolosità sismica locale alla scala 1:10.000 (Tavola 4); tale carta è stata realizzata in base all'analisi dei dati topografici, e all'analisi della cartografia geologica del PGT, di base (carta litologica e morfologica) e di sintesi.

Come legenda di tale carta è stata utilizzata quella di riferimento definita nell'allegato 5 alla dgr 22/12/2005 n° 8/1566 e di seguito esposta:

<b>SIGLA</b>	<b>SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>EFFETTI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE</b>
<b>Z1a</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	<i>Instabilità (attivazione-riattivazione accelerazione movimenti)</i>
<b>Z1b</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
<b>Z1c</b>	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
<b>Z2</b>	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	<i>Instabilità (cedimenti-liquefazioni)</i>

<b>SIGLA</b>	<b>SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</b>	<b>EFFETTI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE</b>
<b>Z3a</b>	Zona di ciglio H>10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	<i>Amplificazioni topografiche</i>
<b>Z3b</b>	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
<b>Z4a</b>	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	<i>Amplificazioni litologiche</i>
<b>Z4b</b>	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide delizio-lacustre	
<b>Z4c</b>	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	
<b>Z4d</b>	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
<b>Z5</b>	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	<i>Instabilità (comportamenti differenziali)</i>

Negli scenari Z1 a e b sono state inserite rispettivamente le zone caratterizzate da movimenti franosi attivi e quiescenti (nicchia e accumulo), ricavate dall'analisi della carta morfologica alla scala 1:10.000 (allegato 2). Lo scenario Z1 c è stato suddiviso in tre categorie: nella prima sono state inserite le aree rappresentate nella carta morfologica come "frane senza evidenze di attività" (nicchia e accumulo) in quanto potenzialmente franose (Z1 c'), nella seconda categoria sono state inserite le pareti rocciose interessate da fenomeni di crollo e le aree potenzialmente raggiungibili dai blocchi in caduta (ricavate dalla carta di sintesi alla scala 1:10.000) in quanto zone potenzialmente franose e zone esposte a rischio frana (Z1 c''), mentre nella terza categoria sono state inserite le aree rappresentate nella carta di sintesi come "aree interessate da carsismo profondo" in quanto potenzialmente soggette a fenomeni di subsidenza (Z1 c''').

Nello scenario Z2 sono state inserite le "aree con caratteristiche geotecniche scadenti" individuate nella cartografia di sintesi alla scala 1:10.000.

Per quanto riguarda lo scenario Z3a sono state indicate le linee corrispondenti al ciglio di scarpate aventi altezza superiore a 10m, ricavate dalla carta morfologica alla scala 1:10.000 (margine di terrazzi morfologici, orlo di scarpate di cava e di erosione torrentizia ...) e dall'analisi della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 (linee di sommità delle pareti rocciose, rotture di pendenza molto marcate lungo i versanti, ...). Per quanto riguarda lo scenario Z3b sono state indicate le linee di cresta individuate in base all'analisi della Carta Tecnica Regionale.

Nello scenario Z4 sono state inserite le aree caratterizzate dalla presenza di depositi superficiali con spessore indicativamente superiore a 5 m (spessore massimo di copertura superficiale che una formazione a comportamento rigido - categoria di suolo di fondazione di tipo A - può presentare secondo il dm 14/09/2005), desunte dall'analisi della carta litologica alla scala 1:10.000. Nella categoria Z4a sono stati inseriti i depositi alluvionali fluviali di fondovalle (piana del Fiume Oglio e alcuni tratti di fondovalle della valle dell'Orso), nella categoria Z4b i depositi di conoide alluvionale e le falde di detrito, nella categoria Z4c i depositi glaciali e nella categoria Z4d i depositi colluviali.

Per quanto riguarda lo scenario Z5 , sono state indicate come linee di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse tutti i limiti esterni delle zone Z4 a contatto con substrato roccioso affiorante, subaffiorante o con deposito superficiale avente spessore indicativamente inferiore a 5 m.

Si sottolinea che la carta di pericolosità sismica realizzata ha valore di inquadramento ed è da considerarsi come riferimento e punto di partenza per l'applicazione di eventuali successivi livelli di approfondimento. Per i futuri interventi edilizi, nel caso in cui si debba (edifici strategici e rilevanti) o si voglia determinare il reale effetto sito in fase progettuale, sarà necessario valutare nel dettaglio, in sede di relazione geologico-tecnica associata al progetto dell'intervento, l'effettiva presenza o meno di situazioni passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità (fenomeni di instabilità di versante o di carsismo sotterraneo, presenza di terreni particolarmente scadenti o passibili di liquefazione, presenza di cigli di scarpate o creste, presenza di depositi superficiali con spessore superiore a 5 m, presenza di contatti fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse).

#### **7.4. ANALISI DI SECONO LIVELLO - AREA DEL POLO SCOLASTICO DI ROGNO**

Dai risultati dell'analisi di primo livello, l'area della palestra e delle scuole elementari e medie di via Giusti, nell'ambito della quale è intenzione dell'Amministrazione Comunale realizzare in futuro un nuovo asilo nido) ricade in uno scenario di tipo Z4b (in quanto il sottosuolo è costituito dai depositi di conoide alluvionale del torrente Valle dell'Orso in facies distale) ed è quindi soggetta a possibile amplificazione delle onde sismiche per motivi litologici.

Su tale area è stata quindi condotta l'analisi di secondo livello; i dati geofisici sono stati ottenuti mediante esecuzione di un'indagine geofisica ReMi, mentre i dati stratigrafici e litologici sono stati desunti da indagini precedenti (indagine per la realizzazione della palestra con realizzazione di prove penetrometriche e scavi d'ispezione) e da dati relativi a zone limitrofe (stratigrafia del pozzo comunale posto nelle adiacenze dell'area in esame - vedi parte idrogeologica della presente relazione, paragrafo 5.2.b).

I paragrafi che seguono contengono la descrizione dell'indagine geofisica condotta e dei dati con essa ottenuti e l'applicazione della procedura di secondo livello per la determinazione del valore di Fa.

##### ***7.4.a. - Indagine geofisica per la determinazione delle velocità delle onde sismiche di taglio (Vs)***

Per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (Vs) nel sottosuolo del sito in esame è stata condotta un'indagine geofisica di superficie "ReMi" (Refraction Microtremor). Tramite questa tecnica è possibile ricostruire il profilo della velocità delle Vs nel sottosuolo utilizzando per l'acquisizione dei dati la stessa strumentazione utilizzata nella sismica a rifrazione tradizionale utilizzando però, come fonte di energizzazione, il "rumore" sismico ambientale presente naturalmente e/o prodotto da fonti antropiche. Le basi teoriche sulle quali si basa il metodo sono le stesse dell'analisi spettrale delle onde di superficie (SASW) e della multi analisi delle onde di superficie (MASW ).

Per l'acquisizione dei dati sul terreno è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- sismografo multicanale (24 canali) "PASI" capace di acquisire fino a 36000 campioni per canale con intervallo di campionamento da 1 a 2 ms.
- 24 geofoni verticali con frequenza di risonanza di 4.5 Hz.
- 2 cavi sismici per il collegamento dei geofoni, con spaziatura massima pari a 10 metri.

L'analisi e l'interpretazione ReMi dei dati acquisiti viene eseguita utilizzando un software appropriato e consiste in primo luogo nella trasformazione dei dati in una rappresentazione grafica del rapporto tra la frequenza dell'energia spettrale delle onde di taglio e la velocità (o lentezza) delle stesse (vedi allegato 3a), sul quale viene selezionata una curva di dispersione consistente nel limite inferiore della velocità dell'energia spettrale delle onde di taglio in rapporto al trend della frequenza, rappresentata dai quadretti in figura. Successivamente viene modellata una curva di dispersione (curva continua in figura 3a) con strati multipli e velocità delle onde S tali da far combaciare la curva di dispersione risultante dai dati acquisiti, ottenendo così i grafici dell'andamento delle Vs con la profondità (vedi allegato 3b) che, nel caso dell'indagine svolta, sono relativi al centro dello stendimento geofonico.

Nell'ambito della presente indagine è stato eseguito uno stendimento con distanza intergeofonica pari a 4 m e lunghezza complessiva di 92 m, centro posto in prossimità della centrale termica del complesso scolastico e direzione parallela al confine con le aree poste a valle (l'ubicazione è riportata nell'allegato 3c); in questo modo sono stati ottenuti i profili rappresentati nell'allegato 3b, relativi all'andamento delle velocità delle Vs con la profondità nel sottosuolo dell'area in esame, fino alla profondità massima di 40 m. Le velocità sono crescenti a partire dalla superficie; i valori ottenuti sono rappresentativi di depositi sciolti poco addensati fino alla profondità di 15 m e di depositi più addensati al di sotto dei 15 m. Si sottolinea che alla massima profondità raggiunta dall'indagine non è stato raggiunto il valore di Vs pari ad 800 m/s indicativo di materiale a comportamento rigido dal punto di vista sismico.

#### **7.4.b. Calcolo delle "Vs30" (velocità di taglio nell'ambito dei primi trenta metri di sottosuolo) e determinazione della categoria di suolo di fondazione secondo il DM 14/09/2005**

Sulla base dei dati sismici ottenuti come sopra esposto è stato possibile determinare il parametro  $V_{s30}$  secondo quanto definito nel D.M. 14 Settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni":

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} h_i / V_i}$$

Dove :

$h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;

$V_i$  = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $g < 10^{-6}$ ) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;

N = numero strati nell'ambito dei primi 30 metri di sottosuolo.

Dallo sviluppo del calcolo si ottiene un valore di  $V_{s30}$  pari a :  $V_{s30}$  (misurata con tecnica ReMi) = **477,23 m/s**

In riferimento alla classificazione delle categorie di suolo di fondazione secondo il DM 14/09/2005 (basata sul parametro  $V_{s30}$ ), in base ai risultati ottenuti il sottosuolo dell'area in esame ricade nella categoria "B" definita come segue: "depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o di 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  $V_{s30}$  compresi tra 360 e 800 m/s, ovvero resistenza penetrometrica media  $N_{spt} > 50$ , o coesione non drenata media  $c_u > 250$  KPa".

#### **7.4.c. Valutazione del fattore di amplificazione sismica locale (Fa)**

Il fattore di amplificazione sismica locale Fa è stato determinato applicando la metodologia proposta nell'allegato 5 alla dgr 22/12/2005 n° 8/1566 al fine di valutare se, per il sito in esame, l'applicazione della Normativa sismica vigente (che prevede l'utilizzo dei parametri associati alla zona sismica 4) sia da considerarsi sufficiente o meno a tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione sismica che si possono verificare nel sito per effetti litologici; per questo scopo, una volta determinato, il valore di Fa deve essere confrontato con il "valore soglia", che è stato definito dalla Regione Lombardia per ogni singolo Comune. Tale valore, per suolo di tipo B e periodo compreso fra 0,1 e 0,5 secondi (corrispondente a fabbricati di altezza indicativamente inferiore a 5 piani), per il Comune di Rogno è pari a 0,8.

Nel seguito vengono esposti i passi di applicazione del metodo per la determinazione di Fa.

Per quanto riguarda la scelta della scheda di valutazione, secondo le indicazioni contenute nell'allegato 5 alla dgr 22/12/2005 n° 8/1566, la scheda deve essere scelta in base alla litologia prevalente presente nel sito, con successivo confronto fra l'andamento delle Vs con la profondità previsto nella scheda e andamento reale riscontrato nell'indagine; nel caso in esame, in base ai dati raccolti (scavi d'ispezione e stratigrafia del pozzo) la litologia prevalente è di tipo ghiaioso con abbondante matrice sabbioso-limosa, ma l'andamento delle Vs ottenuto nell'indagine non è compatibile con l'andamento delle Vs nella scheda della litologia ghiaiosa. Secondo quanto riportato nelle integrazioni all'allegato 5 alla dgr 22/12/2005 n° 8/1566, nel caso in cui esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata, ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda, può essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine; in accordo con tali indicazioni, la scelta della scheda di valutazione si è basata sul confronto fra il profilo di velocità delle onde S ricavato tramite la prova ReMi e i profili delle Vs delle schede attualmente disponibili nell'ambito della normativa. Tale confronto è schematizzato nel grafico dell'allegato 3b dal quale si evince che le schede compatibili con la situazione in esame sono, fino alla profondità di 30 m, la "limoso-argillosa 2" e la "limoso-sabbiosa 2"; la valutazione è stata fatta sulla scheda "limoso-sabbiosa 2" che presenta una maggiore affinità dal punto di vista litologico rispetto alla situazione in esame e il cui andamento delle Vs è compatibile anche oltre i 30 m.

Per quanto riguarda lo spessore e la velocità del primo strato, dai risultati della prova ReMi lo strato più superficiale ha spessore di 3,5 m e Vs pari a 176,063 m/s (per i primi 1,6 m) e a 269,239 m/s (da 1,6 a 3,5 m). Nell'ambito delle schede di valutazione, lo spessore minimo previsto per il primo strato è pari a 4 m; secondo i

risultati dell'indagine ReMi, il valore di Vs relativo ai primi 4 m di profondità è pari a 230, 64 m/s. Utilizzando tali dati si ottiene la curva di correlazione T-Fa (periodo-fattore di amplificazione) n° 2.

Per quanto riguarda la determinazione di T (periodo proprio del sito espresso in secondi) in base alle indicazioni della normativa, il calcolo deve essere svolto considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore delle velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente relazione:

$$T (s) = \frac{4 \times \sum_{i=1, N} h_i}{(\sum_{i=1, N} h_i \times Vs_i) / \sum_{i=1, N} h_i}$$

Dove :

$h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo;

$Vs_i$  = velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo;

N = numero strati.

Nel caso in esame l'indagine non ha raggiunto la profondità alla quale il valore delle Vs si porta ad 800 m/s; secondo le integrazioni all'allegato 5, in mancanza del raggiungimento del bedrock ( $Vs \geq 800$  m/s) è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s. Sulla base dell'andamento della velocità delle onde s con la profondità ottenuto nel caso in esame, si è ipotizzato il raggiungimento della velocità di 800 m/s alla profondità di 50 m.

Dallo sviluppo del calcolo si ottiene un valore di T pari a 0,327 secondi.

Infine, per quanto riguarda la determinazione del valore di Fa, fra i due grafici di correlazione T-Fa disponibili è stato utilizzato quello relativo al periodo proprio della tipologia edilizia compreso fra 0,1 e 0,5 secondi, in quanto rappresentativo di strutture relativamente basse (indicativamente inferiori a 5 piani), com'è quella la cui realizzazione è prevista nell'area in esame. Entrando in tale grafico con un valore di T pari a 0,327, si ottiene un valore di Fa pari a 2,1. Tale valore è superiore al valore soglia definito dalla Regione Lombardia per il Comune di Rogno per la categoria di suolo di fondazione di tipo B (pari a 0,8); quindi la Normativa sismica vigente è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione sismica locale del sito. Si è verificato che, anche utilizzando una qualsiasi delle altre schede, si sarebbe ottenuto un valore di Fa superiore al valore soglia.

In base a tali risultati, nella fase progettuale dei futuri interventi strategici o rilevanti che verranno realizzati nell'ambito dell'area in esame (come l'asilo nido che è da considerarsi "rilevante"), sarà necessario effettuare analisi più approfondite (definite di 3° livello nella dgr 22/12/2005 n° 8/1566), che permettano di quantificare gli effettivi parametri progettuali relativi all'azione sismica, oppure progettare utilizzando i parametri previsti per la zona sismica superiore, cioè per la zona sismica 3.

## **FASE DI VALUTAZIONE (SINTESI DEGLI ELEMENTI)**

---

### **8. CARTA DEI VINCOLI**

Nella Carta dei Vincoli, redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale, sono state rappresentate le principali limitazioni all'uso del territorio legate a motivazioni di carattere idrogeologico.

Sulla Carta dei Vincoli sono stati quindi riportati i seguenti elementi.

#### **8.a. - Vincolo idrogeologico**

Aree sottoposte a vincolo per scopi idrogeologici ai sensi del r.d.l. 30/12/1923 n. 3267, che comprendono quasi tutto il settore montano del territorio comunale, ad esclusione delle zone corrispondenti ai ripiani dei terrazzi morfologici occupati dai nuclei abitativi principali.

#### **8.b. - Zone di Rispetto delle opere di captazione per uso idropotabile**

Aree di salvaguardia delle risorse idriche (d.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 e disposizioni regionali in materia: d.g.r. 27 giugno 1996 n. 6/15137 e d.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693). Sono state rappresentate in carta le Zone di Rispetto delle sorgenti e del pozzo utilizzati dall'acquedotto comunale. Per i dettagli relativi si rimanda al paragrafo riguardante gli elementi idrogeologici.

#### **8.c. - Fasce Fluviali del fiume Oglio**

Sono stati rappresentati in carta i limiti delle fasce di potenziale esondazione del fiume Oglio individuate dall'Autorità di Bacino del fiume Po nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Le aree di esondazione sono state definite in riferimento alla massima piena stimata per un tempo di ritorno di 200 anni ed alla piena a carattere catastrofico - indicativamente per un tempo di ritorno di 500 anni. Per la descrizione delle fasce si rimanda al paragrafo relativo contenuto nella descrizione della Carta Idrogeologica (paragrafo 5.5), per i vincoli riguardanti le fasce si rimanda al paragrafo relativo nella descrizione della Carta della Fattibilità e della Carta delle Aree in dissesto (capitoli 10 e 11).

#### **8.d. -Ambiti estrattivi**

Nella Carta dei Vincoli sono stati riportati i limiti degli ambiti estrattivi tratti dalla "Carta dell'ambito territoriale estrattivo" del Piano Cave della Provincia di Bergamo. Le attività all'interno degli ambiti sono soggette alla normativa del Piano Cave.

**8.e. -Vincoli derivanti dalla “Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI: delimitazione delle aree in dissesto”.**

Aree individuate in questa sede in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 11 dicembre 2001 n. 7/7365 e soggette a vincoli definiti nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dell'Autorità di Bacino del fiume Po. Per la descrizione delle aree e della relativa normativa di riferimento si rimanda al capitolo relativo alla Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici (capitolo 11).

## **9. CARTA DI SINTESI**

Negli intenti della normativa di riferimento la Carta di Sintesi è un elaborato finalizzato a definire un quadro sintetico ed immediato dello stato geologico del territorio. Questa carta deriva dalla valutazione d'insieme degli elementi emersi nella fase d'indagine, rappresentati negli elaborati cartografici illustrati nei paragrafi precedenti, integrata dalle informazioni relative ai principali indirizzi ed orientamenti di pianificazione a carattere geologico, morfologico ed idrogeologico.

La *Carta di sintesi* è stata redatta alla scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale e alla scala 1:2000 per un intorno significativo dei centri edificato e nelle aree a maggior criticità individuate nella fase di analisi. Questo elaborato rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità mediante una serie di poligoni che delimitano porzioni di territorio caratterizzate da problematiche geologiche limitative alla fattibilità geologica per le azioni di piano. La sovrapposizione di più ambiti determina quindi dei poligoni misti per pericolosità legata a più fattori limitanti.

In relazione alle caratteristiche geologiche locali ed alle indicazioni della normativa di riferimento, per l'area in esame sono state individuate le seguenti categorie di pericolosità e vulnerabilità idrogeologica, che costituiscono la legenda della carta di sintesi.

### **9.1. - AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI.**

#### **9.1.a. - Aree con pendenze elevate a prevalenza di depositi superficiali con possibilità di innesco di locali fenomeni di degradazione**

Aree poste su pendii aventi inclinazione media superiore a circa 20° e caratterizzate in genere dalla presenza di una coltre di depositi superficiali principalmente di origine detritica di versante od eluvio/colluviale, in genere con frazione fine apprezzabile e poco addensati. Queste aree sono più facilmente soggette di altre a fenomeni di degradazione superficiale e richiedono pertanto una maggiore attenzione nel caso di interventi che possono influenzare le condizioni di stabilità locali dei siti.

**9.1.b. - Aree caratterizzate da pendenze da medio a basse, potenzialmente interessate da fenomeni di instabilità**

Aree poste su pendii aventi inclinazione media compresa tra 10° e 20° e caratterizzate dalla presenza di una coltre di depositi superficiali a granulometria fine, principalmente di origine eluviale o colluviale. Queste aree sono relativamente soggette a fenomeni di degradazione superficiale e richiedono pertanto una certa attenzione nel caso di interventi che possono influenzare le condizioni di stabilità locali dei siti.

**9.1.c. - Aree con pendenze elevate e diffusi fenomeni di degradazione**

Aree poste su pendii ad acclività relativamente elevata principalmente con presenza di una coltre poco potente, a tratti discontinua, di depositi superficiali principalmente di origine detritica di versante od eluvio/colluviale, in genere una frazione fine apprezzabile, e subordinatamente con presenza di affioramenti rocciosi, localmente di piccole pareti. Data la forte acclività media queste aree sono caratterizzate da lenti scivolamenti della coltre superficiale con conseguente decorticazione del manto vegetale in seguito all'assestamento delle singole particelle di terreno sotto l'azione della forza di gravità. Il fenomeno può evolvere in forme di maggior intensità, determinando l'innescarsi di processi erosivi o di frane superficiali. Localmente gli affioramenti rocciosi presenti sono soggetti a fenomeni di caduta di blocchi in conseguenza della degradazione degli ammassi.

**9.1.d. - Aree con pericolosità derivante da crolli di massi:**

In questa categoria sono state distinte diverse classi di sintesi, corrispondenti a differenti gradi di pericolosità definiti in relazione sia alla probabilità di accadimento del fenomeno, sia della distanza dei settori di valle dalla parete origine dei fenomeni di crollo, sia alla metodologia di analisi adottata per la perimetrazione delle aree stesse.

Per le aree di fondovalle e i per settori di versante posti a ridosso degli abitati di San Vigilio e Monti, la perimetrazione è stata ottenuta applicando le procedure proposte nella normativa per la zonazione della pericolosità generata da crolli in roccia con volumetrie inferiori a 1000 m<sup>3</sup>. Nello schema seguente è riportata la corrispondenza tra le classi di sintesi utilizzate e le classi di pericolosità ottenute secondo lo studio:

<b>CLASSI DI SINTESI</b>	<b>Classi di pericolosità</b> <i>(Procedure per la zonazione della pericolosità generata da crolli in roccia con volumetrie &lt; 1000 m<sup>3</sup>)</i>
- <u>Aree soggette a fenomeni di caduta di blocchi (zone di distacco, transito ed accumulo)</u> : area con pericolosità di caduta di blocchi molto elevata o elevata;	<b>H5</b> <b>H4</b> <b>H3</b>
- <u>Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta blocchi (zona di accumulo a media pericolosità)</u> : area con media pericolosità di caduta di blocchi;	<b>H2</b>
- <u>Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta blocchi (zona di accumulo a bassa pericolosità)</u> : area con ridotta pericolosità di caduta di blocchi.	<b>H1</b>

Per gli altri settori di versante del territorio comunale, la perimetrazione delle aree a pericolosità potenziale per caduta di blocchi è stata ottenuta stimando con criteri morfologici l'area di influenza dei fenomeni. Si sono definite in questo caso due classi di sintesi. La prima delle due classi è del tutto equivalente alla classe a pericolosità molto elevata o elevata considerata per il fondovalle, corrispondente alle classi di pericolosità H5, H4 e H3 (Aree soggette a fenomeni di caduta di blocchi (zone di distacco, transito ed accumulo)) e comprende le pareti rocciose interessate dai fenomeni, dove avvengono sia il distacco sia il transito dei blocchi in caduta, e le zone di accumulo più facilmente e frequentemente raggiunte dai blocchi, corrispondenti ai settori superiori e intermedi di falde e coni detritici, a volte non bene colonizzati dalla vegetazione e spesso con evidenze di fenomeni di caduta recenti. L'altra classe di sintesi considerata, definita come "Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata area di influenza", include le aree con media pericolosità di crollo di blocchi poste sui versanti, corrispondenti alla classe di pericolosità H2, e comprendenti le zone distali delle falde e dei coni di detrito e, in relazione alla situazione locale, anche zone poste subito all'esterno di essi.

#### **9.1.e. - Aree in erosione accelerata**

Aree caratterizzate da intensa erosione a causa dell'azione delle acque di ruscellamento superficiale sia diffusa sia concentrata lungo direzioni di scorrimento preferenziali. Il fenomeno può evolvere in fenomeni di maggior intensità, determinando l'innescarsi fenomeni franosi per scivolamento e colata e portare ad un ampliamento laterale o verso monte dei settori coinvolti. Principalmente si tratta di situazioni a morfologia lineare legata a fenomeni di ruscellamento concentrato.

#### **9.1.f. - Aree di frana attiva**

In questa categoria rientrano le aree che sono risultate direttamente interessate da fenomeni franosi attivi nel corso della fase di rilievo condotta nel periodo 2004-2005. Si tratta nel complesso di fenomeni franosi relativamente superficiali o comunque di ridotte dimensioni, presenti nel tratto superiore del bacino idrografico della Valle dell'Orso e rappresentati da fenomeni di scorrimento o colata di terra.

#### **9.1.g. - Aree di frana quiescente**

In questa categoria rientrano le aree che possono subire un'evoluzione rispetto alle condizioni osservate nella fase di rilievo, con una riattivazione dei fenomeni franosi presenti. Sono stati considerati in questa classe sia i fenomeni franosi superficiali per scivolamento o colata (che sono caratterizzati da un'evoluzione relativamente lenta, con periodi di attività connessi principalmente alle variazioni delle condizioni idrogeologiche), sia quei fenomeni che potrebbero essere riattivati facilmente in seguito a piccole forme di degradazione come creep od erosione da ruscellamento. Si tratta comunque di fenomeni di dimensioni piccole o medie localizzati nel tratto superiore del bacino idrografico della Valle dell'Orso.

### **9.1.h. - Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse**

In questa categoria rientrano i settori di versante posti in corrispondenza di fenomeni franosi per deformazione gravitativa profonda, identificati principalmente in base ad evidenze morfologiche, per i quali non si hanno evidenze di deformazioni recenti, ma che sono molto probabilmente quiescenti, se pur caratterizzati da un'evoluzione nel complesso relativamente lenta. L'assenza di evidenze di attività recente dei movimenti franosi che interessano questi settori di versante non esclude a priori la possibilità di una riattivazione futura e la possibilità per il versante di risentire sia delle deformazioni legate al movimento complessivo del fenomeno franoso, sia delle deformazioni connesse alla comparsa di nuove fessure di trazione e scarpate di frana intermedie o all'innescarsi di fenomeni franosi o di degradazione locali conseguenti al rilascio tensionale in corrispondenza delle scarpate secondarie. Principalmente si tratta di fenomeni di colata (o flusso) in roccia legati ad un comportamento degli ammassi rocciosi di tipo viscoso con deformazione che comporta un movimento distribuito su più superfici di scorrimento in genere coincidenti con linee di debolezza come superfici di stratificazione, variazioni di composizione litologica o fasce cataclamate o milonitizzate.

### **9.1.i. - Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati**

Aree interessate da soliflusso, creep o reptazione da pascolo, caratterizzate da lenti scivolamenti della coltre superficiale e conseguente decorticazione del manto vegetale in seguito all'assestamento delle singole particelle di terreno sotto l'azione della forza di gravità. Il fenomeno può evolvere in forme di maggior intensità, determinando l'innescarsi di processi erosivi o di frane superficiali.

### **9.1.l. - Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali**

Con questa voce sono stati indicati sia settori di versante sia le linee di impluvio e le principali incisioni in corrispondenza dei quali, in funzione delle condizioni di innevamento, possono avvenire rispettivamente i fenomeni di distacco di masse nevose, il transito verso valle ed il loro arresto.

### **9.1.m. - Aree estrattive attive o dismesse**

Con questa voce sono state indicate le aree sfruttate a fini estrattivi, così come indicate nella "Carta dell'ambito territoriale estrattivo" della Provincia di Bergamo a scala 1:10000 (Piano Cave - L.R. 14/98). Si tratta sia di cave di inerti situate sul fondovalle sia di cave di gesso situate alla base del versante della Val Camonica. L'attività antropica che vi è stata condotta anche recentemente, nel caso degli ambiti dismessi, e che è tuttora in corso, nel caso delle cave attive, ha portato e porterà anche a nuove modificazioni della conformazione morfologica e della stessa situazione stratigrafica che rendono necessario una loro puntuale verifica al momento di realizzare degli interventi.

## **9.2. - AREE INTERESSATE DA TRASPORTO IN MASSA E FLUSSI DI DETRITO SU CONOIDE.**

La pericolosità geomorfologica delle aree dei conoidi alluvionali presenti nel territorio comunale di Rogno è legata alla possibilità che si verifichino fenomeni di esondazione e fenomeni di deposizione di colate detritico-fangose da parte dei torrenti interessati. La perimetrazione della pericolosità è stata fatta in riferimento alle caratteristiche geomorfologiche dei conoidi e alle opere di regimazione presenti, individuando i percorsi preferenziali di deflusso delle acque di esondazione o delle colate ed è descritta nel paragrafo relativo.

Nella carta di sintesi sono state distinte le aree corrispondenti ai 5 gradi di pericolosità definiti secondo la classificazione individuata nelle "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei "siti a rischio" in adempimento alla legge 267/98".

### **9.2.a. Pericolosità molto alta (H5).**

Comprende le aree corrispondenti all'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente aree corrispondenti a porzioni di conoide. Per i conoidi in esame comprende sostanzialmente l'alveo dei corsi d'acqua.

### **9.2.b. Pericolosità alta (H4).**

Comprende le aree con alta probabilità di essere interessate da fenomeni di erosioni di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido e con danneggiamento di opere e manufatti.

Comprende zone situate in genere in nei settori apicali dei conoidi esaminati ed in alcuni casi aree situate a ridosso dell'alveo nei settori intermedi e distali.

### **9.2.c. Pericolosità media (H3).**

Aree interessate in passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche; aree con moderata probabilità di essere esposte a fenomeni alluvionali (esondazione) ed a erosioni di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiale sabbioso-ghiaiosi.

Comprende soprattutto aree poste esternamente all'alveo nei settori medio e distali dei conoidi, soprattutto lungo le zone che possono rappresentare vie preferenziali per le acque di esondazione e per le frazioni fluide delle colate.

### **9.2.e. Pericolosità bassa (H2).**

Aree mai interessate nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o aree protette da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessate da fenomeni di dissesto.

Comprende aree situate nei settori medi e distali dei conoidi, in posizioni relativamente distanti rispetto all'alveo dei corsi d'acqua.

#### **9.2.f. Pericolosità molto bassa (H1).**

Aree che per le caratteristiche morfologiche hanno basse o nulle probabilità di essere interessate dai fenomeni di dissesto.

Comprende i settori più esterni e distali dei conoidi.

### **9.3. - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO**

#### **9.3.a. - Aree a bassa soggiacenza della falda**

Aree caratterizzate da falda idrica posta a profondità relativamente prossima al piano campagna che necessitano di particolari attenzioni per evitare interferenze negative e che, soprattutto in presenza di terreni fini, determinano l'insorgere di problematiche di carattere geotecnico. Queste aree comprendono tutta la piana di fondovalle del fiume Oglio, con maggiore importanza per il settore posto in destra idrografica a valle di Rogno.

#### **9.3.b. - Aree di salvaguardia delle captazioni d'acqua ad uso potabile**

Aree soggette a particolari limitazioni d'uso del territorio perchè ubicate in settori a probabile connessione idrogeologica con circuiti idrici sotterranei sfruttati a scopo potabile. In questa categoria rientrano le "Zone di Rispetto" del pozzo e delle opere di presa delle sorgenti che servono l'acquedotto comunale, individuate con criterio geometrico. In particolare la Zona di Rispetto del pozzo comunale, situato a Rogno, nel settore intermedio del conoide del torrente della valle dell'Orso, è definita da una circonferenza avente un raggio di 200 m e centro sul pozzo, mentre le Zone di Rispetto delle sorgenti sono individuate da un settore di cerchio, di raggio 200 m e centro sull'opera di presa, racchiuso a valle dall'isoipsa passante per l'opera di presa.

#### **9.3.c. - Aree interessate da carsismo profondo (doline e sorgenti carsiche)**

Si tratta di due aree poste in prossimità dell'abitato di Castelfranco interessate direttamente o indirettamente da fenomeni di dissoluzione delle rocce gessose e potenzialmente soggette a nuovi fenomeni di sprofondamento. La prima area corrisponde ad una dolina, colma di depositi detritici di versante, posta subito a valle della strada per S. Vigilio, interessata anche recentemente (2001-2002) da sprofondamenti che hanno portato anche a cedimenti della sede stradale. L'altra area corrisponde alla zona circostante una sorgente carsica, denominata Acqua Marcia, posta nella parte inferiore del versante.

### **9.4. - AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.**

#### **9.4.a. - Aree con riporti di materiale**

In queste aree la presenza di materiale di riporto può comportare l'insorgere di problematiche di carattere geotecnico relativamente alla natura ed allo stato di addensamento del materiale e ad eventuali disomogeneità di

composizione e di addensamento del deposito. Queste problematiche possono essere superate sulla base di indagini di approfondimento delle caratteristiche geotecniche del materiale. Principalmente si tratta di riporti realizzati in prossimità o in corrispondenza delle cave di gesso nella zona di Castelfranco e sono spesso costituiti dal materiale derivante dall'orizzonte di alterazione del gesso, fine, con componente argillosa evidente e con caratteristiche geotecniche scadenti.

**9.4.b. - Aree con orizzonti superficiali limosi o limoso-sabbiosi con caratteristiche geotecniche mediocri**

Aree caratterizzate dalla presenza di terreni a granulometria relativamente fine, limosa o limoso-sabbiosa non addensati e con comportamento geotecnico mediocre, con una permeabilità bassa, bassa resistenza al taglio e compressibilità alta. Queste aree sono presenti soprattutto nella zona della piana di fondovalle del fiume Oglio, contraddistinta in genere dalla presenza di un orizzonte superficiale di depositi di esondazione a granulometria fine e basso grado di addensamento.

**9.4.c. - Aree con orizzonti superficiali limosi o limoso-argillosi con caratteristiche geotecniche scadenti**

Aree caratterizzate dalla presenza di terreni a granulometria fine, limosa o limoso-argillosa e torbe, non addensati e con comportamento geotecnico scadente, con una permeabilità molto bassa, resistenza al taglio bassa e sensibile al contenuto d'acqua e compressibilità elevata. Queste aree sono presenti nella zona della piana di fondovalle del fiume Oglio, soprattutto in settori posti al limite tra piana e conoidi alluvionali che in passato sono stati interessati da condizioni di ristagno d'acqua e sedimentazione per decantazione.

**9.4.d. - Aree con gesso affiorante o con potenziale presenza di gesso nel sottosuolo**

Aree contraddistinte da caratteristiche geotecniche scadenti perchè caratterizzate dalla presenza di rocce evaporitiche gessose o anidritiche in affioramento o nel sottosuolo che, per la loro composizione, sono soggette a fenomeni di dissoluzione (gesso) o di idratazione e successiva dissoluzione (anidriti) da parte dell'acqua. I fenomeni di idratazione delle anidriti portano al rigonfiamento della compagine rocciosa ed a conseguenti deformazioni laterali o verticali in superficie, mentre i fenomeni di dissoluzione portano a forme di sprofondamento, sia come conseguenza diretta della dissoluzione superficiale della roccia, sia come conseguenza indiretta della dissoluzione profonda con formazione di cavità sotterranee. Spesso gessi e anidriti presentano un orizzonte di alterazione a scadenti caratteristiche geotecniche.

**9.5. - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO**

**9.5.a. – Alveo, sponde di corso d'acqua e sue adiacenze**

Aree corrispondenti alla sede dei corsi d'acqua superficiali, dove avviene il deflusso delle acque in condizioni ordinarie. In ragione delle caratteristiche morfologiche dei corsi d'acqua in esame queste aree sono in genere interessate da fenomeni di erosione di fondo e laterale che possono portare, soprattutto dove alveo e sponde sono impostati in terreni, sia ad un approfondimento sia ad un allargamento dell'alveo, con l'eventuale innesco di

fenomeni franosi lungo le sponde. Questa situazione riguarda sia l'alveo del fiume Oglio, interessato da una tendenza complessiva all'erosione di fondo e con lunghi tratti di sponda soggetti ad erosione laterale, sia i principali corsi d'acqua presenti sui versanti.

#### **9.5.b. – Corso d'acqua in erosione**

Corso d'acqua interessato da fenomeni erosivi che coinvolgono il fondo e le sponde dell'alveo e che possono portare sia ad un approfondimento sia ad un allargamento dell'alveo (con l'eventuale innesco di fenomeni franosi lungo le sponde), sia a divagazioni con modifica dell'andamento planimetrico.

#### **9.5.c. - Aree potenzialmente soggette a fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa**

Aree prossime all'alveo dei corsi d'acqua soggette ad erosione a causa dell'azione della corrente, con opere di difesa idraulica longitudinali e/o trasversali danneggiate o prive di qualsiasi opera di regimazione idraulica. Queste aree si trovano principalmente a ridosso dell'alveo del fiume Oglio che nel settore di territorio in esame ha un comportamento da corso d'acqua da meandriforme a pseudomeandriforme e manifesta una forte tendenza all'erosione laterale sia lungo le sponde esterne delle anse sia lungo tratti relativamente rettilinei a causa della migrazione dell'asse della corrente all'interno del canale principale.

#### **9.5.d. - Aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa**

Aree poste nelle immediate adiacenze di corsi d'acqua minori o canali di derivazione che svolgono localmente anche la funzione di drenaggio delle acque meteoriche, coincidenti sostanzialmente con le fasce di rispetto del corso d'acqua.

#### **9.5.e. - Area potenzialmente esondabile individuata con criteri morfologici**

Area situata in prossimità dell'alveo di un corso d'acqua che, per le proprie caratteristiche topografiche, può essere raggiunta dall'acqua durante i fenomeni di esondazione, valutata con un criterio di carattere strettamente morfologico. In particolare, questa categoria è stata utilizzata per descrivere una stretta fascia di territorio in sinistra idrografica del torrente Valle dell'Orso, in corrispondenza della sua confluenza nel fiume Oglio.

#### **9.5.f. - Fasce Fluviali del fiume Oglio (P.A.I.)**

Aree potenzialmente alluvionabili da parte del fiume Oglio individuate nella cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po.

- Fascia Fluviale A. Rappresenta la fascia di deflusso della piena di riferimento, in grado di consentire il deflusso di una portata dell'ordine dello 80% della massima piena stimata per un tempo di ritorno di 200 anni. Coincide sostanzialmente con l'alveo e le zone golenali del fiume Oglio.

- Fascia Fluviale B. Rappresenta la fascia di esondazione e comprende le aree che possono essere interessate dalla fuoriuscita dell'acqua in occasione della piena di riferimento, stimata per un tempo di ritorno di 200 anni. Comprende un'ampia fascia del settore della piana di fondovalle del fiume Oglio posta in sponda destra a ridosso dell'alveo ed alcuni settori posti in sponda sinistra in prossimità dell'alveo.
- Fascia Fluviale C individuata da un limite di progetto tra la Fascia A e la Fascia B. Comprende dei settori della fascia di esondazione già urbanizzati per i quali, nell'ambito del PAI, è stata individuata la possibilità di difesa dai fenomeni di esondazione con la realizzazione di opere specifiche. Queste aree comprendono buona parte della piana di fondovalle del fiume Oglio posta in sponda destra ed in posizione relativamente distante dall'alveo del fiume ed un settore posto in sponda sinistra, a valle della confluenza del torrente Re di Gratacasolo. Le condizioni di pericolosità nelle aree situate in sponda destra sono state valutate nell'ambito dello studio relativo alla "Valutazione delle condizioni di pericolosità idraulica delle aree del territorio comunale comprese nella fascia C individuata da un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C" redatto nel 2002 in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365, le conclusioni del quale sono state riprese nel presente studio ed al quale si rimanda per i dettagli relativi. Lo studio citato ha consentito di distinguere diverse aree in relazione alle condizioni di pericolosità:
  - aree di deflusso preferenziale delle acque di esondazione, per le quali è vietata la nuova edificazione ed è previsto il mantenimento degli spazi liberi.
  - aree dove è consentita la nuova edificazione con prescrizioni specifiche.
- Fascia Fluviale C. Rappresenta la fascia di esondazione per piena catastrofica, definita indicativamente in riferimento al massimo evento di piena stimato per un tempo di ritorno di 200 anni e comprende un tratto della piana di fondovalle situata in sponda sinistra a monte della confluenza in Oglio del torrente Re di Artogne.

## **FASE PROPOSITIVA**

### **FATTIBILITÀ' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO - NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

---

#### **10. CARTA DELLA FATTIBILITÀ' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**

La Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano è stata redatta alla scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale (Tavola 9) ed alla scala 1:2000 solo per le aree urbanizzate e per un loro intorno relativamente ampio (Tavola 10). Essa è stata definita sulla base dell'esame degli elaborati precedenti, con particolare attenzione alla Carta di Sintesi ed alla Carta della Dinamica Geomorfologica alla scala 1:2.000 (rispettivamente, Tavola 8 e Tavola 5) e alla Carta di Sintesi alla scala 1:10.000 (Tavola 7), ed è finalizzata a fornire indicazioni generali in merito alla destinazione d'uso delle aree, alle cautele da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli eventuali approfondimenti, alle opere di riduzione del rischio ed alla necessità di controllo dei fenomeni presenti.

In accordo con le indicazioni della normativa di riferimento il territorio è stato assegnato a quattro differenti classi di fattibilità.

Nei seguenti paragrafi si riportano le definizioni di ciascuna classe di fattibilità, le indicazioni di carattere generale per lo svolgimento delle indagini necessarie alla valutazione della fattibilità dei singoli interventi e la descrizione dei fattori limitanti rispetto alla destinazione d'uso delle singole aree.

**Le indicazioni contenute nei seguenti paragrafi costituiscono le Norme Geologiche di Piano essere riportate nelle Norme Tecniche di Attuazione dello strumento urbanistico.**

##### **10.1 - INDICAZIONI DI CARATTERE GENERALE**

Nei seguenti paragrafi si riportano sinteticamente le definizioni di ciascuna classe di fattibilità in riferimento ai "Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale", le indicazioni di carattere generale per lo svolgimento delle indagini necessarie alla valutazione della fattibilità dei singoli interventi e, per ciascuna classe, la descrizione dei fattori geologici limitanti ritenuti influenti sulla destinazione d'uso delle singole aree. In ragione delle condizioni geologiche locali si sono individuate aree interessate dalla sovrapposizione di più fattori limitanti.

La descrizione dei fattori limitanti è fatta in riferimento alle sigle rappresentate sulla cartografia (Tavole 9 e 10) e per ciascuno di essi sono riportate le indicazioni fondamentali per lo svolgimento degli approfondimenti d'indagine.

Ogni indagine, indipendentemente dalla classe di fattibilità assegnata alle singole aree, dovrà essere condotta seguendo le indicazioni delle normative esistenti, con particolare riferimento al D.M. 14 settembre 2005, *Norme tecniche per le costruzioni*. Le indagini e gli approfondimenti prescritti per le diverse classi di fattibilità devono essere effettuati prima della progettazione degli interventi e non sono in ogni caso sostitutivi di quelli previsti in fase esecutiva dal D.M. 14 settembre 2005.

Si ricorda inoltre che il territorio del comune di Rogno, in riferimento all'allegato A dell'Ordinanza Ministeriale 3274 del 25/03/03, ricade nella zona sismica 4 e di questo si dovrà tenere conto per la valutazione delle azioni sismiche. La valutazione delle azioni sismiche dovrà essere condotta anche in riferimento alla Carta della Pericolosità Sismica alla scala 1:10.000 (Tavola 4 - Capitolo 7) che fornisce un quadro delle situazioni passibili di amplificazione sismica locale individuato sulla base dell'analisi sismica di primo livello e da approfondire in sede di indagine.

Le indagini dovranno considerare l'inserimento degli interventi nel quadro geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico estendendo l'area da investigare ad un intorno significativo per definire le condizioni di pericolosità e di rischio. L'approfondimento e le modalità d'indagine dovranno essere commisurate all'importanza dell'opera da realizzare.

Le indagini sono parte integrante del progetto che dovrà essere redatto in conformità alle eventuali indicazioni contenute nell'indagine stessa.

Per quanto riguarda le aree comprese entro le zone delimitate come aree in dissesto nell'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici del Piano Stralcio per Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po, si ricorda che valgono anche le relative norme contenute nelle Norme di Attuazione del PAI - delle quali si riporta un estratto nell'ultimo capitolo.

L'individuazione delle classi di fattibilità fatta in questa sede non è definitiva, ma potrà essere modificata in seguito ad eventuali interventi di sistemazione o di difesa o al verificarsi di nuovi fenomeni di dissesto che comportino una variazione delle condizioni di pericolosità delle aree.

Ogni modifica alle classi di fattibilità dovrà essere recepita dallo strumento urbanistico mediante una sua variante.

## **10.2. CLASSI DI FATTIBILITÀ**

La normativa di riferimento prevede la distinzione di quattro classi di fattibilità geologica con limitazioni crescenti dalla classe 1 alla classe 4. Nell'ambito del territorio considerato sono state assegnate aree a tutte le classi di fattibilità.

### **10.2.a - CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni.**

*In questa classe ricadono le aree nelle quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso delle particelle, per le quali dovrà essere applicato il D.M. 14 settembre 2005, Norme tecniche per le costruzioni, tenendo conto dell'appartenenza del territorio comunale alla zona 3 di sismicità.*

La classe comprende le aree quasi pianeggianti situate nei settori esterni del conoide alluvionale del torrente della Val dell'Orso, dove si trova il nucleo storico dell'abitato di Rogno, in posizione distante dalle zone potenzialmente interessate dalla dinamica del corso d'acqua e su terreni aventi caratteristiche geotecniche discrete.

Gli interventi da realizzare in queste aree devono essere comunque condotti nel rispetto delle indicazioni contenute nel D.M. 14 settembre 2005 - Norme tecniche per le costruzioni.

### **10.2.b - CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni.**

*In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica delle destinazioni 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 sistemazione e bonifica, le quali non dovranno incidere negativamente sulle aree limitrofe.*

Questa classe comprende principalmente aree caratterizzate da condizioni di pericolosità morfologica derivante da diversi fattori, ma comunque di grado basso, o da una relativa acclività.

Queste situazioni rendono necessario che gli interventi da realizzare in queste aree siano definiti sulla base di studi di approfondimento degli aspetti geologici con indagini specifiche da condurre valutando gli aspetti litologici, morfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici in relazione alle indicazioni contenute nella normativa di riferimento (D.M. 14 settembre 2005).

Oltre alle valutazioni di carattere generale dovrà essere dedicata particolare attenzione agli aspetti relativi ai fattori limitanti individuati in questa sede per ciascuna area e distinti nelle seguenti sottoclassi.

**10.2.b.1. - Sottoclasse 2t - Aree a bassa pericolosità che possono essere interessate fenomeni di esondazione e trasporto in massa lungo i conoidi alluvionali**

Descrizione. Le aree appartenenti a questa sottoclasse sono caratterizzate da condizioni di pericolosità geomorfologica per potenziali fenomeni di esondazione e propagazione di eventuali colate detritico-fangose da parte dei corsi d'acqua presenti sul territorio in esame. Queste aree corrispondono alle zone aventi pericolosità H2 così come individuate nella valutazione fatta in questa sede e rappresentate nella Carta di Sintesi (Tavola 5) e rientrano nelle zone classificate come Cn nella cartografia del P.A.I.

Approfondimenti d'indagine. Le condizioni di pericolosità riscontrate per queste aree in occasione degli eventi considerati nell'analisi morfologica non sono tali da escludere a priori la possibilità di interventi di nuova edificazione, ma rendono necessario il ricorso ad accorgimenti finalizzati a mitigare le condizioni di rischio.

Per quanto riguarda edifici e manufatti esistenti in queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del DPR 380/2001 ed alla lettera d) del DPR 380/2001 non comportanti demolizione e ricostruzione, purchè con tutti questi interventi non vengano modificati i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

Tutti questi interventi dovranno comunque tenere conto delle indicazioni riportate di seguito per quanto riguarda i materiali e le reti tecnologiche.

Per tutti gli altri interventi, in questa sede sono state definite le prescrizioni di carattere generale che dovranno essere successivamente dettagliate e verificate, in funzione delle tipologie e delle condizioni morfologiche locali, con studi specifici di carattere morfologico ed idraulico.

Alla luce delle informazioni desunte dall'indagine di dettaglio potranno essere definiti gli accorgimenti ritenuti più opportuni per la mitigazione del rischio o la realizzazione di opere di sistemazione. Gli interventi ipotizzati dovranno essere riportati in elaborati di progetto, con forme e dimensioni in accordo con le indicazioni contenute nell'indagine geologico-tecnica. I progettisti dovranno inoltre dichiarare di avere ottemperato alle prescrizioni riportate in queste sede ed alle indicazioni degli studi geologici di dettaglio.

Prescrizioni di carattere generale per la realizzazione degli interventi.

- Realizzazione delle superfici abitabili, delle aree sede dei processi industriali e degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiale ad una quota superiore al piano campagna locale, conformando la superficie topografica adiacente agli edifici in modo da non consentire alle acque di esondazione o alle frazioni fluide delle colate provenienti da monte di raggiungere le superfici di utilizzo.
- Le altezze da mantenere non dovranno essere indicativamente inferiori a 0.5-1.0 m, da dettagliare sulla base degli studi specifici ed in riferimento a considerazioni relative alle condizioni morfologiche e topografiche locali.
- Locali interrati o seminterrati da destinare a cantine od autorimesse dovranno essere realizzati adottando accorgimenti costruttivi, relativi alla disposizione dei locali e delle aperture, alle reti tecnologiche, ai materiali ed alle tecniche da utilizzare, in grado di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti sia in termini di danno materiale sia di pericolo per l'incolumità delle persone.
- Realizzazione di fondazioni sufficientemente profonde o relativamente protette in modo da non incorrere in problemi di erosione da parte delle acque di esondazione.

- Disposizione delle opere e conformazione delle superfici esterne in modo da mantenere la maggiore superficie libera possibile e da evitare l'accumulo ed il ristagno delle acque favorendone sia l'infiltrazione nel terreno sia il loro deflusso, senza recinzioni cieche e senza concentrazioni lungo linee preferenziali che non siano linee di drenaggio naturali, da mantenere e migliorare, o linee di drenaggio appositamente progettate.
- Divieto di messa in opera di cisterne per carburanti, metano, GPL e prodotti assimilabili che non siano completamente interrati.
- Divieto di interventi che possano portare ad un aumento delle condizioni di pericolosità per le aree in esame e per le aree adiacenti.
- Per quanto riguarda gli edifici esistenti, in sede di ristrutturazione si dovranno adottare accorgimenti, come modifiche o chiusure di aperture esistenti oppure realizzazione di protezioni, che consentano di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti.

**10.2.b.2. - Sottoclasse 2q - Aree caratterizzate da pendenze da medie a basse, potenzialmente interessate da fenomeni di instabilità.**

Descrizione. Con questa sigla sono indicate le aree caratterizzate da pendenze da basse a medie, che possono implicare problemi di stabilità dei siti e delle opere, e sono situate in corrispondenza dei tratti meno acclivi dei versanti.

Approfondimenti d'indagine

Per quanto riguarda edifici e manufatti esistenti in queste aree, fatti salvi gli aspetti sismici, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del DPR 380/2001 ed alla lettera d) del DPR 380/2001 non comportanti demolizione e ricostruzione, purchè con tutti questi interventi non vengano modificati i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

La realizzazione degli altri interventi dovrà essere preceduta da un'analisi geologica e geomorfologica dei settori di versante (sia a monte sia a valle) che possono determinare condizioni di pericolosità per le aree interessate dalle opere o che possono risentire della realizzazione degli interventi proposti. L'estensione dell'area d'indagine dovrà essere valutata in ragione delle condizioni locali; nella relazione dovranno essere riportate le analisi di stabilità ritenute significative e proposti gli eventuali interventi di mitigazione.

**10.2.b.3. - Sottoclasse 2u - Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta di blocchi (zone di accumulo a bassa pericolosità).**

Descrizione. Con questa sigla sono state indicate le aree situate nella fascia più esterna delle zone potenzialmente interessate dalle traiettorie di caduta di blocchi da pareti rocciose, individuate in questa sede in riferimento alle indicazioni contenute nell'Allegato 2 alla d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, e situate principalmente alla base del versante destro della valle dell'Oglio.

Approfondimenti d'indagine. La realizzazione di nuovi interventi dovrà essere preceduta da un'accurata analisi geologica, geomorfologica e geomeccanica dei settori di versante posti a monte delle aree in questione. Dovranno essere eseguite indagini mirate alla verifica della potenzialità dei fenomeni di crollo e della loro

influenza sulle opere, seguendo le indicazioni contenute nell'Allegato 2 alla d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 ed approfondendo il dettaglio rispetto alle valutazioni effettuate in questa sede.

Dovranno inoltre essere indicate le metodologie per la messa in sicurezza delle aree sia con interventi di bonifica e consolidamento delle pareti origine dei crolli rocciosi sia con interventi di difesa delle aree interessate.

In queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, non necessitano di integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del DPR 380/2001 ed alla lettera d) del DPR 380/2001 non comportanti demolizione e ricostruzione, purchè con tutti questi interventi non vengano modificati i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista

Per quanto riguarda gli edifici e le infrastrutture già esistenti in queste aree si ritiene necessario intraprendere degli interventi per la loro messa in sicurezza, sulla base di studi specifici.

#### **10.2.b.4. - Sottoclasse 2v - Aree con presenza di terreni aventi caratteristiche geotecniche mediocri.**

Descrizione. Nelle aree contrassegnate con tale sigla è stata individuata la possibile presenza di terreni a comportamento geotecnico da mediocre a scadente. Queste aree sono presenti soprattutto nella zona della piana di fondovalle del fiume Oglio, caratterizzata in genere dalla presenza di un orizzonte superficiale di depositi di esondazione a granulometria fine e basso grado di addensamento.

L'assegnazione di queste aree alla classe 2 e non alla classe 3, come riportato nelle indicazioni per l'attribuzione delle classi di fattibilità della normativa regionale, è stata fatta perchè si tratta in buona parte di terreni con caratteristiche geotecniche mediocri piuttosto che scadenti e perchè in questa sede sono comunque richiesti approfondimenti d'indagine finalizzati ad avere una conoscenza delle problematiche che consenta di affrontarle in modo adeguato.

Approfondimenti d'indagine. In queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del DPR 380/2001 purchè con tutti questi interventi non vengano modificati i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

Ogni altro intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine geologica, sulla base di una campagna geognostica ed idrogeologica adeguata all'importanza dell'intervento, mirata alla definizione del comportamento geotecnico dei terreni, siano essi interessati dai carichi trasmessi dalle fondazioni o da lavori di scavo. Nel primo caso l'analisi dovrà essere mirata alla definizione della capacità portante ed alla stima degli eventuali cedimenti in seguito all'applicazione dei carichi; nel secondo caso l'indagine dovrà essere comprensiva di opportune analisi di stabilità a breve e lungo termine (durante e dopo le fasi di scavo). Le opere da realizzare dovranno essere verificate in accordo alle condizioni desunte dall'indagine stessa tenendo conto delle condizioni idrogeologiche al contorno.

#### **10.2.b.5. - Sottoclasse 2m - Aree a bassa soggiacenza della falda.**

Descrizione. Nelle aree contrassegnate con tale sigla è stata individuata la presenza di condizioni idrogeologiche particolari, come fenomeni di ristagno d'acqua in superficie o, soprattutto, di falda relativamente prossima al piano campagna, che contribuiscono allo scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni e possono interferire

negativamente con gli interventi in progetto. Principalmente queste aree si trovano nella zona della piana di fondovalle del fiume Oglio e le situazioni idrogeologiche variano in modo relativamente graduale, da condizioni di falda effettivamente subaffiorante, anche per la presenza di falde sospesa a volte solo temporanee, a condizioni di falda posta mediamente a 3-6 m dal piano campagna, ma soggetta ad oscillazioni che la possono temporaneamente avvicinare alla superficie.

L'assegnazione di queste aree alla classe 2 e non alla classe 3, come riportato nelle indicazioni per l'attribuzione delle classi di fattibilità della normativa regionale, è stata fatta sia in ragione della difficoltà di effettuare una distinzione tra zone a differente entità del fenomeno sia perchè in questa sede sono comunque richiesti approfondimenti d'indagine finalizzati ad avere una conoscenza delle problematiche che consenta di affrontarle in modo adeguato

Approfondimenti d'indagine. Per quanto riguarda edifici e manufatti esistenti in queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del DPR 380/2001 ed alla lettera d) del DPR 380/2001 non comportanti demolizione e ricostruzione, purchè tutti questi interventi non abbiano interferenza diretta con le condizioni idrogeologiche e non modifichino i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista. Ogni altro intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine geologica, sulla base di una campagna geognostica ed idrogeologica adeguata all'importanza dell'intervento, mirata alla ricostruzione delle condizioni idrogeologiche al contorno ed alla definizione del comportamento geotecnico dei terreni. Le opere da realizzare dovranno essere verificate in accordo alle condizioni desunte dall'indagine stessa.

### **10.2.c - CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni.**

*La classe comprende zone nelle quali 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.*

*L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire una maggior conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in sito e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici etc.). ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune nonché le opere di sistemazione e bonifica.*

Le limitazioni relative alle aree assegnate alla classe di fattibilità 3 sono legate a vari fattori. Un primo gruppo di aree è connesso alla dinamica del fiume Oglio e la loro individuazione deriva dalle Fasce Fluviali definite dal Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Po (P.A.I.) e dallo studio relativo alla "Valutazione delle condizioni di pericolosità nelle aree comprese nella Fascia C individuata da un limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C". Le altre aree sono legate alla potenziale pericolosità morfologica relativa a fenomeni di caduta di blocchi, fenomeni franosi o di degradazione in genere e fenomeni di esondazione o colata da parte dei corsi d'acqua secondari. Rientrano in questa classe anche le aree poste in corrispondenza di terreni o rocce con

caratteristiche geotecniche da scadenti a pessime, le aree caratterizzate da una forte acclività e quelle poste all'interno delle Zone di Rispetto della captazioni a scopo potabile.

Tutte queste situazioni rendono necessario che gli interventi da realizzare in queste aree siano definiti sulla base di studi di approfondimento degli aspetti geologici con indagini specifiche da condurre valutando gli aspetti litologici, morfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici in relazione alle indicazioni contenute nella normativa di riferimento (D.M. 14 settembre 2005, Norme tecniche per le costruzioni).

Oltre alle valutazioni di carattere generale dovrà essere dedicata particolare attenzione agli aspetti relativi ai fattori limitanti individuati in questa sede per ciascuna area e distinti nelle seguenti sottoclassi.

#### **10.2.c.1. - Sottoclasse B - Aree comprese entro la Fascia Fluviale B del P.A.I.**

Descrizione. Le aree appartenenti alla sottoclasse B possono essere interessate da fenomeni di esondazione da parte del fiume Oglio e corrispondono alla fascia esondazione della piena di riferimento, stimata dall'Autorità di Bacino del fiume Po. Queste aree si trovano in corrispondenza della piana di fondovalle, principalmente lungo la sponda destra.

Prescrizioni di carattere generale per la realizzazione degli interventi. I vincoli e le prescrizioni per le aree comprese entro le Fasce Fluviali B sono contenuti nelle Norme di Attuazione del PAI (al Titolo II - in particolare gli articoli 29, 30, 38, 39, 40 e 41) alle quali si rimanda per la trattazione completa, mentre in questa sede sono stati riportati solo alcuni commi relativi all'articolo 39, riguardanti gli interventi urbanistici e gli indirizzi alla pianificazione urbanistica.

Per le aree comprese nella fascia B del PAI, come nella fascia A, sono consentite (Art. 39, Comma 3):

- le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del DPR 380/2001, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

Nei territori della Fascia B sono inoltre esclusivamente consentiti ( Art. 39, Comma 4):

- opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o di volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purchè le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
- interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o di volume, non superiore a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime a condizione che gli stessi non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
- interventi di adeguamento igienico-funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto.

**10.2.c.2. - Sottoclassi g, n, d, e, f, y - Aree potenzialmente alluvionabili da parte del fiume Oglio situate principalmente entro la Fascia Fluviale C del P.A.I., individuata da un limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C.**

Descrizione. Le aree contrassegnate con queste sigle corrispondono sostanzialmente alle zone comprese entro la Fascia Fluviale C del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po) individuata da un limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C. Queste aree si trovano principalmente nel settore posto in destra idrografica della piana di fondovalle del fiume Oglio e sono potenzialmente alluvionabili in occasione di eventi di piena con portata pari a quella di riferimento stimata dall'Autorità di Bacino per un tempo di ritorno di 200 anni. Nel dettaglio le condizioni di pericolosità entro le aree poste in destra idrografica (sottoclassi g, n, d, e, f) sono state definite nell'ambito dello studio relativo alla "Valutazione delle condizioni di pericolosità idraulica delle aree del territorio comunale comprese nella fascia C individuata da un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C" redatto nel 2002 in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365, al quale si rimanda per i dettagli mentre in questa sede si riportano le prescrizioni emerse dallo studio stesso. Nello studio citato non è stata invece presa in esame l'area posta in sponda sinistra (sottoclasse y), al limite con il confine comunale di Costa Volpino, per la quale le condizioni di pericolosità e le eventuali modalità di intervento dovranno essere definite sulla base di nuovi studi di dettaglio condotti secondo le indicazioni della d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365.

Prescrizioni di carattere generale per la realizzazione degli interventi.

Le prescrizioni di carattere generale individuate in questa sede per ciascuna sottoclasse dovranno essere successivamente dettagliate e verificate, in funzione delle tipologie e delle condizioni morfologiche locali, con studi specifici di carattere morfologico ed idraulico.

**a) Sottoclassi n, d, e, f.** (da "Valutazione delle condizioni di pericolosità idraulica delle aree del territorio comunale comprese nella fascia C individuata da un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C")

1 - Realizzazione delle superfici abitabili, delle aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiale a quote superiori rispetto a quelle individuate per il deflusso delle acque di esondazione. In particolare le quote da raggiungere sono quelle elencate di seguito, in riferimento alle sottoclassi.

- Sottoclasse **n**: la sottoclasse riguarda le zone situate tra Bessimo e Rogno e compresa tra la sede stradale della ex-SS42 (via Vittorio Veneto) ed il versante destro della valle, per le quali si dovrà innanzitutto riportare del materiale fino a raggiungere la quota del tratto antistante della ex-SS42, in modo da colmare le depressioni entro le quali di possono incanalare e ristagnare le acque di esondazione, dando nel complesso una pendenza verso valle e verso la strada in modo da favorire il deflusso delle acque, successivamente i piani di utilizzo dovranno essere sovrelevanti di 0.6 m rispetto alla quota del tratto antistante della ex-SS42.
- Sottoclasse **d**: la sottoclasse riguarda la zona situata tra Bessimo e Rogno e compresa tra la sede stradale della ex-SS42 (via Vittorio Veneto) e il limite di progetto tra la fascia B e la fascia C, posta in media a quote superiori rispetto alla sede stradale della ex-SS42 e per la quale è sufficiente che i piani di utilizzo si trovino ad una quota superiore di 0.6 m rispetto al tratto antistante della sede stradale della stessa ex-SS42.

- Sottoclasse **f** : riguarda le zone situate all'altezza di Rogno e le zone poste nei pressi della frazione di Rondinera, per le quali i piani di utilizzo dovranno trovarsi a quote non inferiori a 1.2 m rispetto alla maggiore quota locale del piano campagna;
  - Sottoclasse **e** : la sottoclasse riguarda le zone situate in corrispondenza della frazione Rondinera , per le quali i piani di utilizzo dovranno trovarsi a quote non inferiori a 1.0 m rispetto alla maggiore quota locale del piano campagna.
- 2 - Per favorire il deflusso delle eventuali acque di esondazione nelle zone di nuova edificazione dovranno essere evitate le recinzioni cieche, ma si ricorrerà a muri di recinzione alti non più di 30 cm ed all'utilizzo di ringhiere, staccionate o altro di forma lineare e con elementi relativamente spazati tra loro, con una superficie libera non inferiore al 40% del totale. Si dovranno inoltre garantire i maggiori spazi liberi possibili.
- 3 - Le fondazioni dei nuovi edifici dovranno essere posate ad una profondità non inferiore ad 1 m dal piano campagna attuale e dovranno essere realizzate in conglomerato cementizio armato reso impermeabile confezionato con additivi impermeabilizzanti. Dovranno inoltre essere realizzate delle separazioni con guaine impermeabili tra la struttura di fondazione e le strutture fuori terra. Per i fabbricati ad uso residenziale potranno essere realizzati anche dei vespai aerati, ma isolati dall'esterno e muniti di bocche di aerazione poste a quota superiore a quella del piano abitabile.
- b)** Sottoclasse **g**. (da "Valutazione delle condizioni di pericolosità idraulica delle aree del territorio comunale comprese nella fascia C individuata da un limite di progetto tra la fascia B e la fascia C")
- 1 - Mantenimento delle aree libere anche per il futuro, evitando al loro interno nuove edificazioni o trasformazioni che possano comportare una limitazione significativa al deflusso delle acque di esondazione.
- c)** Sottoclasse **y**.
- 1 - Le condizioni di pericolosità e le eventuali modalità di intervento per le aree comprese in questa sottoclasse dovranno essere definite sulla base di studi di dettaglio condotti secondo le indicazioni della d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365.
- d)** Edifici esistenti.
- 1 - Per quanto riguarda gli edifici esistenti, in sede di manutenzione o di ristrutturazione si dovranno adottare accorgimenti, relativi alle reti tecnologiche, ai materiali ed alle tecniche, a modifiche o chiusure di aperture esistenti oppure a realizzazione di protezioni, che consentano di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti, in riferimento alle indicazioni relative alla sottoclasse di appartenenza.

### **10.2.c.3. - Sottoclasse C - Aree comprese entro la fascia Fluviale C del PAI.**

Descrizione. Le aree appartenenti a questa sottoclasse corrispondono alla fascia esondazione per piena catastrofica così individuate all'Autorità di Bacino del fiume Po, e possono essere interessate da fenomeni di esondazione da parte del fiume Oglio. In questa classe rientra un tratto della piana di fondovalle situata in sponda sinistra dell'Oglio, a monte della confluenza del torrente Re di Artogne.

Prescrizioni di carattere generale per la realizzazione degli interventi.

Le prescrizioni di carattere generale individuate in questa sede dovranno essere successivamente dettagliate e verificate, in funzione delle tipologie e delle condizioni morfologiche locali, con studi specifici di carattere morfologico ed idraulico.

Per le aree comprese nella Fascia C, in riferimento all'Art. 31, comma 4 delle Norme di Attuazione del PAI, valgono le seguenti prescrizioni.

- Realizzazione delle superfici abitabili, delle aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiale a quote indicativamente superiori al piano campagna locale di almeno 1,0-1,2 m, da definire sulla base di valutazioni di carattere idraulico o morfologico.
- Locali interrati o seminterrati da destinare a cantine od autorimesse dovranno essere realizzati adottando accorgimenti costruttivi, relativi alla disposizione dei locali e delle aperture, alle reti tecnologiche, ai materiali ed alle tecniche da utilizzare, in grado di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti sia in termini di danno materiale sia di pericolo per l'incolumità delle persone.
- Realizzazione di fondazioni sufficientemente profonde o relativamente protette in modo da non incorrere in problemi di erosione da parte delle acque di esondazione.
- Disposizione delle opere e conformazione delle superfici esterne in modo da mantenere la maggiore superficie libera possibile e da evitare l'accumulo ed il ristagno delle acque favorendone sia l'infiltrazione nel terreno sia il loro deflusso, senza recinzioni cieche e senza concentrazioni lungo linee preferenziali che non siano linee di drenaggio naturali, da mantenere e migliorare, o linee di drenaggio appositamente progettate.
- Divieto di messa in opera di cisterne per carburanti, metano, GPL e prodotti assimilabili che non siano completamente interrati.
- Per quanto riguarda gli edifici esistenti, in sede di manutenzione o di ristrutturazione si dovranno adottare accorgimenti, relativi alle reti tecnologiche, ai materiali ed alle tecniche, a modifiche o chiusure di aperture esistenti oppure a realizzazione di protezioni, che consentano di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti.

**10.2.c.4. - Sottoclasse z - Aree a pericolosità media che possono essere interessate da fenomeni di esondazione e trasporto in massa lungo i conoidi alluvionali**

Descrizione. Le aree appartenenti a questa sottoclasse sono caratterizzate da condizioni di pericolosità geomorfologica per potenziali fenomeni di esondazione e propagazione di eventuali colate detritico-fangose da parte dei corsi d'acqua presenti sul territorio in esame. Queste aree corrispondono alle zone aventi pericolosità H3 così come individuate nella valutazione fatta in questa sede e rappresentate nella Carta di Sintesi (Tavole 7, 8a, 8b) e comprese nelle zone classificate come Cn nella cartografia del P.A.I..

Approfondimenti d'indagine. Le condizioni di pericolosità riscontrate per queste aree in occasione degli eventi considerati nell'analisi morfologica non sono tali da escludere a priori la possibilità di interventi di nuova edificazione, ma rendono necessario il ricorso ad accorgimenti finalizzati a mitigare le condizioni di rischio.

Per quanto riguarda edifici e manufatti esistenti in queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del DPR 380/2001 ed alla lettera d) del DPR 380/2001 non comportanti demolizione e ricostruzione, purchè con tutti questi

interventi non vengano modificati i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

Tutti questi interventi dovranno comunque tenere conto delle indicazioni riportate di seguito per quanto riguarda i materiali e le reti tecnologiche.

Per tutti gli altri interventi, in questa sede sono state definite le prescrizioni di carattere generale che dovranno essere successivamente dettagliate e verificate, in funzione delle tipologie e delle condizioni morfologiche locali, con studi specifici di carattere morfologico ed idraulico.

Alla luce delle informazioni desunte dall'indagine di dettaglio potranno essere definiti gli accorgimenti ritenuti più opportuni per la mitigazione del rischio o la realizzazione di opere di sistemazione. Gli interventi ipotizzati dovranno essere riportati in elaborati di progetto, con forme e dimensioni in accordo con le indicazioni contenute nell'indagine geologico-tecnica. I progettisti dovranno inoltre dichiarare di avere ottemperato alle prescrizioni riportate in queste sede ed alle indicazioni degli studi geologici di dettaglio.

*Prescrizioni di carattere generale per la realizzazione degli interventi.*

- Realizzazione delle superfici abitabili, delle aree sede dei processi industriali e degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiale ad una quota superiore al piano campagna locale, conformando la superficie topografica adiacente agli edifici in modo da non consentire alle acque di esondazione o alle frazioni fluide delle colate provenienti da monte di raggiungere le superfici di utilizzo.
- Le altezze da mantenere non dovranno essere indicativamente inferiori a 1.0-1,5 m, da dettagliare sulla base degli studi specifici ed in riferimento a considerazioni relative alle condizioni morfologiche e topografiche locali.
- Locali interrati o seminterrati da destinare a cantine od autorimesse dovranno essere realizzati solo in modo che non possano essere raggiunti ed allagati dalle acque di esondazione o dalle frazioni liquide delle colate, adottando accorgimenti costruttivi relativi alla disposizione dei locali e delle aperture, alle reti tecnologiche, ai materiali ed alle tecniche da utilizzare.
- Realizzazione di fondazioni sufficientemente profonde o relativamente protette in modo da non incorrere in problemi di erosione da parte delle acque di esondazione.
- Disposizione delle opere e conformazione delle superfici esterne in modo da mantenere la maggiore superficie libera possibile e da evitare l'accumulo ed il ristagno delle acque favorendone sia l'infiltrazione nel terreno sia il loro deflusso, senza recinzioni cieche e senza concentrazioni lungo linee preferenziali che non siano linee di drenaggio naturali, da mantenere e migliorare, o linee di drenaggio appositamente progettate.
- Divieto di messa in opera di cisterne per carburanti, metano, GPL e prodotti assimilabili che non siano completamente interrati.
- Divieto di interventi che possano portare ad un aumento delle condizioni di pericolosità per le aree in esame e per le aree adiacenti.
- Per quanto riguarda gli edifici esistenti, in sede di ristrutturazione si dovranno adottare accorgimenti, come modifiche o chiusure di aperture esistenti oppure realizzazione di protezioni, che consentano di limitare le conseguenze di potenziali allagamenti.

**10.2.c.5.- Sottoclassi 3 p,  $\alpha$  - Aree con pendenze elevate a prevalenza di depositi superficiali con possibilità di innesco di locali fenomeni di degradazione (sottoclasse p) e/o aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati con presenza di locali fenomeni di degradazione (sottoclasse  $\alpha$ ).**

Descrizione. Con la sigla **p** sono indicati quei settori di versante caratterizzati semplicemente da pendenze da medie ad elevate che possono implicare problemi di stabilità dei siti e delle eventuali opere presenti e da realizzare.

Con la sigla  **$\alpha$**  sono stati indicati sia quei settori di versante potenzialmente soggetti (o già interessati in passato) da fenomeni franosi, la cui evoluzione può avere origine anche all'esterno dell'area, sia quei settori soggetti a fenomeni di degradazione locale, reptazione, soliflusso o erosione da ruscellamento, che possono evolvere verso forme più accentuate,

Approfondimenti d'indagine. Per quanto riguarda edifici e manufatti esistenti in queste aree, fatti salvi gli aspetti sismici, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del DPR 380/2001 ed alla lettera d) del DPR 380/2001 non comportanti demolizione e ricostruzione, purchè con tutti questi interventi non vengano modificati i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

La realizzazione degli altri interventi dovrà essere preceduta da un'accurata analisi geologica e geomorfologica dei settori di porzioni di versante (sia a monte sia a valle) che possono determinare condizioni di pericolosità per le aree interessate dalle opere o che possono risentire della realizzazione degli interventi proposti. L'estensione dell'area d'indagine dovrà essere valutata in ragione delle condizioni al contorno; nella relazione illustrativa dell'indagine dovranno essere riportate le analisi di stabilità significative e proposti gli interventi di mitigazione del rischio.

Per le aree interessate da fenomeni di degradazione si consiglia in ogni caso di favorire e curare una gestione del territorio che consenta di seguire l'evoluzione dei fenomeni e di intervenire a livello preventivo per evitare l'insorgere di nuovi fenomeni. A seconda delle situazioni locali gli interventi preventivi possono consistere in :

- manutenzione delle opere di sostegno o di sistemazione esistenti;
- ripristino e mantenimento di una copertura vegetale in grado di proteggere il terreno dall'erosione senza creare problemi di sovraccarico;
- organizzazione delle acque di scorrimento superficiale e di quelle raccolte dalle superfici impermeabili in modo da evitare fenomeni di concentrazione locale con erosione o saturazione dei terreni.

**10.2.c.6. - Sottoclassi 3h e 3 $\beta$  - Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta di blocchi (zona di accumulo a media pericolosità)- Sottoclasse 3h - e aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata area di influenza (zona di accumulo a media pericolosità) - Sottoclasse 3 $\beta$ .**

Descrizione. Con questa sigla sono state indicate le aree potenzialmente interessate dalle traiettorie di caduta di massi da pareti rocciose individuate in questa sede sia in riferimento alle indicazioni contenute nell'Allegato 2 alla d.g.r. n. 8/1566 del 22/12/2005 (sottoclasse 3h), situate principalmente alla base del versante destro della valle

dell'Oglio, sia in riferimento ad un criterio strettamente morfologico (sottoclasse 3 $\beta$ ) e situate nel settore montuoso del territorio comunale.

Approfondimenti d'indagine. La realizzazione di nuovi interventi dovrà essere preceduta da un'accurata analisi geologica, geomorfologica e geomeccanica dei settori di versante posti a monte delle aree in questione. Dovranno essere eseguite indagini mirate alla verifica della potenzialità dei fenomeni di crollo e della loro influenza sulle opere, seguendo le indicazioni contenute nell'Allegato 2 d.g.r. n. 8/1566 del 22/12/2005 ed approfondendo il dettaglio rispetto alle valutazioni effettuate in questa sede.

Dovranno inoltre essere indicate le metodologie per la messa in sicurezza delle aree sia con interventi di bonifica e consolidamento delle pareti origine dei crolli rocciosi sia con interventi di difesa delle aree interessate. Tali interventi dovranno essere riportati negli elaborati di progetto, con forme e dimensioni in accordo con le indicazioni contenute nell'indagine geologico-tecnica.

In queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, non necessitano di integrazioni di carattere geologico gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del DPR 380/2001 ed alla lettera d) del DPR 380/2001 non comportanti demolizione e ricostruzione, purchè con tutti questi interventi non vengano modificati i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

Per quanto riguarda gli edifici e le infrastrutture già esistenti in queste aree si ritiene necessario intraprendere degli interventi per la loro messa in sicurezza, sulla base di studi specifici.

#### **10.2.c.7. - Sottoclasse 3 $\lambda$ - Aree estrattive attive o dismesse**

Descrizione. Queste aree corrispondono alle zone sfruttate a fini estrattivi in tempi recenti ed ora dismesse oppure attive attualmente, così come indicate nella "Carta dell'ambito territoriale estrattivo" della Provincia di Bergamo a scala 1:10.000 (Piano Cave - L.R. 14/98). Si tratta sia di cave di inerti situate sul fondovalle sia di cave di gesso situate alla base del versante della Val Camonica.

Approfondimenti d'indagine. Le modificazioni di carattere morfologico e stratigrafico dovute all'attività di coltivazione recente, per quanto riguarda le cave dismesse, e tuttora in corso nelle cave attive rendono necessario che da un punto di vista geologico, oltre a quanto previsto dalla legislazione esistente in materia di attività estrattive, ogni intervento in queste aree sia condotto sulla base di indagini specifiche finalizzate ad aggiornare puntualmente la situazione geologica complessiva, verificando gli aspetti stratigrafici, morfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici.

#### **10.2.c.8. - Sottoclasse 3 $\gamma$ - Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse**

Descrizione. Questa sottoclasse comprende le aree situate in corrispondenza di fenomeni franosi per deformazione gravitativa profonda, identificati principalmente in base ad evidenze morfologiche, per i quali non si hanno evidenze di deformazioni recenti, ma che sono molto probabilmente quiescenti se pur caratterizzati da un'evoluzione nel complesso relativamente lenta. In particolare queste aree si trovano principalmente nei settori superiori delle frane per deformazione gravitativa profonda, in zone non interessate da fenomeni di degradazione minori associati alle deformazioni principali.

Queste aree possono risentire dell'evoluzione dei fenomeni franosi profondi ed essere coinvolte principalmente nei movimenti complessivi del corpo di frana, con possibilità di movimenti differenziali nelle zone corrispondenti alle fratture di trazione ed alle scarpate e possibilità di innesco di fenomeni franosi o di degradazione locali conseguenti al rilascio tensionale in corrispondenza delle scarpate.

Approfondimenti d'indagine. In riferimento alla situazione morfologica ed alla relativa pericolosità in queste aree sono consentiti, oltre agli interventi relativi alla classe 4 di fattibilità, gli interventi definiti dalla lettera d) dell'art. 27 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 e interventi di ampliamento degli edifici esistenti ai fini igienico-sanitari. E' inoltre consentita la realizzazione di nuovi fabbricati non residenziali a servizio di attività agricole.

La realizzazione di questi interventi dovrà essere preceduta da un'accurata ed approfondita analisi geologica e geomorfologica dei versanti interessati. L'indagine dovrà essere finalizzata in particolare a verificare nel dettaglio la presenza di elementi geologici o geomorfologici, di superficie o sepolti, che possano testimoniare l'esistenza di scarpate, fessure di trazione o altri elementi legati ai fenomeni gravitativi, in modo da consentire di definire con il maggiore dettaglio possibile la geometria dei fenomeni, riconoscerne lo stato di attività ed individuare le zone più facilmente soggette alle deformazioni conseguenti ad eventuali riattivazioni.

In riferimento ai risultati dello studio di dettaglio si dovranno evitare le zone a maggiore pericolosità individuate e, all'esterno di queste, adottare soluzioni tecniche che consentano di realizzare fabbricati in grado di tollerare deformazioni più ampie rispetto a quelle normalmente considerate e realizzare sistemi di controllo dell'evoluzione dei fenomeni in grado di consentire la definizione di procedure di allerta da adottare in caso di riattivazione o accelerazione dei fenomeni gravitativi che interessano i versanti in esame.

Qualora dovessero comparire delle lesioni nelle strutture dovranno essere installate delle strumentazioni che consentano di seguirne l'evoluzione nel tempo e di adottare misure preventive per la sicurezza.

#### **10.2.c.9. - Sottoclassi *r, i* - Aree con presenza di riporti di materiale di origine antropica o di terreni aventi caratteristiche geotecniche scadenti**

Descrizione. Nelle aree contrassegnate con tale sigla è stata individuata la presenza di terreni naturali (*i*) a comportamento geotecnico mediocre o scadente in ragione della granulometria relativamente fine e/o del basso grado di addensamento o di consolidazione oppure di depositi di origine antropica (*r*) che possono determinare l'insorgenza di problematiche di carattere geotecnico a causa di eventuali disomogeneità di composizione e/o di addensamento. Terreni naturali a caratteristiche geotecniche scadenti sono presenti localmente nell'ambito della piana di fondovalle, soprattutto in zone di ristagno di acque provenienti dal versante, come a Rondinera, dove si sono trovati livelli a granulometria limoso-argilloso e livelli di torba.

Approfondimenti d'indagine. In queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico tutti gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b), c) del DPR 380/2001 purchè questi interventi non modifichino i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

Ogni altro intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine geologica, sulla base di una campagna geognostica ed idrogeologica adeguata all'importanza dell'intervento, mirata alla definizione del comportamento geotecnico dei terreni, siano essi interessati dai carichi trasmessi dalle fondazioni o da lavori di scavo. Nel primo

caso l'analisi dovrà essere mirata alla definizione della capacità portante ed alla stima degli eventuali cedimenti in seguito all'applicazione dei carichi; nel secondo caso l'indagine dovrà essere comprensiva di opportune analisi di stabilità a breve e lungo termine (durante e dopo le fasi di scavo). Le opere da realizzare dovranno essere verificate in accordo alle condizioni desunte dall'indagine stessa tenendo conto delle condizioni idrogeologiche al contorno.

**10.2.c.10. - Sottoclassi I,k - Aree con caratteristiche geotecniche scadenti per presenza di gesso o anidrite in affioramento (I) o nel sottosuolo (k).**

Descrizione. Le aree contrassegnate con tale sigla si trovano in corrispondenza di zone caratterizzate dalla presenza di rocce gessose o anidritiche in affioramento (I) o nel sottosuolo (k), che per la loro composizione sono soggette a fenomeni di dissoluzione (gesso) o di idratazione e successiva dissoluzione (anidrite) da parte dell'acqua. I fenomeni di idratazione delle anidriti portano al rigonfiamento della compagine rocciosa mentre i fenomeni di dissoluzione portano a forme di sprofondamento, sia come conseguenza diretta della dissoluzione superficiale della roccia sia come conseguenza indiretta della dissoluzione profonda con formazione di cavità sotterranee. Spesso gessi e anidriti nel sottosuolo presentano inoltre un orizzonte di alterazione a scadenti caratteristiche geotecniche. Queste situazioni portano a sconsigliare in linea di massima l'utilizzo di queste aree per l'edificazione.

Queste aree si trovano alla base del versante destro della Val Camonica nella zona di Rondinera e, soprattutto, di Castelfranco, il cui nucleo abitato è costruito in buona parte su gesso affiorante ed è stato interessato da locali fenomeni di sprofondamento relativamente superficiali e da diffuse lesioni nei fabbricati.

Approfondimenti d'indagine. In queste aree, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, sono ammissibili senza integrazioni di carattere geologico tutti gli interventi definiti dall'art. 3, lettere a), b) e c) del DPR 380/2001 purchè questi interventi non modifichino i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

Ogni altro intervento dovrà essere preceduto da una fase d'indagine geologica e geomorfologica accurata ed approfondita, sulla base di una campagna geognostica ed idrogeologica adeguata all'importanza dell'intervento, finalizzata a verificare nel dettaglio la natura, stratigrafia e caratteristiche geotecniche del sottosuolo e l'eventuale presenza di cavità sepolte.

E' inoltre necessario non realizzare scarichi di sorta sul suolo e nel sottosuolo, ma è indispensabile allontanare le acque e convogliarle in modo da evitare la loro dispersione, e si deve curare la posa di condotte o tubature di acqua o fluidi in modo da evitare la possibilità rotture e conseguenti perdite nel sottosuolo.

Per la sicurezza dell'esistente è necessario tenere sotto stretto controllo l'evoluzione dei fenomeni di sprofondamento e le lesioni dei fabbricati e curare con attenzione l'organizzazione del deflusso delle acque meteoriche e superficiali, la manutenzione di tutte le condotte sotterranee.

#### **10.2.d - CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni.**

*La classe comprende quelle aree per le quali l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso delle particelle. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b) c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.*

*Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.*

Alla classe 4 sono state assegnate le aree caratterizzate da condizioni di pericolosità morfologica da alta ad elevata, fenomeni franosi o di degradazione compresi i fenomeni di caduta di massi, le aree di pertinenza idraulica dei corsi d'acqua comprese le zone appartenenti alla Fascia Fluviale A del P.A.I., le zone appartenenti alla Fascia Fluviale B del P.A.I. e soggette o potenzialmente soggette a fenomeni di erosione fluviale ed alcuni settori dei conoidi alluvionali che rientrano nelle classi di pericolosità H4 ed H5, corrispondenti alle classi Ca e Cp del P.A.I. .

Gli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b) e c) della l.r. 12/05, consentiti nella classe 4, sono ammessi senza integrazioni di tipo geologico, fatti salvi gli aspetti relativi alla sismicità, purchè questi interventi non modifichino i rapporti struttura/terreno esistenti ed a tal fine dovrà essere prodotta un'apposita dichiarazione da parte del progettista.

I vincoli e le prescrizioni per le aree comprese entro la Fascia Fluviale A sono contenuti nelle Norme di Attuazione del PAI (al Titolo II - in particolare gli articoli 28, 29, 38, 39, 40 e 41) alle quali si rimanda per la trattazione completa, mentre in questa sede sono stati riportati solo alcuni commi relativi all'articolo 39, riguardanti gli interventi urbanistici e gli indirizzi alla pianificazione urbanistica.

Per le aree comprese nella Fascia Fluviale A del PAI sono consentite (Art. 39, Comma 3):

- le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del DPR 380/2001, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

Per le aree dei conoidi alluvionali che rientrano nelle classi di pericolosità H5 ed H4, corrispondenti alle classi Ca e Cp del P.A.I., rappresentate nella carta di Sintesi alla scala 1:2.000 (Tavola 5) e nella carta con legenda uniformata a quella del PAI, alla scala 1:10.000, valgono inoltre le indicazioni relative contenute nelle Norme di Attuazione del PAI riportate nell'ultimo capitolo.

Rispetto alla Norme PAI per le aree Ca e Cp si ricorda che hanno comunque la prevalenza, in quanto più restrittive, le norme della classe 4 di fattibilità. In particolare per quanto riguarda gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale consentiti dal comma 8, art. 9 delle Norme di Attuazione del PAI, si ricorda che le indicazioni riportate nella definizione della Classe 4 di fattibilità consentono sugli edifici esistenti solo gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 27, comma 1, della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo.

#### **10.2.e - Aree senza valutazione della fattibilità specifica, ma soggette a normative riguardanti aspetti geologici**

Descrizione. Nella carta della fattibilità sono state riportate, senza effettuare una specifica valutazione della fattibilità geologica, ma sovrapponendole alle altre aree, le zone di tutela, Zone di Rispetto in particolare, delle sorgenti e dei pozzi sfruttati a scopo idropotabile. Per queste zone esistono delle limitazioni d'uso del territorio di carattere geologico definite da una legislazione specifica al fine di provvedere alla salvaguardia delle risorse idriche superficiali e sotterranee ed alla quale si rimanda per i dettagli (d.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 e disposizioni regionali in materia - d.g.r. 27 giugno 1996 n. 6/15137 e d.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693).

## 11. CARTA DEI RISCHI IDRAULICI E IDROGEOLOGICI

In riferimento alla d.g.r. n. 7/7365 del 11 dicembre 2001, rispetto alla quale il comune di Rogno ricade nell'elenco dell'allegato C alla delibera (comuni non esonerati dall'applicazione delle procedure relative all'Art. 18 delle NdA del PAI) perchè non dotato di studio geologico esteso a tutto il territorio, è stata redatta la Carta dei rischi idraulici e idrogeologici. In questa carta è stato rappresentato il quadro del dissesto risultante su tutto il territorio comunale con legenda uniformata a quella della cartografia delle aree in dissesto del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dell'Autorità di Bacino del fiume Po) ed è finalizzata all'aggiornamento del quadro del dissesto del PAI.

La Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici è quindi stata redatta alla scala 1:10.000 sulla base della C.T.R. ed estesa a tutto il territorio comunale. La redazione è stata fatta in riferimento ai risultati complessivi dell'indagine geologica condotta in questa sede ed individua le aree soggette ad instabilità dei versanti, fenomeni valanghivi e dissesti della rete idrografica minore.

Come descritto nel paragrafo riguardante le indicazioni generali sulla Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano per le aree comprese entro le zone delimitate come aree in dissesto in riferimento alla legenda nell'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici del Piano Stralcio per Assetto Idrogeologico (PAI) valgono le relative norme contenute nelle Norme di Attuazione del PAI delle quali si riporta di seguito un estratto relativo agli articoli 9, 48, 49 e 50 .

Poichè tutto il territorio comunale è stato compreso nella Carta di Fattibilità per queste aree valgono anche le indicazioni e le prescrizioni individuate in questa sede.

### 11.1 - Normativa di riferimento per le aree in dissesto individuate nell'atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici del PAI.

Estratto da: *Norme di attuazione del Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti (Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6 ter)*

.....

#### **Art. 9. Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico**

1. Le aree interessate da fenomeni di dissesto per la parte collinare e montana del bacino sono classificate come segue, in relazione alla specifica tipologia dei fenomeni idrogeologici, così come definiti nell'Elaborato 2 del Piano:

- frane:
  - Fa, aree interessate da frane attive - (pericolosità molto elevata),
  - Fq, aree interessate da frane quiescenti - (pericolosità elevata),
  - Fs, aree interessate da frane stabilizzate - (pericolosità media o moderata),
- esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:
  - Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata,
  - Eb, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata,
  - Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata,
- trasporto di massa sui conoidi:

Ca, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità molto elevata),

Cp, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità elevata),

Cn, aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa – (pericolosità media o moderata),

• valanghe:

Ve, aree di pericolosità elevata o molto elevata,

Vm, aree di pericolosità media o moderata.

2. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle **aree Fa** sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

3. Nelle **aree Fq**, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:

- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purché consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità

residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

4. Nelle **aree Fs** compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

5. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle **aree Ee** sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

6. Nelle **aree Eb**, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quando esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

6bis. Nelle **aree Em** compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

7. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle **aree Ca** sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni culturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.

8. Nelle **aree Cp**, oltre agli interventi di cui al precedente comma 7, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

9. Nelle **aree Cn** compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

10. Nelle **aree Ve** sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, di rimboschimento in terreni idonei e di monitoraggio dei fenomeni.

11. Nelle **aree Vm**, oltre agli interventi di cui al precedente comma 10, sono consentiti:

- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con lo stato di dissesto esistente;
- le opere di protezione dalle valanghe.

12. Tutti gli interventi consentiti, di cui ai precedenti commi, sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

.....

L'individuazione delle aree in dissesto fatta in questa sede non è definitiva, ma potrà essere modificata, con le modalità e procedure definite dalla Regione Lombardia, in seguito ad eventuali interventi di sistemazione o di difesa o al verificarsi di nuovi fenomeni di dissesto che comportino una variazione delle condizioni di pericolosità.

Dr. geol. Fabio Alberti

Hanno collaborato:

dr. geol. Francesco Bosio

dr. Sabrina Adamini

Darfo Boario Terme, dicembre 2006.

## 12. - BIBLIOGRAFIA

- 1) Amministrazione Provinciale di Brescia - Piano generale di bonifica montana dell'alto bacino del Fiume Oglio - Suppl. Comment. Ateneo di Brescia, Brescia 1967.
- 2) Analisi e valutazioni degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio - Allegato 5: integrazioni. Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano - Milano, Febbraio 2006.
- 3) ASTM - Classification of soils for engineering purposes - 1975.
- 4) Aulitzky. - H. Hazard Mapping and Zoning in Austria Methods and legal implications - 1994.
- 5) Autorità di Bacino del fiume Po - Parma - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti (Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter). -Tavole Di Delimitazione Delle Fasce Fluviali, Norme di Attuazione - 2001
- 6) Berruti G. - Levandosi i fiumi sopra le rive- ed. Grafo, 1999.
- 7) Castiglioni G.B. - Geomorfologia.- ed. UTET, Torino 1979.
- 8) Celico P. - Prospezioni idrogeologiche - Liguori editore, 1986.
- 9) Civita M. - Idrogeologia applicata ed ambientale - Casa Editrice Ambrosiana, 2005.
- 10) D.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 - G.U. n. 88 del 14/04/06, Suppl. Ord. n. 96.
- 11) D.M. 14 settembre 2005 - Norme tecniche per le costruzioni.- Suppl. Ord. alla Gazz. Uff., serie gen. n. 222 del 23/09/2005.
- 12) Da Deppo, Datei, Salandin - Sistemazione dei corsi d'acqua. - Ed. Libreria Cortina Padova, 1997.
- 13) Deliberazione Giunta Regionale 6 Agosto 1999 - n. 6/37918 - Approvazione del documento "Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica della pianificazione comunale, secondo quanto disposto dall'art. 3 della legge regionale 24 Novembre 1997, n. 41 - 1997.
- 14) Geo.Te.C. - Nuova palestra delle scuole elementari di via Giusti: relazione geologico-tecnica allegata al progetto definitivo-esecutivo - Comune di Rogno, Aprile 2003.
- 15) Gruppo Edison - Elaborazione dei dati idrologici del bacino dell'Oglio - 1953
- 16) Hoek E., Bray T. - Rock Slope engineering - The Institution of Mining and Metallurgy, London 1977.
- 17) Ippolito F., Nicotera P., Lucini P., Civita M., D Riso R.- Geologia Tecnica - ed. ISEDI, 1985.
- 18) Ministero Lavori Pubblici - Criteri, metodologie e norme tecniche generali di cui all'art. 2, lettere b), d) ed e), della legge 10 maggio 1976, n. 319, recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento - supplemento ordinario alla gazzetta ufficiale n. 48 del 21 febbraio 1977
- 19) Ordinanza PCM 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 - G.U. n. 105, 8 maggio 2003, Suppl. Ord. n. 72.

- 20) Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 – Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone - Gazz.Uff., anno 147, n. 108 del 11-05-2006
- 21) Panizza M.- Geomorfologia applicata.- ed. La Nuova Italia Scientifica, Roma 1988.
- 22) Provincia di Brescia - Studio delle precipitazioni intense in Provincia di Brescia e verifica funzionale della rete pluviometrica esistente - Brescia, 1985.
- 23) Regione Lombardia - D.g.r. 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. - BURL s.o. n. 17 del 22 aprile 2003.
- 24) Regione Lombardia - D.g.r. 20 Dicembre 2001- n. 7/7365 - Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della legge 18 maggio 1989 n. 183. - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXI, n. 314, 2001.
- 25) Regione Lombardia - D.g.r. 27/06/1996 n. 6/1537 in riferimento all'art. 9, punto 1, lett. f, del D.P.R. 24/05/1988 n. 236 -Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee, pozzi e pozzi e sorgenti, destinate al consumo umano.
- 26) Regione Lombardia - D.g.r. 29 marzo 2006 n. 8/2244 approvazione del Programma di tutela e uso delle acque, ai sensi dell'art. 44 del d.lgs. 152/99 e dell'art. 55, comma 19 della l.r. 26/2003 – BURL anno XXXVI, n. 80, 2° suppl. straord. - 23 aprile 2006.
- 27) Regione Lombardia - 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 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXI, n. 294, 2001.
- 28) Regione Lombardia - D.g.r. n. 7/14964 del 7 Novembre 2003 – Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM n°3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"- Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXIII, n. 275, 2003.
- 29) Regione Lombardia - D.g.r. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005 - Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXVI, n. 14, 2006.
- 30) Regione Lombardia - Decreto dirigente dell'unità organizzativa n. 19904/03 21/11/2003 – Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n° 14964 del 7 Novembre 2003 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. – serie ordinaria, n. 49 del 1/12/2003.
- 31) Regione Lombardia - L.r. 14 luglio 2006 n. 12 - Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 "legge per il governo del territorio". - BURL 18 luglio 2006, n. 29, 1° suppl. ord.
- 32) Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio ed Urbanistica, Struttura Rischi Idrogeologici - Inventario dei delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia - 2002.
- 33) Servizio Geologico d'Italia - Carta Geologica d'Italia. Scala 1:100.000. Foglio n. 34, Breno. - Roma 1970.
- 34) Servizio Geologico d'Italia - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio n. 34, Breno. - Roma 1971.