COMUNE DI CLUSONE

PROVINCIA DI BERGAMO

STUDIO DI DETTAGLIO

ai sensi della D.G.R. 29.10.2001 n° 7/6645

in attuazione della L.R. 41/97

BACINO DEL MONTE BEUR

RELAZIONE TECNICO-IDRAULICA

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

DOTT. GEOL. BARBARA ARAMINI

Villa d'Almè, aprile 2004

INDICE..... Pag.

1 PREMESSA..... 2
2 METODOLOGIA DI LAVORO..... 2
3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE..... 3
3.1 GEOLOGIA..... 3
3.1.1 Substrato roccioso..... 3
3.1.2 Depositi superficiali..... 4
3.1.3 Tettonica..... 5
3.2 GEOMORFOLOGIA..... 5
3.3 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA..... 7
4 ANALISI STORICA..... 8
5 ANALISI DEL BACINO IDROGRAFICO..... 9
5.1 ANALISI GEOLOGICA..... 9
5.2 ANALISI GEOMORFOLOGICA..... 10
5.3 ANALISI MORFOMETRICA..... 13
6 RILIEVO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO..... 13
6.1 SEZIONI TRASVERSALI..... 15
7 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA..... 16
8 VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO..... 23
9 ZONAZIONE DEL CONOIDE..... 25
9.1 RISULTATI..... 26
10 PERICOLOSITA' DEL CONOIDE..... 26
10.1 CLASSIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ..... 28
11 FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO..... 29
11.1 NORMATIVA..... 30
12 RIDUZIONE DEL RISCHIO..... 33
13 PROPOSTA DI RIDELIMITAZIONE DEL CONOIDE DEL PAI..... 33
14 ALLEGATI..... 35

1 PREMESSA

Il presente studio è stato predisposto, su incarico dell'Amministrazione comunale di Clusone, ai fini della valutazione della pericolosità dei conoidi identificati sul territorio comunale dal PAI (Piano Assetto Idrogeologico – Atlante dei dissesti) come *"Ca – Area di conoide attivo non protetta".*

In questa relazione viene valutata la pericolosità del conoide identificato dal PAI ai piedi del versante settentrionale del Monte Beur: attraverso il rilievo di dettaglio e l'applicazione di modelli sperimentali, è stata valutata la pericolosità dei fenomeni agenti e il rischio conseguente per giungere alla zonazione in classi di fattibilità.

Lo studio è stato condotto sulla base delle linee guida proposte da Regione Lombardia – Territorio e Urbanistica nel documento "*Valutazione e gestione del rischio da frana*" (luglio 2001), contenute nella D.G.R. n° 7/6645 del 29 ottobre 2001, ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/97.

2 METODOLOGIA DI LAVORO

Lo studio geologico-tecnico dei conoidi si è basato prioritariamente sul rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio, che ha permesso di cartografare i litotipi e le forme caratterizzanti il bacino idrografico sottostante il Monte Beur. Questa analisi ha consentito di interpretare le morfologie che possono avere originato fenomeni di trasporto in massa o colate detritiche con trasporto di ingenti quantità di materiale solido, noti come "*debris flow*" o "*debris torrent*".

Parallelamente è stata effettuata un'analisi idrologica, sulla base dei dati esistenti e un'analisi idraulica del bacino idrografico per la stima delle portate di piena e del materiale solido, che potenzialmente può essere trasportato dal torrente (magnitudo).

I risultati delle analisi hanno permesso di effettuare una zonazione della pericolosità, definita sulla base dell'*indice di pericolo locale di Aulitzky.*

Le classi di pericolosità individuate sono state trasformate in classi di fattibilità geologica per le azioni di piano secondo quanto riportato nella D.G.R. 11.12.2001 n. 7365: " Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della Legge 18 maggio 1989 n. 183".

L'esito finale dello studio ha pertanto consentito una nuova perimetrazione del conoide secondo la legenda dell'elaborato n. 2 "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto" del PAI.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di indagine si sviluppa nel territorio comunale di Clusone, sul pendio meridionale compreso fra il Monte Fogarolo e il Pizzo Formico, fra la Val Flex e la Val Gavazzo.

In particolare, l'ambito esaminato si colloca nella porzione di versante fra la piana di Clusone e l'altopiano di San Lucio (quota 1073 m s.l.m.).

3.1 Geologia

L'inquadramento geologico-strutturale è supportato dall'allegato grafico *"Carta Geologica"* in scala 1:10.000 (*Tav. 1*).

3.1.1 Substrato roccioso

Il substrato roccioso presente nell'area d'indagine è unicamente definito dal litotipo denominato *Calcare di Zorzino:* esso è costituito da una successione di calcari micritici nerastri, spesso laminati e dal caratteristico odore fetido, dovuto alla deposizione dei fanghi carbonatici in ambienti anossici. La stratificazione è piano-parallela e lo spessore degli strati varia da pochi centimetri al metro; si segnala la presenza di sottili intercalazioni marnose scure. Nella parte medio-superiore, si osserva un incremento nei terrigeni fini, pertanto si hanno calcari marnosi sottilmente stratificati, dall'aspetto lastroide e spesso carboniosi ricchi in resti fossili,

quali pesci, vertebrati e crostacei. Il Calcare di Zorzino presenta notevoli variazioni stratigrafiche, testimoniate dalla variabilità con cui questa unità è presente nell'area della Bergamasca; lo spessore massimo riscontrato è di 1100 m in corrispondenza della sponda del lago d'Iseo, mentre in Val Taleggio e nella zona di Artavaggio raggiunge i 300 m di spessore. Il limite superiore è rappresentato dalle Argilliti di Riva di Solto, mentre inferiormente l'unità poggia sulle Dolomie Zonate e ,talvolta, direttamente sulla Dolomia Principale (in corrispondenza di Vertova e Fiorano, in Val Seriana).

Il Calcare di Zorzino è ascrivibile al Norico medio, in base al ricco contenuto faunistico e alla posizione stratigrafica occupata.

3.1.2 Depositi superficiali

I depositi superficiali che caratterizzano l'area di indagine sono:

Unità Postglaciale (Pleistocene superiore-Olocene)

Nell'area di indagine tale unità è rappresentata da depositi di versante costituiti da ciottoli e blocchi spigolosi sia a supporto di matrice (sabbioso-limosa) che a supporto clastico; non si riconosce alcun tipo di organizzazione all'interno del deposito. Essa costituisce un'ampia falda di detrito posta nella fascia pedecollinare di raccordo fra il versante e la piana. Lo spessore di tale deposito è difficilmente valutabile: è probabile che possa raggiungere anche vari metri.

Complesso dell'Oglio – Unità di Songavazzo (Pleistocene medio-superiore)

Si tratta di depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a supporto di matrice sabbiosa con ciottoli arrotondati di dimensione centimetrica, costituiti da litotipi permo-triassici. L'Unità di Songavazzo è il prodotto di diverse fasi glaciali, testimoniate dai numerosi cordoni morenici presenti lungo la piana di Clusone, che presentano morfologie ben conservate.

Complesso di Fiorine - Unità di Sternida (Pleistocene medio)

Si tratta di depositi fluvioglaciali costituiti da conglomerati grossolanamente stratificati a supporto clastico con matrice arenacea; i ciottoli sono mal selezionati e di dimensioni da cm a dm, spigolosi a buona cementazione. Tale unità costituisce alcuni pianalti presenti all'interno della piana di Clusone, delimitati generalmente da scarpate anche di una decina di metri.

3.1.3 Tettonica

L'elemento strutturale più rilevante, nell'intorno dell'area esaminata, è costituito da un contatto tettonico sviluppato in direzione NW-SE lungo il versante settentrionale Pizzo Formico-Monte Fogarolo. Si tratta di una faglia diretta, il cui piano immerge verso NE, portando al ribassamento della porzione inferiore del versante.

3.2 Geomorfologia

L'ambito territoriale considerato è compreso fra due crinali secondari, interni al versante principale, che a partire dalla quota di circa 1150 m s.l.m., definiscono il bacino del torrente esaminato: il crinale occidentale termina con la cima del Monte Beur (quota 859 m), mentre il crinale orientale decorre nei pressi della Casa Bertacchi e Fenile Folì.

Le morfologie visibili all'interno del bacino idrografico sono riconducibili alle azioni prodotte dalla gravità e dalle acque superficiali che agiscono su un versante costituito da un substrato roccioso erodibile.

Tale porzione di versante, orientato verso nord, è suddivisibile in tre settori a morfologia omogenea; partendo dall'alto si identifica:

- porzione superiore (indicativamente dalla quota di 1150 m s.l.m. fino alla quota di 1000 m s.l.m.), a bassa acclività, con morfologie derivate dall'azione prodotta dall'acqua, per dissoluzione, sulle rocce calcaree, con

formazione di depressioni circolari (doline), talora di consistenti dimensioni, e inghiottitoi; sono visibili anche numerosi dossi arrotondati, in alternanza alle doline, residuali dell'azione erosiva carsica (a nord di Casa Bertacchi). L'evoluzione di tali morfologie può anche provocare dissesti sul terreno dovuti a crolli sotterranei;

- porzione centrale (dalla quota di 1.000 m s.l.m. sino a quota 850 m s.l.m.) ad acclività media di 20°, senza particolari risalti morfologici; le caratteristiche giaciturali della roccia, con l'immersione degli strati verso nord (a franapoggio), con pendenza di circa 20°-30°controllano strettamente la morfologia di questo tratto di pendio;
- porzione inferiore (dalla quota di 850 m s.l.m. sino a quota 600 m s.l.m.) la cui continuità morfologica è interrotta da piccole incisioni torrentizie. La morfologia del versante risulta blandamente "ondulata" per la presenza di estese falde di detrito, di origine gravitativa, che si sviluppano lungo la fascia di raccordo con la piana. Esse si presentano generalmente ben colonizzate e vegetate; superfici fresche si osservano sul detrito compreso fra l'impluvio principale del bacino e l'incisione secondaria, a sottolineare una recente attività, probabilmente sottoforma di colata detritica.

I potenziali dissesti sono prevalentemente riconducibili a:

- fenomeni di trasporto derivanti da colate detritiche, preferibilmente lungo le incisioni torrentizie;
- fenomeni di esondazione, causati sia dall'insufficienza delle sezioni di deflusso lungo l'alveo sia dalle possibili ostruzioni dei tombotti di attraversamento che, anche quando idonei allo smaltimento delle portate liquide, si possono ostruire per il materiale trasportato;
- fenomeni di franamento, generalmente di piccole dimensioni, lungo i versanti (per la presenza di materiale detritico e/o eluviale) o in corrispondenza di scarpate in roccia; in particolare lungo gli intagli stradali (strada per San Lucio).

Gli aspetti morfologici di dettaglio vengono trattati nei capitoli successivi.

In allegato si riporta la *"Carta geomorfologica",* in scala 1:10.000, riportata nella *Tav. 2*.

3.3 Idrografia e idrogeologia

L'ambito considerato si caratterizza per la presenza di un reticolo idrografico scarsamente organizzato, con alcuni impluvi di limitato sviluppo, poco delineati, che si dipartono dal versante a quote generalmente non superiori a 850 m s.l.m.

Il corso d'acqua principale nasce dal crinale del Monte Beur e scorre inizialmente verso nordest per poi deviare nettamente, attorno alla quota di 650 m, verso nord; a tale quota, in destra, si immette un impluvio secondario che scorre all'interno di una incisione poco marcata (orientata nord-sud) proveniente dal versante sottostante l'altipiano di San Lucio.

Il bacino idrografico di alimentazione è di ridotta estensione; di conseguenza l'apporto di acqua è generalmente modesto con portate limitate.

E' possibile tuttavia che vi sia un significativo contributo dato da circuiti sotterranei di origine carsica che si attivano solo periodicamente. Questo incremento nella portata dei corsi d'acqua può rimobilizzare anche significative quantità di materiale detritico.

Lungo gli impluvi non è visibile acqua in superficie: l'elevata permeabilità dei depositi presenti in alveo determina l'infiltrazione delle modeste portate di piena ordinaria che scorrono sul fondo.

Il torrente principale, raggiunta la strada che porta a San Lucio, è visibile fra i due tornanti della strada per S. Lucio, ma è stato parzialmente incanalato e intubato; scorre poi sotto la sede stradale, lungo il tratto rettilineo, fino ad immettersi nel piccolo canale che scorre a lato della stradina sterrata verso la località Sternida.

Le condizioni idrogeologiche dell'ambito considerato dipendono dalle caratteristiche di permeabilità dei litotipi presenti: i depositi superficiali di versante,

per la granulometria che li caratterizza (blocchi, ghiaie e sabbie, priva di cementazione, con matrice fine in percentuale variabile), hanno una permeabilità che può essere definita buona.

Il deposito eluviale, che ricopre in discontinuità il substrato roccioso, risulta costituito da granulometria fine, di tipo limoso-sabbiosa, derivante dall'alterazione in posto del bedrock; ad esso può essere attribuita una permeabilità media.

Nell'ambito esaminato, lungo il versante affiora il Calcare di Zorzino, che ha una permeabilità primaria ridotta ma una permeabilità secondaria che può risultare elevata per la possibile presenza di circuiti idrogeologici profondi.

4 ANALISI STORICA

Le procedure per la zonazione dei conoidi alpini prevedono che venga effettuata un'analisi storica, atta a ricostruire un quadro spaziale e temporale dei fenomeni che interessano il conoide, dando indicazioni sulla frequenza degli eventi, le variazioni delle caratteristiche dell'alveo e dell'incidenza antropica sul conoide.

Sono stati consultati gli archivi nazionali, il censimento regionale, lo studio dei dissesti della Comunità Montana e gli archivi comunali.

Gli unici dati relativi ad eventi, che interessano la vallecola del Monte Beur, sono riportati nello Studio dei dissesti del 1997, realizzato dalla Comunità Montana Valle Seriana Superiore.

La scheda relativa individua i possibili dissesti che si possono verificare lungo l'asta torrentizia, gli eventuali danni attesi e i possibili rimedi; non sono invece indicate datazioni o citazioni di eventi storici.

Si riporta parte della scheda suddetta relativamente ai danni e fattori di rischio, dai quali si intuisce quali problematiche sono presenti lungo il corso d'acqua in esame.

DANNI E FATTORI DI RISCHIO: in caso di forti piogge l'esondazione del torrente intorno a quota 605 m s.l.m. può determinare l'interruzione della strada del rifugio S. Lucio, a causa del grande quantitativo di ghiaia trasportato a valle. I cedimenti

del lato di valle della strada possono evolvere in vere e proprie frane.

5 ANALISI DEL BACINO IDROGRAFICO

Il bacino idrografico del torrente in esame si sviluppa da quota 1.150 m s.l.m. ed è compreso fra due crinali; lo spartiacque che lo delimita in sinistra è dato dal crinale che scende dalla cima, a quota di 850 m s.l.m., del Monte Beur.

La *"Corografia del bacino"* idrografico è riportata nella *Tav. 3*.

L'analisi geologica e geomorfologica seguente prende in esame il bacino idrografico del Beur fino al tombotto di attraversamento di via San Lucio, posto alla quota di circa 605 m s.l.m.

5.1 Analisi geologica

La ricostruzione geologica del bacino idrografico è stata effettuata mediante una serie di rilievi sul terreno, l'analisi dettagliata delle cartografie presenti in bibliografia e delle foto aeree.

Essa ha permesso di evidenziare i seguenti elementi:

- **Substrato roccioso affiorante** in corrispondenza dei tratti di versante più acclivi o lungo le incisioni fluviali, dove costituisce piccole pareti di limitato sviluppo verticale (pochi metri); esso affiora sporadicamente lungo i sentieri o lungo le scarpate stradali; il substrato roccioso raramente costituisce ampi affioramenti ma, ricoperto da un sottile strato di materiale di alterazione (substrato subaffiorante), occupa vaste aree del bacino.

  La litologia è data unicamente dal Calcare di Zorzino costituito da calcari nerastri con intercalazioni marnose, in strati piano paralleli di spessore da centimetrico a decimetrico.

  La giacitura del Calcare di Zorzino, costante verso nord, determina un controllo sull'andamento morfologico del versante che risulta strettamente controllato dai piani di strato.
- **Deposito eluviale** presente lungo i versanti meno acclivi con spessori

mediamente di ordine metrico e granulometria generalmente fine, di tipo limoso-sabbiosa, contenente anche scaglie del substrato roccioso sottostante.

- **Deposito alluvionale** presente sul fondo delle vallecole; è costituito da ciottoli e blocchi spigolosi, aventi dimensioni medie di alcuni decimetri. Tale deposito è presente quasi unicamente nell'alveo dell'asta principale, corrispondente all'impluvio che si genera dal Monte Beur.

  Con buona probabilità, il detrito che si rinviene sul fondo dei torrente è alimentato da fenomeni di tipo prevalentemente gravitativi che si insediano sulle scarpate laterali, mentre l'apporto dalle zone superiori del bacino, proprio per il poco sviluppo idrografico, è scarso.

  Lo spessore massimo del materiale alluvionale è valutabile in alcuni metri.
- **Deposito di versante** ricopre il substrato roccioso; ha uno spessore stimato in alcuni metri. E' costituito da blocchi e ciottoli di dimensioni decimetriche, con arrotondamento generalmente scarso, tessituralmente caotico; la litologia è monogenica, di tipo calcareo-marnosa, di colore grigio scuro-nero.

5.2 Analisi geomorfologica

Confrontando le caratteristiche morfologiche rilevate nei luoghi di indagine con la classificazione operata in varie sedi, compreso il PAI, sorgono alcune perplessità.

Sebbene si evidenzino connotati morfologici compatibili con un conoide, quali convessità, planimetria triangolare con un vertice verso monte, vi sono alcune considerazioni che inducono a dubitare della esattezza di tale interpretazione.

<u>Bacino</u>

- il bacino retrostante al "conoide" ha una dimensione areale molto ridotta, che determinano portate liquide che difficilmente possono giustificare il realizzarsi di fenomeni di trasporto solido così ingenti da giustificare, seppure per apporti successivi, una morfologia con le dimensioni di quella

presente;

- il bacino stesso non si conforma come una vera e propria valle, bensì come una "concavità", priva di estensione verso monte. L'interpretazione che meglio sembra attagliarsi a questa morfologia, più che di una valle, è quella di una nicchia di paleofrana, derivante da un fenomeno gravitativo (avvenuto in passato) che potrebbe aver coinvolto un significativo volume di roccia molto fratturata posto sul versante;
- non vi sono dati certi sul grado di fratturazione della roccia, anche per gli scarsi affioramenti presenti nell'area; tuttavia alcuni elementi morfologici indicano degli allineamenti ricorrenti: in direzione E-W si notano la contropendenza che isola la sommità del Monte Beur, la netta morfologia evidenziata dal crinale che da tale sommità scende verso Est, mostrano allineamenti; in direzione NE-SW si sviluppa la vicina valle di Gavazzo e le numerose morfologie carsiche del soprastante altipiano di S. Lucio. Questi allineamenti possono essere indicare la presenza di elementi tettonici (faglie e fratture) che, incrociandosi, possono aver determinato una condizione di particolare debolezza.

La porzione centrale, di fondovalle, interna al piccolo bacino esaminato, è costituita da una specie di piano inclinato, uniforme, con pendenza costante, priva di incisioni: non risulta agevole spiegare questa morfologia come derivante da semplice sedimentazione di apporti di tipo fluviale, vista l'assenza di un vero e proprio reticolo a monte; appare, al contrario, più plausibile una genesi di tipo gravitativa, di massa, che può aver portato alla formazione di questa area: seguendo quest'ottica essa rappresenterebbe il cumulo di frana e la morfologia convessa, invece che essere un conoide, costituirebbe la porzione più esterna del cumulo di frana stesso.

Distribuzione del reticolo idrico

Anche il reticolo idrografico presente all'interno dell'area mostra alcune anomalìe:

- il reticolo idrografico è molto asimmetrico, con il corso d'acqua meglio

sviluppato, è collocato al margine sinistro del bacino (dalla sommità del Monte Beur)

- nella porzione centrale del bacino, dove dovrebbe essere collocato il corso principale, è presente una blanda incisione, individuabile solo nella porzione più alta del bacino; al di sotto di quota 700 m tale incisione viene nettamente deviata verso sinistra, fino a confluire nella valle principale che scende dal monte Beur.

La anomala disposizione planimetrica del reticolo idrografico descritta risulta ben compatibile con un'ipotesi di un evento franoso che abbia determinato una modifica sostanziale del reticolo idrico preesistente.

Area di conoide

Nella zona di conoide si nota la presenza di una morfologia convessa posta immediatamente a lato (verso Est) rispetto all'area di conoide individuata e ad essa coalescente: si esclude che tale elemento morfologico appartenga all'apparato dei rilievi di origine glaciale ben rappresentati nella piana circostante, in quanto la litologia dei clasti è monogenica, direttamente e unicamente riferibile al Calcare di Zorzino del versante soprastante.

Le possibili interpretazioni di questa morfologia si riducono sostanzialmente a due: un conoide o un corpo di frana. Per le medesime considerazioni precedentemente riportate in merito al "conoide", pare difficile ricondurre la costruzione di questo edificio ad un trasporto legato all'acqua. È più agevole, al contrario, riconoscere un unico corpo di frana, comprendente tutto l'areale descritto.

Tuttavia, non essendovi elementi certi che supportino queste riflessioni, si è preferito lasciare invariata la classificazione di "conoide" già attribuita) anche perché, indipendentemente dalla effettiva origine delle morfologie presenti, queste aree sono di fatto potenzialmente sede pericolosità legate a fenomeni di trasporto di massa, tipiche dei conoidi.

Il rilievo geomorfologico di dettaglio che ha permesso di verificare le caratteristiche geometriche dell'alveo evidenziando i punti più critici per il deflusso è descritto nel capitolo successivo, compresa la descrizione delle sezioni.

5.3 Analisi morfometrica

Le caratteristiche morfometriche del bacino idrografico sono:

Superficie:	0,53 km^2
Pendenza media bacino:	37%
Lunghezza alveo principale:	0,60 km
Pendenza media alveo principale:	36%
Lunghezza totale rete idrografica:	1,41 km
Densità di drenaggio:	2,9 km/km^2
Indice di Melton:	0,673

La pendenza media dell'alveo risulta pari a 36%, mentre la pendenza media del bacino si aggira attorno ai 20°.

L'Indice di Melton del bacino permette di determinare, in rapporto con la pendenza, il tipo di trasporto possibile lungo l'alveo: in tal caso si tratta di un trasporto tipo debris flow o debris flood.

6 RILIEVO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

Nel sito in esame si è proceduto al rilevamento geomorfologico finalizzato alla definizione di tutti i processi e fenomeni, associati all'innesco di «*debris flow*» o «*debris torrent*».

Sono stati in particolare cartografati i fenomeni geomorfici associati alla dinamica torrentizia e di versante, per i quali, di seguito, viene data una descrizione dettagliata.

Le caratteristiche peculiari dell'area sono rappresentate nella "*Carta geomorfologica e litologica del bacino*" in scala 1:5.000 (*Tav. 4*).

Gli elementi rappresentati sono:

- ***Limite di bacino idrografico***: rappresenta il limite del bacino idrografico del corso d'acqua, con sezione di chiusura posta in corrispondenza del tombotto di attraversamento della strada che conduce a San Lucio.
  E' molto probabile che il bacino idrografico così definito non sia del tutto corretto, per gli apporti di acqua che si possono avere dalla circolazione carsica.
- ***Corso d'acqua principale e secondario***: gli impluvi individuati si attivano in occasione di eventi meteorici intensi, perciò sono stati classificati "con presenza di acqua saltuaria".
- ***Orlo di scarpata attivo:*** con questo simbolo si evidenziano i cigli delle scarpate fluviali che si presentano in erosione in quanto spesso costituiti da materiale detritico su pendio.
- ***Elementi antropici:*** sono stati individuati i tratti intubati.

Le caratteristiche peculiari sono rappresentate nella "*Carta geomorfologica del conoide"* in scala 1:2.000 (*Tav. 5*).

- ***Limite presunto del conoide:*** rappresenta il limite dell'area convessa che, nonostante le difficoltà interpretative precedentemente esposte, è stato individuato come presunto conoide.
- ***Orlo di scarpata attivo:*** i cigli delle scarpate fluviali risultano attivi lungo le incisioni torrentizie a monte del tratto intubato, in particolare lungo l'alveo inciso nel detrito di versante (il suo spessore può essere stimato in alcuni metri); esso genera scarpate poco sviluppate ma spesso in condizioni di stabilità precaria, sia per le scadenti caratteristiche geotecniche del materiale stesso (scarsa coesione), sia per l'erosione operata al piede dalle acque.

- ***Punti di possibile tracimazione della colata*:** sono stati evidenziati due punti: uno posto lungo l'alveo a quota 625 m s.l.m., l'altro a quota 605 m s.l.m. in corrispondenza del tombotto di attraversamento della strada.
- ***Probabile direzione della colata:*** sono stati individuati i possibili percorsi della colata nel caso di esondazione.
- ***Limite di massima espansione della colata:*** sulla base dei volumi della colata esondabile, è stato ipotizzato che il limite raggiungibile dal materiale, corrisponde alla porzione più depressa lungo la piana, topograficamente identificabile con la quota 575 m s.l.m.
- ***Dossi e incisioni:*** si distinguono due incisioni orientate SE-NO localizzate una a valle della seggiovia (adibita a sentiero) e l'altra a valle dell'area di sosta in corrispondenza del secondo tornante della strada per San Lucio. Le incisioni verso valle sono contenute da un dosso che determina un dislivello anche di alcuni metri. L'origine è dubbia: potrebbe trattarsi di opere realizzate artificialmente a difesa dell'edificio posto sulla piana a ridosso della scarpata, oppure morfologie legate a locali strutture tettoniche.
- ***Elementi antropici:*** sono stati localizzati i tombotti di attraversamento stradale, i tratti incanalati del torrente, la aree di riporto.

6.1 Sezioni trasversali

Sono state tracciate 10 sezioni lungo l'alveo, nei punti ritenuti più rappresentativi o in corrispondenza di particolari morfologie.

Le sezioni 1 e 2 sono state tracciate lungo il corso più sviluppato: l'alveo ha una larghezza variabile fra 5 e 10 m con, all'interno, due vie di scorrimento separate da modesti cumuli di materiale allungati, disposti nel senso della corrente: ciò determina lo spostamento delle acque verso il piede delle scarpate. Il materiale in alveo è costituito da blocchi di dimensioni massime di un metro e medie di 30 cm, spigolosi; la litologia è uniforme, di tipo calcareo-marnoso.

L'elevata permeabilità del detrito provoca l'infiltrazione dell'acqua di scorrimento superficiale.

L'alveo è contenuto da scarpate ad elevata acclività costituite da uno spessore metrico di deposito di versante, poggiante direttamente sul substrato roccioso calcareo.

La vegetazione sulle scarpate è caratterizzata da un bosco ceduo.

Le sezioni dalla 3 alla 5 sono state tracciate lungo l'impluvio secondario a monte dello sbocco nel corso principale. L'alveo risulta poco incassato, con fondo ad U e sponde laterali di altezza massima di 7 m con cigli in erosione; le scarpate sono costituite da detrito di versante. Sul fondo dell'alveo non è presente materiale alluvionale. La vegetazione è sviluppata in un bosco ceduo ben sviluppato.

Dalla sezione 6 alla sezione 8 l'alveo ha una larghezza che passa da 7,0 a 1,5 m, con un'altezza delle sponde compresa fra 3,0 m e 6,0 m e cigli in erosione; le scarpate sono costituite da detrito di versante. Sul fondo è presente detrito costituito da blocchi e ciottoli con diametro medio di 10÷15 cm, spigolosi, a litologia uniforme calcareo-marnosa. La vegetazione sulle sponde è di tipo arbustivo sparsa. L'alveo è invaso frequentemente da ramaglie e alberi caduti dai pendii laterali.

Le sezioni 9 e 10 sono ubicate in corrispondenza dei tombotti di attraversamento della strada comunale: quello relativo alla sezione 9 è provvisto di una vasca, in calcestruzzo, di raccolta del materiale trasportato dalle acque del torrente. Tale opera si ritiene funzionale e idonea per i quantitativi di detrito depositati durante gli eventi di piena ordinaria; ma insufficiente per episodi di colate detritiche di maggiori volumetrie.

7 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

In questo capitolo sono illustrate le caratteristiche idrologiche e morfometriche, utilizzate per il calcolo delle altezze di pioggia, delle portate liquide e

per la valutazione del trasporto solido.

I dati relativi alle precipitazioni sono quelli riportati negli Annali del Servizio Idrografico Mareografico Nazionale, relativamente alla Stazione meteorologica di Clusone, sita ad una quota di 648 m s.l.m.

I dati a disposizione sono riferiti ad un periodo di 36 anni e riguardano le precipitazioni della durata di 1 ora, 3, 6, 9, 12 e 24 ore.

I valori delle precipitazioni massime, riferiti a tempi di ritorno di 100, 50 e 10 anni hanno consentito l'applicazione dell'equazione della "curva della possibilità pluviometrica" (di seguito riportata) mediante la quale é stato possibile risalire ai quantitativi massimi di precipitazione registrabile nell'area.

Sulla base dell'equazione della curva della possibilità pluviometrica si ha infatti:

$$h(t) = a(t) * d^{n}(t)$$

in cui:

h = altezza di pioggia espressa in mm,

t = durata della pioggia

a e *n* sono due parametri il cui valore dipende dalle caratteristiche pluviometriche della zona; nel caso in esame, i valori di riferimento di *a* e *n* sono ottenuti dall'analisi dei dati pluviometrici della Stazione di Clusone riportati nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, di cui si riporta la tabella riassuntiva:

TEMPO DI RITORNO (anni)	**a**	**n**
10	35,8	0,37
50	45,7	0,37
100	50,0	0,37

Per procedere ai successivi calcoli è necessario valutare *l'altitudine media* del bacino, la quale è valutata sulla base dei valori ottenuti dalla curva ipsografica,

dove le singole aree, comprese fra due curve di livello contigue, vanno a "pesare" con il proprio valore di pendenza sul valore finale.

Attraverso la relazione:

$$Hm = (1 / A) \times \sum a_i \times h_i.$$

con:

A = area totale del bacino;

a_i = area del bacino compresa nell'intervallo i-esimo di quota;

h_i = altitudine media dell'intervallo di quota i-esimo.

si ricava l'altitudine media del bacino, che risulta essere pari a: **286 m**.

L'esame della curva ipsometrica permette di ricavare informazioni sulle caratteristiche del bacino. Una forte pendenza del tratto terminale della curva indica che il torrente è incassato, mentre un profilo non troppo concavo indica che il bacino è in condizioni di maturità.

Rappresentando la curva ipsografica in un diagramma adimensionale, si ricava la curva ipsometrica, dal cui andamento è possibile dedurre alcune informazioni sul grado di evoluzione volumetrica raggiunta dal bacino in relazione a quello primogenio. Ciò è possibile calcolando l'integrale della curva, definito integrale ipsometrico, il cui valore costituisce una valutazione del volume di bacino attualmente presente rispetto a quello teoricamente supposto originario.

Il valore dell'integrale del bacino del Monte Beur è pari a 0,76: valori superiori a 0,6 sono caratteristici dello stadio giovanile, cioè indicativi di una fase di prevalente erosione.

Nelle *Tavv 7 e 8* sono riportate rispettivamente il profilo altimetrico e ipsometrico del Torrente Beur.

È stato calcolato il *Tempo di corrivazione* T*c,* il quale rappresenta il tempo

necessario affinché l'acqua caduta dal punto più lontano del bacino giunga fino alla sezione di chiusura.

Nella stima del tempo di corrivazione di piccoli bacini montani non è infrequente incorre in errori legati alla applicazione delle formule sviluppate per aree non assimilabili a bacini montani (es. comprensori di bonifica), pertanto sono state utilizzate solo le formule applicabili nella situazione morfologica locale.

Le formule di calcolo più usate sono:

- *Formula di Giandotti:*

$$\tau_c(h) = \frac{4\sqrt{S_b} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_m}}$$

- *Formula di Pezzoli:*

$$\tau_c(h) = \frac{0.055L_p}{\sqrt{P_m}}$$

- *Formula Puglisi*

$$tc(h) = 6L^{2/3}(H_{max} - H_o)^{-1/3}$$

- *Formula Ventura*

$$tc(h) = 0.127 \sqrt{(A/p)}$$

- *Formula S.C.S:*

$$\tau_c(\min) = \frac{100L^{0.8}\left[\left(\frac{1000}{CN}\right) - 9\right]^{0.7}}{1900S_a^{0.5}}$$

dove:

$S_b\ (km^2)$ = superficie del bacino;

$L_p\ (km)$ = lunghezza dell'asta principale;

$P_m\ (\%)$ = pendenza media del bacino;

$H_m\ (m)$ = altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura;

$h_{max}\ (km)$ = altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura.

$L\ (ft)$ = lunghezza del corso d'acqua principale esteso fino allo spartiacque;

CN = Curve Number del bacino;

$S_a(\%)$ = inclinazione media del corso d'acqua principale.

La valutazione del tempo di corrivazione è stata ottenuta mediando i valori delle formule comunque più consone per i piccoli bacini montani; i risultati sono riportati nella seguente tabella:

TEMPO DI CORRIVAZIONE	**Ore**
GIANDOTTI	0,28
S.C.S.	0,66
VALORE MEDIO	**0,47**

Nell'allegato 1 si riportano i calcoli effettuati per la stima del tempo di corrivazione.

La *densità di drenaggio* si ricava dal rapporto tra la somma della lunghezza di tutte le aste, di qualsiasi ordine gerarchico, presenti nel bacino e l'area del bacino stesso.

L'indice consente la valutazione indiretta della permeabilità di un bacino, anche se per piccoli bacini montani, con un pattern poco sviluppato, l'indice è

influenzato maggiormente dalle caratteristiche orografiche del versante piuttosto che dalle caratteristiche di permeabilità del terreno.

$$Dr = \sum li / A_i$$

Il torrente del Monte Beur ha un indice di drenaggio pari a 2,7, che indica un buon sviluppo dei corsi d'acqua rispetto la superficie del bacino e, di conseguenza, una discreta permeabilità dei terreni.

Per calcolare la portata del torrente sono state utilizzate varie formule adatte per i bacini aventi le medesime caratteristiche.

Le formule di calcolo più usate sono:

- *Formula di Giandotti:*

$$Q_{max} = \lambda SH\sqrt{Z}/4\sqrt{S}+1,5L (m^3/s)$$

- *Formula di Turazza:*

$$Q_{max} = 11,57*SKm\ (h/t_p+t_c)\ (m^3/s)$$

- *Metodo razionale:*

$$Q_c = 0,28*KiS\ (m^3/s)$$

- *Metodo S.C.S:*

$$Q_c = 28*R_0S/t_p\ (m^3/s)$$

- *Formula di Anselmo:*

$$q = 200/ (S + 28) + 0.6\ (m^3/s/km^2)$$

- *Formula di Iszkowski:*

$$q = cmH\ (m^3/s/km^2)$$

dove:

$S\ (Km^2)$ = superficie del bacino

$H\ (m)$ = altezza di pioggia ragguagliata all'intero bacino, di durata uguale o superiore al tempo di corrivazione

$Z\ (m)$ = altitudine media del bacino

λ = fattore che dipende dall'estensione del bacino (per S<500 Km^2 λ=166)

$L\ (m)$ = lunghezza massima della vallata

K = coefficiente di deflusso (per il bacino del torrente della Val Barbino è stato considerato pari a 0,9)

$t_c\ (giorni)$ = tempo di corrivazione

$t_p\ (giorni)$ = durata della pioggia

$h\ (m)$ = altezza di pioggia ragguagliata sull'intero bacino

m = coefficiente di piena, il cui valore varia da 1 a 2

$i\ (mm/hr)$ = intensità di pioggia

$R_0\ (mm)$ = volume netto di pioggia per unità di superficie

$tp\ (ore)$ = tempo crescita onda di piena

c = coefficiente dipendente dalle caratteristiche morfologiche del bacino

m = coefficiente dipendente dall'estensione del bacino

L'analisi dei risultati permette di effettuare la media considerando solo le formule ritenute più consone, da cui si ricava la portata considerando un tempo di ritorno di 100 anni:

METODO	**PORTATA (m3/s)**
Razionale	5,05
SCS	4,03
Anselmo	4,58
Iszkowski	4,87
VALORE MEDIO	**4,63**

Nell'allegato 2 si riportano i calcoli effettuati per la stima delle portate di massima piena.

8 VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO

La magnitudo è definita come il volume massimo di materiale detritico rimobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su un conoide.

E' stata effettuato un calcolo della magnitudo considerando le metodologie presenti in bibliografia.

Le formule di calcolo più usate sono:

- *Formula D'Agostino, Cerato, Coali:*

$$M = 45A^{0,9}\,SCL^{1,5}\,I.G.\ (m^3)$$

$$M = 39A\,SCL^{1,5}\,I.G.\,I.T.^{-0,3}\ (m^3)$$

- *Formula Takei:*

$$M = 13600A^{0,61}\ (m^3)$$

- *Formula Marchi:*

$$M = 10000A\ (m^3)$$

- *Formula Rickemann & Zimmerman:*

$$M = (110\text{-}2,5A)*L\ (m^3)$$

- *Formula Hampel*

$$M = 150A\ (i\text{-}3)^{2,3}\ (m^3)$$

- *Formula Tropeano & Turconi:*

$$M = (0,542Ae+0,0151)*0,019*h*tgq\ (m^3)$$

- *Formula Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini:*

$$M = K*A*Mb^{0,}8*Scl_c*(1/I_F)^2\ (m^3)$$

- *Formula Bottino, Crivellari & Mandrone:*

$$M = 21241A^{0,28}\,(m^3)$$

dove:

$A\ (km^2)$ = area del bacino

$SCL\ (\%)$ = pendenza asta principale

$I.G.$ = indice geologico che dipende dai litotipi costituenti il bacino

$I.T.$ = indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky

$L\ (m)$ = lunghezza dell'alveo sul conoide

$i\ (\%)$ = pendenza del conoide

$Ae\ (km^2)$ = area effettiva del bacino

$h\ (m)$ = spessore medio del materiale mobilizzabile

tgq = pendenza media del bacino

K = 3 per fenomeni di bed load e debris flood; 5,4 per debris flow

Mb = Indice di Melton del bacino

$Scl_c\ (\%)$ = pendenza del collettore sul bacino

I_F = Indice di frana (1: grandi frane e/o frane lungo la rete idrografica; 2: frane sui versanti; 3: frane piccole o assenti)

Nell'allegato 3 si riportano i calcoli effettuati per la stima della magnitudo.

L'analisi dei risultati permette di effettuare la media considerando solo le metodologie ritenute più valide poiché proposte per piccoli bacini:

METODO	**MAGNITUDO (m^3)**
D'Agostino et A.	5.490 4.460
Takei	9.200
Marchi	5.300
Crosta	7.820
VALORE MEDIO	**6.460**

Può essere utile anche stimare la portata massima della colata Q_{df}, secondo la formula di Armanini:

$$Q_{df} = Q_l*(C^{\alpha}/C^{\alpha}-C_{df})$$

Dove:

Q_l = portata massima liquida

C^{α} = 0,65÷0,75

C_{df} = concentrazione della colata

La concentrazione della colata può essere assunta, per pendenze indicativamente maggiori di 20° pari a $C_{df} = 0,9\ C^{\alpha}$ da cui risulta:

$$Q_{df} = 10*Q_l$$

In tal caso la portata della colata risulta essere:

$$Q_{df} = 64,60\ m^3/s$$

9 ZONAZIONE DEL CONOIDE

La procedura per la valutazione della pericolosità e zonazione dei conoidi è stata redatta dalla *Regione Lombardia - Territorio e Urbanistica (dicembre 2000)* per i conoidi alpini interessati da trasporto solido e/o in massa (bed load, debris flood, debris flow, debris torrent) o per colate detritiche tipo debris flow e debris avalanche, che possono innescarsi sui versanti, anche in assenza di un edificio di conoide ben sviluppato sul fondovalle.

La metodologia utilizzata per la zonazione è quella proposta da Aulitzky (1982), modificata da Ceriani (1998), che consente di determinare *l'indice di pericolo locale* per le rispettive zone; tale metodo si basa sull'osservazione e sull'interpretazione di alcune caratteristiche morfologiche presenti allo stato attuale.

Alla determinazione quantitativa dell'indice di pericolo locale si perviene rispondendo a sei quesiti (domande 1-6) e attribuendo ad ogni risposta un punteggio da 4 a 1.

Per l'area interessata dal conoide in esame sono state prese in considerazione solo 5 delle 6 caratteristiche indicate da Aulitzky, poiché non sono presenti colate recenti.

Il grado di pericolosità ottenuto mediando i valori attribuiti alle domande, viene così interpretato: punteggi superiori a 2,6 indicano alta pericolosità, punteggi fra 2,6 e 1,9 indicano pericolosità media e punteggi inferiori a 1,9 sono caratteristici di aree a bassa pericolosità.

9.1 Risultati

Per la valutazione della pericolosità locale è stata effettuata una suddivisione dell'area morfologicamente identificata come conoide, a partire dalla base topografica a scala 1:5.000 (in quanto l'aerofotogrammetrico comunale in scala 1:2.000 non comprende tutta l'area di interesse).

L'area è stata suddivisa in celle quadrate corrispondenti ad un passo di 25 m, a ciascuna è stato attribuito un valore rispondendo ai quesiti di Aulitzky; è stata calcolata la media dei valori di ogni cella.

La *Tav. 9 "Zonazione del conoide"* riporta la suddivisione dell'area e l'indice di pericolo locale calcolato in ogni cella.

La classificazione secondo Aulitzky ha permesso di evidenziare che le aree a maggiore pericolosità sono poste in prossimità dell'alveo e nella porzione immediatamente a valle dell'attraversamento di Via S. Lucio; l'indice di pericolosità diminuisce man mano ci si allontana, anche lateralmente, dai punti di più probabile tracimazione della colata, la quale può raggiungere, seppur con altezze idriche minime e stato prevalentemente liquido, la piana fino alla quota di circa 575 m s.l.m.

10 PERICOLOSITA' DEL CONOIDE

La pericolosità del conoide, valutata con la metodologia di Aulitzky, è stata riesaminata per tener conto delle informazioni raccolte con il rilievo geomorfologico.

L'analisi degli aspetti geologici e geomorfologici, le valutazioni delle portate liquide e solide, permettono di effettuare alcune considerazioni:

- la quantità di materiale sciolto presente in alveo risulta significativa lungo il corso principale; è invece scarsa lungo l'impluvio secondario;
- il detrito presente sul fondo è alimentato principalmente dal materiale proveniente dalle scarpate laterali;
- si ritiene possibile il verificarsi di fenomeni di trasporto misto acqua e detriti (debris flow e debris torrent), per la presenza di materiale sciolto presente in alveo;
- il corso d'acqua risulta incassato, senza possibilità di fuoriuscire dall'alveo, almeno fino alla quota 630 m s.l.m.;
- al di sotto di tale quota, la pendenza e l'altezza delle scarpate laterali diminuiscono e l'alveo non è più in sufficiente a contenere eventuali colate detritiche;
- il tombotto di attraversamento della strada, a quota 605 m s.l.m., è insufficiente a smaltire le porte solide che può trasportare la corrente: esso costituisce un punto critico con probabile tracimazione della colata;
- nel caso di esondazione la colata si dirigerà preferenzialmente lungo la strada, coinvolgendo l'area di sosta di quota 600 m (all'esterno del tornante) in destra idrografica e parte del piazzale del ristorante, posto in sinistra;
- si sottolinea, in destra idrografica, la presenza di due dossi orientati nordovest-sudest (disposti planimetricamente con un elevato angolo rispetto alla probabile direzione della colata) che fungono da efficace sbarramento, almeno per i primi arrivi di materiale, uno posto alla destra della seggiovia, l'altro sotto il tornante della strada;
- le aree più distali potrebbero essere coinvolte dal fenomeno, via via con minore probabilità e intensità (in termini di quantità di materiale, di altezza d'acqua e di velocità).

Dalle considerazioni sopra esposte, si evince che il corso d'acqua esaminato può generare colate detritiche significative che possono non essere contenute nell'alveo; eventuali colate detritiche possono esondare e coinvolgere l'area posta a valle dell'intersezione con la strada per S. Lucio, coinvolgendo la strada stessa e porzioni di terreno a lato.

10.1 Classificazione della pericolosità

La *Carta della pericolosità del conoide* che ne è scaturita (*Tav. 10*) tiene conto delle valutazioni sopra esposte.

La pericolosità è stata suddivisa nelle seguenti classi:

- **Pericolosità molto elevata** (**H5**): comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.

- **Pericolosità alta** (**H4**): aree esterne all'alveo attivo con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosioni di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e manufatti.

- **Pericolosità media** (**H3**): area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione) ed ad erosioni di sponda. Si possono avere deflussi con tiranti idrici ridotti (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi; area interessata nel passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su base storica.

- **Pericolosità bassa** (**H2**): 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 interessata da fenomeni di dissesto.

La metodologia ha permesso di classificare le porzioni di territorio interessate da fenomeni di debris flow:

- la zona dell'alveo torrentizio, fino al tombotto di attraversamento di quota 605 m s.l.m., è classificata in classe H5 (pericolosità molto elevata);
- in classe H4 (pericolosità elevata) sono state classificate: una stretta fascia ai lati dell'alveo (comprensiva dell'area su cui sorge la vecchia seggiovia), parte del piazzale del ristorante, l'area di sosta sita sul tornante e la sede stradale compresa fra i due tornanti; in destra il limite di esondazione corrisponde al dosso, che funge da efficace contenimento della colata;
- rientrano nella classe H3 (pericolosità media) le porzioni laterali identificate in destra a sud del dosso fino alla piana nei pressi della cascina (quota 580 m s.l.m.), mentre in sinistra corrispondono ad una fascia ristretta che si allarga comprendendo l'abitazione ed il piazzale antistante: esse possono essere interessate da fenomeni di debris, ma con trasporto limitato di materiale e altezze idriche ridotte;
- un'ulteriore fascia attorno alla precedente e comprensiva di parte della piana fino alla quota di 575 m s.l.m. potrebbe essere interessata da colate, ma prevalentemente liquide, caratterizzate comunque da altezze idriche ridotte; essa viene pertanto classificata in classe H2 (pericolosità bassa).

11 FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

Le classi di pericolosità sono state trasformate in classi di fattibilità geologica per le azioni di piano secondo la Tabella 1 riportata nella D.G.R. 11.12.2001 n. 7365: " Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della Legge 18 maggio 1989 n. 183", di cui si riporta lo stralcio relativo ai conoidi:

PERICOLOSITA'	***CLASSI DI FATTIBILITA'***
H2	Classe 2 - modeste o consistenti limitazioni
H3	Classe 3 - consistenti limitazioni
H4	Classe 4 - gravi limitazioni
H5	Classe 4 - gravi limitazioni

La *"Carta della fattibilità"* del conoide è riportata sulla *Tav. 11* (scala 1:2.000).

11.1 Normativa

Per le aree che rientrano nella classe 4 di fattibilità si riportano le prescrizioni contenute nelle Note tecniche Attuative del PAI all'art. 9 relativamente alle aree di conoide.

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

Gli interventi consentiti sono quelli previsti nella NdA del PAI all'art. 9 comma 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, 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, 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.

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori, interventi di risanamento conservativo, restauro e ristrutturazione di opere o edifici esistenti, opere di movimento terra con volumi superiori a 100 m^3, sono subordinati alla presentazione di uno studio idraulico specifico per l'area di progetto che definisca le effettive condizioni di pericolosità rispetto a possibili fenomeni di debris flow (colate detritiche), dovuti a eventi con tempi di ritorno di 100 anni; lo studio deve quantificare i possibili effetti massimi locali dei fenomeni descritti, particolarmente nella definizione dell'areale coinvolto e dell'altezza della colata; deve inoltre essere predisposto il progetto dettagliato delle opere di difesa, con valutazione della sua efficacia nella riduzione del rischio, con quantificazione dell'eventuale rischio residuo e dimostrazione della sua accettabilità rispetto alle caratteristiche di progetto.

Deve inoltre essere effettuata una valutazione della stabilità dell'area di progetto e delle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione; la necessità di una specifica indagine geotecnica con prove in sito, a corredo di tali valutazioni, verrà stabilita dal tecnico incaricato.

Modificazioni dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che ne dimostri la compatibilità con le condizioni di stabilità presenti.

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori, interventi di risanamento conservativo, restauro e ristrutturazione di opere o edifici esistenti, sono subordinati alla presentazione di uno studio geologico che valuti gli aspetti territoriali, dell'area di intervento e di un intorno significativo, relativi alla dinamica geomorfologica, alle caratteristiche idrauliche, alle caratteristiche geotecniche (sia per la valutazione della stabilità che per le fondazioni).

Tale studio deve inoltre individuare gli interventi necessari a mitigare le problematiche evidenziate.

12 RIDUZIONE DEL RISCHIO

L'indagine ha evidenziato la presenza di aree aventi un grado di pericolosità variabile da basso a molto elevato. E' stata predisposta una specifica normativa di fattibilità geologica che limita gli interventi e obbliga ad adeguati studi preventivi e alla realizzazione delle necessarie opere di difesa. Per la riduzione della pericolosità delle aree nelle quali vi è già un utilizzo in atto (presenza di infrastrutture, edifici, etc.), si auspica l'attuazione di interventi volti a ridurre il rischio mediante opere di carattere idraulico di adeguata tipologia alle specifiche condizioni presenti (arginature, scogliere, soglie, briglie, rilevati deviatori, vasche di espansione e/o di sedimentazione, etc.).

E' necessario che il Piano di Emergenza comunale consideri e predisponga adeguati scenari di intervento di tutte le aree nelle quali permane il rischio evidenziato nel presente studio.

13 PROPOSTA DI RIDELIMITAZIONE DEL CONOIDE DEL PAI

Lo studio effettuato ha permesso di valutare la pericolosità del conoide, classificato dal Pai come "Ca - conoide attivo non protetto" e di normarlo, ai fini dello strumento urbanistico comunale.

Le risultanze delle studio permettono, pertanto, di proporre una nuova delimitazione del conoide riportata nella *Tav. 12* (scala 1:10.000).

Si precisa che, nonostante le perplessità interpretative riportate nella fase di analisi in relazione alla effettiva genesi dell'area in esame, sia comunque corretto mantenere la classificazione di "conoide", in quanto le pericolosità naturali che si possono verificare, appartengono alle dinamiche tipiche di questo ambiente geomorfologico.

Il passaggio fra le classi di fattibilità e la classificazione del PAI è desunta dalla Tabella 1 riportata nella D.G.R. 11.12.2001 n. 7365, secondo il seguente schema:

CLASSI DI FATTIBILITA'	***VOCI LEGENDA PAI***
Classe 2 - modeste o consistenti limitazioni	Cn - conoide protetta
Classe 3 - consistenti limitazioni	Cn - conoide protetta
Classe 4 - gravi limitazioni (da H4)	Cp - conoide parzialmente protetta
Classe 4 - gravi limitazioni (da H5)	Ca - conoide attiva non protetta

Gran parte del conoide è classificato come Cp e Cn; l'area classificata come Ca riguarda solamente l'alveo attivo del torrente.

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

DOTT. GEOL. BARBARA ARAMINI

Villa d'Almè, aprile 2004

14 ALLEGATI

Allegato 1: Stima del tempo di corrivazione

Allegato 2: Stima delle portate di piena

Allegato 3: Stima della magnitudo

Allegato 4: Scheda del conoide del Beur

Allegato 5: Documentazione Fotografica

Tav. 1: Carta geologica (scala 1:10.000)

Tav. 2: Carta geomorfologica (scala 1:10.000)

Tav. 3: Corografia del bacino idrografico (scala 1:10.000)

Tav..4: Carta geomorfologica e litologica del bacino (scala 1:5.000)

Tav. 5: Carta geomorfologica del conoide (scala 1 2.000)

Tav. 6: Sezioni trasversali (scala 1: 100)

Tav. 7: Profilo altimetrico (scala 1: 5.000)

Tav. 8: Profilo ipsografico e ipsometrico

Tav. 9: Zonazione del conoide (scala 1:2.000)

Tav. 10: Carta della pericolosità del conoide (scala 1:2.000)

Tav. 11: Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano (scala 1:2.000)

Tav. 12: Proposta di ridelimitazione del conoide PAI (scala 1:10.000)