Comunità Montana
LARIO ORIENTALE - VALLE SAN MARTINO

RegioneLombardia

TITOLO

STUDIO IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO A SCALA DI SOTTOBACINI IDROGRAFICI DEL COMPRENSORIO DELLA C.M.L.O.V.S.M., FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI PRIORITARI DI SISTEMAZIONE E DIFESA IDRAULICA

ELABORATO

LC003_E1. RELAZIONE DI INQUADRAMENTO

SCALA

/

NOME TORRENTE

TORRENTE GANDALOGLIO

COMMITTENTE

COMUNITA' MONTANA LARIO ORIENTALE - VALLE SAN MARTINO
Via Vasena, 4 23856 Sala al Barro - Galbiate (LC)
cm.larioorientale_vallesmartino@pec.regione.lombardia.it

PROGETTISTI

PRO.TEA INGEGNERIA associati
Via Martiri 33, 23824 Dervio (LC) - Tel_fax 0341.851176
email: info@proteaingegneria.it http://www.proteaingegneria.it
P. IVA: 03388100137

Dott. Ing. Claudia Anselmini
Dott. Geol. Cristian Adamoli

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Ing. Gabriele Agostoni
P.IVA n. 02261560136

Dott. Geol. Beatrice Leali
via Rivolta n. 42 - 23017 Morbegno (SO)
P.IVA: 00954070140
email: beatrice.leali@gmail.com

Documento firmato digitalmente ai sensi del D.lgs 82/2005 e norme collegate

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
1	Dicembre 2016	Prima emissione	G.P. - S.C.	Cl. A. - Cr. A.	Cl. A. - Cr. A.
2					
3					

1.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO....2

2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO....3

2.1 Caratterizzazione geologica....3

2.2 Analisi della dinamica geomorfologica....3

2.3 Elementi della dinamica idrogeologica interferenti con il R.I.M.....5

2.4 Elementi di rischio interferenti con il R.I.M.....7

3.0 INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL BACINO....8

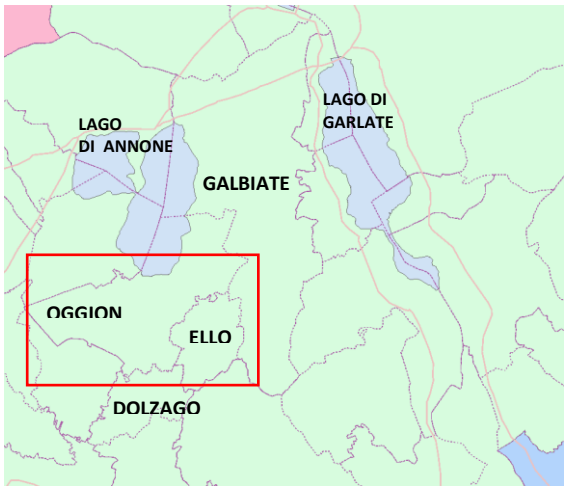
PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

1.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Torrente Gandaloglio ha origine nella zona collinare tra l'abitato di Ello ed il Monte Regina, si sviluppa a nord della Bevera passando per Dolzago, ancora in zona collinare, e giunge a Molteno dopo aver attraversato il territorio di Oggiono in zona pressoché pianeggiante.



Il Bacino idrografico ha superficie di circa 10 km^2 tale estensione del bacino esclude un parte del centro abitato di Oggiono, le cui acque di drenaggio urbano vengono inviate al lago di Annone.

Le altitudini medie e minimi del bacino idrografico sono pari a 385 m s.l.m. e 263m s.l.m..

Di seguito un inquadramento dell'area

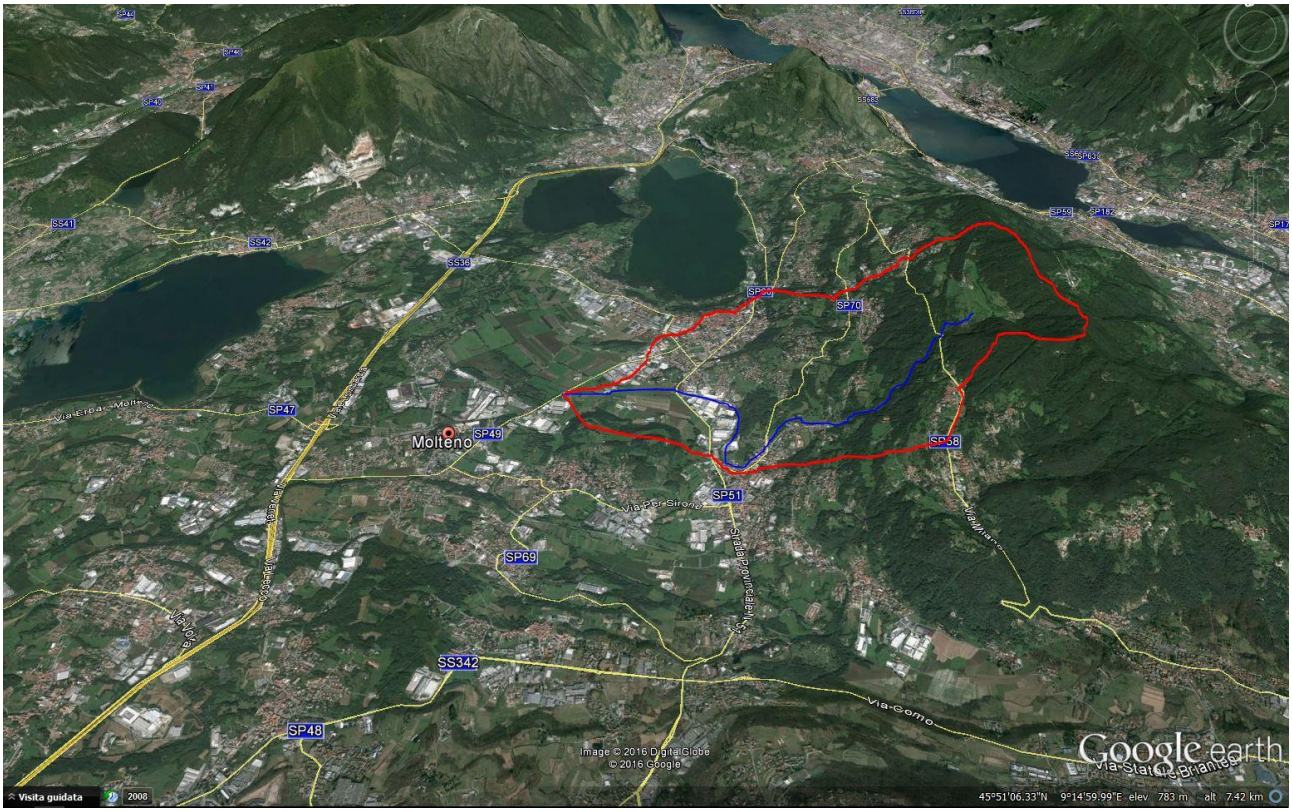


Figura 1: estratto Google Earth indicante Torrente Gandaloglio (tratto in esame) e bacino idrografico sotteso

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

2.1 Caratterizzazione geologica

Il bacino idrografico del Torrente Gandaloglio dal punto di vista geologico rientra nel settore delle Alpi Meridionali che costituiscono una porzione relativamente indeformata di un dominio strutturale e paleogeografico molto complesso: la catena Alpina. In particolare nell'area oggetto di questo studio sono presenti delle successioni sedimentarie della zona prealpina di età Cretacica. Questa successione è costituita essenzialmente da una formazione rocciosa marnosa, calcarenitica ed arenacea. Si tratta di rocce derivanti dalla litificazione di fanghi argilloso-calcarei e sabbie, trasportati ed accumulati in ambiente marino profondo ad opera di correnti di torbida. Nell'area in esame il substrato roccioso, costituito da alternanze di arenarie, calcareniti e peliti, affiora nelle principali incisioni vallive.Nello specifico il substrato roccioso è rappresentato dalle unità del Flysch di Bergamo) costituiti da arenarie e marne alternate ritmicamente da orizzonti calcarenitici marnosi al tetto di età Cretacica.

2.2 Analisi della dinamica geomorfologica

Dal punto di vista geomorfologico il territorio è stato fortemente influenzato dall'azione di accumulo ed erosione dei ghiacciai durante l'ultima glaciazione wurmiana e i successivi rimaneggiamenti da parte degli scaricatori glaciali durante il loro scioglimento e ritiro e da parte del divaga mento dei fiumi nei periodi più recenti ed attuali. A causa della sua posizione, il territorio in esame possiede una morfologia caratterizzata da elementi strutturali diversi. Si distinguono infatti zone sopraelevate e aree pianeggianti. Le rocce delle aree in affioramento sono collegate tra loro al di sotto dei depositi quaternari e costituiscono nel loro insieme il substrato impermeabile del territorio.

Pertanto il bacino idrografico del Torrente Gandaloglio si colloca nella zona collinare di transizione tra le Prealpi e pianura vera e propria, in una zona di raccordo fra rilievi morenici e piane fluvioglaciali o fluvio lacusti, con pendenze basse o moderate.

Il relazione alla presenza della roccia, i ghiacciai e le fiumane quaternarie che hanno invaso il territorio hanno depositato i materiali sciolti. I depositi morenici risultano particolarmente estesi nel bacino e ricoprono con vario spessore le culminazioni rocciose. All'interno degli allineanti morenici e delle culminazioni rocciose, sono presenti delle zone pianeggianti la cui origine è dovuta in parte al modellamento delle masse glaciali e delle fiumane che si sono succedute, e in parte alla presenza di antichi bacini lacustri.

Il bacino idrografico si può suddividere realmente in due settori, quello di pianura e quello collinare.

In particolare nel settore di monte si rinvengono affioramenti rocciosi in corrispondenza delle incisioni torrentizie nelle quali si rileva una forte incisione lineare e laterale, dovuta sia alla tettonizzazione del substrato lapideo che rende la roccia più fratturabile e degradabile sia all'elevata pendenza degli alvei stessi che consente alle acque di trasportare detriti e sedimenti che ne erodono il fondo.

Le forme di erosione dei versanti originatesi in seguito all'azione prevalente della gravità e sub ordinariamente a seguito dell'azione delle acque superficiali e dei processi crionivali e di gelo/disgelo, sono differenziate a seconda che il processo morfogenetico sia ancora attivo, quiescente o non più attivo.

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

Localmente i versanti del bacino sono caratterizzati da scarpate e pareti rocciose acclivi, comunque di limitato sviluppo verticale eccetto lungo i versanti dei principali impluvi torrentizi, soggetti a degradazione accellerata. I processi erosivi interessano estesamente anche la copertura detritico-regolitica ed i depositi superficiali determinando, in particolare in concomitanza di elevati apporti meteorici, la potenziale instabilità delle stesse con rischio di scollamenti e franamenti. Nello specifico lungo tutta la forra torrentizia del Torrente Gandaloglio,sono presenti numerose frane di erosione accelerata delle sponde e di instabilità dei versanti, con franamenti e distacchi di parti e porzioni, sia detritiche che rocciose di diversa entità.

Inoltre lungo i versanti prevalgono forme conseguenti all'azione delle acque di scorrimento superficiale, non incanalate, serie di rivoli conseguenti intense precipitazioni. In particolare tali fenomeni si verificano sui versanti mal protetti dalla vegetazione, alle quote più elevate causando lacerazioni del manto erboso, erosione del suolo e della copertura regolistica producendo solchi di erosione, lungo i quali si raccolgono le acque superficiali dovute al progressivo approfondimento dei rivoli.

I principali impluvi e le incisioni torrentizie che solcano da Est a Ovest, il versante orientale derivano dall'evoluzione di questi solchi. Evoluzione che influenza la stabilità delle fasce laterali in alcuni tratti con ampiezze di decine di metri.

L'intensa azione erosiva esercitata dai corsi d'acqua in occasione di elevati apporti meteorici, può determinare situazioni di instabilità degli orli di scarpata fluviale per erosione laterale e, nei tratti più incisi degli impluvi, erosione al piede dei versanti interessati dallo scorrere dei torrenti, con l'eventuale attivazione di dinamiche di dissesto che possono causare il locale distacco di materiale ed il franamento in alveo che interessa sia il substrato che i terreni di copertura. Tale dinamica si riscontra in corrispondenza degli impluvi nella porzione montana del bacino idrografico, dove normalmente prevalgono dinamiche di erosione e trasporto. Lungo gli alvei torrentizi, nei tratti a minor pendenza, caratterizzati quindi da dinamiche di sovralluvionamento, sono presenti limitati depositi rappresentati da ciottolame e grossi blocchi.

Passando al settore della pianura comprende la fascia centrale subpianeggiante, entro cui si snoda il Torrente Gandaloglio e la fascia immediatamente a ridosso della base dei pendii dove si hanno locali accumuli di materiale detritico, in particolare allo sbocco delle valli laterali a formare più o meno estese conoidi alluvionali, e anche deposizione di materiale colluviale derivante dallo smantellamento de substrato e della coltre regolistica.

Inoltre in corrispondenza del passaggio tra la zona della conoide e la piana alluvionale risulta evidente la classica morfologia a ventaglio del conoide alluvionale quiescente presso le località Cogoreto. Per di più come rappresentato nella carta della dinamica geomorfologica in corrispondenza del territorio comunale di Ello sono presenti n.3 aree soggette a scivolamento rotazione/traslativo quiescente, che secondo il P.A.I. risultano stabilizzate.

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

2.3 Elementi della dinamica idrogeologica interferenti con il R.I.M.

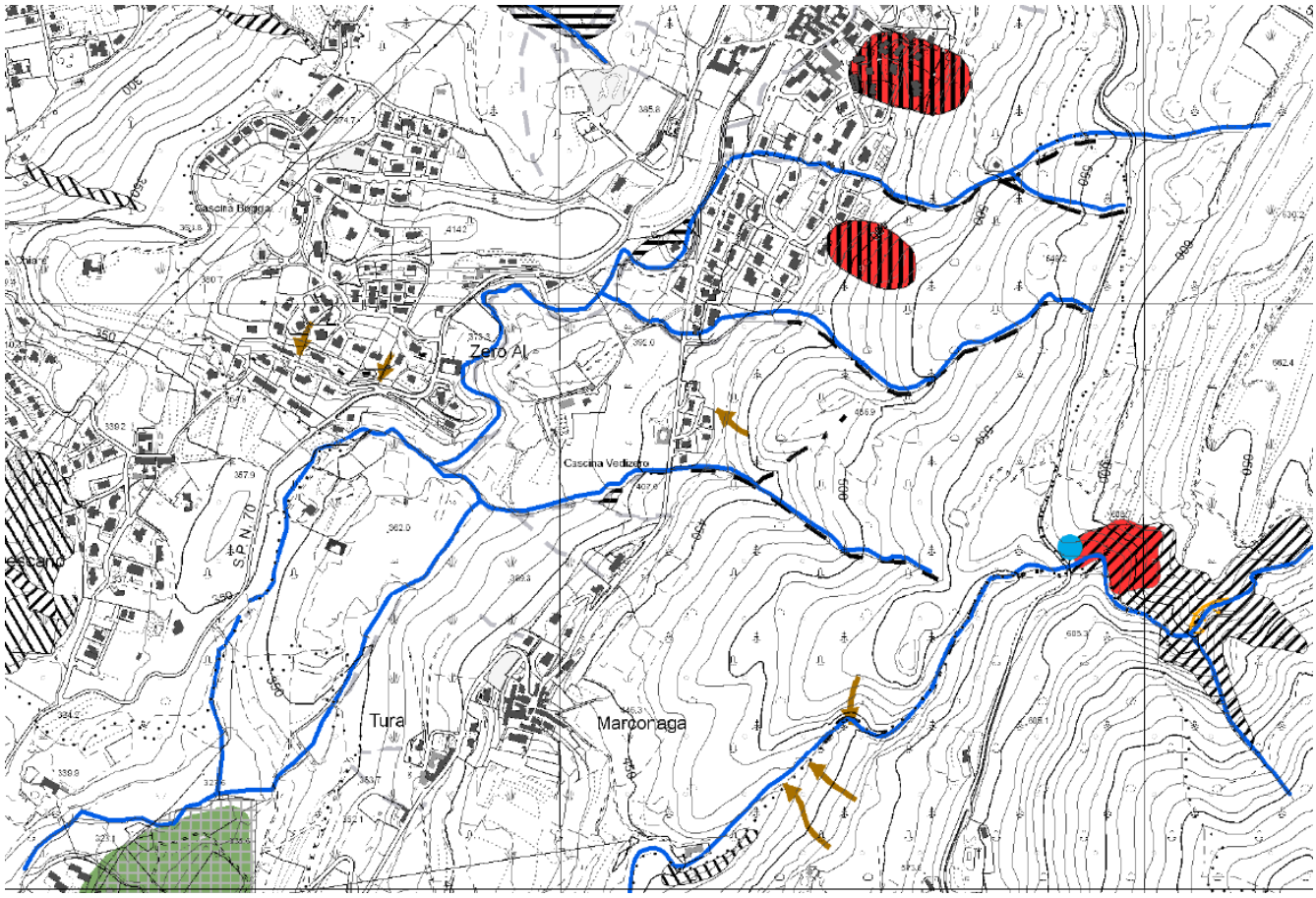


Figura 2: estratto carta della dinamica geomorfologica.

Il bacino idrografico rappresentato nella figura 2 individua i corsi d'acqua che si estendono dai versanti collinari seguendo la direttrice Est-Ovest fino a confluire in località Cogoredo (figura 2). L'areale risulta interessato da due zone in frana aventi cinemastimo rotazionale/traslativo (fonte I.F.F.I.).

Nello specifico la prima è localizzata a Sud-Est dall'abitato di Ello nella fascia altimetrica compresa tra i 440-490 m s.l.m. mentre la seconda interessa il versante di monte rispetto al centro del comune di Ello, fino a quota 470 m s.l.m. Per di più il P.A.I. classifica entrambe le aree suddette come stabilizzate. Inoltre lungo i versanti collinari l'I.F.F.I. indica locali aree soggette a franamenti lineari quiescenti.

Nondimeno gli impluvi presenti sul versante a monte dell'abitato di Ello sono classificati dal P.A.I. come corsi d'acqua interessati da esondazioni caratterizzate da una pericolosità molto elevata. Per di più in corrispondenza della località Cascina Vedizero (quota 390 m s.l.m.) e a Sud Ovest del centro del comune di Ello, sempre il P.A.I., individua due aree a pericolosità elevata dal punto di vista idraulico.

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

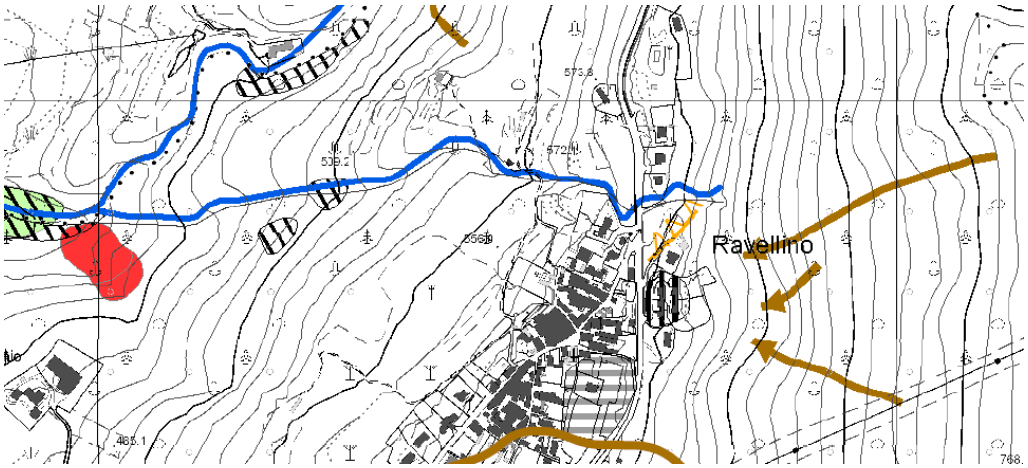
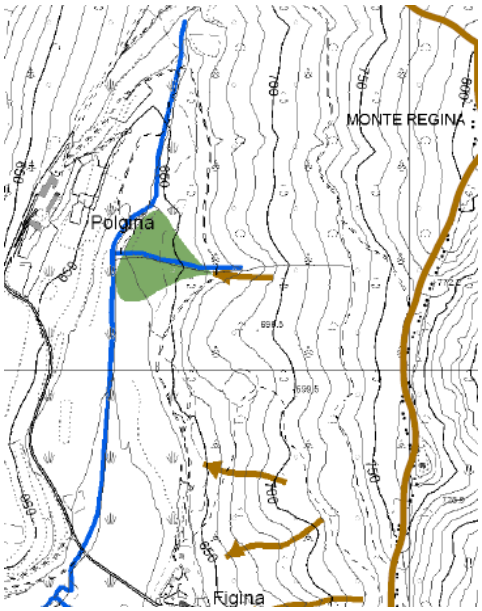


Figura 3: estratto carta della dinamica geomorfologica.

Il bacino idrografico individuato nella figura 3 è localizzato a Nord rispetto all'abitato di Ravellino, ed è impostato lungo il versante orografico sinistro del Torrente Gandaloglio. La cartografia del P.A.I. localizza due aree in frana quiescenti poste in prossimità dell'impluvio a quota 500 m s.l.m. e a Sud dello stesso a quota 490 m s.l.m. Si evidenzia, altresì, che il versante a monte dell'abitato di Ravellino risulta interessato da diversi fenomeni di franamento lineare (colate detritiche) alle quote altimetriche comprese tra i 650-750 m s.l.m.Per di più il P.A.I. individua un'area di frana stabilizzata a Est del centro abito, precisamente a monte della strada provinciale.



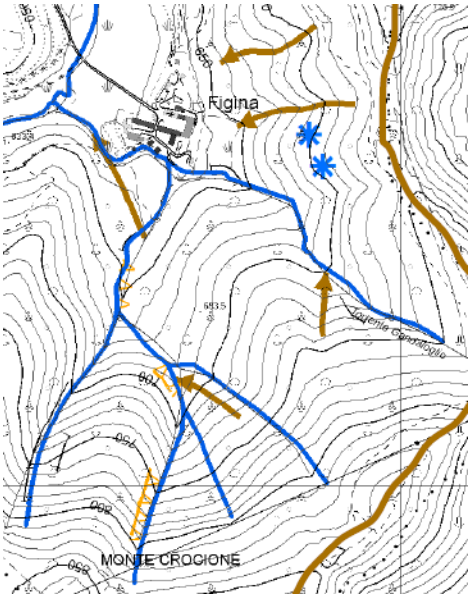
Il bacino idrografico in figura 4 viene localizzato ad Ovest del Monte Regina, precisamente il corrispondenza della località Polcina. Con riferimento al database I.F.F.I. risulta interessato da isolati fenomeni di franamento lineare quiescente (colate detritiche) lungo il versante orografico sinistro. Inoltre a monte della località Polgina si rileva la presenza di limitato conoide alluvionale quiescente.

Figura 4: estratto carta della dinamica geomorfologica.

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
beatrice.leali@gmail.com



Il bacino idrografico del Torrente Gandaloglio ricadente nel reticolo idrico minore è localizzato a Nord del Monte Crocione interessando la località Figina fino giungere nel reticolo principale del torrente Gandaloglio. L'areale risulta interessato da diversi fenomeni di franamento lineare insistenti lungo il versante posto a monte della località Figina, e lungo i pendii soprastanti alcuni impluvi precisamente alle quote altimetriche comprese tra 700 e 750 m s.l.m.

Per di più sempre lungo il versante a monte della località Fina in corrispondenza della quota altimetrica 700 m s.l.m., il db I.F.F.I. localizza un0area soggetta a soliflusso e creep.

Figura 5: estratto carta della dinamica geomorfologica.

2.4 Elementi di rischio interferenti con il R.I.M.

Di seguito si riportano i riferimenti delle aree di rischio desunte dal Piano di Gestione delle Alluvioni classificate come R3 e R4. Per le aree di rischio R1 e R2 si rimanda alla lettura della tavola T3 della monografia di bacino.

La Direttiva Alluvioni coerentemente con il P.A.I. individua un'area a rischio molto elevato in corrispondenza di un'abitazione posta lungo la sponda idrografica destra del corso d'acqua che da Ello raggiunge il Gandaloglio, precisamente al termine della via Amerio. Si evidenzia che anche il P.A.I. classifica il medesimo ambito come area a pericolosità molto elevata dal punto di vista idraulico.

Figura 6:. estratto dal geoportale Regione Lombardia (aggiornamento novembre 2016)

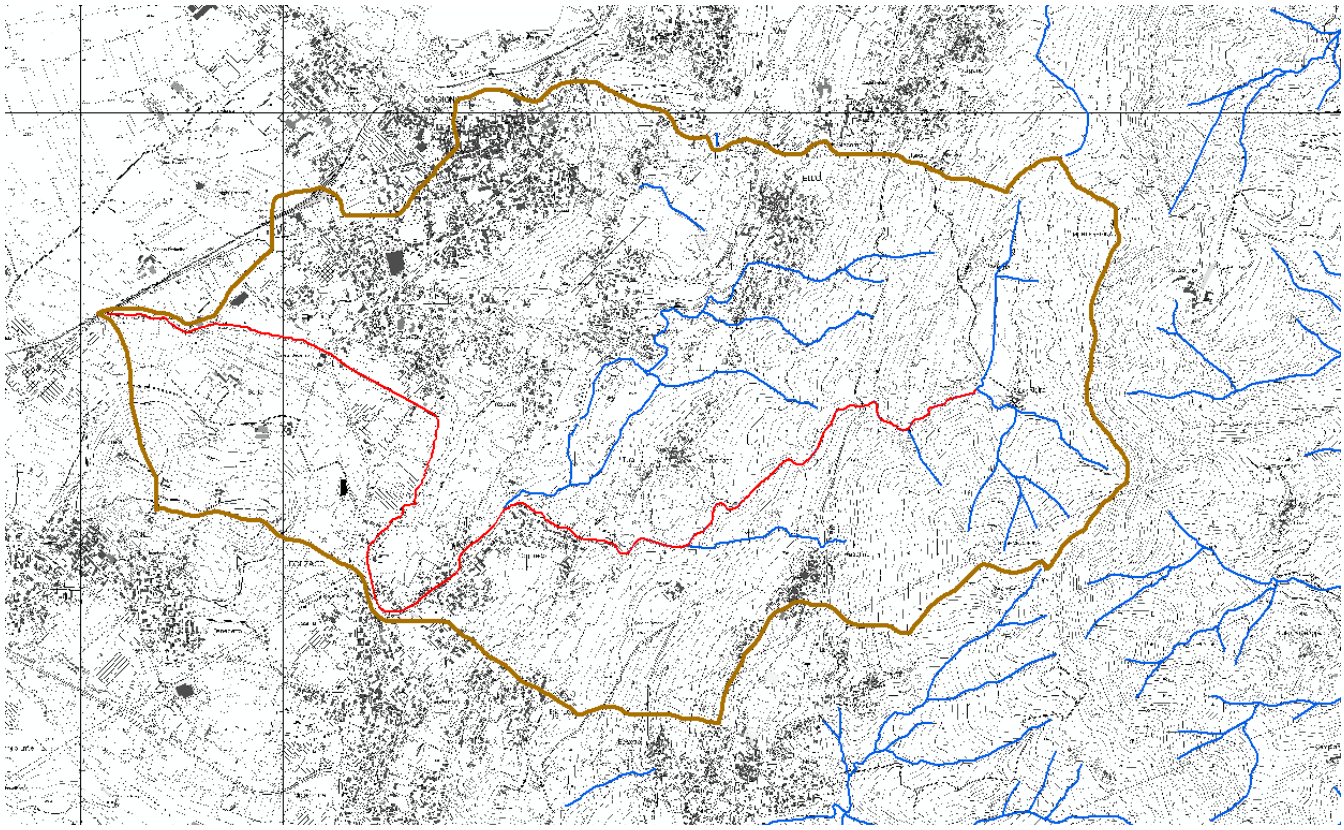
PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

3.0 INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL BACINO

La superficie del bacino del torrente Gandaloglio è pari 10,33 km^2, l'asta principale del torrente si snoda per una lunghezza di 9,92 km con una pendenza media del 5,3 %, il bacino idrografico parte da una quota massima di 852 m s.l.m. fino a 266,8 m s.l.m. L'altitudine media del bacino risulta essere di 455,13 m s.l.m.



Estratto CTR – Bacino idrografico del torrente Gandaloglio

TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

Per il calcolo della portata di massima piena è stato innanzitutto stimato il tempo di corrivazione, utilizzando la formula di Giandotti, la quale è in funzione della superficie del bacino idrografico (S) in km^2, della quota media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (H) espressa m e della lunghezza dell'asta principale (L) in km.

$$Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1{,}5L}{0{,}8\sqrt{(Hm - Ho)}}$$

Il tempo di corrivazione nel caso del torrente Gandaloglio è risultato essere pari a 2,53 ore.

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com

PREVISIONE DEGLI AFFLUSSI

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è stata effettuata attraverso la determinazione della curva di possibilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione *h* alla sua durata *d*, per un assegnato tempo di ritorno *T*. La curva di possibilità pluviometrica è comunemente espressa da una funzione del tipo:

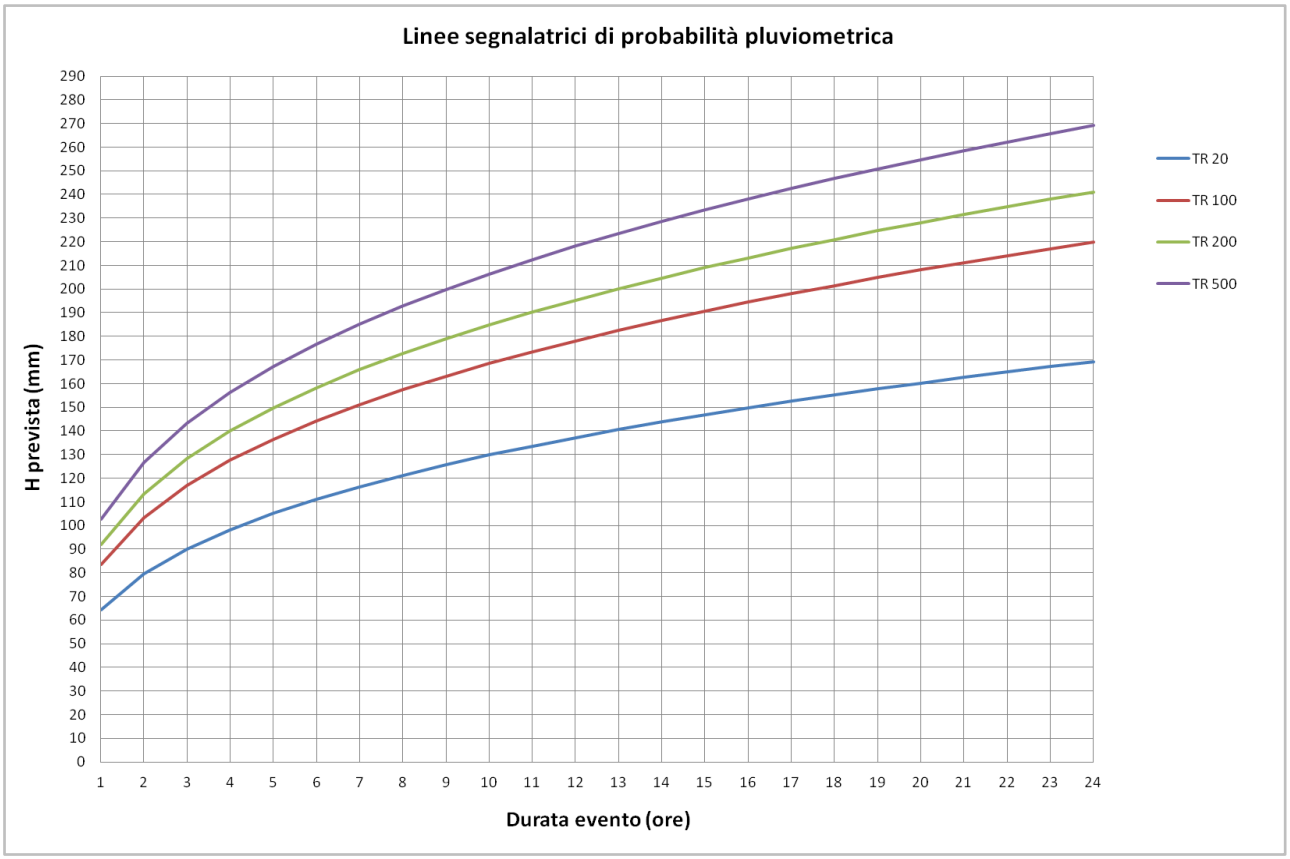
$$h(d,T) = a\, d^n$$

in cui i parametri *a* ed *d* dipendono dallo specifico tempo di ritorno *T* considerato.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica è stata effettuata sulla base dei i parametri stimati dall'Autorità di Bacino ed in particolare dall'allegato 3 alla Direttiva PAI: *Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense.* Sono state dapprima identificate le celle del reticolo chilometrico di riferimento all'interno delle quali è contenuto il bacino idrografico e poi sono stati individuati per tali celle i parametri *a* e *n* delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

CELLA PAI	a Tr20	nTr20	aTr100	nTr100	aTr200	nTr200	aTr500	nTr500
DI65	65,43	0,309	84,85	0,31	93,11	0,31	104,04	0,31
DI66	66,01	0,303	85,92	0,305	94,39	0,305	105,59	0,305
DJ65	64,32	0,307	83,35	0,307	91,44	0,307	102,16	0,307
DJ66	64,58	0,301	83,93	0,302	92,15	0,301	103,03	0,301
DK65	63,11	0,305	81,73	0,303	89,64	0,303	100,12	0,302
DK66	63,23	0,299	82,08	0,298	90,07	0,297	100,67	0,296

Parametri a e n per le celle del reticolo chilometrico del bacino del torrente Gandaloglio



Curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni – Bacino del Gandaloglio

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
beatrice.leali@gmail.com

La durata critica dell'evento meteorico è stata assunta pari al tempo di corrivazione *Tc* del bacino. Per tale tempo di progetto per il bacino in esame sono stati ottenuti i seguenti valori di massima precipitazione espressi in mm:

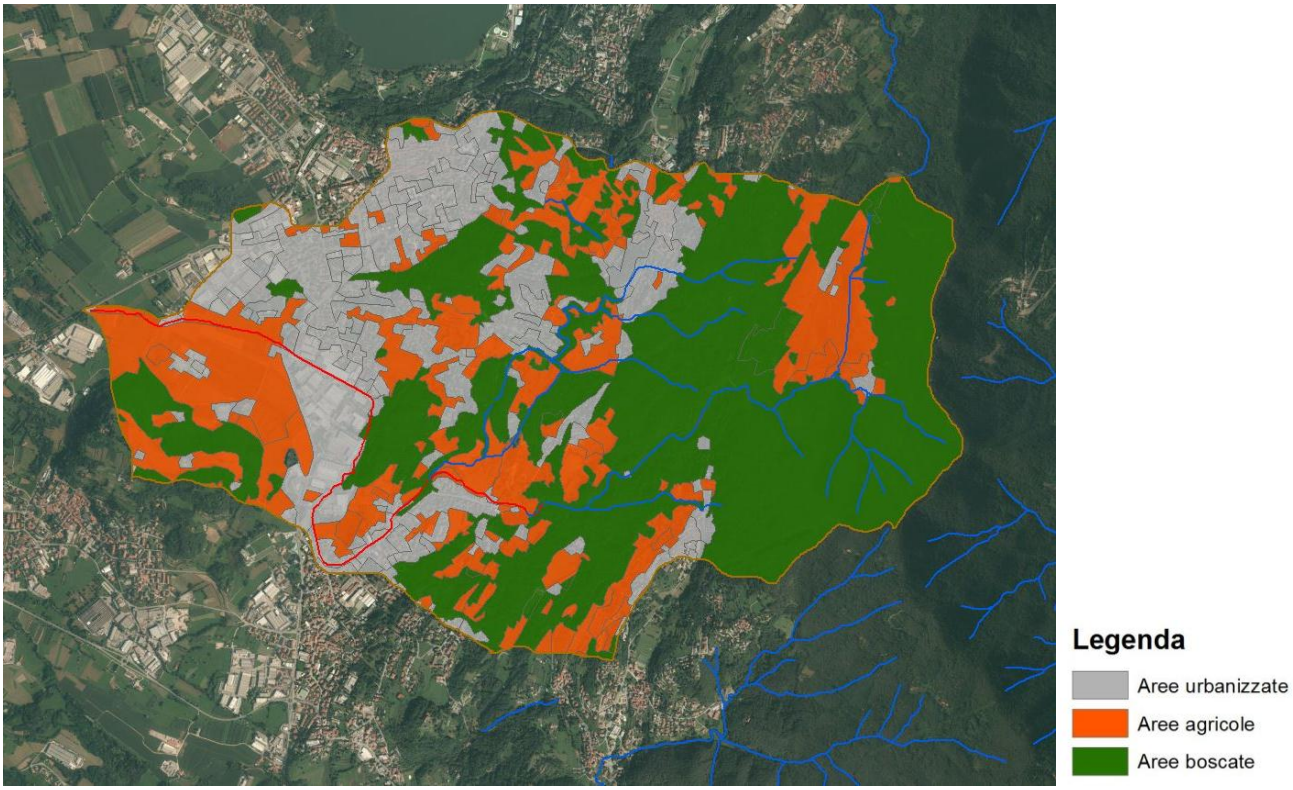
T	h(t)
20	85,42
100	110,88
200	121,66
500	135,93

Altezza di pioggia per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni (durata critica = Tc)

COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Per il calcolo del coefficiente di deflusso è stato utilizzato un valore medio pesato sulle diverse aree che caratterizzano il bacino. Sulla base dei dati DUSAF relativi all'uso del suolo forniti dal Geoportale di Regione Lombardia, è stato possibile suddividere il bacino in tre diverse aree:

- CLASSE 1 - AREE ANTROPIZZATE, per la quale il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0,75;
- CLASSE 2 - AREE AGRICOLE, per la quale il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0,40;
- CLASSE 3 - TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMINATURALI, per la quale il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0,30.



Suddivisione del bacino idrografico in aree in base all'uso del suolo

Come si può notare dall'immagine sovrastante, il bacino idrografico del torrente Gandaloglio nella sua parte alta è caratterizzato da territori boscati e seminaturali, mentre nella parte medio-bassa prevalgono le zone urbanizzate e i terreni destinati all'agricoltura.

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
beatrice.leali@gmail.com

I valori di superficie delle tre diverse categorie DUSAF e conseguentemente il valore del coefficiente *c* per l'intero bacino sono sintetizzati dalla seguente tabella:

	A (km^2)	c
Area urbanizzata	2,66	0,75
Area agricola	2,60	0,40
Area boscata	5,05	0,30
Media pesata sull'area →	**0,44**	

Calcolo del coefficiente di deflusso c

PORTATE DI MASSIMA PIENA

Per la stima della porta liquida si è utilizzata la formula del Metodo Razionale:

$$Q = 0{,}28 \cdot c \cdot i \cdot A$$

in cui *c* è il coefficiente d'afflusso caratteristico del bacino idrografico, *i* è l'intensità della pioggia corrispondente alla durata critica, ovvero alla durata che dà luogo al massimo valore della portata al colmo (mm/h), *A* è la superficie complessiva del bacino idrografico (km^2).

La portata solida è invece stata calcolata mediante le formulazioni di:

- Smart & Jaegge (applicabile per 3% < if < 20%)
- Schloklitsch (applicabile per 5% < if < 9%)

le quali legano la portata solida della corrente alla sua porta liquida Q_{LIQ} e alla pendenza media del fondo if.

Le formulazioni sopracitate sono state utilizzate in funzione del loro campo di applicabilità, considerando che la pendenza media del torrente Gandaloglio risulta essere del 5,3 %, e adottando per il calcolo della portata complessiva il valor medio dei risultati delle due formule. Sono stati dunque ottenuti i seguenti valori di portata complessiva solido-liquida (si noti che per portate al colmo con tempo di ritorno di 20 anni, il trasporto solido si considera trascurabile):

TR	Q_{LIQ} (m^3/s)	Q_S (m^3/s)	Q_{TOT} (m^3/s)
20	42,84	-	42,84
100	55,61	0,95	56,56
200	61,02	1,04	62,06
500	68,18	1,16	69,34

Valori di portata al colmo per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni

PRO.TEA INGEGNERIA
Progettazione Territorio e Ambiente
Via Martiri, 33- 23824 Dervio (Lc)
☎/🖷 0341.851176
🗁 info@proteaingegneria.it

Studio Tecnico Agostoni
23818 PASTURO - LC - Via Cariole, 7
23900 LECCO - Via G. B. Grassi, 17a
Tel. 0341 955142 - e. mail: studio.agostoni@gmail.com

Dott. Geol. Beatrice Leali
Via Rivolta 42- 23017 Morbegno (SO)
🗁 beatrice.leali@gmail.com