



COMUNE DI RANICA

Provincia di Bergamo

Piano di Emergenza Comunale

TITOLO ELABORATO

ANALISI TERRITORIALE E DELLE INFRASTRUTTURE

N. PRATICA	TIPOLOGIA	FASE PROG.	SCALA	ELABORATO
12_098	PEC	Definitiva	-	A

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE
0	Febbraio 2013	Prima emissione
1	-	-
2	-	-
3	-	-

PROGETTISTI

VERSIONE INTERNET

Dott. Geol. SERGIO GHILARDI
iscritto all' O.R.G. della Lombardia n° 258

Via Tezze, 1/A
24020 RANICA (Bergamo)
Telefono e Fax: 035.340112
E - Mail: gea@mediacom.it

Con la collaborazione del Dott. Ing. Francesco Ghilardi,
del Sig. Oriano Caironi e del gruppo di Protezione Civile di Ranica

SOMMARIO

1	OBIETTIVI E FINALITÀ DEL PIANO	3
2	INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO	4
	2.1 Collocazione geografica e dati generali	4
	2.2 Fisiografia del territorio	6
3	ASSETTO URBANISTICO	9
	3.1 Piano di Governo del Territorio e zonizzazione urbanistica	9
	3.2 Nuclei di antica formazione.....	13
	3.3 Viabilità	16
	3.4 Aree industriali, artigianali e commerciali	21
	3.5 Aree e strutture strategicamente rilevanti	23
4	ANALISI DI PERICOLOSITÀ ED INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI A RISCHIO	26
	4.1 Concetti di pericolosità e rischio.....	26
	4.2 Pericolosità meteorologica	29
	4.2.1 Premessa.....	29
	4.2.2 Climatologia e meteorologia	31
	4.2.3 Ambiti di pericolosità	39
	4.3 Pericolosità idrogeologica	88
	4.3.1 Premessa.....	88
	4.3.2 Assetto geomorfologico e geologico	90
	4.3.3 Assetto idrogeologico e idrografico.....	95
	4.3.4 Portate dei corsi d'acqua.....	101
	4.3.5 Ambiti di pericolosità	129
	4.4 Pericolosità sismica.....	170
	4.4.1 Premessa.....	170
	4.4.2 Zonizzazione della pericolosità sismica	171
	4.4.3 Rapporti tra pericolosità sismica e strutture edificate	173
	4.5 Pericolosità da incendio boschivo	180
	4.5.1 Premessa.....	180
	4.5.2 Le zone omogenee per la pericolosità da incendio boschivo	182
	4.5.3 La pericolosità degli incendi boschivi del Comune di Ranica.....	184
	4.5.4 Aree di competenza della Provincia di Bergamo	188
	4.6 Pericolosità da incidente industriale.....	190
	4.6.1 Premessa.....	190
	4.6.2 Sostanze pericolose e natura degli incidenti	194
	4.6.3 Effetti.....	195

4.6.4	Aree di danno.....	196
4.6.5	Aziende a rischio di incidente rilevante – situazione locale	197
4.7	Pericolosità viabilistica	200
4.7.1	Premessa.....	200
4.7.2	Situazione locale	201
4.8	Sintesi delle pericolosità	204
5	ANALISI DELLE INFRASTRUTTURE E RISORSE PER LA GESTIONE DELL'EMERGENZA.....	206
5.1	Premessa	206
5.2	Descrizione delle singole strutture.....	208
5.3	Aree di emergenza	209
5.3.1	Aree di attesa e zone di evacuazione	210
5.3.2	Aree di accoglienza o ricovero.....	218
5.4	Aree di ammassamento	237
5.5	Risorse: mezzi e materiali	239

1 OBIETTIVI E FINALITÀ DEL PIANO

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Ranica viene predisposto il presente Piano Comunale di Emergenza, che si prefigge la finalità di organizzare le procedure di emergenza, le attività di monitoraggio del territorio e di assistenza alla popolazione in relazione alle problematiche di protezione civile.

A tale scopo, il Piano analizza dettagliatamente i fenomeni, sia naturali che antropici, che si caratterizzano come fonti di potenziale pericolo per le strutture e i cittadini.

Il Piano è così strutturato:

1. Quadro conoscitivo generale del territorio, con analisi della pericolosità e individuazione degli elementi a rischio.
2. Descrizione delle infrastrutture ed aree funzionali all'emergenza.
3. Manuale operativo.
4. Descrizione dei singoli scenari di rischio.
5. Allegati operativi.

Nella redazione del Piano, si è tenuto conto della *Guida ai piani di emergenza comunali e provinciali* edita nella serie dei *Quaderni di Protezione Civile* dalla Regione Lombardia.

2 INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

2.1 Collocazione geografica e dati generali

Il comune di Ranica si colloca in provincia di Bergamo, e più precisamente in bassa Valle Seriana, sulla sponda idrografica destra del Fiume Serio.

Ha una superficie di circa 4,16 km², con quote che variano dai circa 260 m s.l.m. del fondovalle seriano ai circa 725 m s.l.m. del Colle di Ranica, il punto più elevato del territorio.

Dista circa 1,50 km dal capoluogo Bergamo, e confina con i seguenti comuni:

- a nord-ovest con Ponteranica, oltre lo spartiacque del Colle di Ranica;
- a nord e nord-est con Alzano Lombardo;
- ad est con Villa di Serio, lungo il Fiume Serio;
- a sud, per un breve tratto, con Gorle;
- a sud-ovest e ovest, con Torre Boldone.

Il comune ha una popolazione di 6018 abitanti per 2509 famiglie¹, e una densità di circa 1446 abitanti per km².

Dal punto di vista della suddivisione amministrativa, Ranica non comprende vere e proprie frazioni, anche se si possono distinguere alcuni agglomerati che hanno una identità geografica propria, distinta dal centro storico principale. In particolare, il terrazzo di Borgosale, il nucleo di San Dionisio – Viandasso e il nucleo della Patta sono ancora abbastanza ben distinguibili dal resto dell'abitato. Altre località abitate, però ormai poco o non distinte dal centro storico, sono Chignola Alta, Chignola Bassa e le Tezze.

¹ Dato aggiornato al 2011.

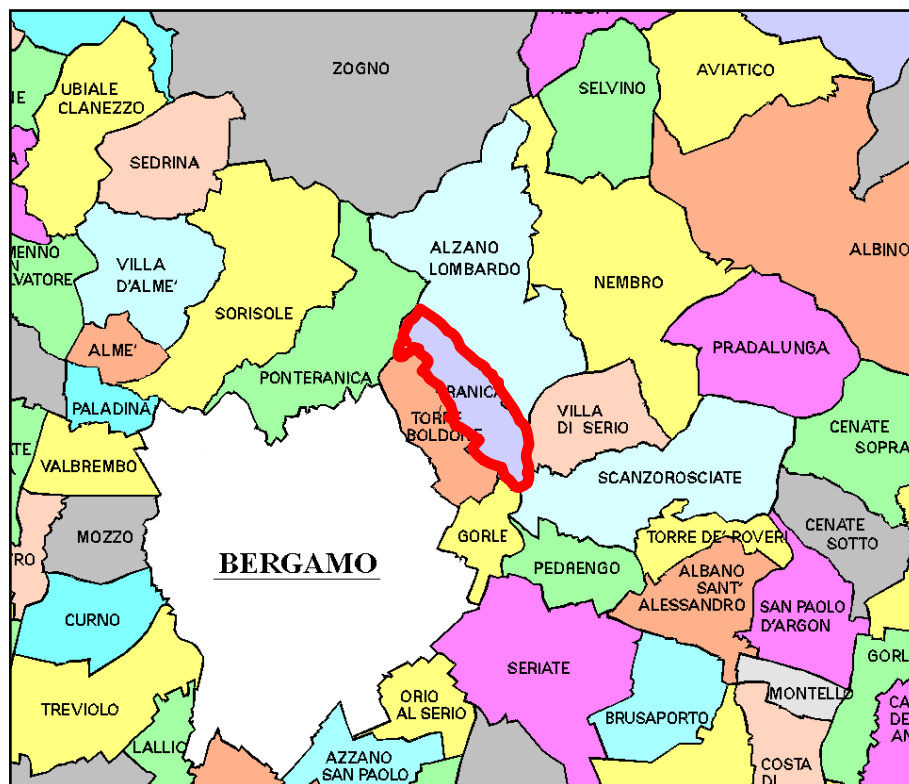


Figura 1 – Il comune di Ranica rispetto alla città di Bergamo, e i comuni confinanti

2.2 Fisiografia del territorio

Il territorio di Ranica, benché di modeste dimensioni, è piuttosto articolato dal punto di vista fisiografico e morfologico, come del resto accade per tutti i comuni che si estendono dal fondovalle allo spartiacque di un grande sistema vallivo quale è la Valle Seriana.

I fattori che determinano il modellamento del paesaggio di un territorio sono molteplici e complessi, imputabili sia a processi ed elementi naturali (assetto geologico, tettonica, clima, esposizione dei versanti, erosione, dissesto, vegetazione), sia all'azione antropica (edificazioni, attività agricole, governo e gestione del bosco). Ranica non fa eccezione: caratterizzato da una configurazione geologica complessa, che ha risentito non soltanto dell'orogenesi alpina ma anche di fenomeni più recenti, attraversato dal Serio e solcato da numerosi corsi d'acqua minori, esposto sia a nord che a mezzogiorno, abitato e modificato dall'insediamento dell'uomo.

Il comparto alto, settore delle cosiddette energie del rilievo, in effetti più collinare che montano, è caratterizzato dall'ampia e subpianeggiante cresta del Colle di Ranica, che costituisce la propaggine nord-orientale del vasto sistema di colli della Maresana. Si tratta di rilievi dolci, boscati, con pendenze generalmente medie o elevate ma quasi del tutto privi di pareti rocciose verticali.

Il versante esposto a nord digrada verso la Valle Rossa, una modesta valle laterale della più importante Valle di Olera, in territorio di Alzano Lombardo.

Il versante principale, esposto a mezzogiorno, digrada invece verso il centro abitato, alternando boschi e prati terrazzati, continuamente interrotti da impluvi e vallecole che vanno a costituire l'articolato e complesso reticolo idrografico di Ranica, i cui quattro elementi fondamentali sono il Fiume Serio (a confine con Villa di Serio), il Torrente Nesa (a confine con Alzano Lombardo), il Torrente Gardellone (a sud-ovest

verso Torre Boldone) e il Torrente Riolo (che interessa il centro storico).

La presenza di questi numerosi corsi d'acqua, ed in particolare del Riolo in prossimità del nucleo abitato principale, deve aver caratterizzato il territorio in modo così significativo da determinare addirittura l'attribuzione del toponimo. Infatti, nel poleonimo è ben identificabile la voce indoeuropea *ren, rin, run*, "flusso", "torrente", che, unita al tipico suffisso *-anega, -anga*, "luogo di", individua in *Ranga* il "luogo del flusso", "luogo del torrente".

La notevole e complicata articolazione dei pendii che discendono dal Colle di Ranica è determinata non soltanto dall'azione dei corsi d'acqua, ma anche dalla natura delle rocce, che tendono ad alterare dando luogo a cospicui spessori di suoli limoso-argillosi. Questi suoli, nel corso del tempo, soprattutto durante le fasi di resistasia (condizioni climatiche fredde con erosione e denudamento dei versanti) e a seguito dell'azione antropica (con particolare ma non esclusivo riferimento ai disboscamenti romani e medievali), sono stati lentamente trasportati lungo i pendii dando luogo ad accumuli di colluvio lungo le pendici, secondo i fenomeni noti in geomorfologia come soliflusso e soil creep. Il risultato è un versante irregolare, con ondulazioni e gibbosità che lo rendono tutt'altro che uniforme. Ai fenomeni di "dissesto lento" si sommano poi vere e proprie frane e paleofrane, che complicano ulteriormente le morfologie, e di cui si riscontrano tracce in diversi punti del comparto collinare.

Verso il basso, il versante principale del Colle si raccorda gradualmente ad una serie di ripiani terrazzati, di origine alluvionale e fluvioglaciale, che trovano nel terrazzo di Borgosale l'elemento più alto e più evidente. Si tratta di terrazzi originati dall'accumulo di materiale fluviale e fluvioglaciale da parte del Serio e della Nesa durante il Pleistocene, periodo geologico in cui sono stati sedimentati la maggior parte dei depositi superficiali costituenti la Pianura Padana. Dopo l'accumulo, questi depositi sono stati gradualmente incisi dagli stessi corsi d'acqua che li avevano in

precedenza originati, venendo a costituire le morfologie terrazzate, tipiche di tutto il fondovalle seriano, anche con casi piuttosto clamorosi come l'altopiano di Casnigo.

All'interno del contesto dei terrazzi alti, ed in particolare in località Fornaci – Bergamina, si colloca anche il geosito delle Fornaci di Ranica. Si tratta di un geotopo già istituito e oggetto di numerosi studi, localizzato laddove durante il Quaternario si sviluppò un antico bacino lacustre, in seguito scomparso ma di cui si trova traccia nei sedimenti sepolti nel sottosuolo, con depositi argillosi ricchi in fossili.

Al di sotto dei terrazzi fluvioglaciali più alti, si sviluppano le piane fluviali terrazzate più recenti, che digradano con deboli salti altitudinali verso sud, costituendo di fatto un continuum subpianeggiante che va dal centro storico sino ai terrazzi del Serio. In questo comparto, il territorio presenta i tratti fisiografici tipici dei contesti di fondovalle ampi e pianeggianti, frammentati però da numerosi elementi antropici lineari ad andamento nordest-sudovest: la superstrada della Val Seriana, la tramvia, numerose strade e rogge.

3 ASSETTO URBANISTICO

3.1 *Piano di Governo del Territorio e zonizzazione urbanistica*

Come tutti i comuni lombardi, anche Ranica si è, in questi ultimi anni, dotato del nuovo strumento urbanistico denominato Piano di Governo del Territorio, istituito con la L.R. 11 marzo 2005 n. 12 a sostituzione del vecchio Piano Regolatore Generale, di cui raccoglie l'eredità. Il P.G.T., che introduce tra l'altro numerose novità rispetto alla normativa precedente, si compone di tre parti: il Documento di Piano (che comprende principalmente gli aspetti conoscitivi del territorio), il Piano dei Servizi (che riguarda, naturalmente, i servizi del territorio), e il Piano delle Regole (che disciplina l'uso del territorio comunale). Il P.G.T., per come è stato concepito dai legislatori, non comprende solamente elaborati di carattere urbanistico, ma anche una serie di componenti quali lo studio geologico e sismico, il piano urbano generale dei sottoservizi e via discorrendo. Si tratta, perciò, di un piano ricco e complesso, che analizza e disciplina il territorio comunale in tutti i suoi più significativi aspetti e sfaccettature.

È del tutto chiaro come, ai fini della protezione civile, questo strumento risulti assolutamente indispensabile, e per numerosi motivi. Innanzi tutto, fornisce un quadro conoscitivo esaustivo del territorio allo stato di fatto, consentendo di individuare, a titolo d'esempio, i nuclei di antica formazione, la viabilità, le strutture di pubblico interesse, le aree artigianali e industriali. In secondo luogo, norma e disciplina il territorio, individuando (come accadeva, grossomodo, con il vecchio "azzonamento" del P.R.G.) le destinazioni d'uso delle diverse aree, gli ambiti di futura trasformazione e via dicendo, tutte informazioni estremamente utili per la pianificazione d'emergenza. Individua quindi i servizi presenti sul territorio comunale (rete commerciale, servizi pubblici, ecc.), altra informazione di primo piano per la protezione civile. Infine, con i suoi elaborati non strettamente urbanistici, individua ad

esempio le aree a maggiore pericolosità geologica, idrogeologica e sismica; di questi aspetti specifici, però, si parlerà diffusamente nei capitoli successivi.

L'ultimo aggiornamento della parte urbanistica del P.G.T. di Ranica è datato luglio 2012; si può pertanto affermare che i dati a disposizione sono decisamente recenti e di ottima qualità.

Dando un veloce sguardo alla Tavola 17 del Piano delle Regole (Disciplina del Territorio), si può immediatamente avere un'idea di massima della destinazione d'uso delle diverse aree di Ranica, nonché della distribuzione delle principali strutture pubbliche e dei nuclei di antica formazione. Come è naturale attendersi, la configurazione generale del Piano delle Regole si conforma piuttosto bene alla fisiografia del territorio. In linea di massima, si osserva uno schema di questo tipo (considerando solo gli ambiti più significativi):

- Le *aree agricole naturali del Parco dei Colli di Bergamo* occupano tutto il comparto del Colle, ma anche vaste porzioni delle propaggini sud-orientali del rilievo, tra Bergamina, Fornaci e Villa Ripa.
- Gli *ambiti residenziali di consolidamento tipo A, B e C* occupano l'intero terrazzo di Borgosale, il centro storico, il gruppo di Via Gambia – Via Piemonte fino alla chiesetta di San Rocco, Chignola Alta e Bassa, le Tezze, San Dionisio e La Patta, più alcuni ambiti sparsi.
- I *nuclei di antica formazione* (che sono particolarmente significativi soprattutto ai fini del rischio sismico) sono sparsi in gran parte del territorio comunale; i più estesi e significativi si trovano nel centro storico, a Viandasso, a Borgosale e in Valle Donata.
- Gli *ambiti produttivi e artigianali* non costituiscono elementi preponderanti nell'ossatura urbanistica complessiva di Ranica, a differenza di quanto accade per altri comuni bergamaschi a maggiore vocazione industriale. Vi sono però

svariati ambiti di questo tipo, anche di notevole dimensione. Su tutti spicca l'area Zopfi, a breve distanza dal centro storico; altre aree si trovano tra la tramvia e la superstrada, nonché nella zona della Patta e all'estremità sud del comune, vicino al Torrente Gardellone. Nessuna area di questo tipo, invece, sui terrazzi alti né tanto meno sulle pendici del Colle.

- Gli *ambiti commerciali, terziari e di produzione servizi* più significativi si trovano nel comparto di fondovalle del territorio, in particolare a Chignola Bassa ed alla Patta.
- Le *aree di tutela ambientale* e le *fasce di rispetto e tutela ambientale* sono concentrate lungo la Nesa ed il Serio, anche con aree molto vaste, in particolare tra l'alveo del fiume e Viandasso. Due ampie aree con questa destinazione si trovano inoltre tra Chignola Bassa e La Patta.
- Il *verde privato di tutela* è connesso ad una serie di giardini e parchi sparsi in tutto il territorio ad eccezione del Colle.
- Gli *ambiti di trasformazione*, cioè le aree dove sono previste nuove trasformazioni territoriali, sono sei, e si trovano in località Fornaci, tra Via degli Alpini e il confine con Alzano, tra le Tezze e La Patta.
- I *servizi a attrezzature pubbliche e di uso pubblico*, nonché i *servizi privati di rilevanza pubblica* sono sparsi in tutto il territorio. Gli ambiti più importanti ed estesi si trovano tra Villa Ripa e Chignola Bassa, nel centro storico e presso la stazione della tramvia in Via della Conciliazione. Altri ambiti corrispondono al centro di manutenzione della tramvia e al depuratore in fregio al Serio.

Alla luce della zonizzazione contenuta nel Piano, si possono fare le seguenti osservazioni generali:

- Le aree di uso pubblico e con attrezzature pubbliche sono piuttosto estese e diffuse, ad eccezione del comparto alto.
- Le aree artigianali, industriali e commerciali sono limitate.

- Le aree residenziali sono preponderanti nel fondovalle e nel comparto intermedio.
- Le aree di tutela ambientale e le aree agricole sono molto estese.

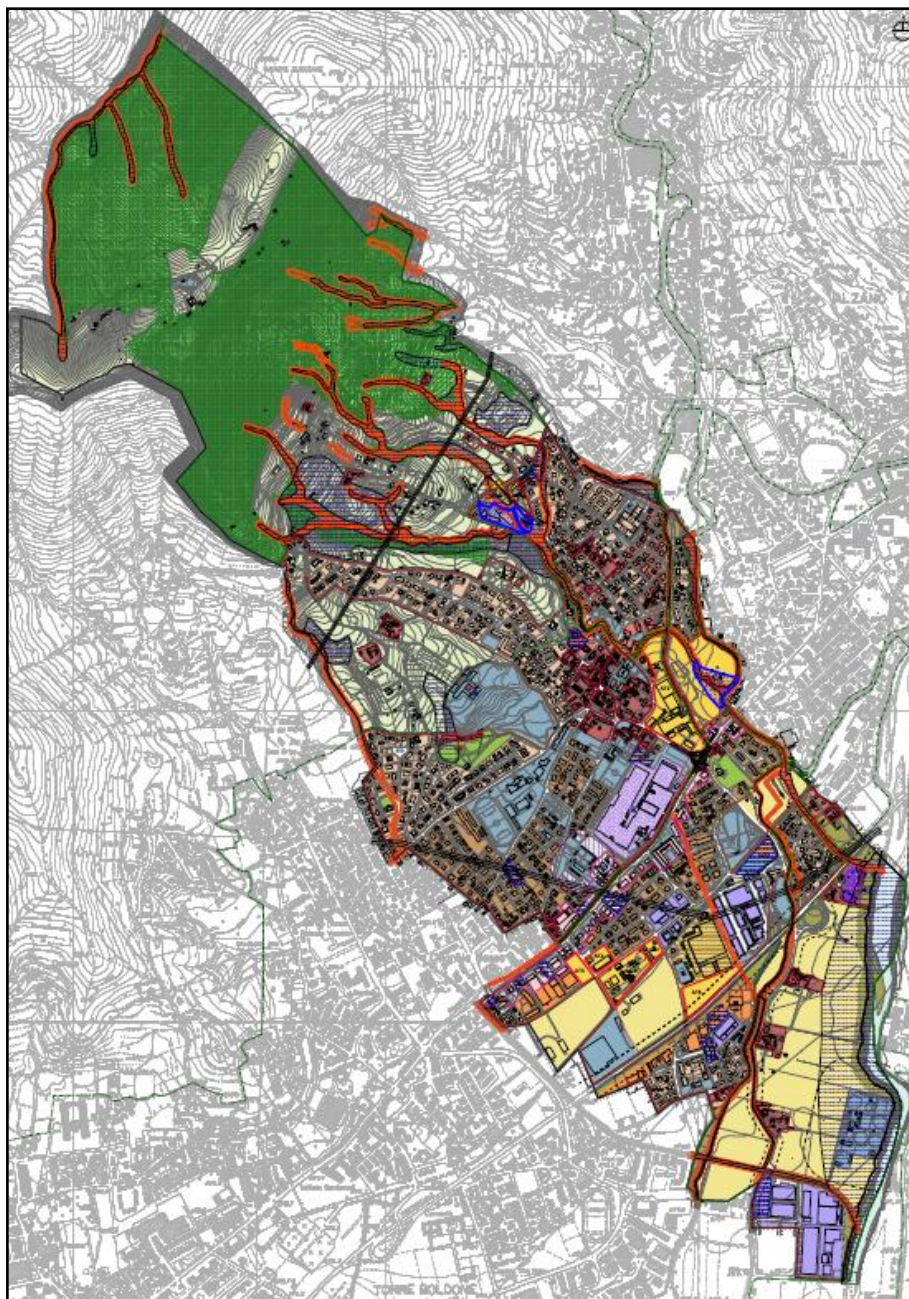


Figura 2 – Tavola 17 “Disciplina del Territorio” del Piano delle Regole del P.G.T. di Ranica (Ing. D. Vanetti e Arch. S. Armellini, luglio 2012)

3.2 Nuclei di antica formazione

Il Piano di Governo del Territorio, sia all'interno del Documento di Piano che (come si è visto) del Piano delle Regole, individua e perimetra i nuclei di antica formazione. Si tratta di porzioni del centro abitato principale o singoli nuclei isolati che, per caratteristiche architettoniche, si configurano come insediamenti storici. I nuclei individuati sul territorio sono:

1. Birondina.
2. Cascina Bregn.
3. Bergamina.
4. Zanino Colle.
5. Borgo Sale.
6. Valledonata.
7. Villa Camozzi (edificio di pregio).
8. Chignola (edificio di pregio).
9. Nesa.
10. Centro storico.
11. La Gatta.
12. Saleccia.
13. Viandasso.
14. Chignola Bassa.
15. La Patta.

Come si può notare, si tratta sia di singoli insediamenti rurali, sia di porzioni più corpose del centro abitato, sparsi comunque su tutto il territorio comunale.

Dal punto di vista della protezione civile, l'individuazione dei nuclei di antica formazione è particolarmente importante perché queste porzioni del territorio

presentano spesso criticità peculiari, che le rendono vulnerabili a tutta una serie di eventi calamitosi, in particolar modo quelli sismici. Trattandosi, infatti, per lo più di edifici antichi, non progettati secondo i moderni criteri antisismici, e talvolta caratterizzati da problemi strutturali per mancanza di manutenzione o degrado dei materiali nel corso del tempo, il livello di rischio in caso di terremoto significativo è potenzialmente più alto rispetto ai nuclei di più recente costruzione.

Anche il rischio di incendio può, potenzialmente, rivelarsi più elevato per questi edifici, soprattutto se scarsamente mantenuti.



Figura 3 - Il nucleo di antica formazione del centro storico

3.3 Viabilità

Ranica può essere considerato, di fatto, un comune posto in posizione di interfaccia tra l' hinterland cittadino vero e proprio (Torre Boldone, Gorle) e i comuni della bassa Val Seriana (Alzano Lombardo, Villa di Serio).

Dal punto di vista viabilistico, comunque, presenta i caratteri tipici dei territori vallivi, con le arterie di comunicazione principali che si sviluppano longitudinalmente al fiume, da sud-ovest a nord-est, frammentando il territorio in modo evidente.

Le arterie principali sono tre: la Strada Provinciale 35 (superstrada della Val Seriana), la tramvia (Tram delle Valli) e la strada provinciale interna (Via Guglielmo Marconi).

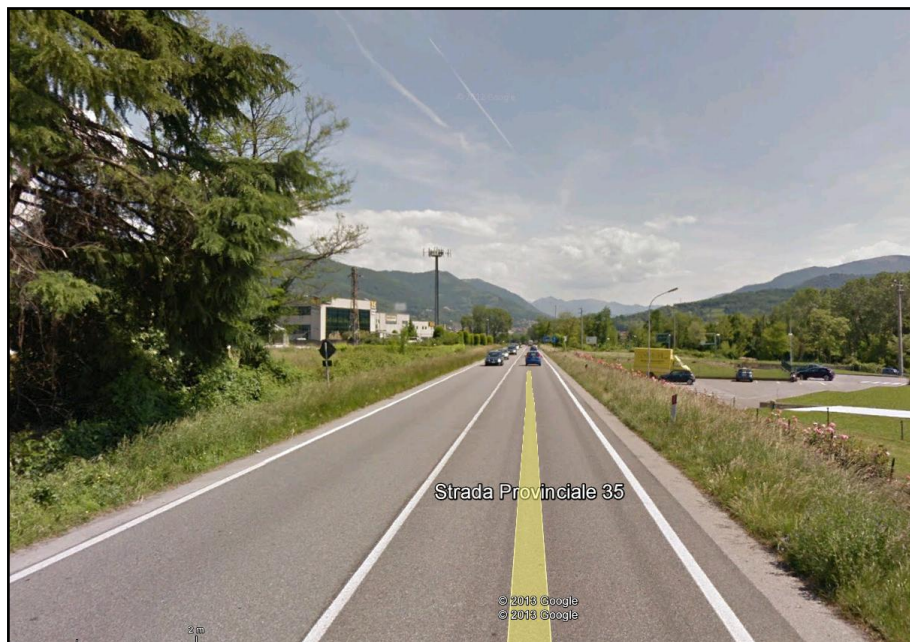


Figura 4 - La S.P. 35 all'altezza di Ranica (da Google Street View)



Figura 5 - La tramvia delle valli a Ranica (da Google Street View)



Figura 6 – Via Guglielmo Marconi (da Google Street View)

A queste tre linee di comunicazione principali va ad aggiungersi, naturalmente, la viabilità comunale ed intercomunale di minor rilievo. In particolare, al di là delle singole strade del centro abitato, vanno senz'altro segnalate la Via Viandasso (Strada Provinciale 38), che conduce al Ponte di Gorle, la Via Gaetano Donizetti (che conduce ad Alzano Lombardo direttamente dal centro storico), la Via Sarca (che conduce dal centro storico a Torre Boldone) e la Via Patta, che collega l'agglomerato omonimo passando sotto la superstrada.



Figura 7 - Via Patta (da Google Street View)

Il collegamento con i terrazzi alti (Borgosale, Bergamina) è garantito da una serie di strade comunali carreggiabili, che in linea di massima non presentano particolari punti critici o altre situazioni problematiche.

Gli insediamenti sul Colle di Ranica, invece, sono raggiungibili dalla Maresana, passando quindi per Ponteranica (Via Croce dei Morti). L'unico collegamento diretto dai terrazzi alti di Ranica, infatti, è garantito da una strada molto ripida, ad accesso regolamentato e di disagiata percorrenza, che costituisce la prosecuzione di Via Zanino Colle.

Dal punto di vista della protezione civile, è facilmente intuibile come la conoscenza della rete viabilistica in tutti i suoi aspetti rivesta una fondamentale importanza. La rete stradale rappresenta la possibilità di movimento di persone e mezzi da un punto all'altro del territorio, oltre che da e verso i comuni limitrofi, operazioni indispensabili sia per gestire eventuali evacuazioni, sia per garantire l'arrivo e lo spostamento dei mezzi di soccorso.

In particolare, gli aspetti più importanti da conoscere sono:

- La planimetria della rete stradale. Questo rappresenta il presupposto base per qualsiasi intervento. È indispensabile conoscere dettagliatamente il punto di partenza, di arrivo e l'andamento di ogni singola strada, anche secondaria, per ottimizzare i tempi di intervento o evacuazione; bisogna conoscere perfettamente come raggiungere ciascuna località abitata attraverso tutte le alternative stradali a disposizione. Allo stesso modo, occorre conoscere alla perfezione tutti gli accessi ai comuni limitrofi.
- La planimetria della viabilità minore. Per casi di particolare emergenza che riguardino soprattutto il comparto collinare e pedecollinare, è indispensabile conoscere dettagliatamente la viabilità minore (mulattiere, sentieri, strade e piste forestali). Questi elementi possono rappresentare vie alternative di evacuazione, intervento o comunicazione nel caso in cui le strade carreggiabili non siano agibili.
- Le caratteristiche delle strade carreggiabili, in particolare larghezza, altezza

massima consentita, raggio delle curve e dei tornanti, pendenza massima. In base a questi elementi, è possibile conoscere in anticipo quali mezzi di lavoro o soccorso potranno intervenire in una determinata area e quali, invece, non potranno essere usati per impossibilità fisica di transito.

- La posizione e le caratteristiche dei ponti, in particolare la larghezza e il peso massimo consentiti. Anche questi elementi permettono di stabilire in anticipo se determinati mezzi potranno o meno transitare. I ponti, inoltre, rivestono un particolare significato dal punto di vista idrogeologico.
- La posizione e le caratteristiche dei passaggi a livello della tramvia.
- Eventuali criticità note sulla rete stradale, ad esempio zone di particolare traffico, tratti con banchina cedevole, con caduta massi, tratti soggetti ad allagamenti o a frequenti formazioni di ghiaccio. Si tratta di elementi che possono incidere significativamente sull'efficacia degli interventi, specialmente in condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli.
- La posizione e la dimensione dei parcheggi. Come aree già ideate per il posteggio di veicoli, i parcheggi rappresentano elementi di grande utilità ed importanza ai fini della protezione civile. Conoscere accuratamente la posizione di tutti i parcheggi – anche secondari – sul territorio permette di gestire con maggiore efficacia una situazione di emergenza.

Le caratteristiche delle strade, così come dei ponti e dei sottopassi, sono sintetizzate in una serie di schede descrittive allegate, compilate in collaborazione con il Gruppo Comunale di Protezione Civile.

3.4 Aree industriali, artigianali e commerciali

Come già accennato, Ranica, a differenza di altri comuni della Bergamasca, non è caratterizzata dalla presenza di grandi insediamenti industriali, se si fa eccezione dell'area Zopfi, collocata nelle vicinanze del centro storico.

La stragrande maggioranza delle aree industriali, artigianali e commerciali (o comunque del settore terziario) si concentra nel settore meridionale del comune, tra le Tezze e La Patta. Un complesso più vasto, ma marginale al territorio, è poi posto all'estremità sud, vicino allo sbocco del Gardellone nel Serio.

Conoscere la distribuzione delle aree di questo tipo è molto importante dal punto di vista della protezione civile. Infatti, le strutture industriali, artigianali e commerciali presentano una serie di caratteristiche distintive rispetto al resto del territorio:

- Possono essere presenti elementi di criticità intrinseca, quali ad esempio macchinari pericolosi o stoccaggi di sostanze contaminanti, che incrementano il rischio di incidente industriale.
- Possono, d'altro canto, essere presenti elementi utili alla protezione civile, ad esempio piazzali, capannoni, tettoie, parcheggi, ma anche attrezzature e mezzi eventualmente impiegabili.
- La presenza di persone in questi edifici avviene in modo diverso rispetto agli ambiti residenziali. Ad esempio, la presenza notturna è inferiore (e spesso anche nulla), e si tratta spesso di attività aperte al pubblico.



Figura 8 - Area Zopfi (da Google Earth)

3.5 Aree e strutture strategicamente rilevanti

Il territorio di Ranica presenta alcune aree e strutture che possono essere considerate strategicamente rilevanti ai fini della protezione civile. Si tratta sia di ambiti ed edifici che possono assolvere ad alcune fondamentali funzioni in caso di emergenza, come l'allestimento di tendopoli, il ricovero di persone, mezzi e animali, l'allestimento di centri operativi e via discorrendo, sia di strutture che hanno già di per sé funzioni pubbliche rilevanti o essenziali (poste, ambulatori medici, depuratore, acquedotto, ecc.). Queste strutture vengono più diffusamente descritte nell'apposito capitolo e nelle relative schede allegate.

In linea di massima si possono individuare i seguenti elementi:

1. Municipio, sede della Polizia Locale, sede della Protezione Civile. Si tratta delle strutture più rilevanti per garantire l'operatività immediata degli interventi di emergenza.
2. Poste e telegrafi. Struttura utile per garantire comunicazioni ottimali in caso di emergenza.
3. Serbatoi idrici e strutture dell'acquedotto. L'integrità di queste strutture è condizione indispensabile per garantire l'approvvigionamento d'acqua potabile all'abitato.
4. Edifici scolastici, palestra, biblioteca (scuola elementare, scuola media, scuola materna). Queste strutture possono fungere sia da centri operativi, sia da ricoveri d'emergenza per i cittadini.
5. Campo sportivo con relativi spogliatoi. Può essere utilizzato per l'allestimento di una tendopoli.
6. Campi da tennis. Vi sono sia campi scoperti che coperti; possono essere usati per l'allestimento di tendopoli o comunque per il ricovero d'emergenza di cittadini.

7. Area Zopfi ed area ex Zopfi. Si tratta di aree industriali parzialmente attive e parzialmente dismesse. Eventuali porzioni utilizzabili o agibili possono fungere da ricoveri d'emergenza per le persone.
8. Oratorio e relativo campo sportivo. Allo stesso modo delle scuole e dei campi da calcio, possono permettere l'allestimento di tendopoli o il ricovero di persone.
9. Parco Camozzi e Istituto Negri. Il parco può essere utilizzato come area per tendopoli, mentre l'istituto, pur essendo essenzialmente una struttura di ricerca, potrebbe eventualmente assolvere a funzioni mediche d'emergenza.
10. Parco della Conciliazione. Può essere utilizzato per l'allestimento di una tendopoli.
11. Chiesa parrocchiale. L'integrità e l'agibilità di questa struttura garantiscono funzioni sociali importanti; inoltre potrebbe eventualmente essere usata come ricovero d'emergenza per le persone.
12. Area prativa aperta ad est di Via degli Alpini (interessata però da un ambito di trasformazione). Si tratta di un'area agricola abbastanza vasta, che potrebbe essere utilizzata (fintanto che è libera) per l'allestimento di una tendopoli, oppure per il ricovero di bestiame in caso di emergenza.
13. Area prativa aperta tra Via Piave e Via Tezze. Si tratta di un'area agricola molto vasta, che potrebbe essere utilizzata per l'allestimento di una tendopoli, oppure per il ricovero di bestiame in caso di emergenza.
14. Area prativa aperta tra la superstrada e Via Giovanni Pascoli. Si tratta di un'area agricola molto vasta, che potrebbe essere utilizzata per l'allestimento di una tendopoli, oppure per il ricovero di bestiame in caso di emergenza.
15. Stazione della tramvia. L'integrità della stazione migliora le possibilità di collegamento con i comuni circostanti in caso di calamità.
16. Poliambulatorio. Può assolvere a funzioni mediche di base durante un'emergenza.
17. Farmacia. Assolve a funzioni essenziali di assistenza sanitaria.

18. Cimitero. L'integrità e l'agibilità di questa struttura garantiscono funzioni sociali e sanitarie essenziali.
19. Depuratore. L'integrità di questa struttura (peraltro posta a fregio del Fiume Serio) permette l'assolvimento di un'importante funzione ambientale ed ecologica.
20. Cabina metano in Via Pascoli.

4 ANALISI DI PERICOLOSITÀ ED INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI A RISCHIO

4.1 *Concetti di pericolosità e rischio*

Il Piano di Emergenza Comunale deve contenere, oltre ad elementi conoscitivi generali del territorio, una serie di contenuti più specifici che vadano a delineare la pericolosità del territorio stesso sotto diversi aspetti, legati sia a fenomeni naturali che ad eventi antropici.

Si definisce pericolosità la probabilità di occorrenza di un certo fenomeno con una certa intensità in un determinato intervallo di tempo in una certa area.

Ad esempio, una “pericolosità elevata da frana” perimetrata su di un tratto di versante indica che in quella parte di pendio c’è un’elevata probabilità che, in un certo momento e in determinate condizioni, si verifichi una frana di una certa intensità (cioè dimensione, importanza).

È importante capire che il concetto di pericolosità è indipendente dall’interferenza antropica, ma è legato unicamente alle caratteristiche di un fenomeno (siano esse naturali o umane). Ad esempio, una frana non è più o meno “pericolosa” a seconda che incomba o meno su di un’abitazione: la frana è più o meno pericolosa in base al proprio stato di attività, alle sue caratteristiche geometriche e dimensioni; la presenza di strutture umane interferenti è ininfluente, non definisce la pericolosità del fenomeno ma casomai il rischio.

Le pericolosità che vengono individuate in seno al presente Piano sono raggruppabili in alcuni macrogruppi:

- Pericolosità meteorologica (precipitazioni, temporali forti, fulmini, venti, foschie

e nebbie, ondate di gelo e di calore, grandi nevicate).

- Pericolosità idrogeologica (frane, trasporto in massa di detriti, esondazioni di corsi d'acqua, valanghe).
- Pericolosità sismica (terremoti).
- Pericolosità da incendi boschivi.
- Pericolosità industriale.
- Pericolosità viabilistica (incidenti stradali importanti).

Nel presente studio, l'individuazione degli elementi di pericolosità viene presentata contestualmente all'inquadramento conoscitivo del territorio relativamente ai vari aspetti analizzati. Pertanto, i successivi capitoli contengono sia nozioni generali e introduttive, sia le vere e proprie analisi di pericolosità.

Una volta individuate le pericolosità, si può passare a definire quello che è invece il concetto di rischio, che è definito come l'entità del danno atteso in una data area e in un certo intervallo di tempo in seguito al verificarsi di un particolare evento. Il "danno atteso" si riferisce ad elementi di rischio che sono la popolazione, le proprietà e strutture, le attività economiche e via discorrendo.

È chiaro che il grado di rischio di un fenomeno può anche essere molto diverso da quello di pericolosità. Per esempio, una frana ad elevata pericolosità (in quanto attiva e magari di considerevoli dimensioni) può avere un rischio molto basso se è posta in una zona lontana da centri abitati, strade ed altri elementi antropici, perché, anche se è molto probabile che il dissesto si verifichi, è altrettanto probabile che non causi danni significativi. Al contrario, ad esempio, un'area a pericolosità moderata di esondazione può comportare un rischio medio o anche elevato se è posta in pieno centro storico o se interessa strutture socialmente rilevanti perché, anche se la probabilità che il fenomeno si verifichi è bassa, nel caso accadesse causerebbe danni e disagi considerevoli.

Il concetto di rischio, nel presente studio, è stato implementato nella definizione dei cosiddetti “scenari di rischio”. Si tratta di situazioni in cui si ipotizza che uno o più fenomeni di pericolosità si verifichino in determinate aree del territorio in modo tale da interferire (direttamente o indirettamente) con elementi antropici significativi. In questi scenari si delineano le possibili conseguenze dei fenomeni (naturali o antropici) e si propongono le più appropriate azioni da intraprendere per affrontare, contenere e possibilmente risolvere il problema.

Nota: nelle linee guida e nella maggior parte della documentazione inerente i Piani di Emergenza, viene quasi sempre utilizzato il termine “rischio”, intendendo però in realtà il concetto di “pericolosità”. In questo documento, si è ritenuto più opportuno utilizzare quindi il termine “pericolosità”, perché concettualmente più appropriato.

4.2 Pericolosità meteorologica

4.2.1 Premessa

La conoscenza di un territorio ai fini della protezione civile e della gestione dell'emergenza passa necessariamente per un'analisi più dettagliata possibile delle componenti climatologiche e meteorologiche. I fenomeni atmosferici, infatti, non solo hanno in larga misura governato il modellamento del paesaggio nel corso della sua storia geologica e geomorfologica, ma hanno rappresentato e rappresentano fattori di pericolosità e rischio di evidente ed immediata percezione.

Clima e tempo atmosferico sono elementi di pericolosità sia di per sé, ad esempio con le precipitazioni nevose e i fulmini, sia perché hanno influenza diretta e agiscono come fattori di innesco o di accelerazione nei confronti di altre pericolosità e criticità presenti sul territorio. Per esempio, le precipitazioni influiscono sulle portate dei corsi d'acqua, inducendo possibili esondazioni, e sui versanti, innescando frane o colate detritiche; le nebbie incrementano sensibilmente la pericolosità viabilistica (rischio di incidenti); i venti e le ondate di calore possono aumentare la pericolosità di incendio boschivo; i venti, inoltre, possono trasportare agenti contaminanti accidentalmente dispersi in atmosfera (pericolosità industriale); le forti nevicate aumentano la pericolosità valanghiva.

La "pericolosità meteorologica", perciò, va letta con questa duplice valenza: i fenomeni possono causare problemi sia di per sé stessi (singolarmente o interagendo tra loro), sia indirettamente, andando ad incrementare altri ambiti di pericolosità, in particolar modo quella idrogeologica.

I fenomeni meteorologici analizzati sono i seguenti:

- Precipitazioni (piogge).

- Temporali forti.
- Fulmini.
- Venti.
- Foschie e nebbie.
- Ondate di gelo e di calore.
- Grandi nevicate.

4.2.2 Climatologia e meteorologia

4.2.2.1 Generalità

Un territorio complesso come quello della Lombardia, che include le Alpi, le Prealpi, la pianura, un'idrografia ricca ed articolata ed un forte popolamento, è caratterizzato da una complessa varietà di situazioni di rischio, legate ad un ampio spettro di processi fisici e realtà socio-economiche. Tra i processi fisici in grado di determinare situazioni potenzialmente critiche in termini di rischio, vi sono naturalmente quelli di origine meteorologica. La meteorologia rappresenta dunque un'importante forzante esterna in grado di innescare situazioni di rischio. Il concetto di meteorologia come forzante esterna è particolarmente interessante, proprio perché, con l'unica eccezione del rischio di tipo geologico, variabili meteorologiche come la temperatura, le precipitazioni, l'umidità relativa, il vento, la radiazione solare e così via sono in grado di innescare tutte le situazioni di rischio che più comunemente si presentano, da quello idrogeologico, a quello industriale definito "natech" (ossia innescato da cause naturali con effetti tecnologici), a quello sanitario. Meteorologia e clima sono aspetti fondamentali nell'ambito di un Piano di Prevenzione e Protezione Civile. Si tratta ovviamente di un lavoro difficile, in quanto molto complesso è il sistema atmosferico con cui ci si confronta, ed a tale complessità si deve purtroppo aggiungere l'irrazionalità che spesso caratterizza l'organizzazione del sistema osservativo nazionale e regionale. Disporre di un servizio meteorologico efficiente è infatti un'esigenza prioritaria per una regione che, con i suoi quasi 10 milioni di abitanti ed un contesto economico e sociale molto evoluto, presenta condizioni uniche a livello nazionale in termini di sensibilità agli eventi atmosferici.

I fattori meteo-climatici agiscono sul territorio, e di conseguenza hanno effetti profondi sulle comunità umane. Ciò appare evidente a tutte le scale spaziali (dalla macroscale alla microscale) e temporali a cui vengono analizzati i fenomeni atmosferici.

Gli elementi del clima costituiscono dunque una fondamentale risorsa per la vita dell'uomo, ed al contempo ne rappresentano un preciso limite. Espressione quantitativa di tale limite è il concetto di rischio climatico, inteso come *probabilità del verificarsi di eventi dannosi associati a valori anomali delle grandezze meteorologiche (OMM, 1983)*. Il concetto di rischio climatico è applicabile ad una vasta gamma di fattori quali ad esempio le precipitazioni (pioggia, neve, grandine, galaverna, ecc.), le temperature (gelate, ondate di caldo), il vento (velocità elevate) e la visibilità (nebbia).

In termini ancora più generali, occorre inoltre evidenziare che le condizioni meteorologiche costituiscono un background per gli eventi di interesse per la protezione civile, e che come tali sono in grado di esaltare ovvero mitigare gli effetti di tali eventi.

Un esempio classico in tal senso è costituito dal campo del vento in occasione del rilascio in atmosfera di sostanze tossiche, o in occasione di incendi boschivi. Da ciò l'importanza di definire in termini quantitativi le condizioni meteorologiche e climatiche delle diverse aree della Lombardia, per orientare le attività di protezione civile nelle fasi di normalità e di emergenza.

Per un certo sito o territorio si parla di condizioni meteorologiche riferendosi allo stato dell'atmosfera in un certo istante, mentre si parla di condizioni climatiche (clima) intendendo l'insieme delle condizioni meteorologiche che vi si verificano su periodi di tempo lunghi (30 anni secondo l'Organizzazione Meteorologica Mondiale).

Pertanto, mentre per conoscere le condizioni meteorologiche basta affidarsi al monitoraggio, per il clima occorre analizzare i dati meteorologici disponibili su periodi di tempo della durata minima di 20-30 anni, anche se per taluni parametri ed elaborazioni possono occorrere serie storiche ben più lunghe.

In particolare, lo studio del clima per le applicazioni di protezione civile mira a porre in evidenza i fenomeni molto intensi (eventi estremi), il che comporta la disponibilità di serie storiche lunghe e di buona qualità e l'applicazione di metodologie statistiche particolari (OMM, 1980).

4.2.2.2 Le scale dei fenomeni climatici

Il clima è strettamente collegato alla circolazione atmosferica, la quale presenta caratteri diversi in funzione della scala spaziotemporale che si prende in considerazione.

In particolare, i fenomeni della circolazione generale sono oggetto della cosiddetta meteorologia sinottica, e assumono primaria importanza per il lavoro di previsione del tempo.

I fenomeni di tipo sinottico hanno luogo a scale dell'ordine delle migliaia di chilometri e sono responsabili del clima di vaste aree (macroclima). Sono macroclimi, ad esempio, il clima continentale e il clima mediterraneo.

L'interazione dei fenomeni del macroclima con l'orografia principale dà luogo al mesoclima, che è riferito ad una scala dell'ordine delle centinaia di chilometri. In Lombardia hanno così origine due mesoclimi estremi, profondamente diversi (clima alpino e clima padano) ed un mesoclima intermedio (clima insubrico) tipico della zona dei laghi prealpini. Nell'ambito del mesoclima si possono ancora distinguere i topoclimi ed i microclimi.

I topoclimi nascono dall'interazione del mesoclima con gli elementi del rilievo: pendenza ed esposizione delle pendici, larghezza delle valli e degli avvallamenti del terreno, e via discorrendo.

I microclimi, a loro volta, sono determinati dagli effetti sul clima delle singole superfici (le coperture vegetali arboree, le praterie, le aree edificate e via dicendo). Nel caso, ad esempio, delle coperture vegetali, entrano in gioco le loro caratteristiche strutturali (densità delle piante, geometria della copertura vegetale, penetrazione della luce, caratteristiche ottiche della superficie fogliare, profondità degli apparati radicali, lunghezza del ciclo vegetativo, esigenze idriche, interazione con le altre piante e con gli altri organismi viventi, ecc.), influenzando i caratteri dello strato di atmosfera ad esse più vicino (boundary layer) in termini ad esempio di temperatura, umidità relativa e vento.

4.2.2.3 Cenni di climatologia dinamica della Lombardia

Se si considerano l'aspetto fisico della nostra regione e l'ambito geografico in cui è inserita, si nota una serie di elementi fondamentali ai fini della caratterizzazione climatica del territorio:

- la vicinanza del Mediterraneo, fonte di masse di aria umida e mite;
- la vicinanza dell'area atlantica, fonte di masse di aria umida e relativamente mite ma generalmente più fredda di quella che staziona sul Mediterraneo;
- la vicinanza della massa continentale europea, che nella stagione invernale è fonte di masse d'aria fredda il cui ingresso nella Pianura Padana è favorito dalla sua conformazione a catino con apertura verso est;
- la presenza dell'arco alpino e dell'Appennino settentrionale, barriere in grado di creare notevoli discontinuità nelle masse d'aria;
- la presenza di tutti i principali laghi prealpini italiani con peculiari effetti mesoclimatici;
- la presenza di una delle principali valli alpine con direzione est-ovest (la Valtellina) e di alcune grandi valli con direzione nord-sud (Ticino, Val Chiavenna, Val Camonica), in grado di influenzare la circolazione nella bassa e media troposfera.

L'arco alpino, che delimita a nord la pianura padana, costituisce una barriera difficilmente valicabile per le perturbazioni atlantiche, che nel loro moto da ovest verso est interessano l'area europea.

Ciò conferisce caratteri di elevata stabilità alle masse d'aria della pianura, il che risulta particolarmente evidente nel periodo invernale ed in quello estivo.

In inverno, in particolare, si riscontra un'elevata frequenza di nebbie e di gelate associate a fenomeni di inversione termica nei bassi strati, condizioni queste peraltro favorevoli all'accumulo di inquinanti negli strati atmosferici più vicini al suolo. In estate il tempo è caratterizzato dalla distribuzione relativamente uniforme della

pressione (campi a debole gradiente o campi livellati). In tale stagione si assiste ad elevati accumuli di energia nei bassi strati in forma di vapore per effetto dell'intenso soleggiamento. Tali accumuli, favoriti dalla presenza di una fitta rete idrica superficiale e di vaste aree a colture irrigue, fanno sì che instabilizzazioni di entità relativamente modesta (per esempio irruzioni di aria più fredda nella media troposfera) possano dar luogo ad attività temporalesca anche intensa, accompagnata da vento forte, rovesci e grandinate.

Prescindendo dall'attività temporalesca estiva, si può osservare che le principali strutture meteorologiche responsabili delle situazioni di tempo perturbato sull'area sono le saccature (depressioni a forma di V), alimentate dal flusso perturbato atlantico ed i minimi isolati sul Mediterraneo (fra cui rientrano le depressioni del Golfo di Genova). In particolare, il maggior contributo alle precipitazioni della Lombardia deriva da condizioni di flusso perturbato meridionale, di norma associate a saccature che nel loro transito da ovest verso est interessano il Mediterraneo centro-occidentale.

In tali condizioni, è frequente assistere all'isolarsi di minimi depressionari sul Golfo di Genova (ciclogenese sottovento alle Alpi), che esercitano un caratteristico effetto volano, determinando il protrarsi delle condizioni di tempo perturbato sulla nostra area; infatti la traiettoria di tali sistemi, di norma verso Oriente, fa sì che essi transitino sulla pianura padana influenzandone le condizioni meteorologiche prima di esaurirsi in Adriatico.

Un certo effetto sul quadro precipitativo della Lombardia è poi dovuto agli altri tipi di depressioni isolate presenti sul Mediterraneo (ad esempio le depressioni africane).

Tutte le situazioni perturbate sopra descritte sono particolarmente frequenti nei periodi autunnale e primaverile, ma possono manifestarsi in qualunque periodo dell'anno. Da ricordare in particolare le perturbazioni intense, note con il nome di tempeste equinoziali, che ad inizio autunno o inizio primavera segnano la "rottura" del tempo al termine della fasi di maggior stabilità estiva o invernale.

Mesoclima alpino

Globalmente, per l'area alpina e prealpina, si può parlare di clima continentale, con forti escursioni termiche diurne, piogge piuttosto abbondanti (spesso superiori ai 1000 mm/anno), concentrate soprattutto nel semestre estivo (per esempio nell'Alta Brianza, nell'Alta Val Brembana, nell'Alta Val Seriana, nella Media Val Camonica e nell'Alta Val Trompia le precipitazioni medie annue raggiungono i 1700-2000 mm) (Ottone & Rossetti, 1981).

In realtà il clima dell'area varia in modo sostanziale da zona a zona, sia a causa delle diverse altitudini, sia per effetto dell'esposizione, fattore quest'ultimo predominante in questo tipo di orografia.

Infatti, i versanti rivolti a sud, più lungamente esposti alla radiazione solare, presentano una limitata copertura nevosa e sono più suscettibili di coltivazione, mentre quelli esposti a nord presentano una copertura nevosa molto più abbondante, ed una vegetazione costituita in gran parte da boschi e pascoli.

Il clima alpino può essere così caratterizzato:

- radiazione solare intensa;
- temperature invernali delle pendici meno rigide di quelle di fondovalle in quanto l'aria fredda, più pesante, si raccoglie in basso;
- temperature estive poco elevate;
- elevata frequenza di condizioni di cielo sereno, specialmente in inverno;
- venti di incanalamento la cui direzione dipende da quella delle valli; tra questi può essere fatto rientrare il Föhn, vento discendente che diviene man mano più secco e caldo con la sua discesa verso quote più basse;
- piogge piuttosto abbondanti, con valori più elevati nella fascia altimetrica dai 500 ai 2000 metri;
- distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno caratterizzata da un massimo estivo e da un minimo invernale.

Condizioni climatiche particolari, soprattutto da un punto di vista igrometrico e pluviometrico, si riscontrano nella parte centrale delle Alpi (ad esempio in Alta Valtellina) che risulta molto asciutta (precipitazioni medie annue inferiori agli 800 mm) manifestando così i caratteri tipici del clima endoalpino.

Il fenomeno è da attribuire al fatto che i flussi perturbati tendono a liberarsi della propria umidità in forma di precipitazioni nella parte più esterna del massiccio alpino (Prealpi, aree alpine esterne), giungendo nella parte centrale del massiccio stesso ormai impoveriti di umidità.

Mesoclima padano

Le condizioni climatiche padane sono sostanzialmente di tipo continentale, con inverni rigidi ed estati calde, elevata umidità specie nelle zone con più ricca idrografia, nebbie frequenti specie in inverno, piogge piuttosto limitate (600-1100 mm/anno) e relativamente ben distribuite durante tutto l'anno; la ventosità è ridotta e frequenti sono gli episodi temporaleschi estivi.

Occorre inoltre considerare che i livelli di continentalità raggiunti non sono particolarmente spiccati, e senz'altro non sono paragonabili a quelli delle aree continentali interne (per esempio l'area russo-siberiana o l'area canadese).

In inverno, l'area padana risulta sovente coperta da uno strato piuttosto spesso d'aria fredda che, in situazioni di scarsa ventilazione, determina la persistenza di formazioni nebbiose che tendono a diradarsi solo nelle ore pomeridiane.

In tale periodo, le fasi perturbate sono poco frequenti, anche se in taluni casi le masse d'aria umida ed instabile associate alle perturbazioni danno luogo a precipitazioni abbondanti, anche nevose. Il passaggio alla primavera risulta piuttosto brusco, e nella stagione primaverile si può assistere ad episodi piovosi di una certa entità che, man mano che la primavera avanza, tendono ad assumere carattere temporalesco. In estate, le temperature elevate associate all'alta umidità relativa ed alla scarsa ventilazione danno luogo a prolungati periodi di afa.

Le precipitazioni estive sono relativamente frequenti ed a prevalente carattere

temporalesco. In generale si constata come la quantità di pioggia che cade in questa stagione sia superiore a quella invernale, anche se più irregolarmente distribuita. In autunno, il tempo è caratterizzato dall'ingresso sull'area padana di intense perturbazioni, e le piogge che ne derivano sono in genere di rilevante entità. In complesso, dunque, la distribuzione annuale delle precipitazioni nell'area a clima padano presenta due massimi, uno principale in autunno (intorno a ottobre-novembre) ed uno secondario in primavera (intorno a maggio-giugno).

Mesoclima insubrico

La sub-area dei laghi si distingue dal rimanente territorio della Lombardia sia da un punto di vista pluviometrico che termico.

La temperatura invernale vi risulta infatti più elevata, in media di circa 2 °C, rispetto a quella dell'area padana, con un ridotto numero di giorni di gelo.

Le principali cause di questo vantaggio termico sono da ricercare sia nell'effetto di protezione delle Prealpi dai venti più freddi, sia nel volano termico offerto dai laghi, la cui temperatura media superficiale invernale si aggira intorno a 7 °C.

In primavera ed estate, invece, la zona dei laghi risulta in media di 1-2 °C più fresca di quella padana; anche in questo caso il vantaggio termico è dovuto principalmente alla temperatura superficiale dei laghi (22-23 °C). In autunno, il comportamento termico di quest'area risulta diversificato: mentre infatti le zone del Lago Maggiore e di Lugano risultano più fresche di quelle padane, la zona del Lago di Garda presenta in genere temperature più elevate. Questo andamento termico comporta un'evidente differenziazione tra l'area dei laghi e quella padana, sia a livello di temperatura media annuale, sia a livello di escursione media annua; per quest'ultima, ad esempio, le zone di Milano e Mantova raggiungono i 25 °C mentre le zone limitrofe ai laghi non raggiungono i 20 °C. Dal punto di vista precipitativo, si osserva che i laghi occidentali (Maggiore, Como ed Iseo) presentano un massimo estivo (giugno-luglio) ed uno autunnale molto simili fra loro, mentre il Lago di Garda presenta un massimo principale autunnale ed uno secondario primaverile-estivo (maggio-giugno).

4.2.3 Ambiti di pericolosità

4.2.3.1 Precipitazioni

La valutazione del rischio di origine meteorologica richiede, come già visto, la disponibilità di serie storiche di dati meteorologici che abbiano:

- risoluzione giornaliera o sub-giornaliera;
- lunghezza tale da poter definire gli indicatori di maggior interesse sulla base di un numero di dati statisticamente significativo;
- densità spaziale sufficiente a cogliere, con l'ausilio dei metodi descritti precedentemente, la complessità del territorio da studiare.

Purtroppo gli archivi regionali non consentono, allo stato attuale, di disporre di dati di questo tipo neanche per le precipitazioni e le temperature, che sono naturalmente le variabili per le quali si dispone del maggior numero di dati. È quindi evidente come l'elemento di maggiore criticità nella definizione del rischio meteorologico sul territorio lombardo sia oggi costituito dalla disponibilità di dati.

Serie storiche secolari

Nel corso dell'ultimo decennio, l'Istituto di Fisica Generale Applicata dell'Università degli Studi di Milano ha svolto, in collaborazione con l'Istituto per le Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC) del CNR (Richiamata di seguito UniMI-ISAC), un'ampia attività volta alla ricostruzione dell'evoluzione del clima italiano, della regione alpina e dell'area mediterranea. Esso ha consentito di colmare una fondamentale lacuna della comunità scientifica nazionale in questo ambito ed ha anche provveduto a supplire alla mancanza di un Servizio Nazionale attivo nel settore, assumendosi peraltro l'onere di raccogliere, analizzare criticamente ed omogeneizzare un ampio database di serie osservative italiane e di alcune aree

limitrofe. I dati trattati comprendono alcune tra le più lunghe serie italiane come quelle degli Osservatori di Milano-Brera e di Mantova, le serie incluse nel database di serie secolari dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (**UCEA**), quelle dei database del Servizio Idrografico e dell'Aeronautica Militare.

Il più rilevante database di lunghe serie storiche italiane disponibile in formato digitale era l'archivio delle serie secolari UCEA. Esso era stato prodotto nel corso degli anni '70, nell'ambito di un progetto finalizzato del CNR che aveva consentito di digitalizzare i dati termometrici e pluviometrici di 26 stazioni, per un periodo generalmente compreso tra il 1870 ed il 1973. In seguito, alcune di queste serie hanno continuato ad essere aggiornate, mentre altre stazioni hanno cessato di funzionare o di fornire i loro dati all'UCEA. Per quanto il data-base UCEA raccogliesse un primo e fondamentale nucleo di dati, esso era molto lontano dal costituire un punto d'arrivo. Il data-base ottenuto copriva il periodo 1865-1998 per le temperature e quello 1833-1998 per le precipitazioni. In questi ultimi anni, peraltro, progetti di ricerca volti al recupero ed all'omogeneizzazione delle lunghe serie storiche di dati meteorologici non sono stati condotti solo in Italia, ma anche in vari Paesi confinanti. Tra le varie iniziative, quella più importante in relazione all'area territoriale in cui è collocata la Regione Lombardia è probabilmente quella coordinata dal Servizio Meteorologico Nazionale Austriaco nell'ambito dei progetti UE ALPCLIM e ALP-IMP 24 . Questa iniziativa si propone di indagare il comportamento di un'ampia area europea, denominata Greater Alpine Region (GAR), che include anche l'intera Italia settentrionale e parte dell'Italia centrale. Essa ha dato origine ad un database molto noto, chiamato HISTALP.

Accanto ad attività svolte a scala nazionale o internazionale, il gruppo di ricerca UniMI-ISAC si è anche occupato e continua ad occuparsi in modo specifico della Regione Lombardia. In particolare, le attività svolte per la nostra regione sono condotte nell'ambito del Progetto Kyoto – Ricerca sui cambiamenti climatici e il controllo dei gas serra in Lombardia. Nell'ambito di questo progetto l'Istituto di Fisica Generale Applicata è coordinatore della linea di ricerca "climatologia". Essa include le

seguenti 6 unità operative: Università degli Studi di Milano - Istituto di Fisica Generale Applicata; Università Cattolica del Sacro Cuore - Dipartimento di Matematica e Fisica²⁸; Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie e Rilevamento; Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali; Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze della Terra; ERSAF Lombardia.

Tra i vari risultati del **Progetto Kyoto** vi è l'ampliamento della base di serie storiche secolari di dati termometrici e pluviometrici della Lombardia. Grazie a questo progetto la disponibilità di lunghe serie termometriche e pluviometriche di dati lombardi è ora molto più ampia. La figura seguente evidenzia le serie oggi disponibili, mentre la tabella seguente dettaglia il contributo del Progetto Kyoto.

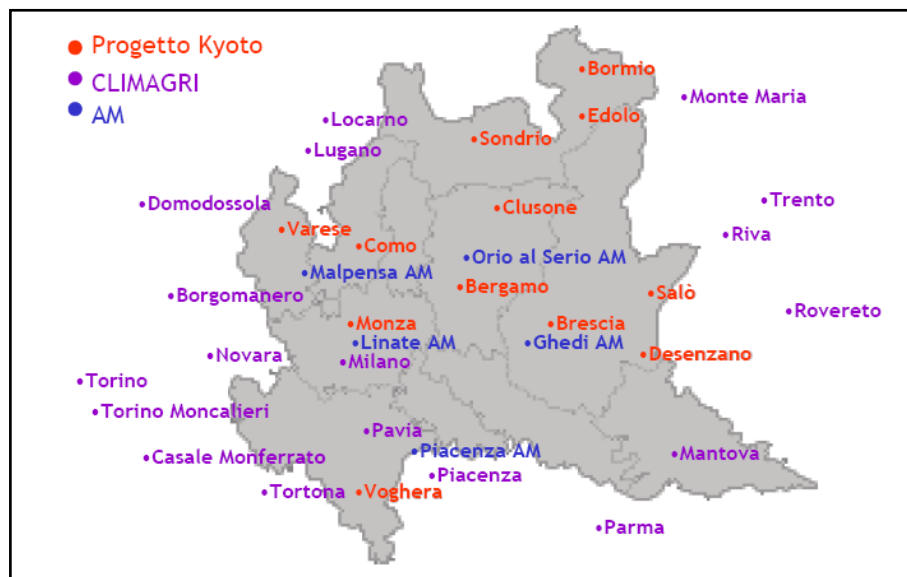


Figura 9 - Serie storiche lombarde recuperate all'interno del Progetto Kyoto

STAZIONI	TEMPERATURE	PRECIPITAZIONI
Bergamo	1880 - 2003 (d)	1871 - 2003 (d)
Bormio	1895 - 2003 (d)	1895 - 2003 (d)
Brescia	1879 - 2003 (d)	1870 - 2003 (d)
Clusone	1892 - 2003 (m)	1885 - 1996 (m)
Como	1873 - 2004 (d)	1873 - 2004 (d)
Desenzano	1886 - 1972 (m)	-
Edolo		1951 - 2003 (d)
Monza	-	1880 - 2003 (m)
Salò	1886 - 1999 (d)	
Sondrio	1885 - 2003 (d)	1875 - 2003 (d)
Varese	-	1901 - 2003 (d)
Voghera	1921-2003 (d)	1875 - 2005 (m)

Figura 10 - Dettagli sulle serie lombarde termometriche e pluviometriche recuperate all'interno del Progetto Kyoto; con "d" vengono indicate serie disponibili con risoluzione giornaliera, con "m", serie disponibili con risoluzione mensile

Ulteriori attività sono in corso di svolgimento nell'ambito del progetto UEFORALPS (meteo-hydrological Forecast and Observations for improved water Resource management in the ALPS). Il progetto FORALPS vede una collaborazione internazionale di enti ed istituti appartenenti a Paesi dell'area Alpina; in Lombardia esso vede un'intensa collaborazione tra il gruppo UniMI-ISAC e due unità operative (U.O.) di ARPA Lombardia (Meteorologia ed Idrografia, rispettivamente nei Working Packages 7 e 5). Questo progetto ha permesso, sinora, di arricchire la base di serie meteorologiche lombarde sia secolari, sia subsecolari oltre che di avviare uno studio approfondito delle tecniche di estrapolazione e spazializzazione di dati meteorologici su un territorio complesso come quello lombardo.

Serie storiche almeno trentennali

Accanto alle attività relative alle serie secolari, rivestono grande importanza quelle

che hanno per oggetto serie non secolari, ma comunque di lunghezza tale da poter definire in modo piuttosto efficace il clima di singole stazioni e di un loro intorno geograficamente omogeneo e, talvolta, tali da fornire anche qualche informazione sulle tendenze evolutive di temperature e precipitazioni dell'area in esame. Come già anticipato, l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) definisce in trent'anni l'intervallo sufficiente per definire il clima di un punto o di un'area, in termini delle caratteristiche meteorologiche medie trentennali valutate in ragione di variabili quali la temperatura o le precipitazioni.

In questo senso esiste la forte esigenza di recuperare, accanto alle serie storiche secolari descritte in precedenza, anche l'enorme patrimonio di serie almeno trentennali di cui, all'interno di vari database gestiti da enti diversi, dispone la Regione Lombardia. La fonte più importante di dati di questo tipo è costituita dagli archivi di quello che era il Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (d'ora in avanti, ex-SIMN).

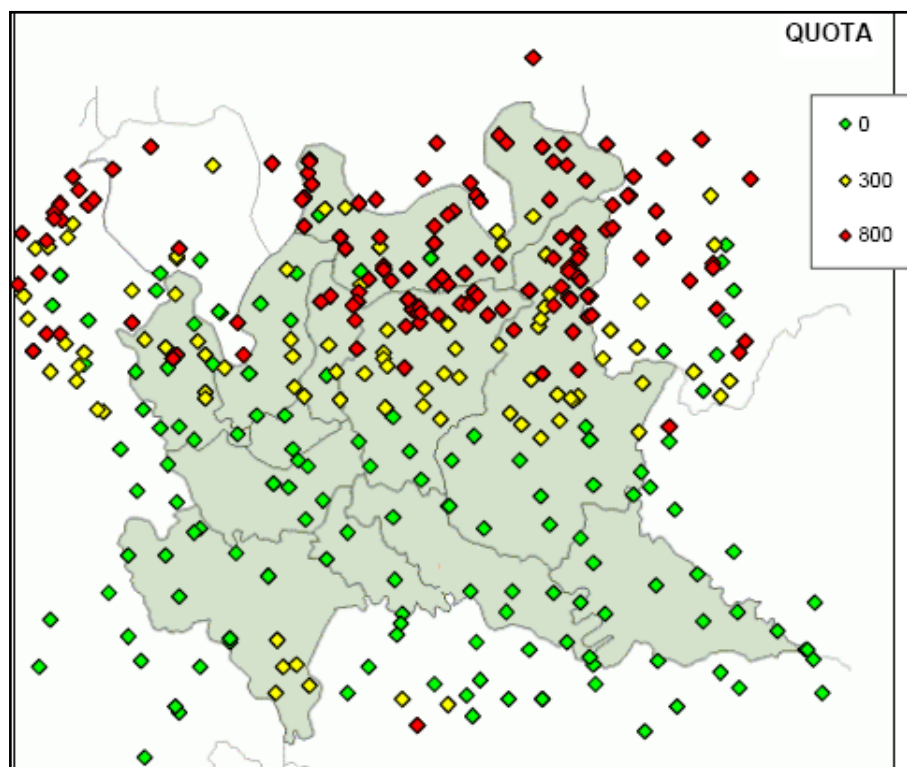
Peraltro, una parte delle stazioni ex-SIMN è ora inclusa nella rete di monitoraggio gestita dal Servizio Meteorologico Regionale di ARPA Lombardia (SMR, U.O. Meteorologia): la consistenza del database del SMR di ARPA Lombardia, quantificabile in 240 serie lombarde di variabili meteorologiche, proviene dall'aver incorporato dati e stazioni originarie di database diversi, ed in particolar modo dell'ex SIMN (69 stazioni delle 240 disponibili); altre fonti dei dati del SMR sono, ad esempio, la rete agrometeorologica ex-ERSAF; la rete nivometeorologica, la rete di qualità dell'aria. I dati meteorologici disponibili, in massima parte aggiornati in tempo reale dalle stazioni automatiche, spaziano dalle temperature alle precipitazioni, dalle direzioni ed intensità del vento alle concentrazioni di inquinanti, e rappresentano un patrimonio fondamentale per la descrizione meteorologica della nostra Regione.

La principale fonte di informazioni circa i dati raccolti dall'ex-SIMN è rappresentata dagli Annali Idrologici disponibili presso l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT); questi annali sono attualmente in fase di digitalizzazione, ma una loro prima scansione è già disponibile in rete; in tempi

relativamente brevi dovrebbe anche essere possibile disporre dei dati numerici. È peraltro fondamentale segnalare come una parte dei dati degli annali sia già disponibile all'interno di un progetto APAT denominato SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale).

I dati pluviometrici e termometrici lombardi almeno trentennali dell'archivio APAT-SCIA sono stati raccolti e catalogati dal gruppo di ricerca UniMI-ISAC e saranno presto sottoposti a procedure di controllo di qualità e consistenza, nonché di omogeneizzazione.

Nella figura seguente si riportano le stazioni utili al monitoraggio dei dati pluviometrici e termometrici lombardi di durata almeno trentennale rappresentativi dell'intero territorio della Lombardia.



**Figura 11 - La consistenza del database lombardo (serie pluviometriche mensili) UniMIISAC
Le serie sono distinte in ragione della loro quota topografica**

Serie storiche più brevi

Accanto alle informazioni che possono essere tratte dalle serie più lunghe, è anche importante considerare i dati più brevi, sia quelli che provengono da serie storiche di piccola durata sia quelli, come alcune delle stazioni disponibili al Servizio Meteorologico Regionale di ARPA Lombardia, che si riferiscono alle stazioni “nuove” della rete real time, operativa dal 2000-2001.

Questi dati sono reperibili sia nei già citati archivi ARPA Lombardia, sia all'interno del Progetto APAT-SCIA. Per quanto riguarda le stazioni storiche, dati di durata inferiore ai trent'anni, consistenza consigliata dal WMO, non sempre sono utili di per sé per ricostruzioni di tipo climatologico; essi però, assumono un'importanza notevole per i confronti e le validazioni dei dati storici, in particolare se possono fungere da controllo per stazioni vicine che presentino problematicità o dubbi nei dati.

Dati real time della rete ARPA SMR, invece, hanno un'importanza cruciale per la mole di dati che vengono acquisiti in tempo reale, e perché naturalmente rappresentano il seme di nuove serie storiche future. Un ulteriore aspetto interessante risiede nella possibilità di creare mappe (ossia spazializzazione di dati di stazione) a partire dai dati real time, mappe che incarnano l'evoluzione in tempo reale di variabili meteorologiche quali la temperatura nel territorio regionale lombardo.

Curve di possibilità pluviometrica: elaborazioni P.A.I.

(Tratto in parte dagli studi condotti dal Prof. Paoletti all'interno del gruppo di lavoro per gli studi di settore al P.T.C.P. relativo al settore ambientale e di cui il sottoscritto era il coordinatore)

Sono state analizzate le curve di possibilità pluviometrica di regionalizzazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) che suddivide il Comune di Ranica in celle di ciascuna delle quali fornisce i parametri. La curva è data nella forma:

$$h = a \cdot \theta^n$$

dove:

h è l'altezza di pioggia attesa, in [mm];

θ è la durata di pioggia, in [h];

a, n sono parametri che dipendono dal tempo di ritorno dell'evento T , dati per ciascuna cella e riportati nella seguente tabella.

Il totale è di 6 celle; poiché ciascuna cella è quadrata di lato 2 km, la superficie coperta è di 24 km², superiore a quella del Comune. In altri termini, il Comune di Ranica complessivo rimane, come è corretto che sia, all'interno dell'area discretizzata dalle celle selezionate.

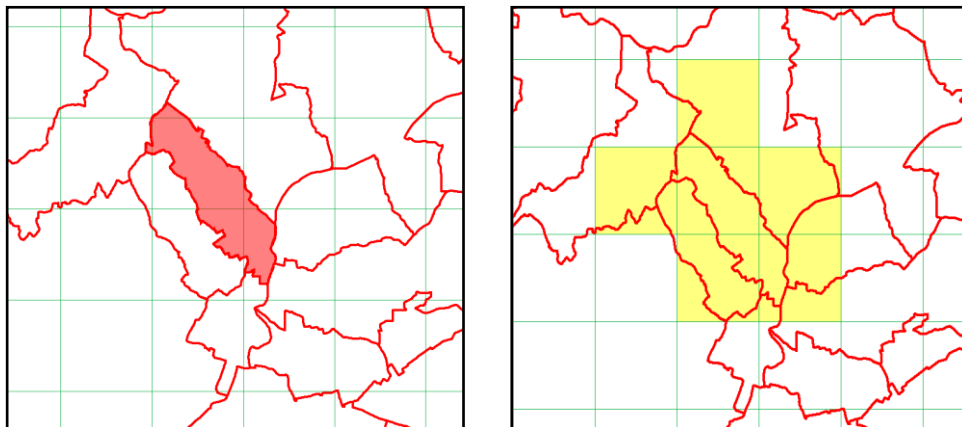


Figura 12 – Territorio di Ranica (rosso) con sovrapposizione delle celle P.A.I. considerate (giallo)

Si costruiscono le curve di possibilità pluviometrica semplicemente effettuando una media sui valori.

Curve di possibilità pluviometrica: elaborazioni da stazioni puntuali

Per l'acquisizione dei dati relativi alle precipitazioni di breve durata e forte intensità si

è fatto riferimento agli Annali pubblicati dal Servizio Idrografico Italiano sui quali (Parte I, tabella III) sono reperibili i massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore e in alcuni casi di quelle con durata 10, 15 e 30 minuti.

I dati della stazione pluviometrica considerata sono sintetizzati nella tabella seguente:

Stazione	Prov.	Codice S.I.I.	Quota [m.s.m.]	Coord. N [Km]	Coord. E [Km]
Bergamo	BG	1021	366	61	52.5

Le elaborazioni condotte sui dati raccolti sono state finalizzate alla individuazione della relazione statistica che lega l'altezza delle precipitazioni h alla durata d ed al tempo di ritorno T , relazione nota in idrologia tecnica come curva di possibilità pluviometrica e che solitamente è esprimibile nella forma monomia:

$$h = a \cdot \theta^n$$

dove:

h è l'altezza di pioggia attesa, in [mm];

θ è la durata di pioggia, in [h];

a , n sono parametri che dipendono dal tempo di ritorno dell'evento T , dati per ciascuna cella e riportati nella seguente tabella.

I parametri a e n sono da stimare sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione disponibili per le differenti durate pubblicate negli Annali: 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

A tal fine, si è ipotizzato che per qualunque durata d , i valori di h seguano la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel (EV1), il cui uso è molto diffuso per regolarizzare serie empiriche di valori estremi.

Secondo tale modello la probabilità P di non superamento di un generico valore dell'altezza di pioggia h , segnata durata d , è esprimibile con la:

$$P(h) = \exp [- \exp [- \alpha (h-u)]]$$

Poiché la statistica viene effettuata sul massimo valore che in un anno assume la grandezza h , è possibile legare la probabilità P al tempo di ritorno T , definito come il numero di anni in cui, mediamente, h viene superato una sola volta.

Si dimostra che $T = 1 / (1 - P)$ e quindi si ha:

$$h(T) = u - (1/a) \ln \ln [T/(T-1)]$$

dove u e α sono i parametri della distribuzione legati ai momenti del I° e II° ordine del campione dalle relazioni:

$$\alpha = 1,283/\sigma(h)$$

$$u = \mu(h) - 0,45\sigma(h)$$

con $\mu(h)$ media e $\sigma(h)$ varianza del campione stesso.

Eseguiti i calcoli dall'analisi dei diagrammi nel piano di Gumbel, è emerso il buon adattamento di tutti i campioni alle distribuzioni di probabilità stimate.

Prefissato quindi un tempo di ritorno T , tramite l'espressione prima citata si sono calcolate le altezze di pioggia per le varie durate (1, 3, 6, 12, 24 ore) introducendo di volta in volta i parametri α ed u calcolati sui campioni disponibili per le durate stesse.

I cinque valori di altezza di pioggia così ottenuti, posti sul piano $\log h$, $\log d$, sono stati interpolati tramite una retta adottando il metodo dei minimi quadrati.

In tal modo si sono ottenuti per ogni tempo di ritorno i valori dei parametri a e n delle equazioni delle curve di possibilità pluviometrica.

Curve di possibilità pluviometrica: confronto

Come si può osservare dai grafici seguenti, le curve P.A.I. e quelle risultanti dalla stazione pluviometrica considerata risultano essere confrontabili, seppure presentino uno scarto costante in funzione del tempo.

Per un'ulteriore verifica dei dati idrologici stimati, è stato svolto un confronto delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con la curva di possibilità pluviometrica stimata da ARPA Lombardia, nell'ambito del progetto SHAKEUP-2 in tema di REGIME DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE SUL TERRITORIO DELLA LOMBARDIA. Tale progetto è stato affidato dall'ARPA Lombardia al DIAR (Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, infrastrutture viarie e Rilevamento) del Politecnico di Milano, con l'obiettivo di modellazione probabilistica ai fini della previsione statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata.

In tal modo, sono stati formulati i criteri e i metodi per la caratterizzazione idrologica del regime pluviale in Lombardia sviluppando, in particolare, la parametrizzazione della LSPP (linea segnalatrice di probabilità pluviometrica) per ogni sito stazione e per ogni punto griglia del territorio della Lombardia secondo il modello probabilistico GEV (Generalized Extreme Value) scala-invariante (cfr. schermata di esempio del portale Webgis dell'ARPA Lombardia).

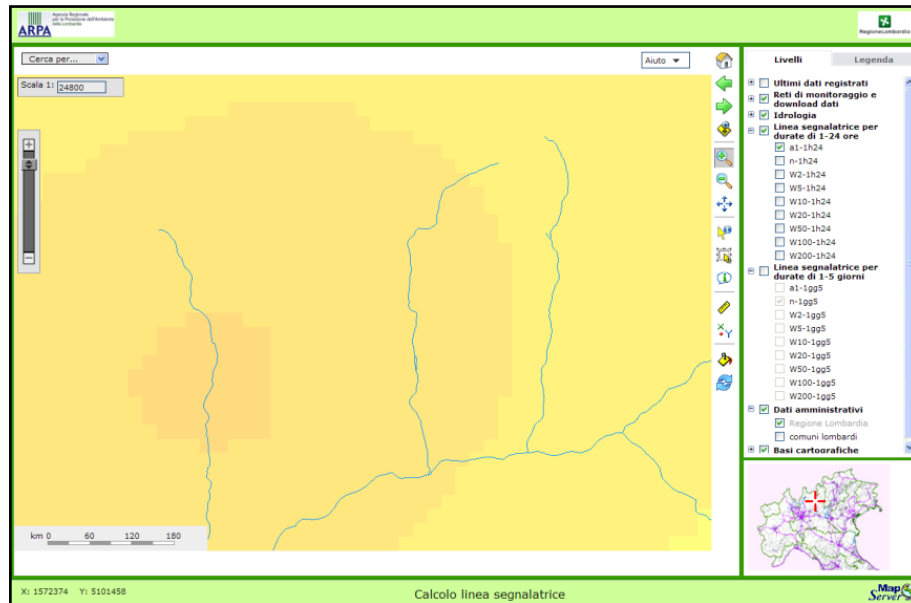


Figura 13 - Schermata di esempio del portale webgis dell'ARPA Lombardia per la stima dei parametri delle LSPP

Nel grafico riportato nella pagina seguente, viene mostrato il confronto tra le tre curve di possibilità pluviometrica ottenute da fonti differenti (regionalizzazione P.A.I., analisi ARPA Lombardia e stazione pluviometrica puntuale).

ELABORAZIONI CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (CPP) DA DATI DI REGIONALIZZAZIONE DEL P.A.I.

- *Dati utilizzati per il calcolo*
- *Grafico delle curve di possibilità pluviometrica derivate dalle elaborazioni dei dati del P.A.I (REGIONALIZZAZIONE)*
- *Grafico delle curve di possibilità pluviometrica derivate dalle elaborazioni della stazione puntuale*
- *Confronto delle curve di possibilità pluviometrica per $Tr = 100$ anni*

DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica
per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni

BACINO IDROGRAFICO:

Comune di Ranica

Descrizione	Coord.		T = 20		T = 100		T = 200		T = 500	
	Est	Nord	a	n	a	n	a	n	a	n
DW68	553000	5065000	51.17	0.26	65.38	0.25	71.46	0.24	79.48	0.24
DX67	555000	5067000	52.57	0.27	67.04	0.26	73.23	0.26	81.39	0.25
DX68	555000	5065000	51.65	0.26	65.96	0.25	72.07	0.25	80.13	0.24
DX69	555000	5063000	50.86	0.25	65.04	0.24	71.09	0.24	79.08	0.23
DY68	557000	5065000	52.17	0.26	66.58	0.25	72.73	0.25	80.85	0.25
DY69	557000	5063000	51.45	0.26	65.76	0.25	71.85	0.24	79.91	0.24
Medie pesate			51.65	0.26	65.96	0.25	72.07	0.25	80.14	0.24

LINEE SEGNALTRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PUNTUALI

Serie storiche delle precipitazioni intense utilizzate
per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni

BACINO IDROGRAFICO:

Comune di Ranica

Stazioni considerate	T = 20		T = 100		T = 200		T = 500		
	a	n	a	n	a	n	a	n	
Bergamo	50.10	0.25	63.50	0.25	69.20	0.24	76.70	0.24	
Medie pesate		50.10	0.25	63.50	0.25	69.20	0.24	76.70	0.24

LINEE SEGNALTRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PICCOLE DURATE

Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica
per tempo di ritorno 100 anni per piccole durate

			h ₁ 65.96
Θ [min]	Θ [ore]	h _Θ /h ₁	d h ricerca
10	0.17	0.44	0.17 29.02
15	0.25	0.56	0.25 36.94
30	0.50	0.75	0.5 49.47
45	0.75	0.89	0.75 58.71

LINEE SEGNALTRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PER TUTTE LE DURATE

Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica
per tempo di ritorno 100 anni per TUTTE le durate

	a	n	
d < 1 ora	67.78	0.46	Considerando le Cpp del PAI
d > 1 ora	65.96	0.25	Cpp PAI

d	h
0.17	29.72
0.25	35.81
0.5	49.27
0.75	59.37
1	63.50
3	83.57
6	99.38
12	118.19
24	140.55

LINEE SEGNALTRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PICCOLE DURATE

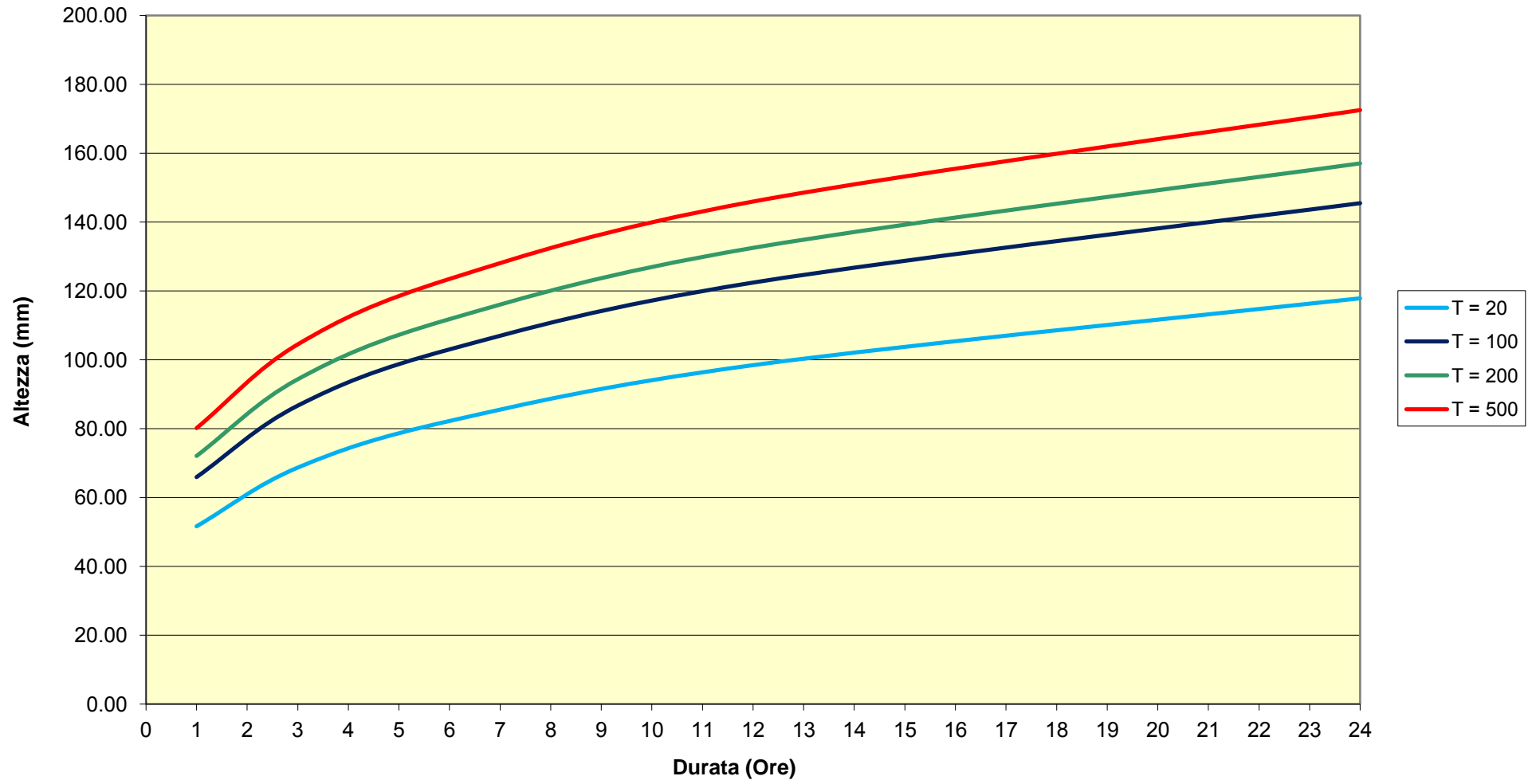
Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica
per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni

BACINO IDROGRAFICO:

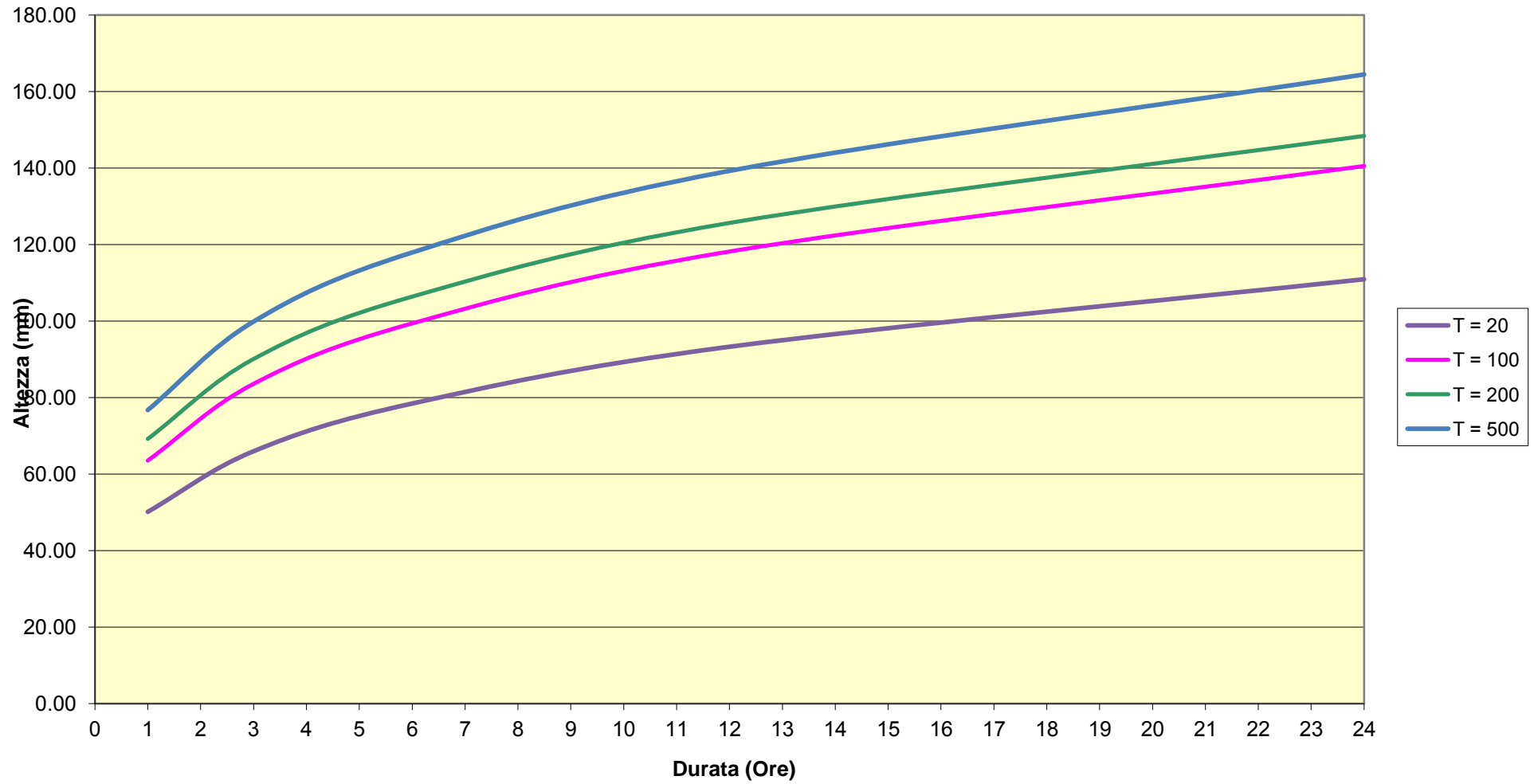
Comune di Ranica

CPP considerate PAI	T = 20		T = 100		T = 200		T = 500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
	53.07	0.46	67.78	0.46	74.05	0.46	82.35	0.46

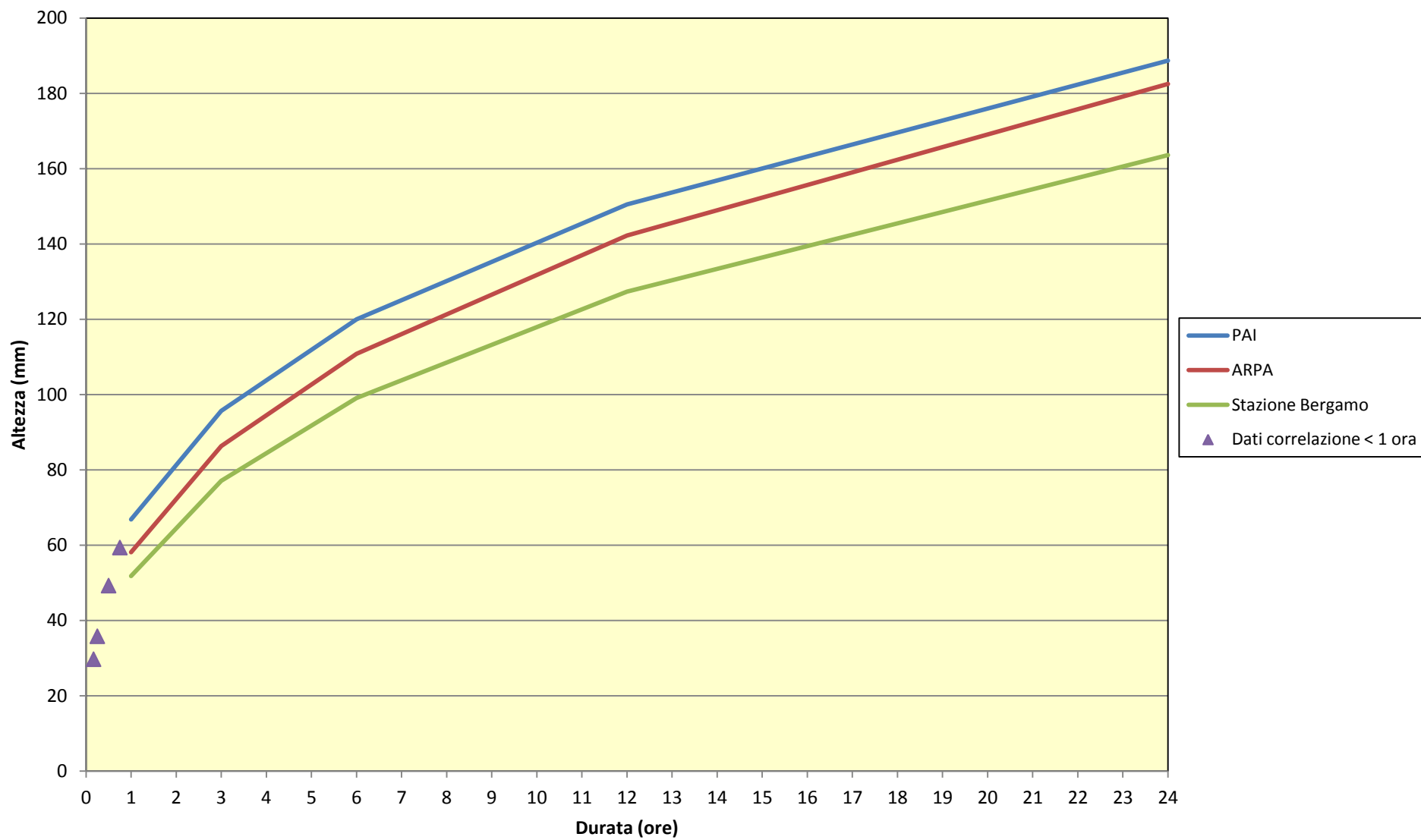
Curve Possibilità Pluviometrica
METODO DI REGIONALIZZAZIONE



Curve Possibilità Pluviometrica
METODO PUNTUALE



Curve Possibilità Pluviometrica CONFRONTO TRA I METODI - T = 100 anni



Analisi climatologica

Lo studio del territorio non può prescindere dalle conoscenze relative alla situazione climatologica dello stesso per l'importanza più volte dimostrata sia per i tragici eventi che si susseguono con sempre più incalzante frequenza e gravità, sia per gli aspetti legati all'approvvigionamento idrico e infine per quanto attiene allo smaltimento e regolazione delle acque superficiali anche di utilizzo urbano.

A seguito di ciò si impone seriamente che per ogni territorio la pianificazione si basi anche sulla conoscenza dei valori di temperatura, dei giorni di gelo, dei valori delle precipitazioni medie, minime, massime annue e delle precipitazioni brevi ed intense.

La conoscenza di periodi siccitosi o particolarmente piovosi che possono ricorrere nell'intervallo di una vita umana, può sicuramente costituire un valido supporto per la pianificazione territoriale in tutte le sue sfaccettature.

Nella presente indagine, estrapolata da un lavoro condotto sull'intera Comunità Montana della Valle Seriana, vengono pertanto commentati i risultati che sono emersi dall'analisi delle precipitazioni, considerate su base annua e mensile, sul territorio di competenza e delle temperature dell'aria².

Seguendo la definizione di clima data da Strahler (1970) e cioè che il clima è la composizione caratteristica dell'atmosfera risultante da lunghi periodi di ripetute osservazioni, dedotta non solo dall'analisi dei valori medi, ma anche di quelli che si discostano da quest'ultimi e dall'esame delle possibilità di ricorrenza di eventi particolari, ci si è sforzati di raccogliere la serie di osservazioni riferite ad un periodo sufficientemente lungo per ottenere un quadro significativo del fenomeno in studio.

I dati disponibili si riferiscono a serie pluriennali di osservazioni, rilevate in stazioni istituite dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici o passate in carico allo stesso nei primi decenni di questo secolo dopo essere appartenute ad osservatori locali.

² Regione Lombardia, Progetto di Cartografia Geoambientale per la C.M. della Valle Seriana inferiore, "Indagine di climatologia applicata", a cura di C. Bertuletti

Nello specchio seguente sono segnalate le stazioni con bacino di appartenenza, la quota sul livello del mare e gli anni in cui hanno operato, nonché il tipo di apparecchiatura.

<i>Periodo Oss.</i>	<i>Stazione</i>	<i>Bacino</i>	<i>Quota</i>	<i>Strumento</i>
1921-73	Gandino	Serio	570	P
1921-47	Orezzo	Serio	730	P
1921-73	Vall'Alta	Serio	441	P
1921-73	Olera	Serio	518	P

I periodi di osservazione si riferiscono a valori annui mensili.

Per intervalli giornalieri le serie a disposizione sono più ridotte in quanto i dati non sono stati sempre pubblicati.

Le precipitazioni medie, minime e massime

Dall'esame dell'elenco delle stazioni di rilevazione prima riportato risulta come la maggior parte delle stazioni sia corredata di un periodo di osservazioni continuo e di durata tale da poter ottenere risultati più che significativi dell'andamento del fenomeno.

L'esame dei risultati mette in luce come l'andamento delle precipitazioni presenti un regolare incremento da Est verso Ovest e da Sud verso Nord.

I valori più depressi si localizzano sull'allineamento M. Misma mentre quelli più elevati caratterizzano le zone di spartiacque con il bacino del F. Brembo verso occidente e le propaggini meridionali del M. Alben.

L'area di competenza della Comunità Montana della Valle Seriana usufruisce quindi di un contributo medio annuo differenziato di circa 500 mm di precipitazioni; i valori medi sono ampiamente superiori a quelli della media italiana (Contessini 1957) ed in sintonia con quelli riportati per la Regione Alpina (Mennella 1957).

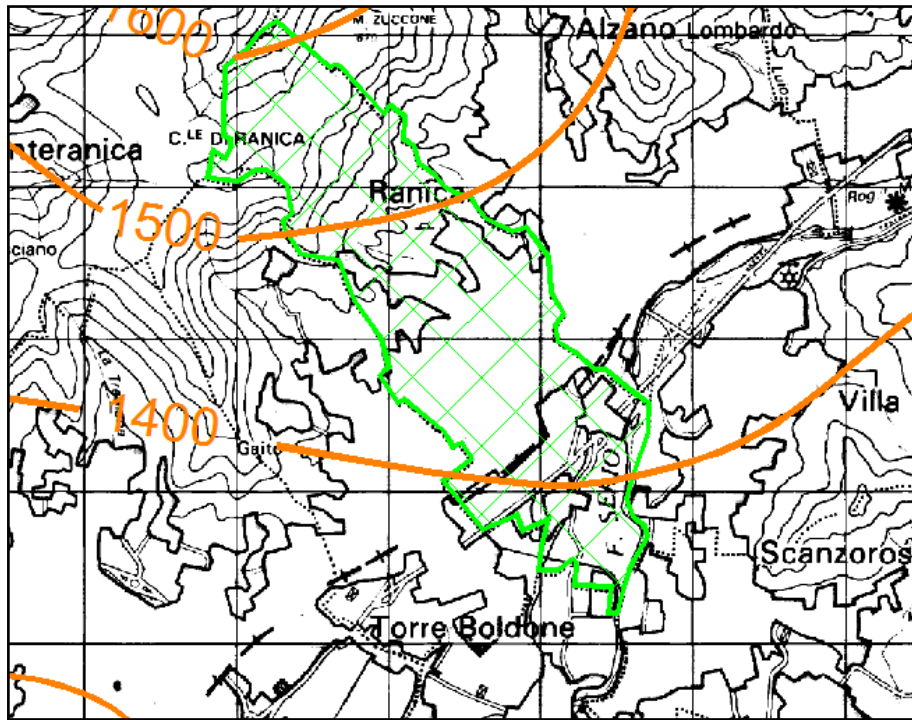


Figura 14 - Stralcio piogge medie annue

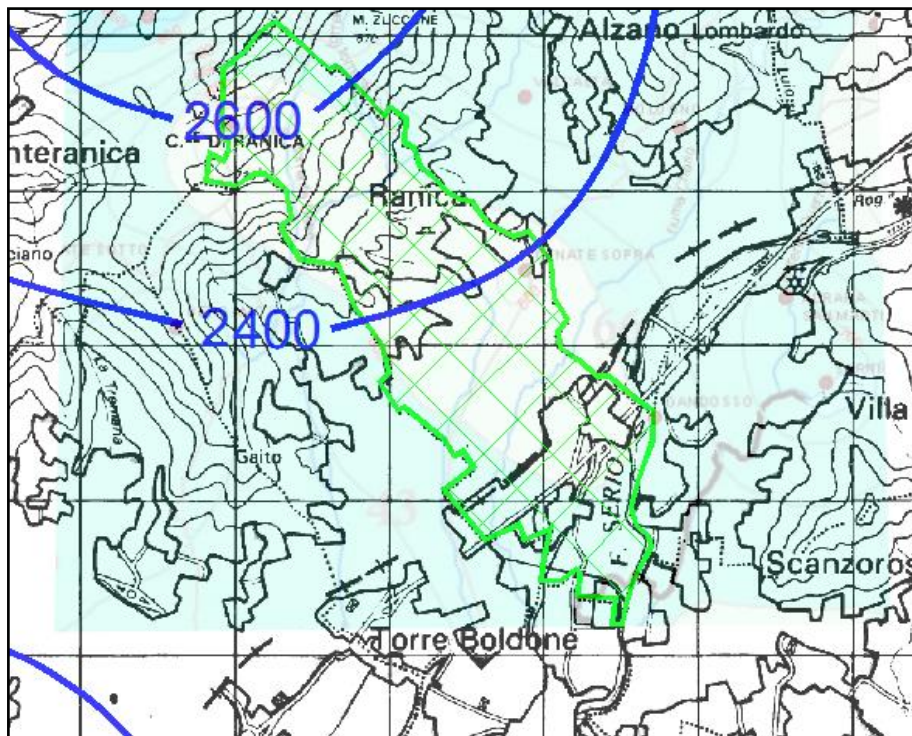


Figura 15 - Stralcio piogge massime annue

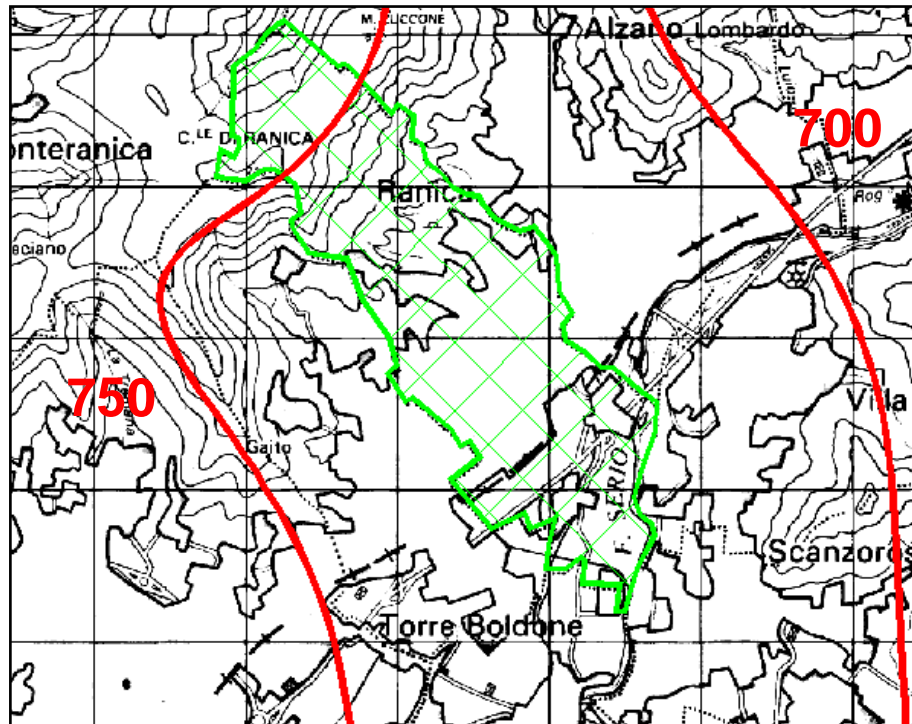


Figura 16 - Stralcio piogge minime annue

Confronto valori precipitazioni medie, massime e minime annue: Regione Lombardia

La Regione Lombardia ha prodotto le carte delle precipitazioni medie, massime e minime del territorio alpino della Lombardia. Per la realizzazione delle carte delle precipitazioni medie, massime e minime annue sono stati utilizzati i dati pubblicati negli "Annali Idrologici – parte prima" del Servizio Idrografico, Ufficio Idrografico del Po, dal 1913 al 1983 e nella Pubblicazione n.24 "Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921 – 1950 – Bacino del Po"; solo per alcune aree particolarmente significative i dati sono stati integrati fino al 1990 con il reperimento diretto degli stessi presso aziende idroelettriche (AEM, ENEL Sondel) e presso il Servizio Idrografico stesso. Lo studio della Regione Lombardia ha raccolto i dati di 543 stazioni ricadenti anche nelle aree limitrofe alla Lombardia alpina (Piemonte, Svizzera, Trentino); in seguito sono state utilizzate solo quelle stazioni (372) che ricadevano in un intorno significativo della Lombardia alpina (ad

esempio le stazioni dell'alto bacino del Ticino sono state scartate) e che avessero a disposizione almeno 10 anni utili durante il periodo di funzionamento della stazione stessa in quanto è stato notato che un decennio di dati consente di avere una buona informazione sulle Precipitazioni Medie Annue di ogni singola stazione con scostamenti complessivamente ridotti rispetto a periodi di osservazione più lunghi.

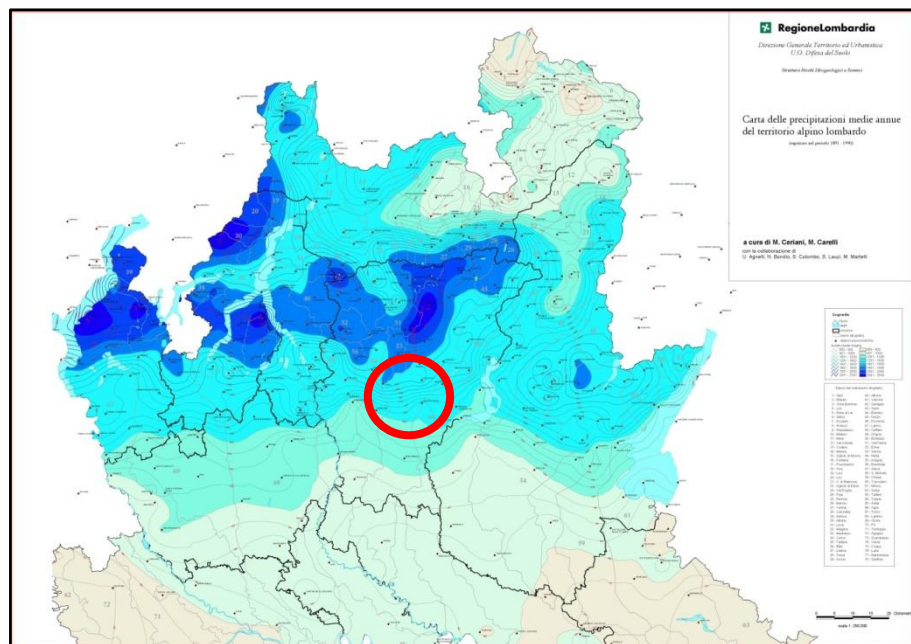


Figura 17 - Carta delle precipitazioni medie annue del territorio alpino lombardo (R.L.)

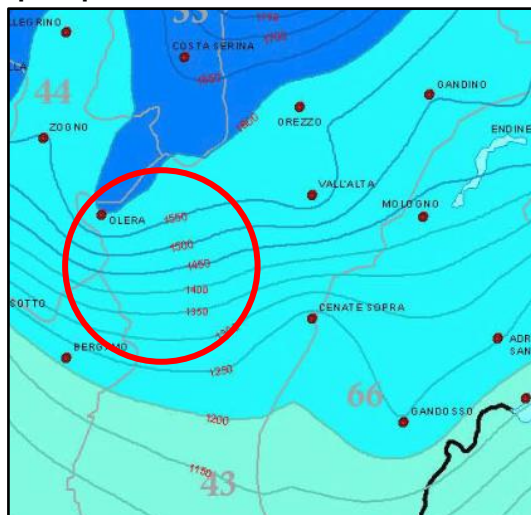


Figura 18 - Stralcio area di interesse - Comune di Ranica

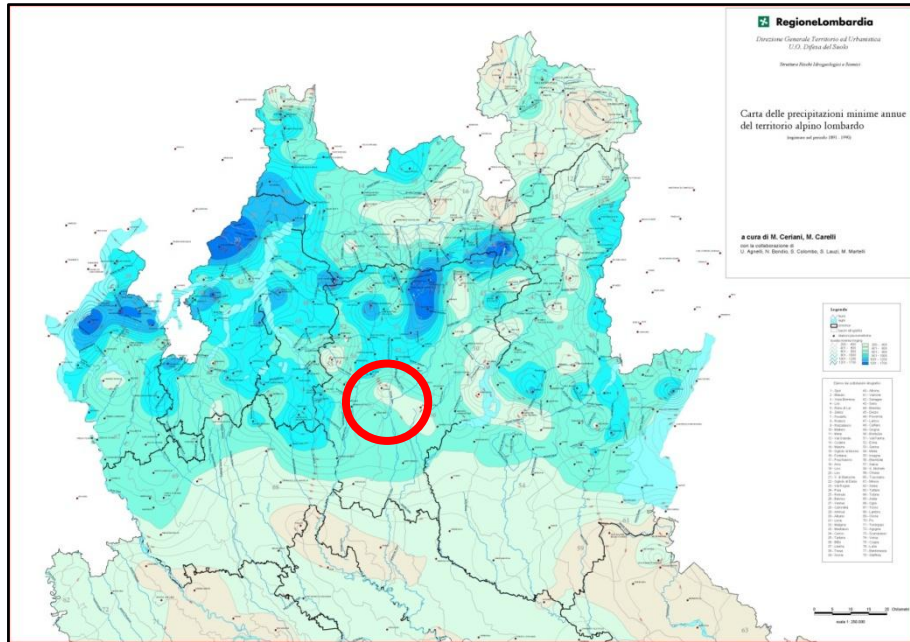


Figura 21 - Carta delle precipitazioni minime annue del territorio alpino lombardo (R.L.)

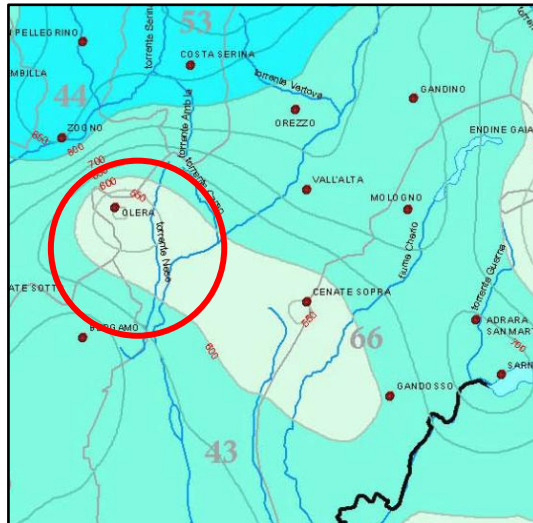


Figura 22 - Stralcio area di interesse - Comune di Ranica.

In una visione d'insieme si può notare come partendo dalla pianura padana, o meglio dal corso del fiume Po, le precipitazioni medie annue (P.M.A.) tendono progressivamente ad aumentare spostandosi verso nord, cioè verso i rilievi prealpini, passando da 850 – 950 mm/anno ad oltre 1400 mm/anno (Vigevano 855 mm/a, Melegnano 854, Treviglio 919, Ghedi 918).

All'altezza delle stazioni pluviometriche di Milano 1002 mm/anno, Vaprio d'Adda 1006 mm/a, Borgonato 946 mm/a, Brescia 980 mm/a e Desenzano 928 mm/a, il valore della PMA si aggira intorno ai 1000 mm/anno e l'andamento sinuoso risente dell'effetto delle valli principali (Adda, Brembo, Serio, Oglio) che favoriscono l'afflusso delle masse d'aria e di conseguenza delle perturbazioni.

Ai primi rilievi prealpini (stazioni di Varese 1522 mm/a, Olgiate Comasco 1621 mm/a, Carpesino 1766 mm/a, Consonno 1497 mm/a, Lecco 1390 mm/a, Roncola 1407 mm/a, Vall'Alta 1594 mm/a) le precipitazioni raggiungono valori elevati compresi fra i 1400 e i 1600 mm/a con un andamento sempre sinuoso ma molto più articolato rispetto alla pianura per l'influenza dell'orografia. Sui rilievi di questa prima fascia prealpina ed alpina, si raggiungono i valori più elevati di PMA di tutta la regione con valori sempre superiori ai 2000 mm/anno: Vararo 2326 mm/a (lago Maggiore), Paraviso 2258 mm/a (lago di Lugano), San Nazzaro 2193 mm/a (Val Cavargna), Magreglio 2196 mm/a (lago di Como), Zambra 2117 mm/a (Valbrembana) e Valcanale 2240 mm/a (Val Seriana).

La distribuzione delle P.M.A. si presenta molto articolata nei bacini del Brembo e del Serio ma con valori sempre alti o molto alti compresi fra 1350 mm ed oltre 2000 mm/anno: San Pellegrino 1544 mm/a, Foppolo 1850 mm/a, Lago di Fregaborgia 1987 mm/anno e Zambra 2117 mm/a in Valbrembana; Clusone 1468 mm/a e Forno Gavazzo 1813 mm/a in ValSeriana, oltre al massimo già segnalato di Valcanale 2240 mm/a.

I massimi valori, andando da ovest ad est, sono stati registrati nelle stazioni di Santa Maria del Monte (Va) 4033 mm nel 1951, Bodengo (So) 3336 mm nel 1960 in Valchiavenna, Lago Trona (So) 3409 mm nel 1960 in Valtellina, Magreglio (Co) 3987

mm nel 1937, Valcanale (Bg) 3550 mm nel 1926 e Valmorta (Bg) 4135 mm nel 1928 (massimo assoluto di tutta la regione Lombardia) in Valbrembana, Breno (Bs) 3377 mm nel 1926 in Valcamonica ed Idro (Bs) 3413 mm nel 1926 sul Lago d'Idro.

I minimi valori, andando sempre da ovest ad est, sono stati registrati nelle stazioni di Varano Borghi (Va) 542 mm nel 1921, Brunate (Co) 539 mm sul lago di Como nel 1941, Rotafuori (Bg) 392 mm in Val Imagna nel 1952, Stuetta (So) 394 mm in Valchiavenna, Prese Valtogno (So) 319 mm, Tirano (So) 296 mm e Santa Caterina (So) 239 mm (minimo assoluto) tutte in Valtellina e tutte registrate nel 1921, Parzanica (Bg) 352 mm nel 1932 e Lovere (Bg) 334 mm nel 1942 sul Lago di Iseo e Gardone Valtrompia (Bs) 315 mm in Valtrompia nel 1928.

Confronto valori precipitazioni medie, massime e minime annue: P.T.U.A.

Partendo dai dati disponibili per ogni stazione di misura, lo studio P.T.U.A. (Programma di Tutela e Uso delle Acque) della Regione Lombardia nel marzo 2006 ha calcolato le precipitazioni medie annue dell'intera regione.

In totale sono stati raccolti i valori medi della precipitazione annua di 742 stazioni localizzate, oltre che in Lombardia, anche nelle aree limitrofe delle regioni confinanti (Piemonte, Svizzera, Trentino-Alto Adige e Veneto). Sia prima che durante le elaborazioni è stata effettuata, in fasi successive, una selezione dei dati disponibili, in modo da individuare quelli da utilizzare effettivamente.

Partendo da una valutazione d'insieme si può notare che le precipitazioni medie annue tendono progressivamente ad aumentare passando da sud a nord, cioè passando dalla pianura ai rilievi prealpini e alpini.

Nella parte più meridionale della regione, quella pianeggiante che parte dal Po fino circa all'altezza di Milano, si osservano precipitazioni tra gli 800 e i 1000 mm/anno. Valori più bassi, tra circa 650 e 800 mm/anno, si registrano nella pianura mantovana e in quella pavese, con l'eccezione dell'alto Oltrepò, dove le precipitazioni tendono ad aumentare nuovamente.

All'altezza di Milano (1010 mm/anno), Brescia (981 mm/anno) e Salò (1104

mm/anno) si ha una fascia che si estende da est ad ovest con valori compresi circa tra 1000 e 1200 mm/anno, con un andamento sinusoidale delle curve pluviometriche dovuto all'influenza delle valli principali.

Per quanto riguarda invece i bacini dei fiumi Brembo e Serio, si osservano valori mediamente superiori ai 1500 mm/anno: Foppolo 1851 mm/anno, Carisole 1605 mm/anno, Brembilla 1702 mm/anno e Branzi 1619 mm/anno in Val Brembana; Forno Gavazzo 1840 mm/anno, Gromo 1622 mm/anno e Gandino 1560 mm/anno in Val Seriana.

La carta redatta dallo studio P.T.U.A. si distingue da altre analoghe predisposte in passato da vari Enti in quanto è stata elaborata con valori di precipitazione media annua puntuale che derivano da un'elaborazione e correzione delle misure disponibili.

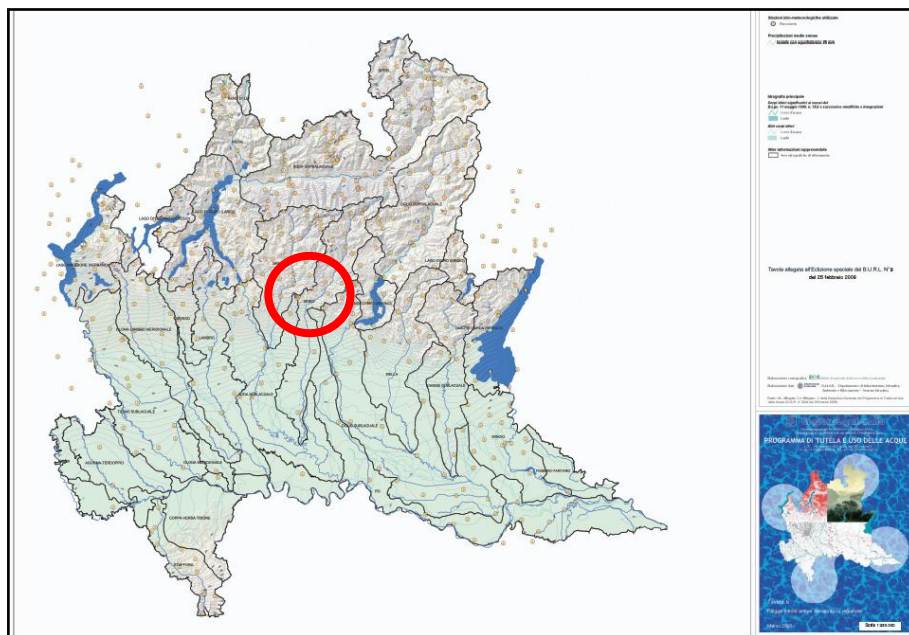


Figura 23 - Carta delle precipitazioni medie annue del territorio lombardo (R.L. - P.T.U.A.)

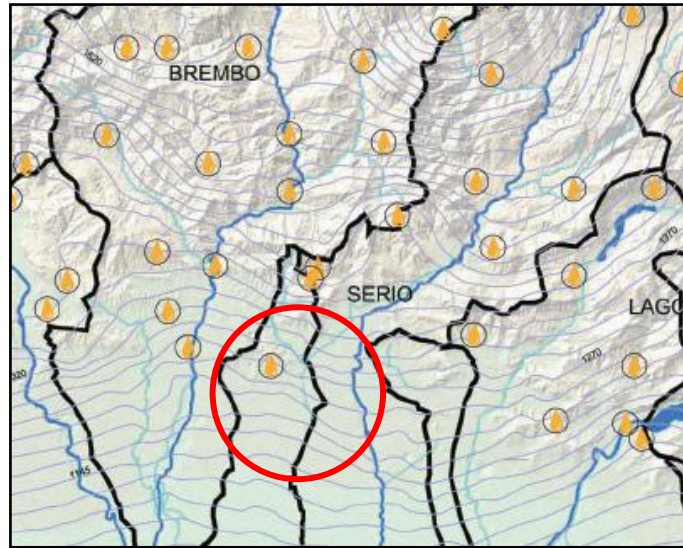
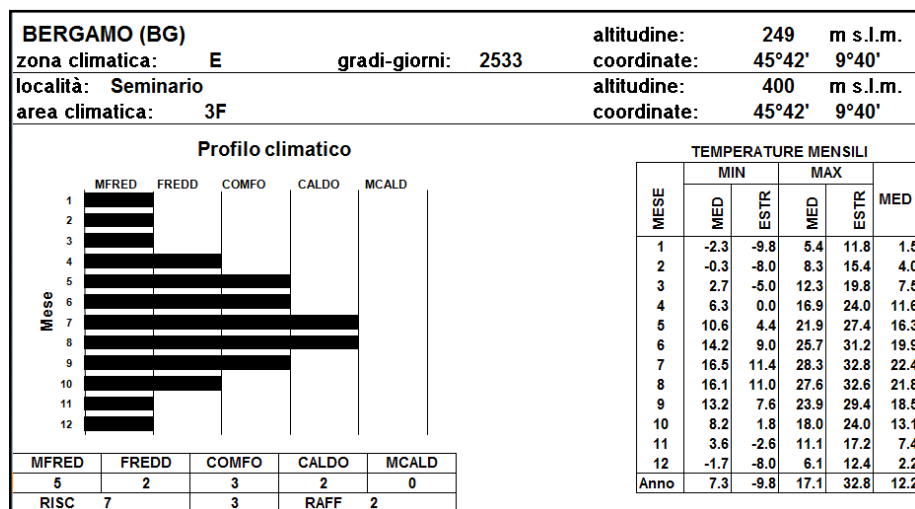


Figura 24 - Stralcio area di interesse - Comune di Ranica

Confronto valori precipitazioni medie annue: servizio ENEA

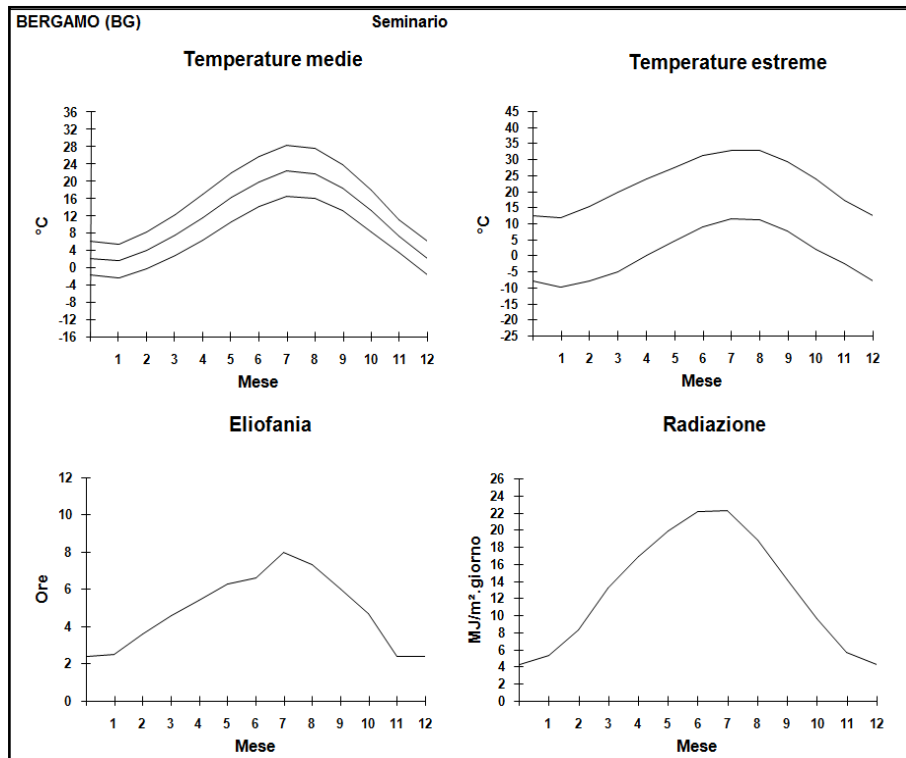
Il servizio ENEA ha raccolto una serie di dati climatologici relativi alla stazione del Seminario di Bergamo, inseriti nei volumi della collana Profilo Climatico d'Italia. I dati riportati nelle tabelle seguenti sono medie di valori meteo mensili registrati negli anni '90, ma sono estendibili anche ai giorni odierni, tenendo semplicemente conto che quel periodo è stato leggermente più caldo e meno piovoso.

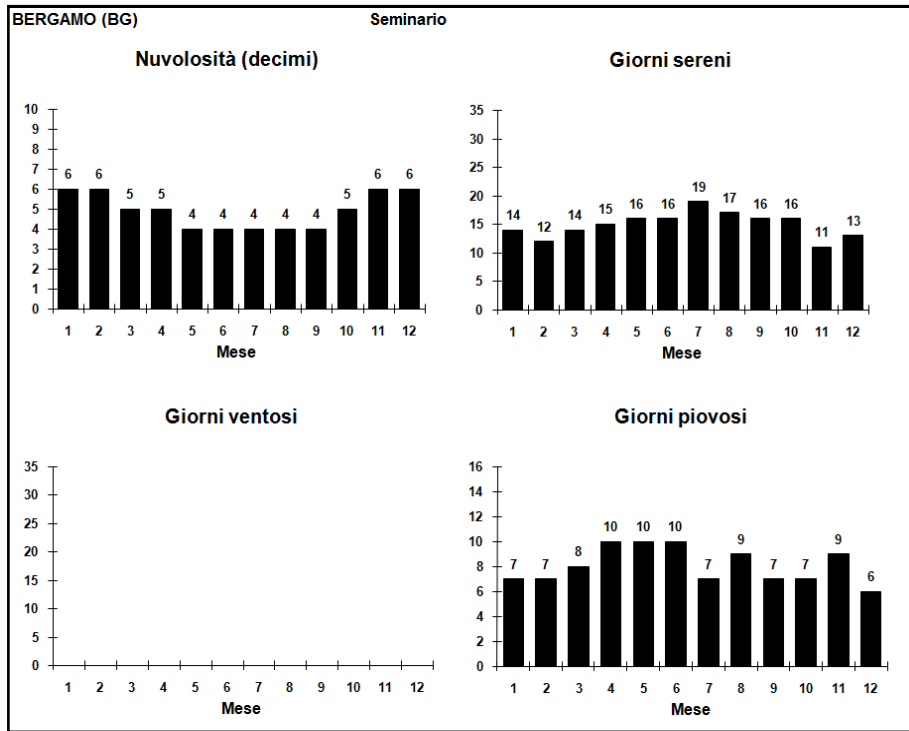
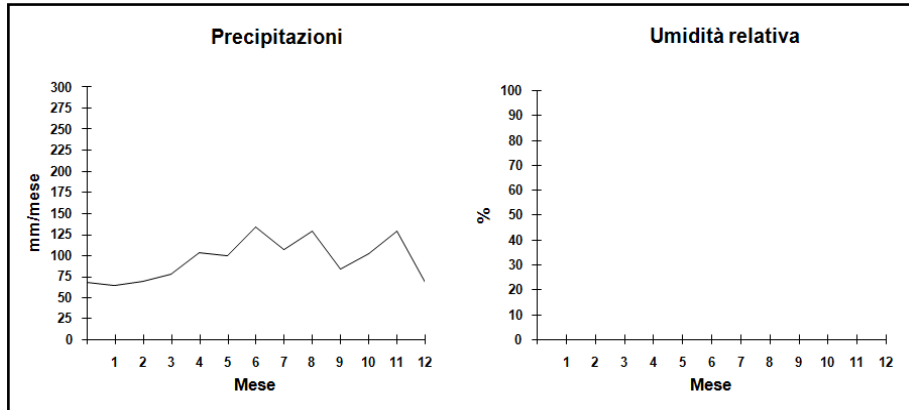


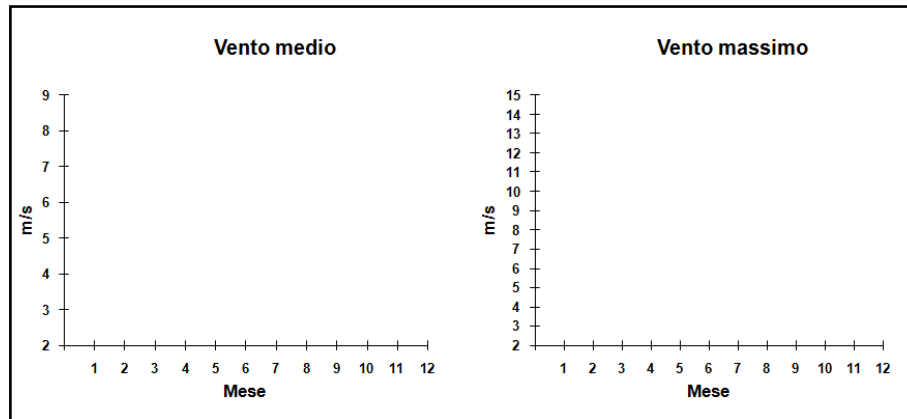
SOLE E NUVOLE					VENTO				PRECIPITAZIONI			UMIDITA'			
MESE	ELIOF	RADIAZ	NUVOL	GSER	MESE	DIREZ PREV	GVEN	V MED	V MAX	MESE	PRECIP	GPIOV	MESE	UR MIN	UR MAX
1	2.5	5.3	6	14	1					1	64	7	1		
2	3.6	8.3	6	12	2					2	69	7	2		
3	4.6	13.2	5	14	3					3	78	8	3		
4	5.4	16.9	5	15	4					4	103	10	4		
5	6.3	19.9	4	16	5					5	99	10	5		
6	6.6	22.1	4	16	6					6	133	10	6		
7	8.0	22.2	4	19	7					7	107	7	7		
8	7.3	18.8	4	17	8					8	129	9	8		
9	6.0	14.1	4	16	9					9	84	7	9		
10	4.7	9.6	5	16	10					10	102	7	10		
11	2.4	5.7	6	11	11					11	129	9	11		
12	2.4	4.2	6	13	12					12	68	6	12		
Anno	1824	4888	4.9	179	Anno					Anno	1165	97	Anno		

Temperature °C
 Radiazione giornaliera MJ/m²
 Eliofoania ore e decimi di ora
 Nuvolosità decimi di cielo coperto
 Velocità m/s
 Precipitazioni mm/mese
 Umidità relativa %

GSER numero di giorni sereni
 GVEN numero di giorni ventosi
 GPIOV numero di giorni piovosi







Molti dei dati riportati nelle tabelle e nei grafici riguardano le precipitazioni, aggiungendo qualche informazione interessante a quelle già fornite.

Considerazioni complessive sulle precipitazioni

Dalla consultazione degli studi sopracitati è possibile trarre i seguenti valori di precipitazione annua:

Pioggia Annuale [mm]	Comunità Montana Valle Seriana	R.L.	P.T.U.A.
Media	1450	1500	1320
Massima	2400	2400	
Minima	775	600	

I dati di precipitazione annua consultati, seppur provenienti da differenti studi ricavati da serie storiche diverse, mostrano una sostanziale congruenza e affidabilità.

4.2.3.2 Temporalì forti

I temporalì rappresentano eventi meteorologici di grande intensità e breve durata, accompagnati in genere da precipitazioni, fulmini e forte vento. Si sviluppano di norma in condizioni di marcata instabilità atmosferica, e sono più frequenti nei periodi primaverili, estivi ed inizio autunnali.

I temporalì si distinguono in:

- Temporalì forti. A volte di lunga durata (fino a qualche ora), caratterizzati da intensi rovesci di pioggia o neve (intensità orarie comprese tra 40 e 80 mm/h), spesso grandine (occasionalmente di diametro superiore ai 2 cm), intense raffiche di vento, occasionalmente trombe d'aria, elevata densità di fulmini.
- Temporalì ordinari. Di breve durata e di bassa intensità, ovvero che determinano limitati quantitativi di precipitazione (valori orari di pioggia o neve generalmente inferiori ai 40 mm/h), raramente presentano grandine, determinano raffiche di vento di moderata intensità e molto circoscritte.

Mentre i temporalì ordinari non destano particolari preoccupazioni ai fini della protezione civile, quelli forti sono da tenere in grande considerazione, in quanto costituiscono fenomeni che incrementano contemporaneamente e rapidamente diverse pericolosità meteorologiche (precipitazioni, vento e fulmini).

Ranica

In considerazione della posizione geografica del comune, posto nelle vicinanze dei rilievi prealpini ed allo sbocco della Val Serina, si può stimare un grado di pericolosità medio da temporalì forti, che automaticamente aumenta anche il livello di pericolosità dei fulmini e del vento forte.

4.2.3.3 Fulmini

A fronte di una buona disponibilità di dati per le temperature e per le precipitazioni, purtroppo per le altre variabili meteorologiche la situazione è molto più problematica, con la sola eccezione dell'attività ceraunica per la quale sono disponibili informazioni già immediatamente utilizzabili.

Dati di attività ceraunica

Le informazioni relative all'attività ceraunica provengono dalla rete del Sistema Italiano Rilevamento Fulmini del Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano (SIRF-CESI). Il sistema di rilevamento è composto da 16 sensori situati sul territorio Italiano, integrati, per aumentare le prestazioni, da sensori posti in vicinanza del confine Italiano.

Tutti i sensori utilizzati, mostrati nella figura, sono del tipo IMPACT della Global Atmospheric Technology Inc., e sono dotati di antenne elettromagnetiche a banda larga e con un sistema di posizionamento satellitare GPS. Essi rilevano il campo elettromagnetico emesso dai fulmini di tipo "nube-suolo" (cioè quelli che hanno la maggiore probabilità di provocare danni a persone o, in generale, ad attività umane), generando dati di base quali la direzione e l'intensità del campo elettromagnetico; ogni sensore è in grado di discriminare il segnale emesso dai fulmini dal rumore elettromagnetico ambientale.

I sensori della rete trasmettono i loro dati al Centro Operativo SIRF, attraverso linee di trasmissione dedicate: i dati provenienti da ogni sensore sono ricevuti e trattati da Analizzatori di Posizione che calcolano, in pochi secondi, le coordinate geografiche dei punti di impatto, il tempo in cui è avvenuto ciascun evento e i parametri elettrici caratteristici di ciascun evento di fulmine (ampiezza di corrente, polarità, numero di colpi).

La mappa acquisita dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente per il presente Progetto PRIM e presentata nella figura seguente è stata richiesta al SIRF in termini di densità ceraunica in Lombardia nell'intervallo di tempo 1996-2005, ossia nell'intero

periodo coperto dai dati di fulminazione registrati dalla rete SIRF: per densità cereonica si intende, semplicemente, il numero di eventi (o, più propriamente, di impatti di fulmini al suolo) per km² all'anno. La griglia (di risoluzione 2 km x 2 km) è il risultato della spazializzazione dei dati puntiformi del numero di fulmini caduti nella nostra regione, ed è presentata in termini di latitudine e longitudine del punto di griglia, e di valore numerico attribuito allo stesso.

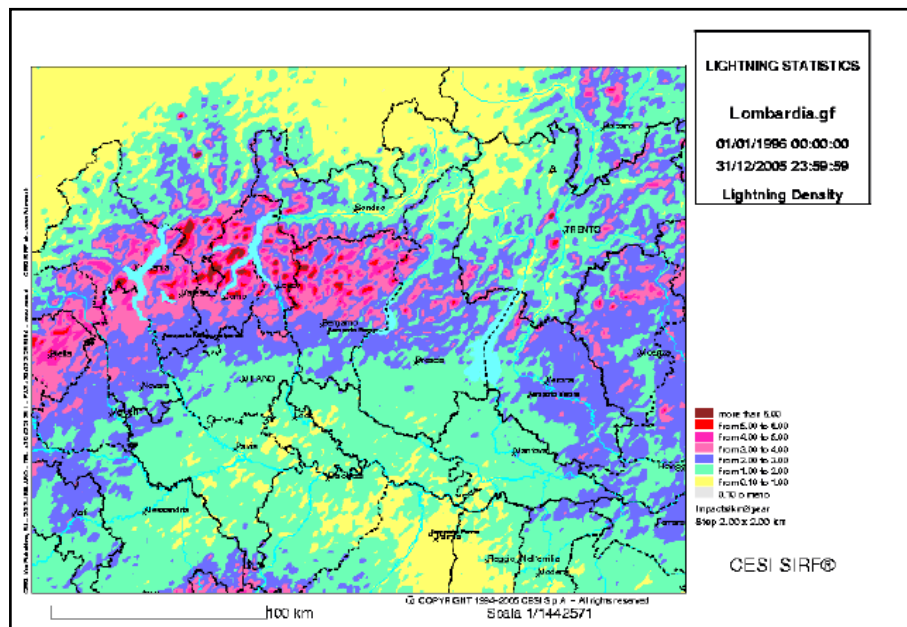


Figura 25 - Distribuzione dei fulmini nube-suolo in numero di eventi (o impatti) per km² all'anno, così come rilevata dal Sistema Italiano Rilevamento Fulmini (SIRF) del Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano (CESI)

Come si evince dalla mappa, sono le zone pedemontane e prealpine ad essere maggiormente interessate dalle fulminazioni nube-suolo: in particolare la provincia di Bergamo con l'eccezione della Bassa Bergamasca risultano registrare un numero di impatti annuale, per km² compreso tra 2 e 6, con una tendenza all'incremento del numero di impatti di fulmini (e naturalmente, del rischio ad essi connesso) monotona e concorde con la quota.

Benché i fulmini possano prodursi per diverse situazioni meteorologiche, quali ad esempio bufere di neve, nuvole di polvere vulcanica o tempeste di sabbia, la situazione propizia più classica e più comune nella nostra regione è data dal temporale, costituito da nuvole dette cumulonembi: è quindi ragionevole attendersi che proprio le aree più soggette ad attività di tipo temporalesco siano quelle più esposte ad impatti di fulmini nube-suolo; come si può osservare dalla mappa di giorni temporaleschi proposta nel “Clima d’Italia” di C. Mennella, l’area pedemontana e le Prealpi sono, in Lombardia, le aree più soggette a temporali, presentando un numero variabile tra 20 e 40 giornate temporalesche all’anno.

Pur nell’accordo generale, una significativa ed attesa differenza tra le due mappe si evince ad un’osservazione più accurata: mentre il massimo, in termini di numero di giornate temporalesche, si riscontra nella zona pedemontana, il massimo in termini di impatto da fulmini è più spostato verso nord, ossia verso quote più alte. Questo potrebbe essere spiegabile considerando che i fulmini prodotti in situazioni temporalesche (e quindi di fatto distribuiti in numero maggiore nelle zone in cui vi è maggior probabilità di avere temporali) sono attratti dall’”effetto punta”, ossia tendono a scaricarsi e ad impattare in luoghi topograficamente ed orograficamente più elevati.

Ranica

Alla luce dei dati a disposizione, si può definire per il territorio di Ranica un grado di pericolosità da fulmini medio.

Infatti, il comune si colloca in zona pedemontana, quindi con elevato numero di giornate temporalesche; in compenso, le quote sono piuttosto basse e non vi sono dossi isolati o vette appuntite che esercitino un significativo “effetto punta”.

Nel quadro complessivo del comune, una pericolosità leggermente maggiore dovrebbe essere riconosciuta alla zona del Colle, topograficamente più elevata, ma comunque non tale da comportare l’attribuzione di un livello di pericolo elevato per l’intero territorio.

È ad ogni modo opportuno precisare che, per sua stessa natura, il fulmine è un

fenomeno molto più imprevedibile rispetto, ad esempio, ad una frana o ad una esondazione; è infatti praticamente impossibile prevedere dove e quando potrebbe colpire, ed è influenzato da numerosissimi fattori, anche antropici. La valutazione della pericolosità da fulmini, pertanto, può solo basarsi su considerazioni statistiche ed estremamente generali.

4.2.3.4 Venti

Lo studio particolareggiato del campo del vento sulla regione richiede la disponibilità di serie storiche pluriennali di dati relativi a molte località, cosa ben lontana dalla situazione attuale.

Dati di ARPA Lombardia

Potenzialmente, la più importante fonte di dati per le altre variabili meteorologiche è costituita dalla banca dati meteorologici di ARPA Lombardia (UU. OO: Meteorologia ed Idrografia), che raccoglie i dati della rete di monitoraggio regionale.

Purtroppo però, anche se questa banca dati si riferisce ad un elevato numero di stazioni, poche di esse hanno una lunghezza adeguata per ricerche di carattere climatologico.

Dati di ENEA ed UCEA

Notevole interesse possono potenzialmente avere anche alcune banche dati disponibili a livello nazionale, come quelle ENEA (Profilo Climatico d'Italia) ed UCEA (Banca dati Agrometeorologica Nazionale).

La prima banca dati è accompagnata da otto volumi che ne descrivono le procedure di raccolta, selezione e validazione dei dati e presenta una quantità notevole di stazioni per l'intero territorio nazionale, diviso in "Aree Climatiche" omogenee dal punto di vista dell'andamento delle principali variabili meteorologiche.

Il database UCEA, conosciuto come Banca Dati Agrometeorologica Nazionale (BDAN) è anch'esso disponibile on-line. Le stazioni lombarde disponibili sono quattro (Orio al Serio, Brescia Ghedi, Piubega e Montanaso Lombardo, vedi figura seguente): per queste stazioni è accessibile un numero variabile di parametri meteorologici a risoluzione da giornaliera a decadale, nell'intervallo di tempo 1996-2006. È interessante notare che i parametri anemologici sono disponibili per tutte e quattro le stazioni lombarde, con una risoluzione giornaliera, sino al gennaio 2007. Più specificamente per il vento, l'UCEA ha provveduto alla creazione ed alla

diffusione degli “Indici Agroclimatici – Velocità e Direzione del Vento”, un documento che contiene le rose dei venti valutate nelle stazioni aeroportuali nel periodo 1951-2000. I dati sono presentati in termini di percentuale mensile di eventi anemologici divisi per direzione, velocità media e velocità massima per ogni direzione.

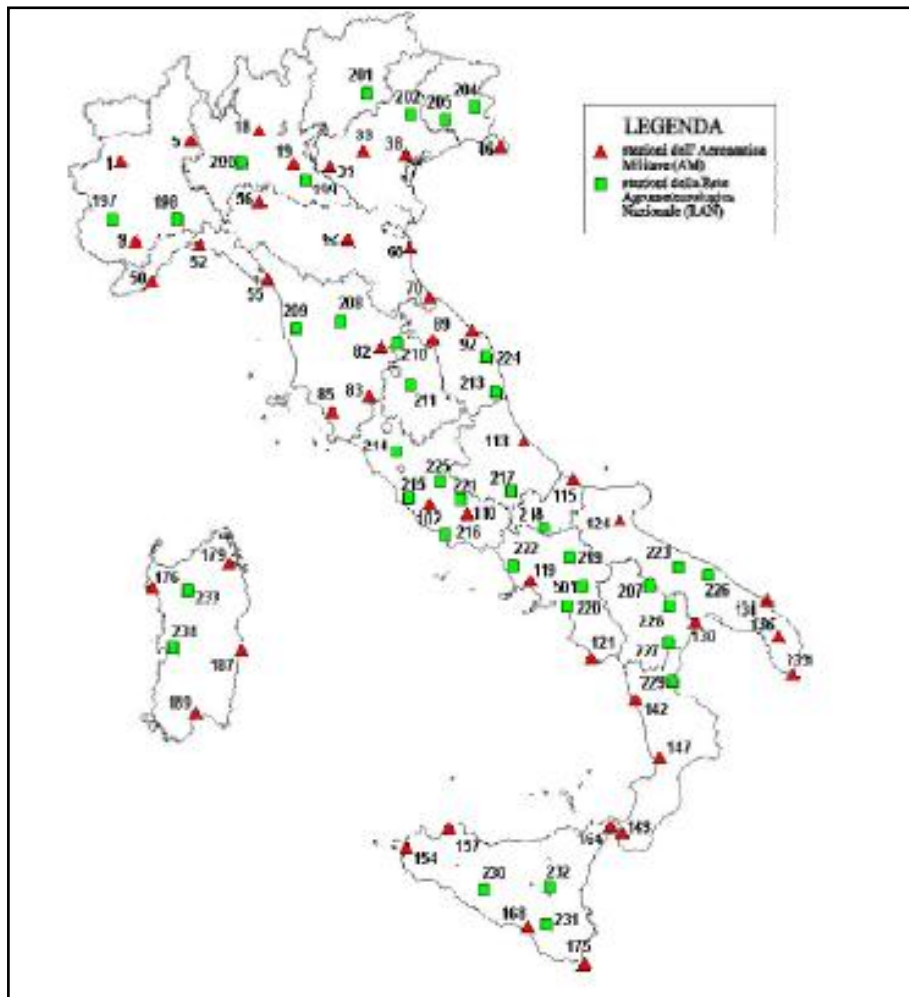


Figura 26 - Le stazioni della Banca Dati Agrometeorologica Nazionale. Per la Lombardia sono presenti Orio al Serio (n. 18), Brescia Ghedi (n. 19), Montanaso Lombardo (n. 200) e Piubega (n. 199).

Caratteristiche

Un'impronta rilevante al quadro anemologico generale lombardo è fornita dalle brezze (brezze di lago, di monte, di valle ecc.) tipiche delle situazioni di tempo stabile. Si devono anche ricordare le circolazioni tipiche delle situazioni perturbate, con i venti al suolo meridionali ed orientali.

Tali situazioni circolatorie si presentano in Lombardia con una frequenza media di 118 giorni all'anno (elaborazioni ERSAL sul periodo 1995-98) ed in tale occasione i venti possono risultare da deboli a moderati (valori dell'ordine di 2-8 m/s) anche se non sono da escludere locali intensificazioni per effetti d'incanalamento o in coincidenza con fenomeni di tipo temporalesco.

Alle situazioni temporalesche sono associate intensificazioni locali del vento che, oltre a presentare un'elevata variabilità nello spazio e nel tempo, può temporaneamente raggiungere velocità elevate, tali da costituire fonte di pericolo. In particolare si rammentano eventi acuti come le trombe d'aria, che si producono in associazione con i temporali. Infatti i moti verticali connessi ai cumulonembi temporaleschi provocano un richiamo d'aria dalla regione circostante che può innescare fenomeni di tipo vorticoso.

Le trombe d'aria, assimilabili nel meccanismo di genesi e di sviluppo ai tornado americani, interessano sporadicamente il nostro territorio, producendo però danni spesso rilevanti. Secondo i dati riportati da Palmieri e Pulcini (Fea, 1988) la Lombardia nel periodo 1946-73 è stata interessata da 38 trombe d'aria, con una media di circa 1,3 casi annui. Il fenomeno delle trombe d'aria è importante per la sua violenza, ma ha un'azione ristretta. I danni più gravi interessano, infatti, aree di norma al di sotto dei 5 km² (Fea, 1988).

Inoltre devono essere rammentati i venti moderati o forti associati agli episodi di Föhn, che secondo le statistiche 1991-97 si presentano in media in 15-30 giorni l'anno. Il Föhn è un vento caldo e secco, con raffiche spesso violente, che si genera per l'impatto delle correnti umide settentrionali con l'arco alpino occidentale. Gli effetti di incanalamento, particolarmente evidenti nelle vallate con andamento nord-sud

(esempio: Val Chiavenna, Ticino) possono dar luogo ad ulteriori intensificazioni del fenomeno, con raffiche che possono superare i 100 km/h. La direzione del Föhn è in genere da nord anche se sussiste la possibilità di temporanei e repentini mutamenti di direzione.

Ai fenomeni di Föhn sono associati alcuni effetti caratteristici, che rivestono particolare significato anche ai fini della protezione civile:

- elevata probabilità di incendi boschivi;
- elevata probabilità di valanghe e slavine;
- precoce scioglimento delle nevi con aumento delle portate dei corsi d'acqua.

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori di velocità media oraria del vento per alcune stazioni della rete ERSAL ordinati in classi.

Classi di velocità (m/s)

Stazione	Periodo di riferimento	Ore valutate	0-0.5	0.5-1	1-2	2-5	5-10	10-25	>25
Edolo	93-97	32098	15.24	27.06	33.22	21.65	2.79	0.03	0.00
Sant' Angelo									
Lodigiano	93-97	33125	36.67	30.32	24.73	8.01	0.27	0.00	0.00
Palidano	93-97	26695	45.75	20.27	22.25	10.88	0.81	0.04	0.00
Landriano	93-97	41171	15.58	22.89	36.16	22.62	2.47	0.27	0.00
Berna	91-97	42049	37.07	18.94	25.10	15.69	2.83	0.37	0.00
Samolaco	94-97	25041	26.91	30.44	17.89	16.35	7.53	0.87	0.00

Tabella Percentuali di presenza delle velocità medie orarie del vento in classi prestabilite (stazioni della rete ERSAL).

Classi di velocità (m/s)

Stazione	Periodo di riferimento	Ore valutate	0-0.5	0.5-1	1-2	2-5	5-10	10-25	>25
Edolo	93-97	32098	1335	2371	2910	1896	245	3	0
Sant' Angelo									
Lodigiano	93-97	33125	3213	2656	2166	702	24	0	0
Palidano	93-97	26695	4008	1776	1949	953	71	4	0
Landriano	93-97	41171	1365	2005	3168	1982	217	24	0
Berna	91-97	42049	3247	1659	2199	1375	247	33	0
Samolaco	94-97	25041	2357	2667	1568	1432	660	76	0

Tabella Numero di ore medie annue con velocità medie orarie del vento in classi prestabilite (stazioni della rete ERSAL).

Da tali dati si evidenzia come i valori per le singole classi di frequenza presentino una variabilità accentuata. Tuttavia, si evidenzia un aumento dei casi di vento moderato/teso (5-10 m/s) e vento forte/burrasca (10-25 m/s) spostandosi dalla pianura verso la fascia montana, con valori più elevati (ben 660 ore annue nella classe 5-10 m/s e 76 ore annue nella classe 10-25 m/s) per la stazione di Samolaco, che è collocata nel fondovalle della Valchiavenna, particolarmente esposto al vento. Il dato della stazione di Sant'Angelo Lodigiano deve essere invece utilizzato con prudenza, in quanto la stazione stessa, pur rispettando le norme internazionali di collocazione, risulta inserita in un contesto che tende ad attenuare la velocità del vento.

Ranica

Il territorio di Ranica si colloca in un contesto pedemontano. Per la provincia di Bergamo, la velocità del vento è in genere non superiore a 3 m/s e uniformemente distribuita su tutta la rosa. Occasionalmente, in connessione con i suddetti fenomeni di Föhn, possono registrarsi velocità medie di 7 m/s.

Valori di questo tipo permetterebbero di collocare Ranica in un contesto di pericolosità bassa per quanto attiene ai fenomeni di vento forte, tuttavia, tenendo conto del fenomeno (per quanto infrequente) delle trombe d'aria associate all'attività temporalesca (che è abbastanza significativa in virtù della vicinanza ai rilievi prealpini), pare più opportuno inserire il territorio entro un ambito di pericolosità media.

4.2.3.5 Foschia e nebbia

Generalità

La foschia e la nebbia sono fenomeni derivati dalla presenza di gocce finissime di vapore acqueo condensato in sospensione negli strati atmosferici vicini al suolo, che determinano una più o meno forte riduzione della visibilità. In particolare si parla di foschia con visibilità orizzontale compresa fra 5000 e 1000 m, di nebbia con visibilità orizzontale inferiore ai 1000 m e di nebbia fitta con visibilità orizzontale inferiore ai 100 m.

Il meccanismo di innesco delle nebbie è analogo a quello delle gelate. Occorre infatti un abbassamento della temperatura che faccia giungere la stessa al punto di rugiada, producendo la condensazione del vapor acqueo sui nuclei di condensazione presenti. L'abbassamento di temperatura può verificarsi per irraggiamento verso lo spazio ovvero per avvezione di masse d'aria fredda (caso classico è l'irruzione in pianura padana di masse d'aria fredda da est nel tardo autunno), oppure per scivolamento notturno di masse d'aria fredda dalle pendici verso i fondovalle. Tutti questi meccanismi possono essere compresenti, ed inoltre sono in buona parte sconosciuti i meccanismi che, agendo generalmente alla microscala, spingono un processo di condensazione per abbassamento termico ad evolvere verso la formazione di brina e rugiada ovvero verso una formazione nebbiosa. Necessaria comunque per la genesi della nebbia è la presenza di una fonte di umidità nei bassi strati, e tale fonte è spesso rappresentata dai corsi d'acqua. Ciò spiega le insidiose nebbie in banchi che si riscontrano nella stagione fredda proprio in vicinanza dei corsi d'acqua.

Tutto quanto sopra esposto evidenzia il fatto che la nebbia risulta tutt'oggi un fenomeno difficile da prevedere, anche a brevissimo termine.

Pianura Padana

Le elaborazioni riportate in stralcio sono state effettuate dall'Aeronautica Militare e da stazioni afferenti all'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria. Esse sono disponibili in termini di numero di giorni con nebbia, definiti come giorni nei quali la visibilità è inferiore ai 1000 m.

La mappa mostra innanzitutto che l'area del Pavese presenta, insieme con il Trevigiano, il massimo autunnale delle nebbie nella Pianura Padana (oltre 25 giorni di nebbia), mentre il Mantovano presenta il massimo invernale delle nebbie nella Pianura Padana (oltre 25 giorni di nebbia). Come è ragionevole aspettarsi, la distribuzione delle nebbie segue la topografia della Lombardia: si osserva cioè una diminuzione progressiva dei giorni di nebbia se ci si sposta da zone più basse, in termini di quota, a zone più elevate: in questo senso, i minimi autunnali di numero di giorni di nebbia si osservano a nord della fascia Milano-Brescia (immediatamente a sud della zona pedemontana, con valori stagionali inferiori ai dieci giorni), mentre i minimi invernali del bacino padano sono spostati più a nord, lungo la direttrice Como-Brescia. Naturalmente tutta la fascia alpina e prealpina non è pressoché soggetta al fenomeno.

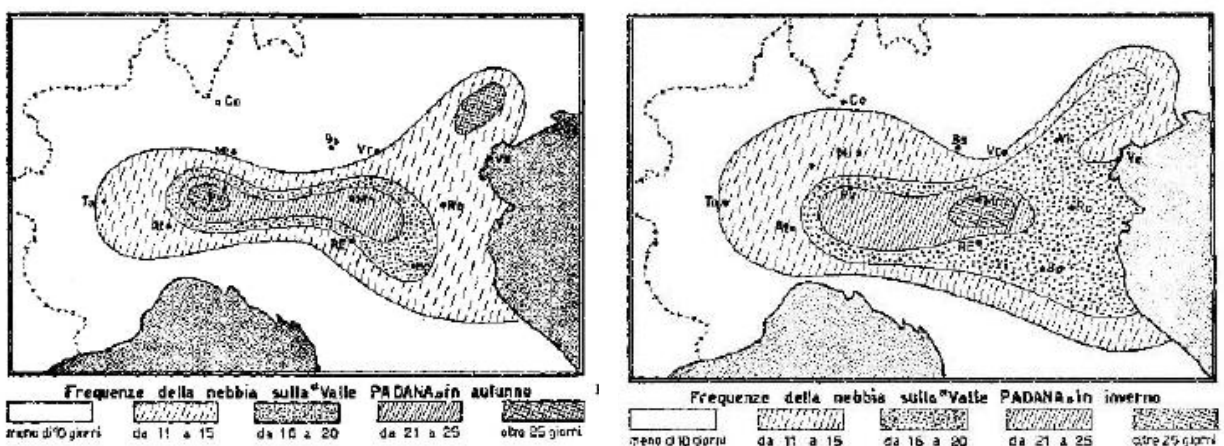


Figura 27 - Frequenza delle nebbie nella Valle Padana in Autunno ed Inverno
(Fonte: C. Mennella)

Il numero medio di giorni con nebbia della pianura lombarda è ricavabile da apposite statistiche riassunte nella tabella che segue.

Mese	Giorni
Gennaio	6-16
Febbraio	4-10
Marzo	2-6
Aprile	1-2
Maggio	0-1
Giugno	0
Luglio	0
Agosto	0-1
Settembre	1-5
Ottobre	2-13
Novembre	4-14
Dicembre	10-20

Da tali dati si desume che il mese più esposto al rischio di nebbia è dicembre, seguito da gennaio e novembre. Molto basso è invece il rischio di nebbia nel periodo da maggio ad agosto.

Lombardia

Per la situazione della nebbia in Lombardia, è stato consultato uno studio riguardante il trimestre invernale 2007-2008, pubblicato sul sito del Centro Meteorologico Lombardo a firma di Bruno Grillini.

Oltre a chiarire alcuni aspetti e meccanismi genetici della nebbia, riportando una serie di esempi, lo studio analizza la distribuzione del fenomeno nel territorio regionale, basandosi sulle osservazioni della rete di stazioni del Centro Meteorologico Lombardo e dell'Aeronautica Militare.

Dai dati analizzati, secondo la rete di stazioni del Centro Meteorologico Lombardo emerge come i giorni di nebbia nel trimestre invernale 2007-2008 siano stati 18-22 sulla pianura, riducendosi a 5-10 a nord di Milano. Secondo l'Aeronautica Militare, invece, si hanno 37-44 giorni di nebbia nelle pianure centrali, 27 ad Orio al Serio e 28-30 presso gli aeroporti dell'Emilia.

Occorre precisare che i dati relativi alle nebbie si basano su osservazioni visive da parte di operatori, e non su rilevazioni strumentali, perciò hanno un elevato grado di soggettività.

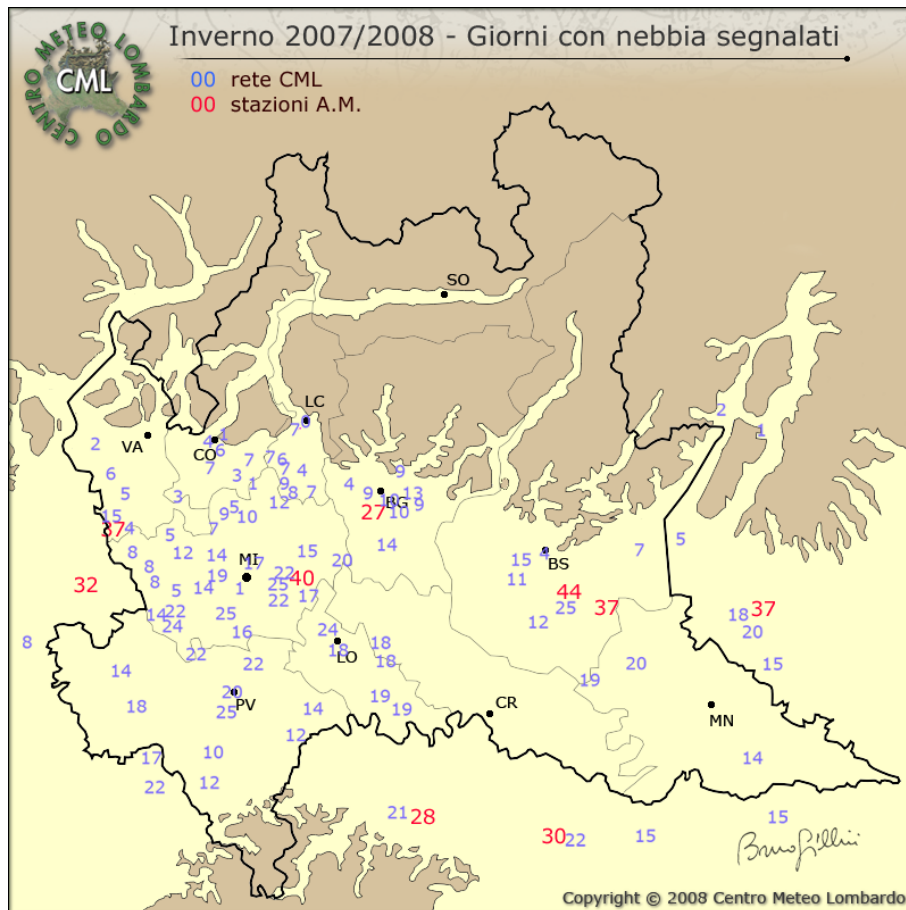
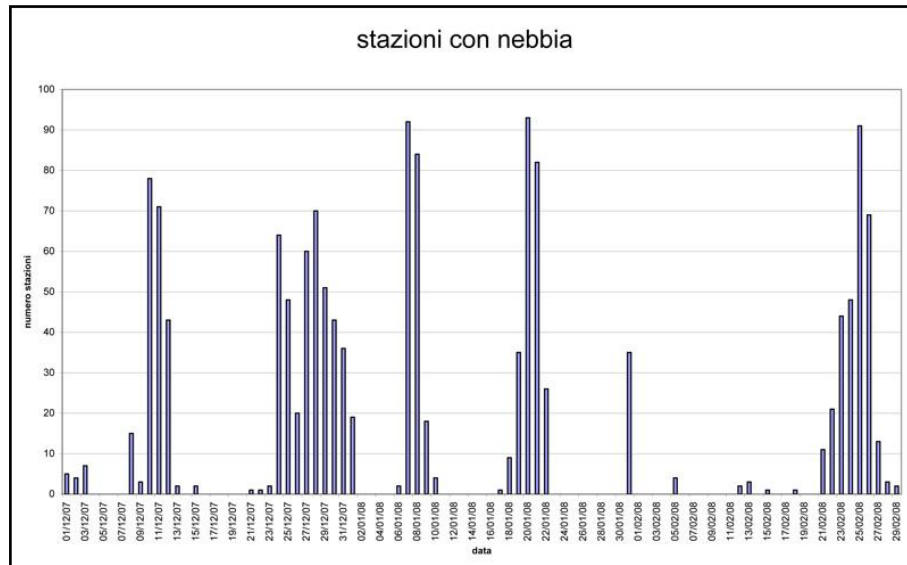


Figura 28 - Giorni con nebbia segnalati dal Centro Meteorologico Lombardo (CML) e dall'Aeronautica Militare (AM)
(Fonte: Centro Meteorologico Lombardo)

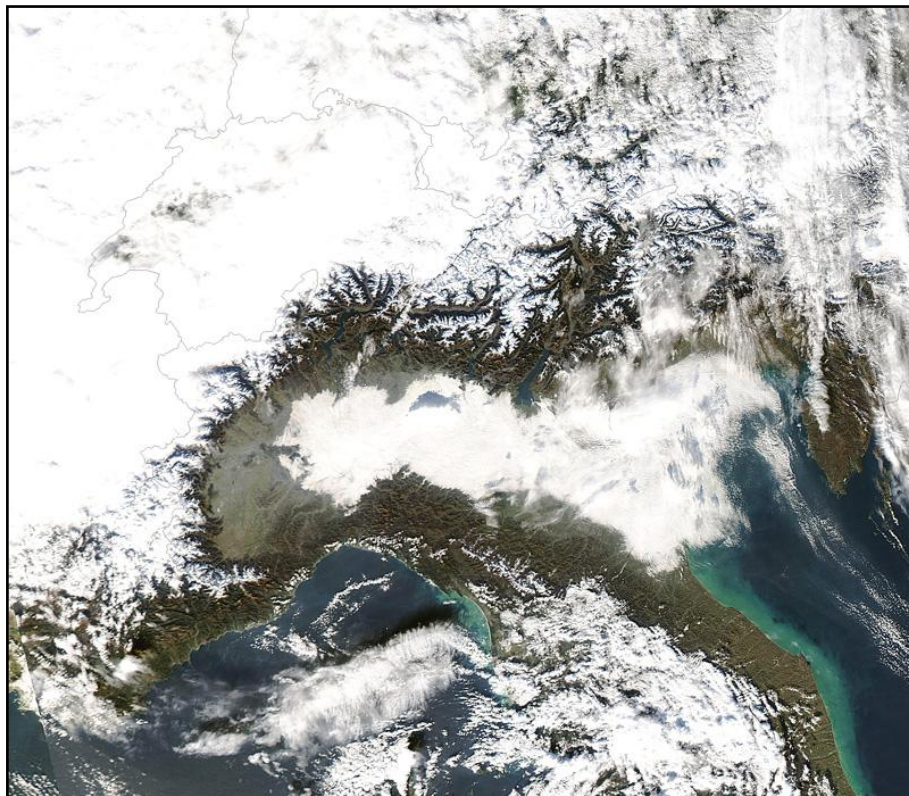


**Figura 29 - Stazioni con nebbia segnalata durante il trimestre invernale 2007-2008
(Fonte: Centro Meteorologico Lombardo)**

Analizzando i grafici, si deduce che i periodi di maggior nebbiosità (che corrispondono ad un maggior numero di stazioni segnalanti nebbia) sono:

- dal 10 al 12 dicembre;
- dal 14 dicembre al 1 gennaio;
- il 7 e 8 gennaio;
- dal 18 al 22 gennaio;
- dal 21 al 27 febbraio.

Lo studio ha analizzato anche le immagini da satellite, come ad esempio quella riportata di seguito, che è del 10 dicembre 2007.



**Figura 30 - Foto da satellite che mostra la situazione della nebbia sulla Pianura Padana il 10 dicembre 2007
(Fonte: Centro Meteorologico Lombardo)**

Dall'analisi di diverse immagini satellitari, ha ricostruito la frequenza relativa delle nebbie, ovvero i giorni in cui la nebbia persiste nelle ore diurne. Le osservazioni sono basate sulla rete di satelliti MODIS della NASA, i cui dati sono reperibili online.

La distribuzione geografica delle nebbie diurne presenta un massimo lungo il Fiume Po per tutta la sua lunghezza dal pavese all'estremo mantovano, e si riduce in prossimità dei rilievi, così come nelle aree collinari della Brianza.

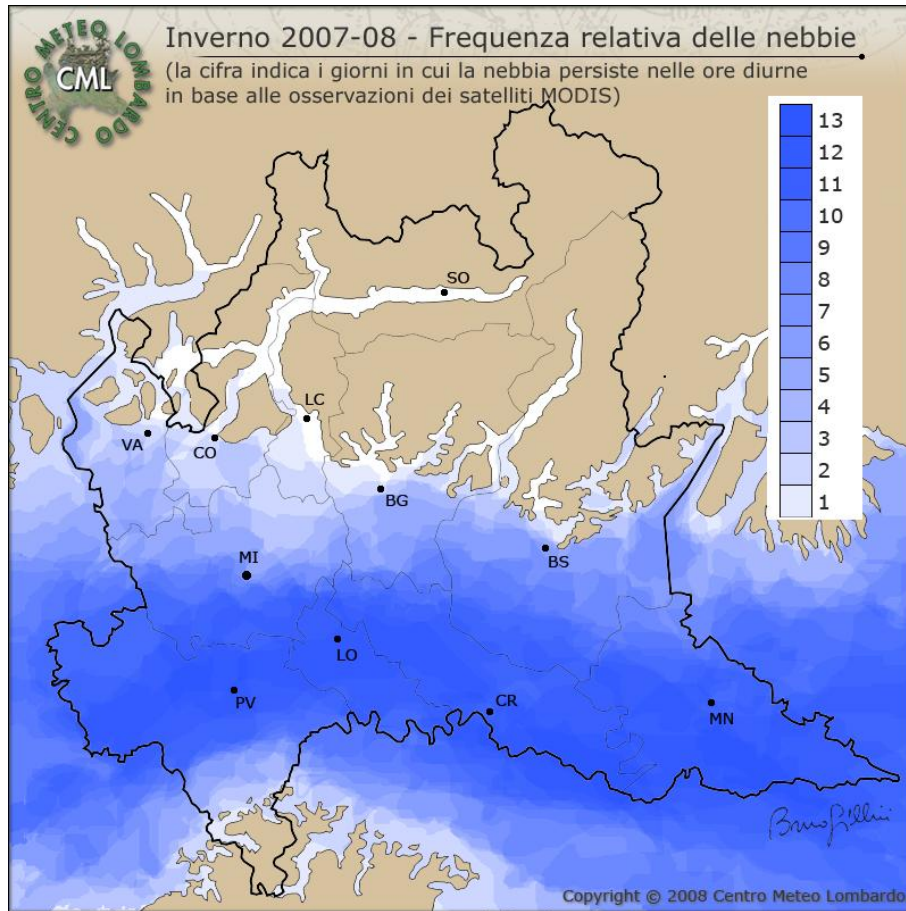


Figura 31 - Carta della frequenza relativa delle nebbie nell'inverno 2007-2008, costruita a partire dall'analisi delle immagini satellitari MODIS della NASA (Fonte: Centro Meteorologico Lombardo)

Ranica

Per il comune di Ranica, si può definire un grado di pericolosità basso da nebbia. Infatti, collocandosi in prossimità dei rilievi pedemontani, i giorni di nebbia durante l'anno sono molto pochi rispetto alla pianura, e il fenomeno in generale è di entità limitata. Una zona leggermente più pericolosa può essere il fondovalle, data la presenza del Serio, che può occasionalmente favorire la formazione di banchi di nebbia e foschia, ma senza che questi eventi assumano una significativa rilevanza ai fini della protezione civile.

4.2.3.6 *Temperatura dell'aria (ondate di gelo e di calore)*

La temperatura dell'aria presenta nella regione una elevata variabilità spaziale in gran parte legata agli effetti topoclimatici connessi alla presenza dei rilievi. In particolare l'isoterma dei 12 °C delimita l'area pedemontana e si incunea profondamente nel massiccio alpino attraverso i principali solchi vallivi mentre l'isoterma dei 2 °C delimita le zone di vetta. Il mese mediamente più freddo risulta gennaio (solo parte delle stazioni presentano febbraio come mese più freddo) e quello più caldo luglio, con un tipico effetto di sfasamento rispetto ai minimi ed ai massimi di radiazione solare. Per le implicazioni di protezione civile un rilievo particolare assumono le gelate, in quanto tali fenomeni sono in grado di condizionare la permanenza all'aperto delle persone e causare problemi operativi agli impianti tecnologici (effetti del gelo sulle tubature, aumento delle necessità di combustibili per il riscaldamento ecc.) ed ai trasporti (rischi per la circolazione stradale dovuti al ghiaccio, blocco degli scambi ferroviari ecc.).

Mese	Bergamo			Venegono Inferiore			Aprica		
	Prima decade	Seconda decade	Terza decade	Prima decade	Seconda decade	Terza decade	Prima decade	Seconda decade	Terza decade
Gennaio	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Febbraio	95	95	95	100	96	96	100	100	100
Marzo	89	79	63	92	84	56	100	100	100
Aprile	47	37	16	24	16	4	100	100	100
Maggio	5	0	0	0	0	0	100	184	63
Giugno	0	0	0	0	0	0	37	21	5
Luglio	0	0	0	0	0	0	6	5	5
Agosto	0	0	0	0	0	0	5	5	5
Settembre	0	0	0	0	0	0	11	37	58
Ottobre	0	0	0	0	0	8	79	95	100
Novembre	26	68	89	24	76	92	100	100	100
Dicembre	95	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabella 2.4 - Probabilità annuali di temperature minori o uguali a 0 °C per le stazioni di Aprica, Bergamo e Venegono Inferiore (es: 16 significa 16% di probabilità il che equivale a dire che il fenomeno si verifica in 16 anni su 100) (Ucea, 1993).

Comune di Ranica (Bergamo)

Mese	Bergamo			Venegono Inferiore			Aprica		
	Prima decade	Seconda decade	Terza decade	Prima decade	Seconda decade	Terza decade	Prima decade	Seconda decade	Terza decade
Gennaio	95	95	95	92	88	72	100	100	100
Febbraio	74	63	42	60	56	44	100	100	100
Mazzo	42	21	5	16	0	0	100	100	100
Aprile	0	0	0	0	0	0	84	79	74
Maggio	0	0	0	0	0	0	32	5	5
Giugno	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luglio	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Settembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ottobre	0	0	0	0	0	0	11	42	63
Novembre	0	0	21	0	4	28	89	95	100
Dicembre	63	79	89	52	68	80	100	100	100

Tabella 2.5 - Probabilità annuali di temperature minori o uguali a -4 °C per le stazioni di Aprica, Bergamo e Venegono Inferiore (es: 16 significa 16% di probabilità il che equivale a dire che il fenomeno si verifica in 16 anni su 100) (UCEA, 1993).

Dalle statistiche presentate sopra si evidenzia come le gelate si presentino sulla pianura lombarda nel periodo compreso fra ottobre a maggio e la probabilità di gelate risulti significativa a partire dalla terza decade di ottobre e fino alla terza decade di aprile. Nel caso invece di un sito montano (Aprica) la probabilità di gelate risulta significativa dalla prima decade di settembre alla seconda decade di giugno.

Ranica

Il territorio comunale è posto alla base dei rilievi prealpini e presenta quote modeste. Per quanto concerne le gelate, si può considerare un grado di pericolosità basso, comunque in linea con le aree poste allo sbocco dei grandi sistemi vallivi e ad altitudini moderate. Una zona del territorio che potrebbe presentare un grado di pericolosità superiore è il Colle, dove le quote più elevate accentuano sicuramente il fenomeno; tuttavia si tratta di zone poco abitate e frequentate, perciò il rischio è complessivamente basso.

Anche dal punto di vista delle ondate di calore, Ranica non presenta situazione di particolare criticità; inoltre la posizione pedemontana allo sbocco della Val Seriana favorisce le brezze, che tendono a mitigare le temperature estive. Pertanto, anche per questo fenomeno si può stimare un grado di pericolosità basso.

4.2.3.7 Grandi nevicate

Le nevicate rientrano nella più ampia categoria delle precipitazioni, anche se in genere con quest'ultimo termine si tende più spesso a riferirsi alle piogge, soprattutto quando si correla il fenomeno con l'aumento delle portate dei corsi d'acqua.

Di fatto, le nevicate assumono valenza di protezione civile quando sono particolarmente importanti, e questo per due motivi:

1. Creano disagi diretti, come problemi di trasporto e problemi strutturali agli edifici.
2. Incrementano altre pericolosità, in particolar modo quella viabilistica e quella idrogeologica per valanga.

Si segnala la difficoltà di reperimento di dati nivologici storici per un'analisi statistica delle precipitazioni nevose a basse quote. All'interno del sito del *Centro Meteorologico Lombardo* è stato consultato uno studio riguardante la stagione invernale 2008-2009 dell'intera Regione Lombardia a firma di Bruno Grillini. In tale studio viene inoltre riportato uno stralcio della carta della precipitazione nevosa media annua pubblicata dal *Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici*, riferita al quarantennio 1921-60.

Elaborazione Centro Meteo Lombardia - Inverno 2008-2009

Per l'elaborazione grafica lo studio del CML ha elaborato i dati di circa 130 stazioni la cui serie è risultata completa e di altre 100 stazioni con dati completi almeno al 95%; inoltre sono state considerate utili per il tracciamento delle curve numerose altre stazioni che, pur incomplete, hanno comunque documentato i quantitativi di neve nei giorni di precipitazione. Eventuali valori palesemente incongruenti con quelli di stazioni limitrofe non sono stati presi in considerazione. Si riporta nello stralcio seguente i risultati dell'elaborazione del CML.

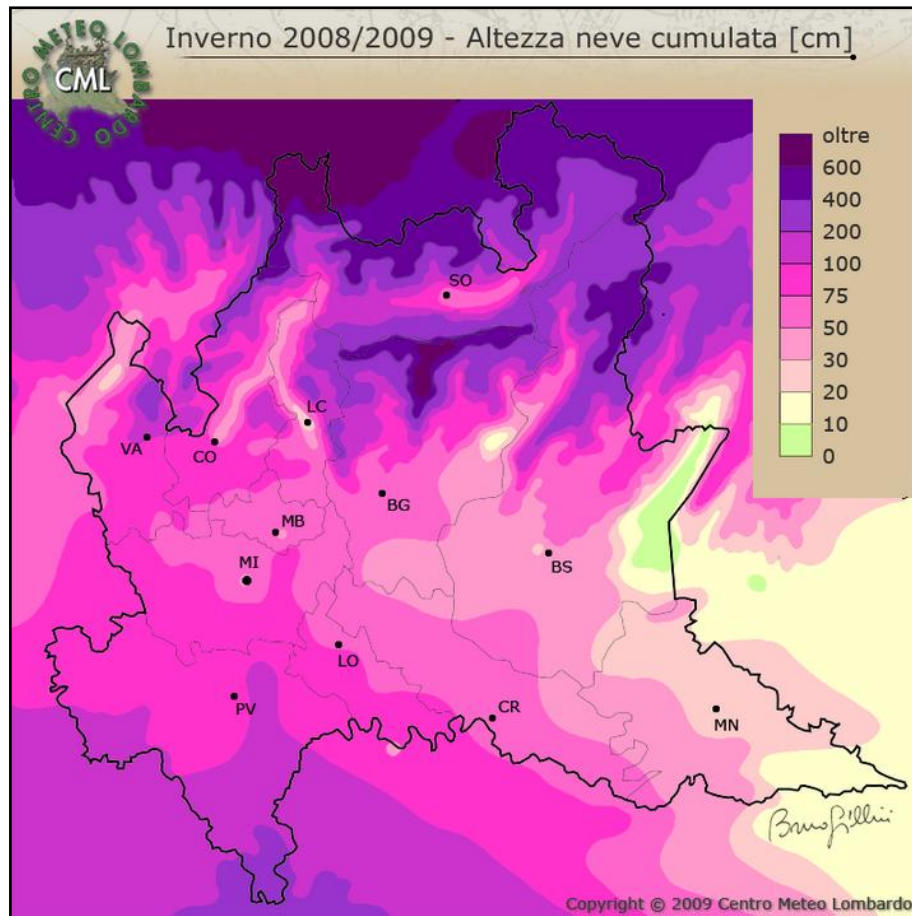


Figura 32 - Stralcio centimetri di precipitazione nevosa cumulata (inverno 2008-2009) - Fonte: Centro Meteo Lombardo.

Elaborazione Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici 1921-60

Per raffronto, è stato inserito uno stralcio della carta della precipitazione nevosa media annua pubblicata dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici, riferita al quarantennio 1921-60 (non sono state riscontrate carte ufficiali più recenti).

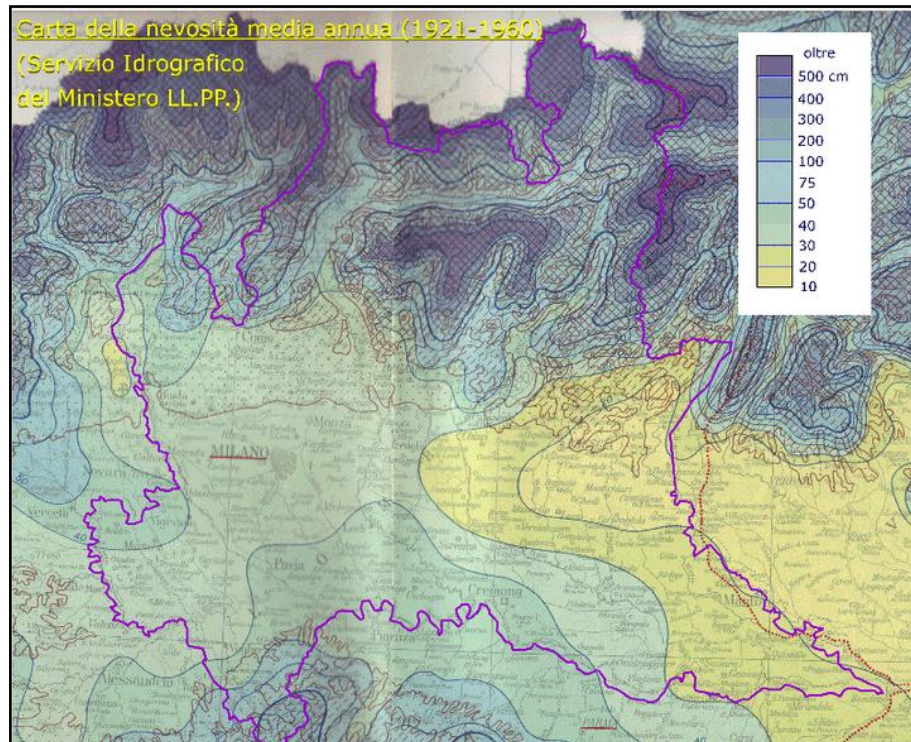


Figura 33 - Stralcio precipitazione nevoso 1921-1960. Fonte: Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici

Ranica

Il territorio comunale di Ranica, dal punto di vista delle nevicate, rientra nelle “aree di pianura o collinari” con quote prevalentemente minori di 500 m s.l.m.

Seppure in alcune aree della Regione Lombardia le quantità rilevate nell’inverno 2008/2009 risultino il doppio della media quarantennale, si osserva una distribuzione spaziale molto simile. Per quanto riguarda il comune di Ranica, si osserva per entrambi gli studi una nevosità media annua cumulata di circa 50-75 cm, quindi con caratteristiche di precipitazioni nevose medio-basse.

Sulla base di questi dati, si ritiene di poter assegnare al territorio comunale un grado di pericolosità basso per il fenomeno delle grandi nevicate.

4.3 Pericolosità idrogeologica

4.3.1 Premessa

È evidente come una accurata conoscenza dell'assetto geologico, geomorfologico e idrogeologico di un territorio rappresenti il primo passo verso una corretta pianificazione urbanistica, ma anche e soprattutto la base fondante di qualsiasi intervento di protezione civile connesso ad eventi di dissesto.

Da questo punto di vista, i nostri territori sono stati lungamente analizzati nel corso degli anni, sia sotto il profilo scientifico che geologico applicativo, da parte di professionisti, ricercatori e docenti universitari di altissimo livello, pervenendo quindi ad una approfondita ed esaustiva conoscenza geologica ed ambientale. Ha aiutato, in tal senso, la normativa nazionale e regionale in materia di pianificazione territoriale, che, dapprima con la L.R. 41/1997 e più recentemente con la L.R. 12/2005, ha disciplinato la realizzazione degli studi geologici comunali, permettendo in tal modo l'individuazione di tutte quelle situazioni di criticità locali che non possono essere evidenziate in lavori di ampio respiro o di taglio squisitamente scientifico. L'istituzione di strumenti pianificatori e conoscitivi sovraordinati quali, a titolo d'esempio, il P.A.I., il P.T.C.P., il GeoIFFI ed il SIRVAL³, ha a sua volta fornito ulteriore supporto alla conoscenza complessiva del territorio, arricchita non da ultimo dalla Carta Geologica della Provincia di Bergamo e dalle vaste Cartografie Geoambientali.

Ranica può considerarsi un comune particolarmente fortunato per quanto attiene alla conoscenza geologica del proprio territorio. Infatti, non solo ha correttamente

³ P.A.I.: Piano Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (ex Magistrato del Po).
P.T.C.P.: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. GeoIFFI: Inventario dei Fenomeni Franosi regionale. SIRVAL: Sistema Informativo Regionale Valanghe.

predisposto sia lo studio geologico ai sensi della L.R. 41/1997, sia – più recentemente – la componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. ai sensi della L.R. 12/2005⁴, ma è anche stata oggetto di eruditi studi scientifici grazie alla presenza del ben noto geosito delle Fornaci.

Ai fini della protezione civile, l'individuazione delle aree a pericolosità idrogeologica non può dunque aver fatto altro che svilupparsi da queste robuste basi conoscitive e pianificatorie, e specialmente dallo studio geologico ai sensi della L.R. 12/2005, che rappresenta l'ultimo e più aggiornato documento di analisi del territorio, oltre che uno degli elaborati di partenza per la redazione del Piano di Governo del Territorio, con tutte le relative scelte urbanistiche operate dagli estensori.

⁴ Ambedue redatte dagli scriventi, ad eccezione della parte sismica.

4.3.2 Assetto geomorfologico e geologico

Senza addentrarsi troppo in dettagli scientifici che esulano da questa sede, è importante fornire un quadro sintetico delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche generali di Ranica, premessa essenziale per comprendere l'origine e la distribuzione delle zone di pericolosità sul territorio.

Ranica presenta tutte le caratteristiche fisiografiche tipiche dei territori afferenti alla bassa Valle Seriana, con rilievi collinari discretamente alti che digradano verso ripiani terrazzati intermedi e, più in basso, verso il fondovalle terrazzato del Serio. In questi ambiti, il paesaggio è stato modellato nel corso del tempo da una pluralità di complicati processi morfogenetici, sinteticamente riassumibili nella tettonica, nella dinamica di versante (legata essenzialmente alla gravità), nella dinamica fluvio-glaciale, fluviale, lacustre e delle acque superficiali, nell'alterazione e nel carsismo, ed infine, nell'azione dell'uomo. Tutti questi fenomeni hanno agito ed agiscono contemporaneamente, con intensità e modalità diverse a seconda della situazione climatica, dell'esposizione dei versanti, della topografia, della componente biologica e, soprattutto, della litologia⁵.

L'ossatura dei rilievi di Ranica è costituita da rocce carbonatiche molto antiche, ascrivibili quasi univocamente all'unità stratigrafica nota come Sass de la Luna (46⁶). Si tratta di calcari e calcari marnosi risalenti all'Albiano Superiore⁷. Rocce di questo tipo, generalmente, si alterano formando i cosiddetti "organi geologici", creando cioè pinnacoli di roccia sana alternati a tasche anche plurimetrie di terreni limoso-argillosi con scadenti caratteristiche geomeccaniche. Si tratta di una modalità di alterazione tipica del carsismo sotto copertura, molto comune in tutti i rilievi prealpini orobici. Ranica non è certamente un territorio noto per le manifestazioni carsiche,

⁵ Cioè la natura delle rocce e dei terreni.

⁶ Numerazione della Carta Geologica della Provincia di Bergamo.

⁷ Depositi, cioè, circa 112 milioni di anni fa.

tuttavia, non si può escludere la presenza di qualche cavità nel sottosuolo, così come sono presenti occasionali forme superficiali (doline, dossi carsici).



Figura 34 – Affioramenti di Sass de la Luna lungo Via Bergamina

A causa dell'acclività dei pendii e del ruscellamento delle acque superficiali, i terreni fini originati dall'alterazione del Sass de la Luna sono stati lentamente mobilizzati verso il basso, soprattutto durante le fasi di resistasia caratterizzate da climi rigidi con forte erosione e denudamento dei versanti, dando luogo a potenti ed estesi accumuli lungo i declivi o alla loro base, chiamati tecnicamente "colluvi". Ai colluvi più antichi si sono peraltro sommati anche i cosiddetti "colluvi antropici", di età storica, formati soprattutto a seguito dei già citati disboscamenti romani e medievali; all'interno di questi depositi è eccezionalmente possibile rinvenire manufatti e cocci, che ne testimoniano l'età e l'origine. Gli accumuli colluviali e le alteriti sono così significativi e diffusi da essere stati raggruppati nelle unità stratigrafiche note come Unità di Valtesse (85), Complesso Alteritico (116) e Complesso di Palazzago (117); queste

unità, di età quaternaria, occupano una significativa porzione del territorio alle pendici del Colle.

In posizione intermedia si trovano i terrazzi di Borgosale, del centro storico, di Chignola e delle Tezze. Si tratta dei tipici terrazzi fluvioglaciali della Val Seriana, costituiti dai sedimenti trasportati dalle acque di fusione dei ghiacciai seriani e depositi dal Serio più a valle. Si tratta di ghiaie, sabbie e conglomerati appartenenti all'Unità di Torre Boldone (Complesso di Ponte della Selva, 92), di età pleistocenica media. Trattandosi di depositi superficiali relativamente antichi, presentano un elevato grado di alterazione, con la formazione di una spessa coltre di copertura limoso-argillosa che, insieme ai colluvi, rende buona parte del territorio basso di Ranica critico dal punto di vista geotecnico.

Infine, la porzione di territorio più bassa e più prossimale al fiume è costituita da terrazzi fluvioglaciali ed alluvionali recenti, che trovano espressione nell'Unità di Gazzaniga (Complesso del Serio, 94), di età pleistocenica superiore, e nella più giovane Unità Postglaciale (119), di età pleistocenica superiore ed olocenica⁸. Si tratta ancora di ghiaie, sabbie e conglomerati, che però hanno in genere un profilo di alterazione molto meno sviluppato.

⁸ L'Olocene inizia solo 11.700 anni fa, quindi i depositi appartenenti a questa unità sono tuttora in fase di deposizione.

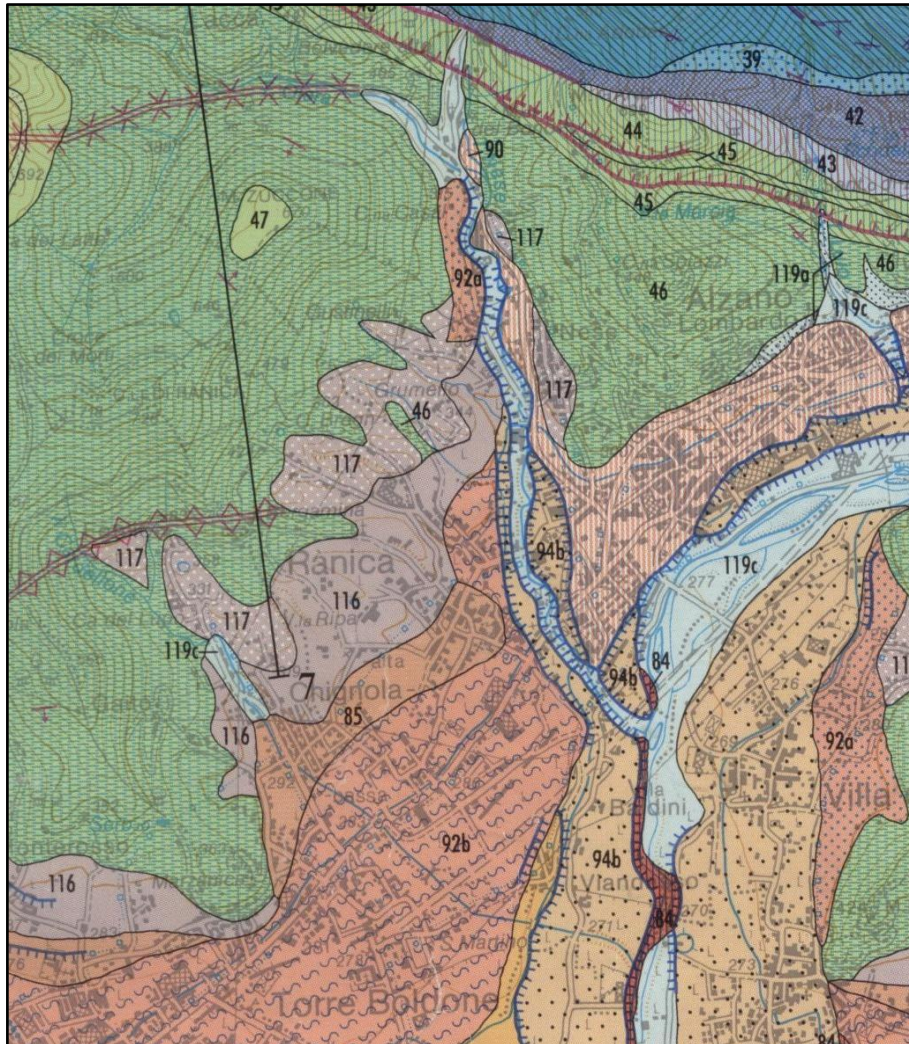


Figura 35 – Stralcio della Carta Geologica della Provincia di Bergamo centrata sul territorio di Ranica

Un discorso a parte meritano i depositi lacustri. Questi sono limitati alla zona delle Fornaci, e non affiorano in superficie. Si tratta di sedimenti argillosi e limosi legati al paleolago che si formò in questa zona durante il Quaternario.

Riassumendo, le rocce e i terreni presenti nel territorio di Ranica possono essere così schematizzati:

- Rocce calcaree: costituiscono il rilievo del Colle e le sue pendici.
- Accumuli di limi argillosi (colluvi ed alteriti): si trovano nella porzione pedecollinare del comune. Si tratta di depositi scadenti che, in situazioni di elevata pendenza con ruscellamento d'acqua o sorgenti, possono anche dare luogo a smottamenti. Inoltre, questi depositi danno luogo a fenomeni di amplificazione sismica (descritti nel relativo capitolo) in caso di terremoto.
- Ghiaie, sabbie e conglomerati: costituiscono i depositi terrazzati del fondovalle. Anche questi depositi danno luogo a particolari fenomeni di amplificazione sismica in caso di terremoto.

Dal punto di vista strutturale, Ranica si colloca nel settore noto come "Cintura pedemontana centrale a pieghe e sovrascorrimenti", a sud della Flessura Pedemontana. Sebbene si riconoscano alcuni lineamenti di una certa importanza (soprattutto pieghe), non si può certo affermare che il territorio di Ranica sia particolarmente disturbato dal punto di vista tettonico.

4.3.3 Assetto idrogeologico e idrografico

Il termine “idrogeologico” è entrato nell’uso comune ad indicare tutto quanto è riferito al dissesto. Tuttavia, volendo essere più precisi, l’idrogeologia si occupa in realtà delle modalità di circolazione dell’acqua nel sottosuolo (falde, sorgenti, pozzi), così come l’idrografia analizza invece le modalità di circolazione in superficie (corsi d’acqua) e le caratteristiche del reticolo idrico.

Conoscere la configurazione idrografica e idrogeologica di un territorio è essenziale ai fini della protezione civile. I corsi d’acqua, infatti, sono da annoverarsi tra gli elementi più vulnerabili e critici dal punto di vista del dissesto; ma anche l’acqua sotterranea può essere oggetto, ad esempio, di contaminazioni accidentali, che possono comprometterne la qualità, con tutte le conseguenze del caso per il sistema acquedottistico.

Ranica può essere considerato un territorio ricco d’acqua; è, infatti, attraversato, pur se per breve tratto, dal Fiume Serio, oltre che dai torrenti Nesa, Gardellone e Riolo, più tutta una serie di impluvi minori e di rogge.

Il Fiume Serio è uno dei principali corsi d’acqua prealpini, e uno degli affluenti più significativi dell’Adda. Nasce sul Monte Torena (2911 m s.l.m.) in comune di Valbondione, e sfocia nell’Adda a Bocca Serio (Montodine). Ha un bacino idrografico di circa 1256 km², molto variegato sia dal punto di vista geomorfologico che litologico, e raccoglie lungo il proprio corso numerosissimi affluenti, alcuni dei quali piuttosto importanti. Nel territorio di Ranica, si sviluppa per breve percorso in senso nord-sud, a confine con Villa di Serio, con andamento rettilineo ad eccezione di una decisa curva in corrispondenza del depuratore. L’alveo attivo ha una larghezza media da 30 m a 70 m circa. Il fiume è perimetrato con fasce di esondazione all’interno dell’Elaborato 8 del P.A.I.



Figura 36 - Il Fiume Serio all'altezza del ponte della superstrada, appena a monte del territorio comunale di Ranica

Il Torrente Nesa tocca Ranica solo marginalmente, decorrendo per lo più lungo il confine con Alzano Lombardo, ad eccezione dell'ultimo tratto (inclusa la foce nel Serio), che si colloca interamente entro i confini del comune. Il corso d'acqua nasce sul Monte Corna Bianca a Salmezza di Nembro, a circa 1200 m sl.m. di quota, e scorre poi per circa 7 km quasi esclusivamente in territorio di Alzano Lombardo, sino alla confluenza nel Serio, di cui è senz'altro uno dei principali affluenti. Il torrente presenta delle aree a pericolosità di esondazione delimitate nello studio geologico comunale.



Figura 37 - Il Torrente Nesa all'altezza del ponte di Via Saleccia

Il Torrente Gardellone interessa il territorio di Ranica in modo molto marginale. Un brevissimo tratto è collocato a confine con Torre Boldone, vicino a Via Carso. Un tratto più significativo, invece, lo si incontra all'estremità sud del territorio, vicino all'area industriale di Via Locatelli. Il corso d'acqua nasce sui colli di Torre Boldone e, dopo modesto sviluppo, si getta nel Serio. All'interno dello studio geologico comunale, per questo torrente è stata perimetrata un'area di esondazione.



Figura 38 - Il Torrente Gardellone in corrispondenza del ponte di Via Viandasso

Il Torrente Riolo, pur essendo più modesto rispetto agli altri, è probabilmente il più importante ai fini della protezione civile, dato che scorre all'interno dell'abitato e del centro storico, presentando tra l'altro anche alcune situazioni di intubamento non propriamente favorevoli. Nasce sulle pendici del Colle, quindi discende verso Bergamina e Fornaci, bordato da scarpate abbastanza ripide; qui viene tombottato, e raccoglie contestualmente alcuni tributari minori, discendenti dalla Birondina e da Cascina Bregn⁹, creando una situazione di potenziale esondabilità che è forse la più significativa e pericolosa (a parte il Serio) di tutto il territorio comunale. Immediatamente a valle dell'incrocio di Via Bergamina con Via Zanino Colle, il torrente torna in superficie, per poi proseguire fino al parco di Via Riolo. Qui si riscontrano ulteriori situazioni di criticità, dato che il corso d'acqua è stato deviato con una serie di brusche curve, e poi viene ancora tombottato sino a Via Fontanino, dove torna in superficie per poi gettarsi nella Nesa.

⁹ Uno di questi tributari, insieme al proprio conoide, è stato oggetto da parte dello scrivente di un recente studio di approfondimento.



Figura 39 - Il Torrente Riolo nel punto in cui viene tombottato in Via Bergamina



Figura 40 - Il Torrente Riolo nel punto in cui viene tombottato lungo Via Riolo, vicino alla chiesetta dei Mortini

Non vanno poi dimenticate le rogge che, pur essendo costruite e governate dall'uomo, rappresentano comunque elementi idrografici ormai parte integrante del paesaggio urbano. Ranica è attraversata da tre canali artificiali di considerevole importanza: la Roggia Morlana, la Roggia Guidana e la Roggia Serio Superiore.

Per quanto attiene alle acque sotterranee, è da segnalare la presenza di alcune captazioni pubbliche idropotabili. Ai fini della protezione civile, questi elementi non sono da trascurare, poiché potrebbe verificarsi, ad esempio, un caso di sversamento accidentale di sostanze contaminanti nel sottosuolo.

Dal punto di vista normativo, le captazioni (sorgenti e pozzi) asservite ai pubblici acquedotti sono tutelate dall'art. 94 del D.Lgs. 152/2006 (Testo Unico Ambientale), che definisce due "aree di salvaguardia" attorno ai punti di emergenza o prelievo dell'acqua. La prima area è detta "zona di tutela assoluta" ed ha un raggio di 10 m dalla sorgente o dal pozzo; in quest'area è vietata qualsiasi attività o edificazione, ed è di pertinenza delle sole strutture di captazione. La seconda area è detta "zona di rispetto" e, in assenza di studi specifici, viene perimetrata secondo un criterio geometrico, che prevede un cerchio di raggio 200 m attorno alla sorgente o al pozzo; all'interno di questo cerchio, sussistono regolamentazioni e divieti volti a tutelare la risorsa idrica (per esempio, divieti o limitazioni di scarichi fognari, attività di discarica, stoccaggio di sostanze pericolose e via dicendo).

A Ranica, lo studio geologico perimetra quattro aree di salvaguardia, associate a due sorgenti e due pozzi idropotabili. Le sorgenti sono poste a nord, in Valle Rossa, in una zona a basso rischio di contaminazione, dato il contesto boschivo, molto distante dai centri abitati. I pozzi, invece, si trovano a sud, lungo il Serio; uno è in territorio di Villa di Serio, quindi sulla sponda opposta del fiume, l'altro è invece sulla sponda di Ranica, vicino all'area industriale, a sud del depuratore.

4.3.4 Portate dei corsi d'acqua

Al fine di fornire i primi dati di confronto delle portate fluenti nei principali corsi d'acqua transitanti nel comune di Ranica, sono state calcolate le portate in determinate sezioni di riferimento. Tali valori sono stati inoltre utilizzati per le verifiche idrauliche di alcune sezioni critiche (cfr. paragrafo “Ambiti di pericolosità – Esondazioni”).

A parte il bacino idrografico del Torrente Riolo, che si sviluppa interamente all'interno del territorio di Ranica, i restanti corsi d'acqua (Fiume Serio, Torrente Nesa) nascono e si sviluppano principalmente nei comuni confinanti, terminando il loro tragitto con l'immissione nel Fiume Serio.

I corsi d'acqua analizzati sono stati (cfr. stralcio planimetrico riportato di seguito):

- Fiume Serio
- Torrente Nesa
- Torrente Riolo

La finalità del calcolo è quella di esplicitare la correlazione tra le precipitazioni, di cui si è parlato diffusamente, e la portata dei principali corsi d'acqua, caratteristica che influisce sulla possibilità di esondazione e, quindi, ha un riscontro diretto sulla pericolosità idrogeologica (come meglio delineato nei successivi paragrafi).

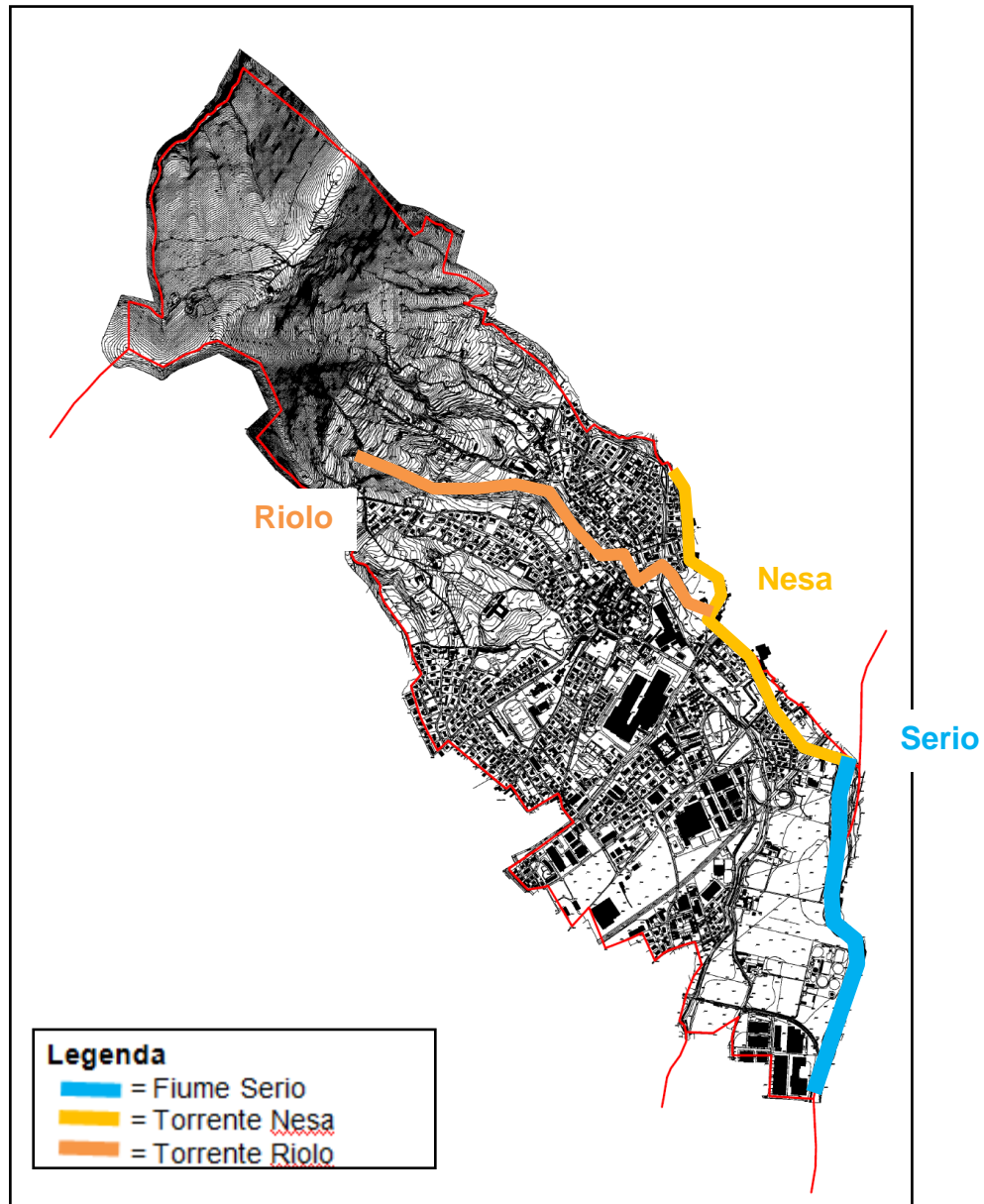


Figura 41 - I principali corsi d'acqua di Ranica

4.3.4.1 Fiume Serio

L'analisi delle portate e delle possibili esondazioni del fiume Serio nel tratto interessante la parte Sud del limite comunale di Ranica è stato ricercato all'interno dello lavoro redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (di seguito abbreviato con "AdBPo") nel Luglio 2004: "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Serio da Parre alla confluenza in Adda*".

In tale studio viene effettuata un'approfondita e dettagliata analisi idrologico-idraulica del Fiume Serio (verifica a moto vario) in cui vengono inoltre presentate e discusse le portate e le rispettive altezze di pelo libero ottenute in diverse sezioni del corso d'acqua. Le sezioni dello studio AdBPo ricadenti nel Comune di Ranica sono (da monte verso valle):

- Sez. 105
- Sez. 104_1
- Sez. 104
- Sez. 103

Fiume Serio: sintesi delle portate ottenute

Di seguito si riportano le portate al colmo riferite alla sezione di calcolo più prossima al Comune di Ranica (sezione di Nembro).

Tempo di ritorno [anni]	Portate [m ³ /s]
2	218
5	310
10	380
20	456
50	566
100	659
200	761
500	914

Seppur distante qualche chilometro rispetto al Comune oggetto di studio, e non essendoci particolari immissari che potrebbero far variare considerevolmente le portate in transito, i valori sopracitati possono essere ritenuti validi anche per il comune di Ranica.



Figura 42 - Stralcio planimetrico con indicazione delle sezioni dello studio AdBPo

4.3.4.2 Torrente Nesa

L'analisi idrologica del Torrente Nesa, il quale è quasi totalmente appartenente al comune di Alzano Lombardo, è eseguita considerando lo sviluppo dell'asta principale del torrente, fino allo sbocco nel Fiume Serio che avviene nel Comune di Ranica. Si riporta di seguito il bacino idrografico del Torrente Nesa (colore rosso) e il limite del comune di Ranica (colore giallo).

Per il presente corso d'acqua è stata eseguita una dedicata analisi idrologico-idraulica.

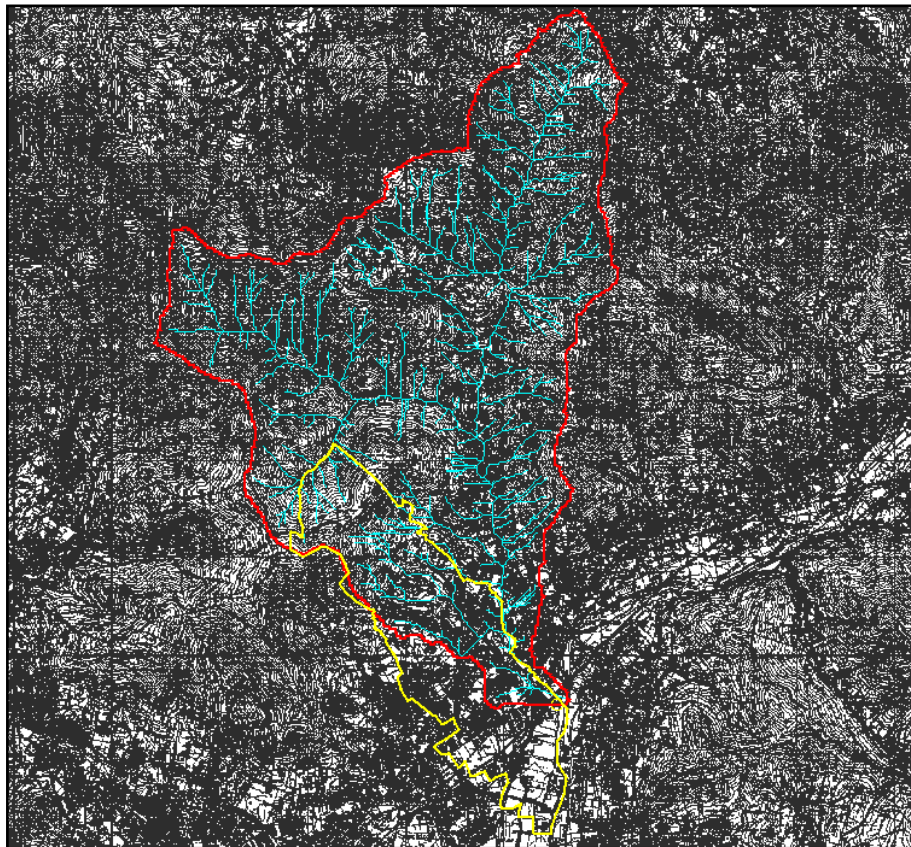


Figura 43 - Stralcio planimetrico con indicazione del bacino idrografico sotteso (colore rosso) e confine del comune di Ranica (giallo)

Per il torrente Nesa si sono individuate due situazioni particolarmente critiche per l'abitato di Ranica. Vista l'assenza di affluenti importanti tra le due sezioni considerate, si è calcolato un solo bacino idrografico (calcolato nella sezione più a valle) e quindi una sola portata valida per entrambe le sezioni.

Studio morfometrico del bacino

In tempi recenti si vanno sempre più diffondendo le tecniche di delimitazione del bacino idrografico e di identificazione della rete che si fondano sull'utilizzazione della cartografia numerica e la rappresentazione digitale della struttura orografica del bacino.

Le informazioni contenute in un convenzionale supporto cartaceo sono convertibili in formato numerico ottenendo un modello digitale del terreno (Digital Terrain Model, DTM) cioè un modello capace di rappresentare la variazione continua di una determinata variabile (pendenza, uso del suolo, geologia ecc.) per una superficie di interesse. Nel caso particolare in cui la variabile considerata sia la quota dei punti costituenti la superficie in esame il modello prende il nome di DEM (Digital Elevation Model) che, pertanto, deve essere considerato come un particolare DTM. La rappresentazione dei valori della variabile di interesse (quota, pendenza, esposizione ecc.) può essere effettuata facendo ricorso a un modello di tipo vettoriale o di tipo raster. Il modello vettoriale deriva generalmente da tecniche di acquisizione semiautomatica delle informazioni (per esempio, conversione della cartografia cartacea in numerica mediante digitalizzazione) e gli elementi cartografici vengono definiti con un insieme di punti di cui sono definite le coordinate mediante una terna numerica. Il modello raster, o cellulare, deriva generalmente da una procedura di scansione automatica e opera una suddivisione del territorio in celle regolari. Questo tipo di modello consente una rappresentazione di tipo matriciale e la struttura spaziale è deducibile considerando per ciascuna cella quelle ad essa adiacenti.

Per il bacino in studio, a partire da un DEM a maglie regolari si può procedere alla generazione del reticolo idrografico mediante una tecnica automatica capace di individuare la rete sia seguendo il processo di formazione del deflusso sia rispettando l'altimetria del territorio. In quest'ambito ha trovato frequente applicazione l'algoritmo di O'Challagan e Mark che definisce per ogni cella la direzione del deflusso sulla base della massima differenza di quota calcolata considerando le otto celle ad essa circostanti e che considera come cella appartenente al reticolo idrografico quella che drena a monte un'area superiore a un prefissato valore soglia. I reticoli estratti secondo questa tecnica sono ovviamente dipendenti sia dalla dimensione della maglia adottata per costruire il DEM sia dal valore minimo di area drenata prescelto per classificare una certa maglia come appartenente alla rete.

Infatti l'analisi di reti di drenaggio naturali estratte dai Modelli Digitali di elevazione del Terreno (DTM) viene attuata in misura coerente con i concetti di geomorfologia fluviale tramite un filtro basato su una relazione del tipo $ASk > \text{soglia}$ o a soglia costante.

Nelle regioni caratterizzate da una pendenza locale (S) maggiore, è sufficiente un'area contribuente (A) minore per formare e mantenere la canalizzazione, ciò produce strutture drenanti la cui densità di drenaggio, correlata ad area contribuente, pendenza, clima e proprietà del suolo, in generale, non potrà essere considerata costante se non per bacini di modesta estensione caratterizzati da proprietà del suolo uniformi, al contrario di ciò che si otterrebbe con un filtro basato sul solo valore dell'area contribuente usato come soglia.

Una tale descrizione della rete idrografica, permette di individuare il reticolo idrografico nelle sue parti essenziali, canali e versanti.

In questo modo, la risposta idrologica complessiva risente del carattere più spiccatamente montano, o vallivo, delle singole componenti, consentendo una ottima

capacità di riproduzione delle caratteristiche principali dell'idrogramma di piena – portata e tempo al picco – in diversi ambienti morfologici.

Lo sviluppo verso monte dei drenaggi superficiali naturali è infatti limitato da una soglia di canalizzazione, che costringe il versante ad assumere una lunghezza tale da permettere la formazione ed il sostentamento del drenaggio alveato. Diversamente, la variabilità spaziale nelle caratteristiche del territorio si riflette nell'eterogeneità della lunghezza dei versanti e della densità dei drenaggi. La struttura idrografica ottenuta mette in evidenza le componenti del deflusso superficiale alveate e non, e permette di introdurre informazioni relative alla cinematica dei processi che hanno rispettivamente luogo per le due componenti.

La Regione Lombardia ha provveduto a coprire tutto il territorio regionale con un modello di elevazione del terreno a passo 20x20 metri ottenuto a partire dalla cartografia 1:10.000.

Tale modello di elevazione del terreno appare, per il suo notevole dettaglio spaziale, un ottimo punto di partenza per l'effettuazione di calcoli finalizzati alla individuazione di quantità che siano di interesse nella gestione del territorio.

Su modello di elevazione regionale sopracitato, è stato utilizzato uno specifico algoritmo di calcolo che consente l'estrazione del bacino idrografico e la ricostruzione del reticolo di drenaggio.

Utilizzando tale modello di elevazione, sono stati calcolati un numero elevato di parametri morfologici del bacino interessato.

Per l'analisi morfologica, il reticolo del bacino è classificato in funzione dei segmenti che sono compresi tra le varie confluenze. Ad ognuno di questi si assegna un numero (ordine) che dipende dalla sua posizione nell'ambito del reticolo stesso, come proposto da *HORTON-STRAHLER*.

Si attribuisce il numero d'ordine 1 ai canali naturali di prima formazione, cioè quelli che hanno come estremità i punti sorgente.

Quando si incontrano due rami dello stesso ordine k , il nuovo segmento che si crea avrà numero d'ordine $k+1$. All'incontro tra due rami di diverso ordine, invece, il nuovo segmento a valle avrà numero uguale a quello maggiore tra i due.

L'ordine k del corso d'acqua principale definisce l'ordine di bacino.

Il rapporto di biforcazione (R_b) fornisce indicazioni sulla struttura dell'intero reticolo idrografico. Esso è definito come il rapporto tra il numero di segmenti d'ordine N_u e quello di ordine successivo N_{u+1} :

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Il valore di R_b da prendere come rappresentativo del bacino è quello ottenuto dalla media (aritmetica o pesata) degli R_b parziali, riferiti alle singole coppie di ordine u e $u+1$ (*rapporto di biforcazione medio*).

In generale maggiore è il valore di R_b e minore è il grado di gerarchizzazione del bacino. Valori superiori a 5 sono molto rari e sono testimoni di un forte controllo tettonico sullo sviluppo del reticolo.

Rapporto delle lunghezze (Rl)

Esso è il rapporto fra la lunghezza media dei rami di ordine i e la lunghezza media dei rami di ordine $i-1$.

Rapporto delle aree (Ra)

Corrisponde al rapporto fra l'area media dei bacini di ordine i e l'area media dei

bacini i-1.

L'area planimetrica del bacino è la somma delle celle del modello di elevazione, moltiplicate per l'area elementare della cella.

L'area effettiva del bacino è basata sull'area della superficie inclinata la cui proiezione è l'area della cella del DEM.

Il *Relief totale* (rilievo del bacino) è l'elevazione del punto più alto nel bacino rispetto alla quota della sezione di chiusura.

Il *Relief ratio* (rapporto di rilievo) è l'elevazione del punto più alto nel bacino rispetto alla quota della sezione di chiusura, diviso per la massima distanza lungo il reticolo coprente del bacino.

La *pendenza media nella direzione di drenaggio* è la pendenza calcolata lungo il reticolo di drenaggio coprente.

La *pendenza 10-85 dell'asta principale* è la pendenza dell'asta principale calcolata tra i punti a distanza 10%L e 85%L dalla sezione di chiusura dove L è la massima distanza lungo il reticolo permanente.

Come *Diametro* si intende la distanza topologica massima.

La *distanza topologica media* è indicata come N/M dove N indica il numero totale di link; in sostanza, è il numero di rami (di cui il primo esterno) mediamente compresi nel percorso che unisce la sorgente alla chiusura.

La *lunghezza totale della rete permanente* è la lunghezza complessiva del reticolo canalizzato, Ltot.

I parametri K_c (*coefficiente di uniformità*) e K_r (*coefficiente di circolarità*) forniscono una indicazione di quanto il bacino si discosta dalla forma circolare (forma raccolta).

Valori di K_c e K_r lontani dall'unità sono tipici di bacini di forma allungata e, viceversa, nel caso di K_c e K_r prossimi a 1.

Un bacino raccolto a parità di altri fattori avrà tempi di corrivazione minori e piene più improvvise e marcate, con un idrogramma caratterizzato da una forma stretta ed appuntita.

La *pendenza media*, che condiziona il valore della velocità di ruscellamento, può essere determinata con un procedimento semplice anche se piuttosto laborioso.

$$i_m = e \frac{\sum li}{S}$$

dove:

e = equidistanza delle isoipse

li = lunghezza della i -esima striscia delimitata da due generiche isoipse

S = superficie del bacino

Coefficienti di forma

$$F = \frac{L}{\sqrt{4S/\pi}} = 0.89 \frac{L}{\sqrt{S}}$$

con L =lunghezza del bacino, S =superficie del bacino.

Valori di F vicini ad 1 indicano bacini di forma raccolta, mentre elevati valori di F corrispondono a bacini di forma allungata.

La *Densità di drenaggio* D_r e la *frequenza di drenaggio* F_r sono due parametri che forniscono un'indicazione del grado di sviluppo del reticolo idrografico. Bassi valori di

Dr e Fr sono tipici di bacini poco evoluti o impostati su litologie resistenti all'erosione e/o permeabili ed in presenza di una fitta copertura vegetale. Mediamente i valori di Dr oscillano fra 2 e 4, quelli di Fr fra 6 e 12.

La Densità di drenaggio è il rapporto tra la lunghezza totale del reticolo idrografico e la superficie del bacino stesso.

Generalmente è misurata in km^{-1} .

$$D = \frac{1}{S} \sum L_i$$

con L_i = lunghezza dei collettori costituenti la rete idrografica del bacino.

La densità di drenaggio solitamente ha valori molto alti nelle aree con terreni impermeabili, poiché su di essi il reticolo si presenta assai ramificato. Mentre con terreni permeabili i valori di tale grandezza morfometrica sono contenuti.

Un altro aspetto che influenza la densità di drenaggio è la presenza di vegetazione sulla superficie del bacino idrografico. Infatti i valori di tale grandezza diminuiscono all'aumentare del grado di copertura vegetale, poiché il processo di infiltrazione nel suolo risulta favorito rispetto al deflusso superficiale, ed il reticolo si presenta sempre meno ramificato.

La frequenza di drenaggio (Fr) viene espressa come:

$$Fr = \frac{N}{A}$$

con N =numero dei segmenti idrografici presenti nel bacino e A =area bacino.

Magnitudine

E' il numero complessivo delle sorgenti o dei segmenti esterni.

Altitudine media (h_m)

Per ricavare tale informazione morfometrica è necessario suddividere la superficie A del bacino in aree parziali A_j comprese tra due curve di livello, assegnando una quota media h_j pari alla media delle quote delle due curve di livello che la delimitano.

L'altitudine media del bacino è la media pesata delle quote medie h_j con peso la superficie parziale:

L'altitudine media è riferita al livello del mare.

$$h_m = \frac{1}{S} \sum_1^k S_i z_i$$

dove S_i = area tra due curve di livello; z_i = altitudine media dell'area S_i .

Altezza media (H_m)

L'altezza media è riferita alla quota di sezione di chiusura.

Tra l'altitudine media e l'altezza media esiste la seguente relazione:

$$H_m = h_m - h_{min}$$

con h_{min} = altitudine della sezione di chiusura

h_m = altitudine media del bacino.

Tempo di corrivazione (t_c)

Esso corrisponde teoricamente al tempo necessario a far confluire l'acqua proveniente dalle precipitazioni dal punto più distante del bacino alla sezione di chiusura dello stesso.

Inoltre il tempo di corrivazione corrisponde al tempo che, una volta eguagliato dalla durata delle precipitazioni, determina il raggiungimento della portata massima di deflusso nella sezione.

Può essere calcolato attraverso diverse formule, tra le quali quella di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_{media}}}$$

dove t_c è espresso in ore, A = area bacino, L = lunghezza bacino.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche geometriche e idrologiche del bacino sotteso dalla sezione in esame.

TORRENTE NESA

GRAFICI CARATTERISTICI DEL BACINO E DEL CORSO D'ACQUA

- *Dati del bacino*
- *Curva Ipsografica*
- *Curva area drenata in funzione della progressiva*
- *Curva del profilo longitudinale*

BACINO NESA

ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

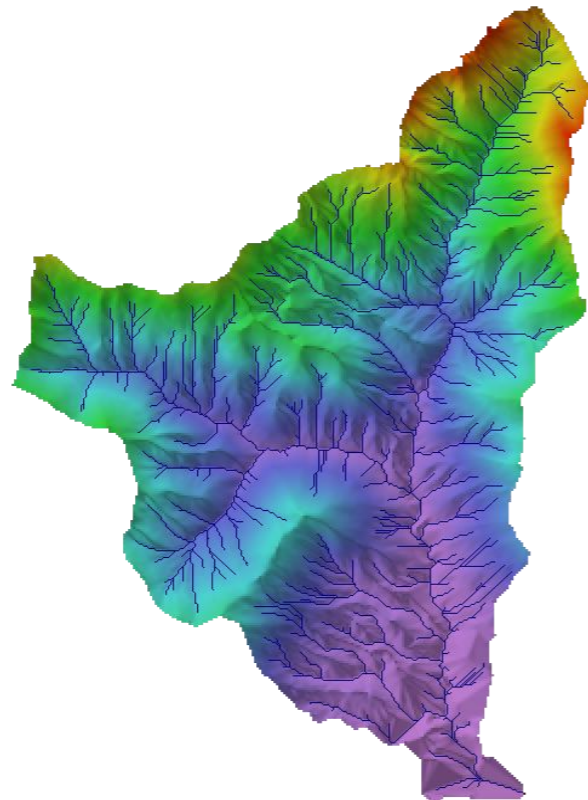
DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

Area planimetrica	[km ²]	17.250
Area effettiva	[km ²]	36.412
Perimetro	[km]	27.68
Altezza media	[m s.l.m.]	614.64
Altezza massima	[m s.l.m.]	1222.74
Altezza minima	[m s.l.m.]	275.70
Pendenza media nella direzione del drenaggio	[m/m]	0.46
Pendenza massima nella direzione del drenaggio	[m/m]	2.67
Pendenza minima nella direzione del drenaggio	[m/m]	0.00
Pendenza media del bacino	[m/m]	0.45

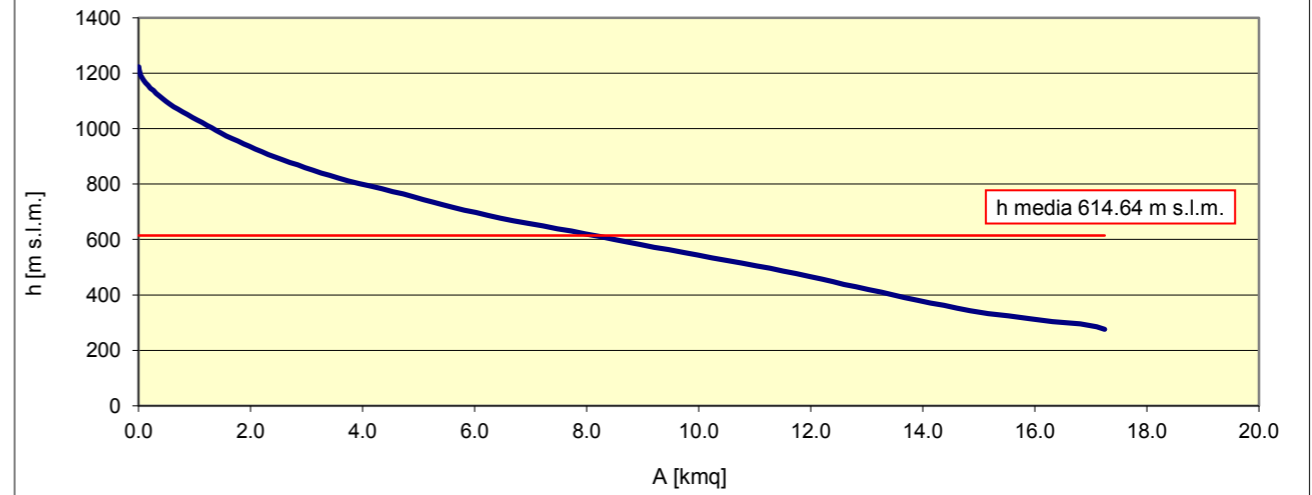
DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.10
Lunghezza dell'asta principale	[km]	8.55
Lunghezza totale della rete idrografica	[km]	110.03
Lunghezza media di deflusso	[km]	0.08
Densità di drenaggio	[km/km ²]	6.38

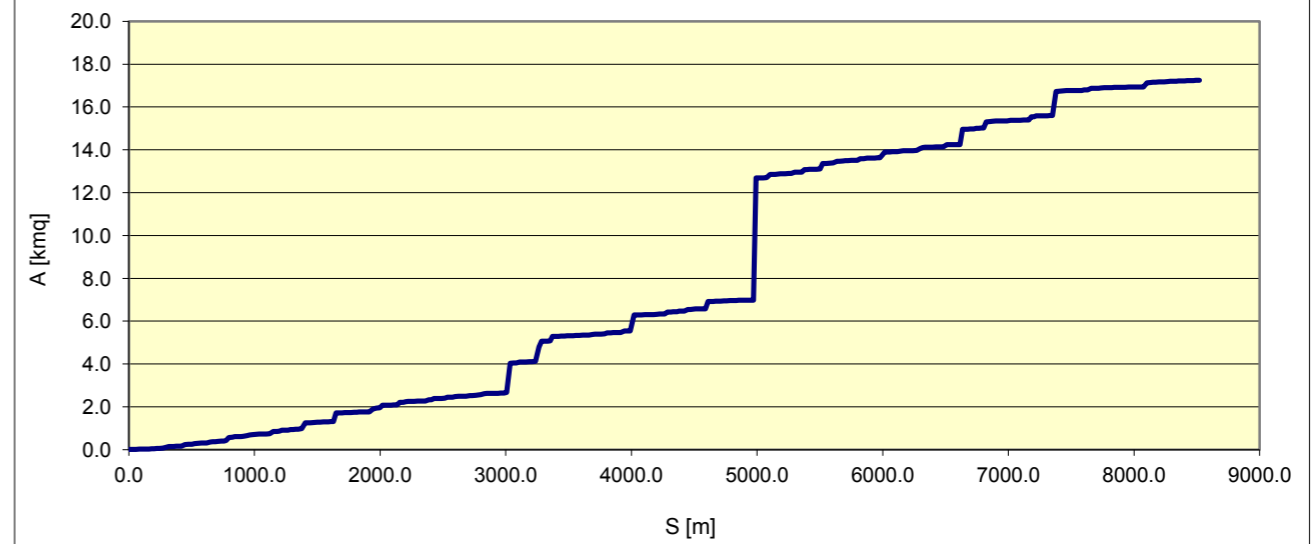
Mappa rappresentativa del bacino



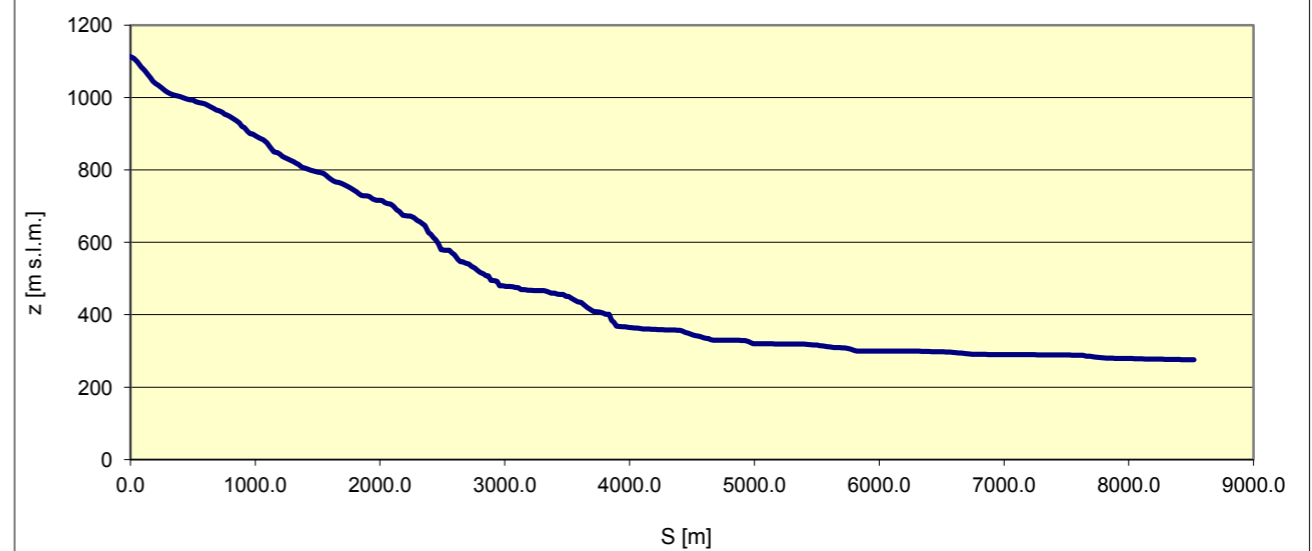
CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO



CURVA AREA DRENATA IN FUNZIONE DELLA PROGRESSIVA



PROFILO LONGITUDINALE



Torrente Nesa: calcolo della portata

Quando l'oggetto di studio è costituito da bacini idrografici privi di misure di portata, o dove queste siano insufficienti per una stima diretta con metodi statistici della distribuzione di probabilità della portata al colmo, quest'ultima deve essere stimata indirettamente a partire dalle informazioni pluviometriche, generalmente di maggiore disponibilità. In seguito si illustrano in sintesi alcune classiche metodologie che consentono di valutare la portata al colmo alla sezione di chiusura del bacino attese le caratteristiche pluviometriche della zona in esame.

È importante sottolineare che, operando la stima della portata al colmo a partire dalla precipitazione, si ritiene implicitamente valida l'ipotesi che la frequenza di accadimento degli eventi meteorici estremi caratterizza direttamente quella della portata al colmo; questa ipotesi, sebbene discutibile, è applicabile in prima approssimazione a bacini montani di piccole dimensioni simili a quello in esame.

Quindi, per il calcolo della portata di piena del torrente, in mancanza di misurazioni dirette di portata al colmo, si sono utilizzate varie formule che sono usualmente accettate per il dimensionamento e la verifica delle opere idrauliche.

Tra queste, alcune sono di natura empirica ed hanno un certo interesse per valutazioni speditive di prima approssimazione, mentre altre sono derivate da calcoli indiretti delle portate (*razionale*).

Per l'utilizzo di queste espressioni occorre conoscere alcuni parametri tipici del bacino interessato, in particolare quelli descritti nel relativo capitolo.

Empiriche

- Forti - De Marchi
- Paoletti (P.T.C.P.)
- Anselmo

Modello afflussi-deflussi (stima portata critica)

- Formula razionale

Modelli lineari afflussi-deflussi (ricostruzione idrogramma)

- Metodo di Nash

Torrente Nesa: calcolo della portata – formule utilizzate*Anselmo*

Formula empirica riportata nel capitolo di *zonazione della pericolosità generata da colate di detrito*, dei criteri attuativi della legge regionale 12/05 per il governo del territorio e sue successive modifiche. Anche in questo caso, il parametro richiesto è dato dal solo bacino imbrifero in esame.

Forti - De Marchi

Formula empirica che associa la portata solo all'area del bacino, non dedotta con considerazioni di carattere statistico. È utile per avere dei confronti con le altre formule.

Prof. Paoletti

Ci si è avvalsi inoltre dei dati risultanti dallo studio relativo al P.T.C.P. redatto dal Prof. Paoletti. In questo studio sono stati analizzati vari bacini, per riuscire a ricavare una relazione empirica che legasse i valori di portata al colmo alla superficie. In particolare sono stati analizzati i valori di portata centennale e duecentennale per vari bacini di diverse dimensioni. Tale relazione è espressa dalla formula:

$$u = 15.38 * S^{-0.39}$$

dove:

u = contributo unitario di piena per chilometro quadrato.

S = superficie del bacino idrografico interessato

È da tenere in considerazione che questa espressione è stata ricavata per un tempo di ritorno pari a cento anni.

Formula Razionale

È stata utilizzata, come detto in precedenza, la formula razionale (una delle varie espressioni del modello afflussi-deflussi), che raccoglie diversi parametri e considera uno ietogramma ad intensità costante.

La Formula Razionale esprime la portata al colmo di piena come prodotto tra l'intensità di precipitazione, i , di assegnata durata d , il coefficiente di afflusso ϕ , la superficie del bacino A , il coefficiente di attenuazione $\varepsilon(d_c)$:

$$Q_c = A \Phi(d_c) i(d_c) \varepsilon(d_c) \quad (1)$$

dove con d_c si è indicato il valore di durata critica, ossia la durata di pioggia che da luogo alla massima portata di piena.

L'intensità di precipitazione che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica. Questa esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, d . Tale curva è riportata dalla letteratura tecnica secondo le due forme equivalenti:

$$h(d) = m(d) \quad (2)$$

$$i(d) = \frac{h(d)}{d}$$

La prima delle quali da come risultato l'altezza di pioggia complessiva in mm dell'evento caratterizzato dalla durata d , mentre la seconda fornisce l'intensità media di tale evento e dove:

$$m(d) = a_1 d^n \quad (3)$$

Dove a_1 è un parametro, corrispondente alla altezza di pioggia di durata oraria, dipendente dalla rarità dell'evento considerato. I parametri di tali formule, note come linee segnalatrici di probabilità pluviometrica, sono stimati in funzione della posizione geografica sito per sito.

La durata di pioggia critica (d_c), necessaria per determinare dalla (2) l'altezza di pioggia, è assunta pari al tempo di corrivazione (t_c) ossia quel tempo per cui tutta l'area del bacino contribuisce alla formazione della piena alla sezione di chiusura.

$$d_c = t_c \quad (4)$$

Tale tempo di corrivazione può essere ricavato tramite opportune espressioni empiriche, a partire dai parametri morfologici del bacino. Con tale metodo, il valore del coefficiente di attenuazione, $\varepsilon(d_c)$, viene posto pari ad uno, ossia si assume che il bacino non eserciti alcuna azione di attenuazione sulla piena (modello cinematico). Tale approssimazione è adatta in particolare per bacini montani, che non esercitano rilevanti effetti di invaso e laminazione.

Formula di Giandotti (1934)

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{DH}}$$

Formula del Soil Conservation Service-CN (1975)

$$T_c = \frac{L_{ap}^{0.8} [(1000/CN - 9)]^{0.7}}{20 i_{media}^{0.5}}$$

Formule utilizzate per il calcolo del tempo di corrivazione

Dove i media è la pendenza media del bacino espressa in numero percentuale (es. 22% = 22) e DH il dislivello medio riferito all'incile in metri.

Modelli parametrici lineari (Nash)

Simulano il comportamento dei bacini idrografici con un insieme di canali e serbatoi. La caratteristica più importante è quella della proporzionalità tra ingresso e uscita.

La portata uscente è definita dall'integrale di convoluzione:

$$q(t) = \int_0^t u(t-\tau) \cdot p(\tau) \cdot dt$$

La funzione $u(t)$ è definita I.U.H. (Instantaneous Unit Hydrograph) idrogramma unitario istantaneo.

La forma dello I.U.H. dipende dal modello di trasformazione afflussi-deflussi adottato.

Simula il comportamento del bacino mediante n serbatoi posti in serie caratterizzati dalla medesima costante temporale k e nessun canale.

Il suo I.U.H. è così rappresentato:

$$u(t) = \frac{1}{k \cdot \Gamma(n)} \cdot \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} e^{-t/k}$$

È caratterizzato da una curva avente il colmo al tempo:

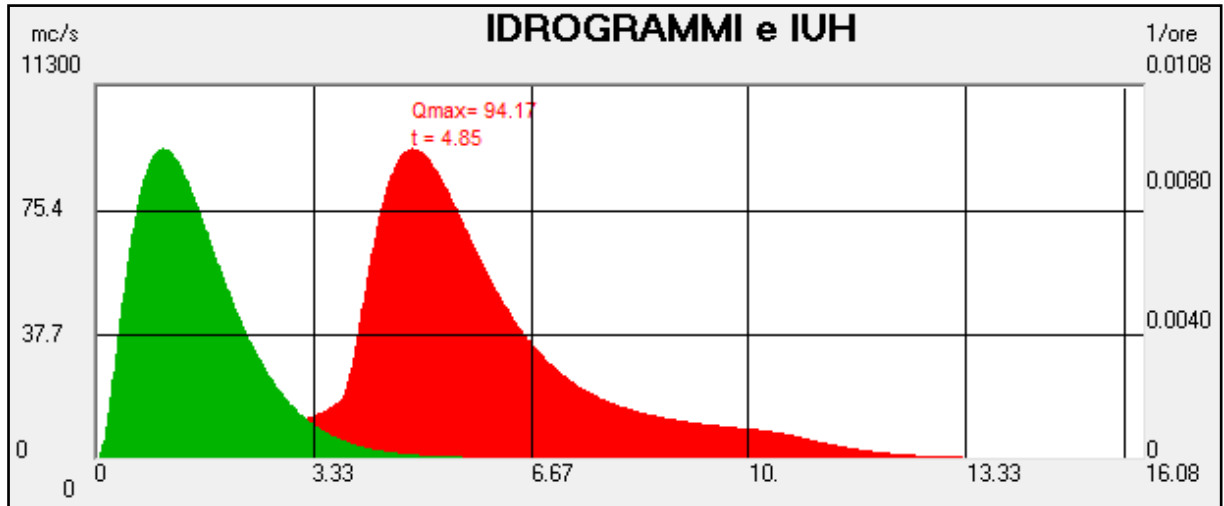
$$t_p = k \cdot (n - 1)$$

dove t_p è da assumere approssimativamente pari a metà del t_c .

Per n si assumono valori non elevati, di solito $n=3$.

Torrente Nesa: sintesi delle portate ottenute

Nel grafico riportato di seguito sono rappresentati gli idrogrammi calcolati con il modello di Nash (colore rosso l'idrogramma di piena e in colore verde l'i.u.h. corrispondente):



Nella tabella riportata di seguito si riportano i valori di *portata al colmo* ($T_r = 100$ anni) ricavati per il Torrente Nesa:

Tipo Formula	Denominazione	PORTATA $T = 100$ anni	[u.m.]
Empirica	Forti – De Marchi	145.05	[m³/s]
	Anselmo	86.59	[m³/s]
Regionalizzazione	Prof. Paoletti	87.38	[m³/s]
Afflussi – deflussi (Qc)	Razionale	94.01	[m³/s]
Modelli Lineari	Metodo Nash	94.17	[m³/s]
	let. Chicago		

Si è scelto di definire il valore di portata di riferimento attraverso una media pesata dei valori prima calcolati, dando maggior peso alle formule di Nash.

In definitiva, si può stimare una portata a favore di sicurezza, per un tempo di ritorno centennale, pari a:

<i>Periodo di ritorno</i>	<i>Denominazione</i>	<i>PORTATA</i>
T = 100 anni	Bacino Nesa	90 m³/s

4.3.4.3 Torrente Riolo

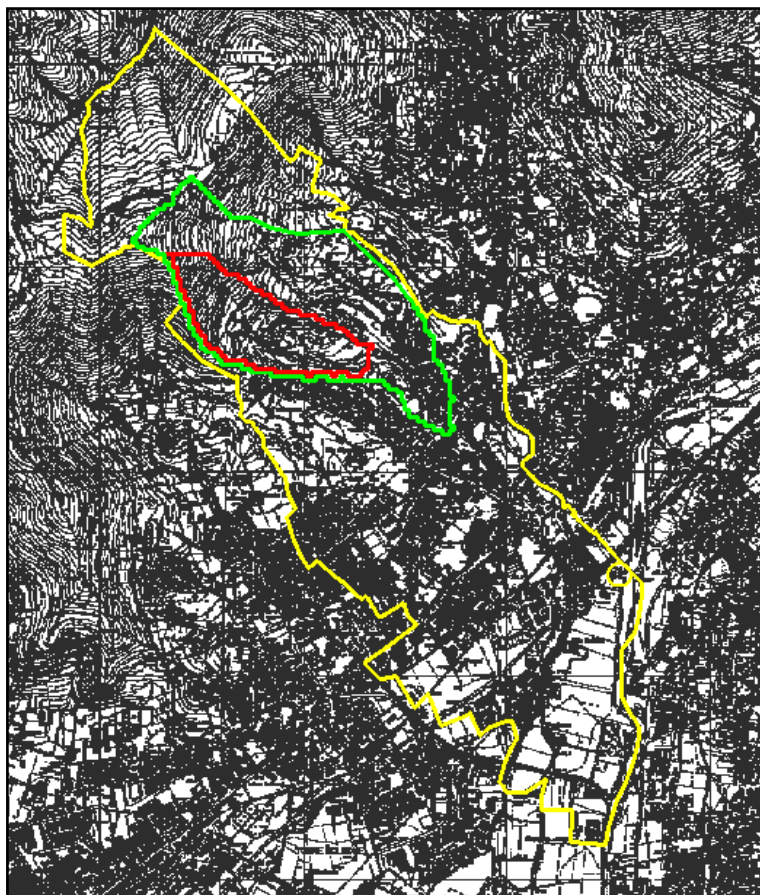
L'analisi idrologica del torrente Riolo, il quale rappresenta per circa la metà del suo percorso il confine comunale con il comune di Alzano Lombardo, e con il quale condivide anche il bacino idrografico, è eseguita considerando lo sviluppo dell'asta principale del torrente, a partire dai Corni di Lonno e gli affluenti minori provenienti dal M. Ganda in destra orografica e dal M. Valtrusa in sinistra orografica.

Anche per il presente corso d'acqua è stata eseguita una dedicata analisi idrologico-idraulica.

Vista l'individuazione di due situazioni particolarmente critiche per l'abitato di Ranica, si sono calcolati due rispettivi bacini idrografici e le corrispondenti portate al colmo (Tr = 100 anni).

Si riportano di seguito i due bacini idrografici individuati e il limite del comune di Ranica (Colore Giallo):

1. "**Torrente Riolo 1**" (colore rosso) all'imbocco del tombotto situato in prossimità dell'intersezione tra Via Riolo e Via degli Alpini;
2. "**Torrente Riolo 2**" (colore verde) all'imbocco del tombotto situato vicino all'intersezione tra Via Bergamina e Via San Luigi.



Stralcio planimetrico con indicazione dei bacini idrografici sottesi (colore rosso "Torrente Riolo 1" e colore verde "Torrente Riolo 2") e confine comunale di Ranica (colore giallo)

Si riassumono , nel seguito, le principali caratteristiche geometriche e idrologiche dei bacini sottesi dalle sezioni in esame.

TORRENTE RIOLO "1"

GRAFICI CARATTERISTICI DEL BACINO E DEL CORSO D'ACQUA

- *Dati del bacino*
- *Curva Ipsografica*
- *Curva area drenata in funzione della progressiva*
- *Curva del profilo longitudinale*

BACINO RIOLO "1"

ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

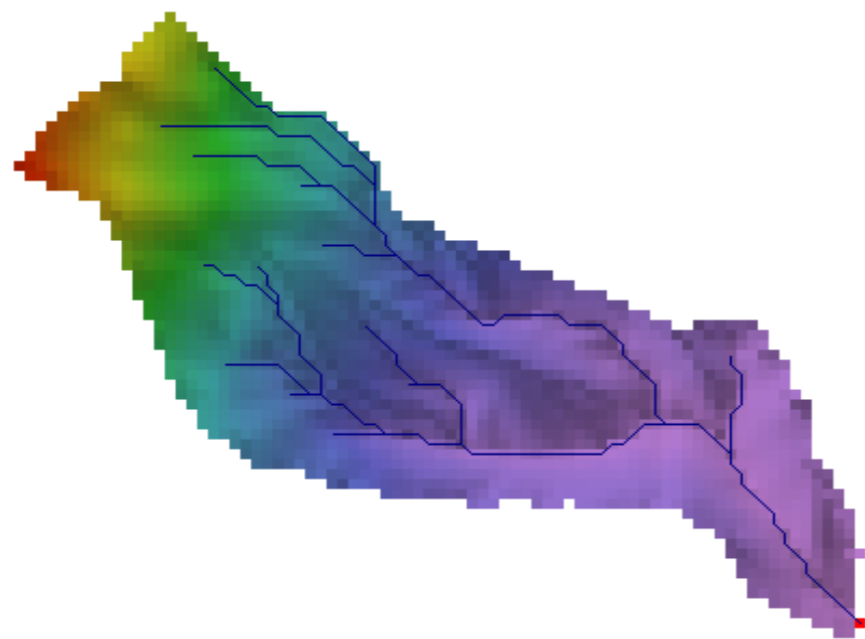
DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

Area planimetrica	[km ²]	0.780
Area effettiva	[km ²]	2.042
Perimetro	[km]	5.84
Altezza media	[m s.l.m.]	414.33
Altezza massima	[m s.l.m.]	724.83
Altezza minima	[m s.l.m.]	291.09
Pendenza media nella direzione del drenaggio	[m/m]	0.33
Pendenza massima nella direzione del drenaggio	[m/m]	1.08
Pendenza minima nella direzione del drenaggio	[m/m]	0.00
Pendenza media del bacino	[m/m]	0.32

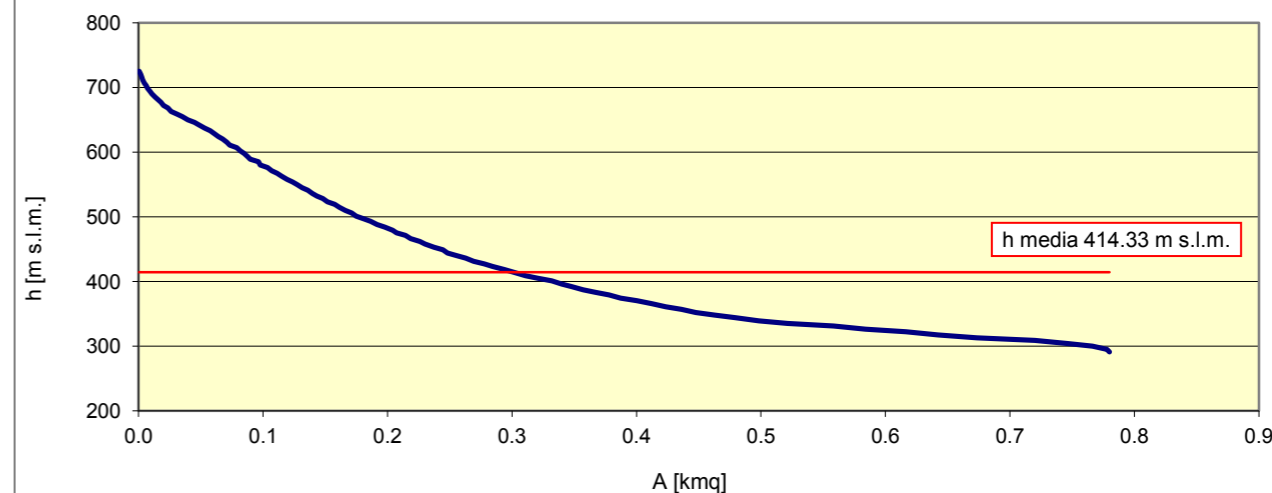
DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.17
Lunghezza dell'asta principale	[km]	1.89
Lunghezza totale della rete idrografica	[km]	5.02
Lunghezza media di deflusso	[km]	0.08
Densità di drenaggio	[km/km ²]	6.44

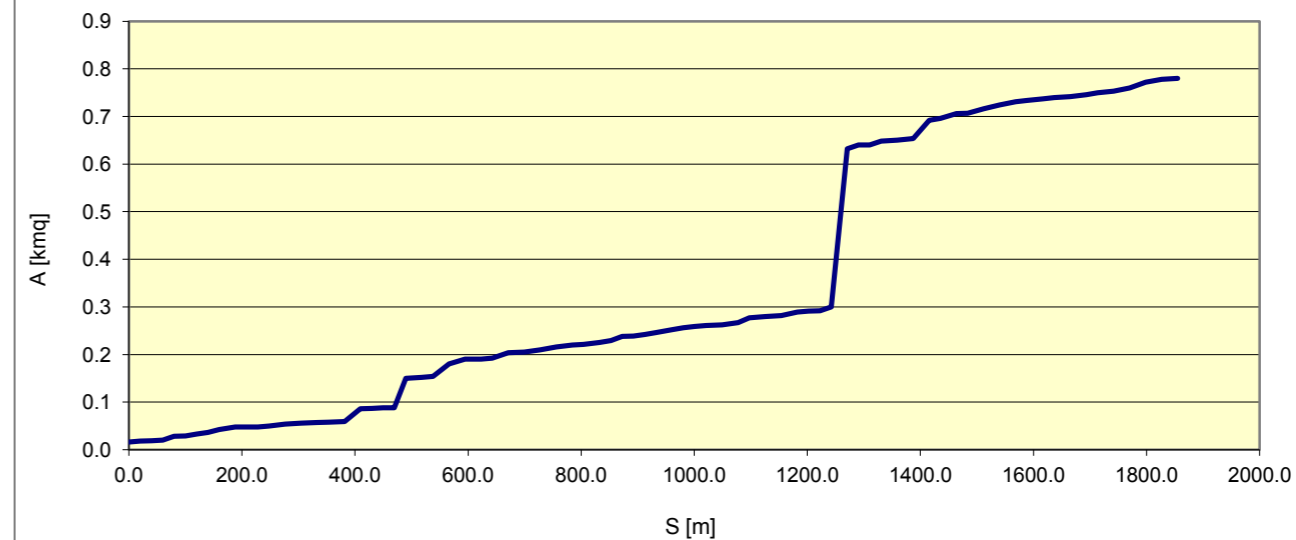
Mappa rappresentativa del bacino



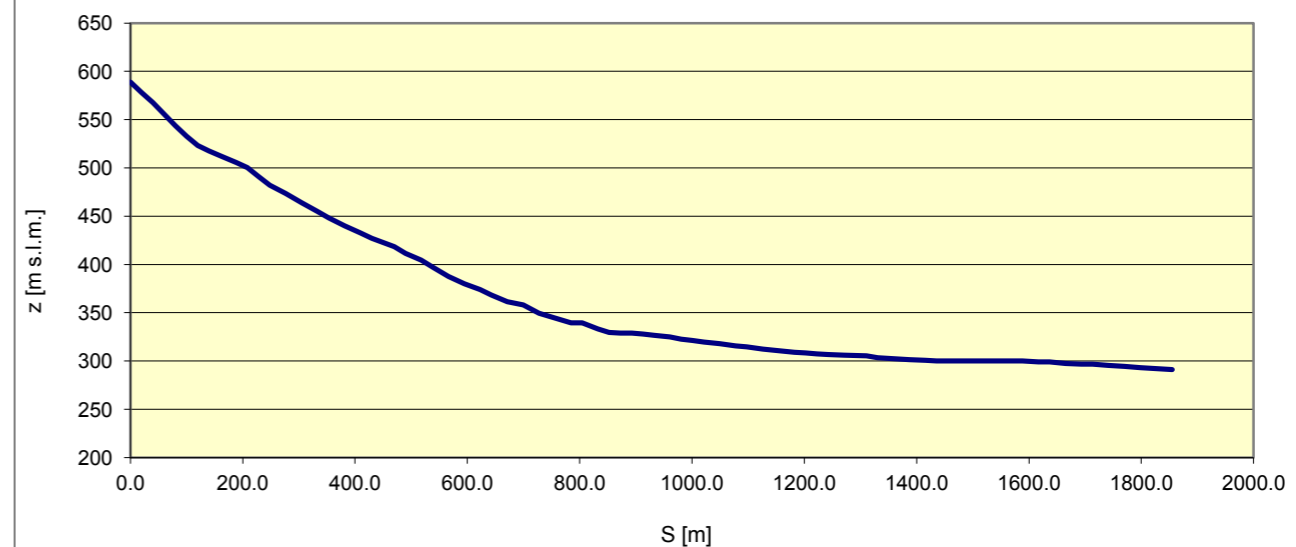
CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO



CURVA AREA DRENATA IN FUNZIONE DELLA PROGRESSIVA



PROFILO LONGITUDINALE



TORRENTE RIOLO "2"

GRAFICI CARATTERISTICI DEL BACINO E DEL CORSO D'ACQUA

- *Dati del bacino*
- *Curva Ipsografica*
- *Curva area drenata in funzione della progressiva*
- *Curva del profilo longitudinale*

BACINO RIOLO "2"

ELEMENTI PRINCIPALI DEL BACINO E DEL RETICOLO IDROGRAFICO

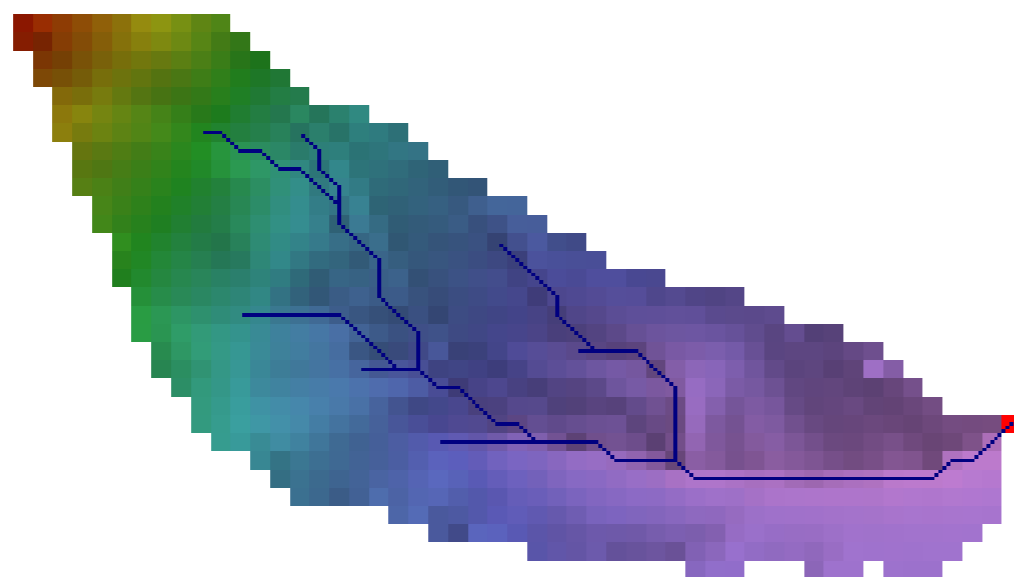
DATI IDROMORFOLOGICI DEL BACINO

Area planimetrica	[km ²]	0.324
Area effettiva	[km ²]	0.658
Perimetro	[km]	3.36
Altezza media	[m s.l.m.]	408.33
Altezza massima	[m s.l.m.]	663.44
Altezza minima	[m s.l.m.]	307.16
Pendenza media nella direzione del drenaggio	[m/m]	0.37
Pendenza massima nella direzione del drenaggio	[m/m]	0.94
Pendenza minima nella direzione del drenaggio	[m/m]	0.00
Pendenza media del bacino	[m/m]	0.37

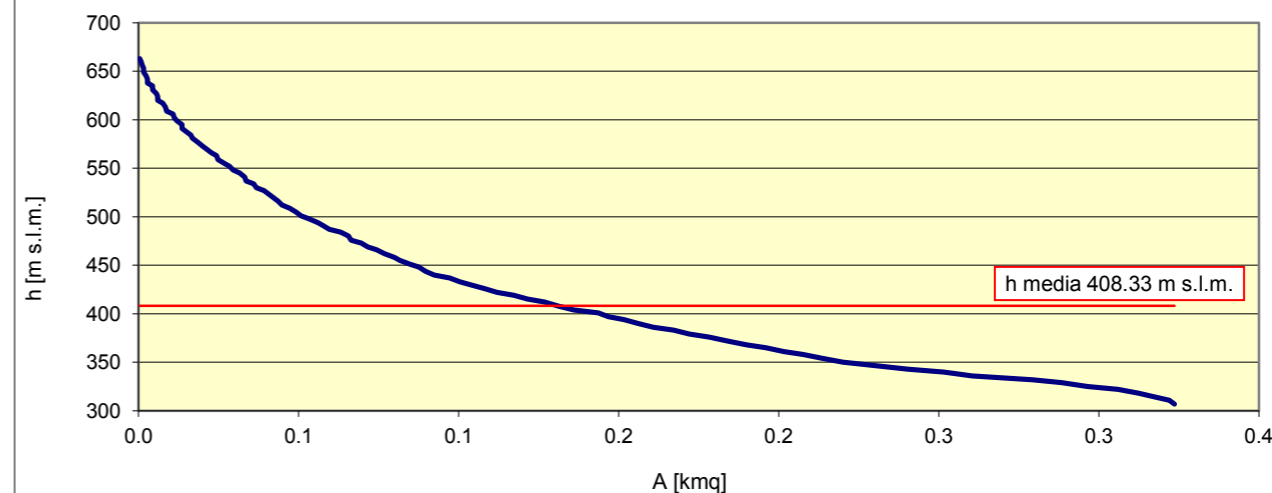
DATI IDROMORFOLOGICI DEL RETICOLO

Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.21
Lunghezza dell'asta principale	[km]	1.06
Lunghezza totale della rete idrografica	[km]	1.86
Lunghezza media di deflusso	[km]	0.09
Densità di drenaggio	[km/km ²]	5.75

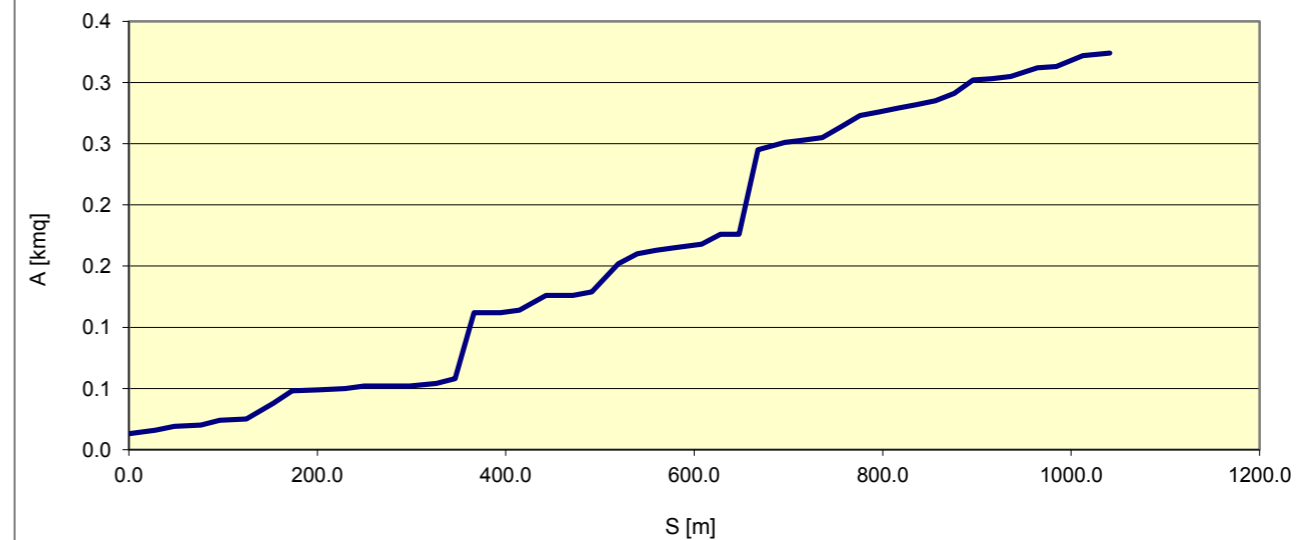
Mappa rappresentativa del bacino



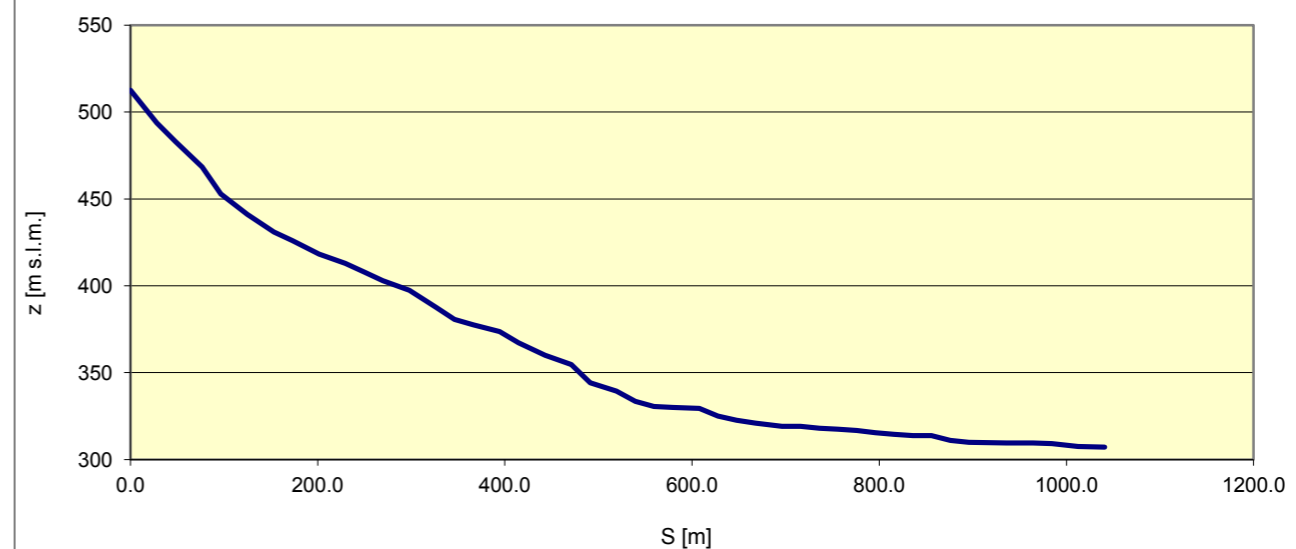
CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO



CURVA AREA DRENATA IN FUNZIONE DELLA PROGRESSIVA

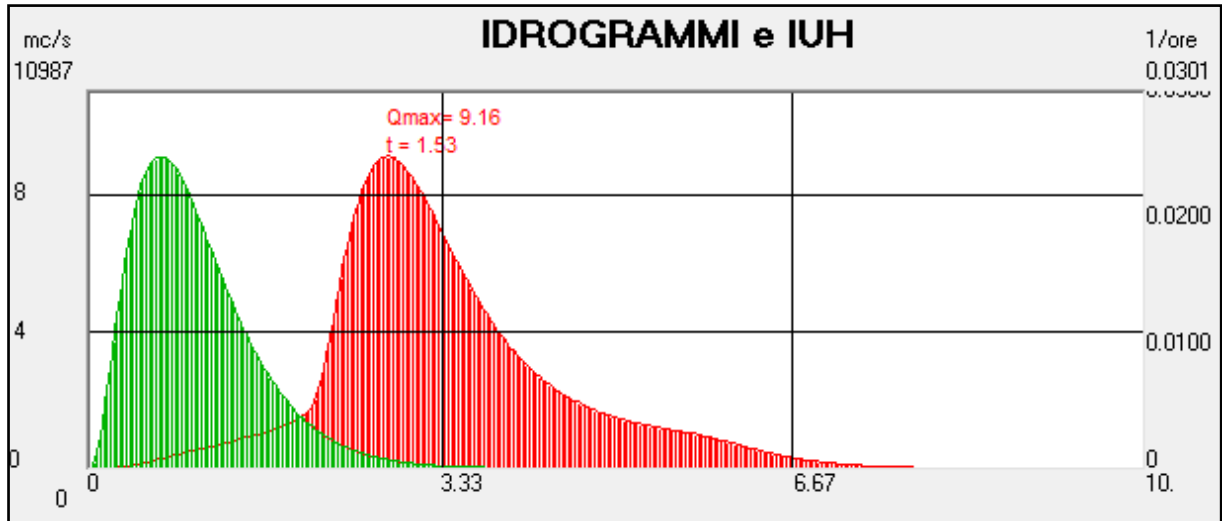


PROFILO LONGITUDINALE



Torrente Riolo "1": sintesi delle portate ottenute

Nel grafico riportato di seguito sono rappresentati gli idrogrammi calcolati con il modello di Nash (colore rosso l'idrogramma di piena e in colore verde l'i.u.h. corrispondente):



Nella tabella riportata di seguito si riportano i valori di *portata al colmo* ($T_r = 100$ anni) ricavati per il Torrente Riolo "1":

PORTATE - TORRENTE RIOLO "1"

<i>Tipo Formula</i>	<i>Denominazione</i>	<i>PORTATA T = 100 anni</i>	<i>[u.m.]</i>
Empirica	Forti – De Marchi	7.37	[m³/s]
	Anselmo	5.89	[m³/s]
Regionalizzazione	Prof. Paoletti	13.22	[m³/s]
Afflussi – deflussi (Qc)	Razionale	9.17	[m³/s]
Modelli Lineari	Metodo Nash	9.16	[m³/s]
	let. Chicago		

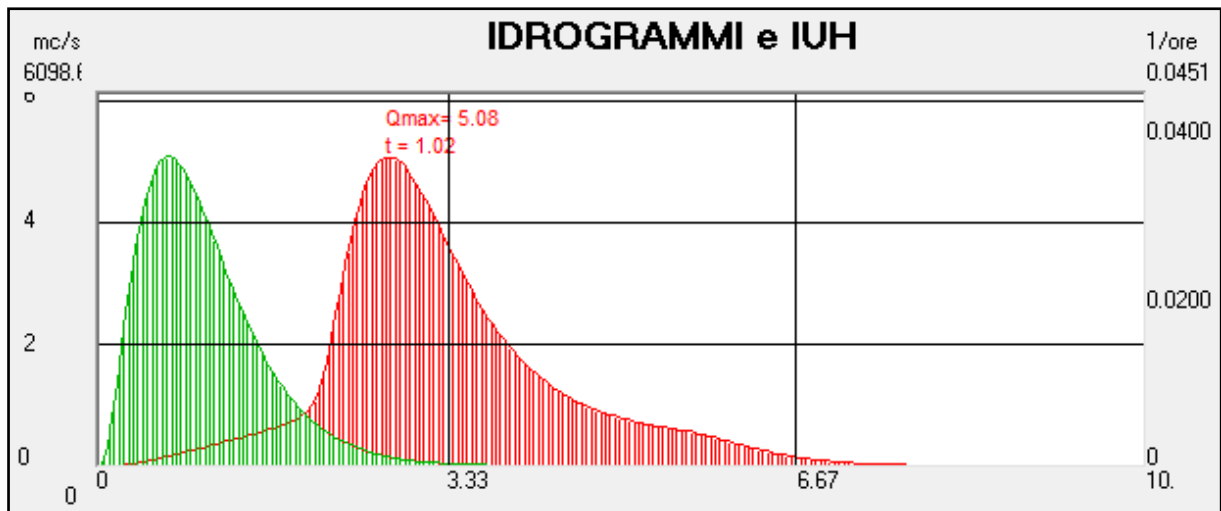
Si è scelto di definire il valore di portata di riferimento attraverso una media pesata dei valori prima calcolati, dando maggior peso alle formule di Nash.

In definitiva, si può stimare una portata a favore di sicurezza, per un tempo di ritorno centennale, pari a:

Periodo di ritorno	Denominazione	PORTATA
T = 100 anni	Bacino Riolo "1"	9 m³/s

Torrente Riolo "2": sintesi delle portate ottenute

Nel grafico riportato di seguito sono rappresentati gli idrogrammi calcolati con il modello di Nash (colore rosso l'idrogramma di piena e in colore verde l'i.u.h. corrispondente):



Nella tabella riportata di seguito si riportano i valori di *portata al colmo* (Tr = 100 anni) ricavati per il Torrente Riolo "2":

PORTATE - TORRENTE RIOLO "2"

<i>Tipo Formula</i>	<i>Denominazione</i>	<i>PORTATA T = 100 anni</i>	<i>[u.m.]</i>
Empirica	Forti – De Marchi	3.07	[m ³ /s]
	Anselmo	2.48	[m ³ /s]
Regionalizzazione	Prof. Paoletti	7.73	[m ³ /s]
Afflussi – deflussi (Qc)	Razionale	5.14	[m ³ /s]
Modelli Lineari	Metodo Nash let. Chicago	5.08	[m ³ /s]

Si è scelto di definire il valore di portata di riferimento attraverso una media pesata dei valori prima calcolati, dando maggior peso alle formule di Nash.

In definitiva, si può stimare una portata a favore di sicurezza, per un tempo di ritorno centennale, pari a:

<i>Periodo di ritorno</i>	<i>Denominazione</i>	<i>PORTATA</i>
T = 100 anni	Bacino Riolo "2"	5 m ³ /s

4.3.5 Ambiti di pericolosità

Dall'analisi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrologiche del territorio discende l'individuazione delle aree a differente grado di pericolosità. L'analisi del reticolo idrografico e delle caratteristiche dei singoli corsi d'acqua permette di determinare, ad esempio, quali aree possono essere soggette ad esondazioni, dissesti spondali e fenomeni di trasporto in massa; il rilevamento sul campo delle frane (che discende dallo studio della geomorfologia e della litologia) consente di valutarne lo stato di attivazione e la tipologia; il censimento delle sorgenti permette la definizione delle aree di salvaguardia. Allo stesso modo, l'analisi climatologica e in particolare delle precipitazioni e delle conseguenti portate dei corsi d'acqua, consente di eseguire ulteriori considerazioni sul rischio di esondazione.

Le aree di criticità e pericolosità, in fin dei conti, non sono altro che zone dove avvengono fenomeni che sono parte della normale evoluzione geologica del territorio, e che diventano "a rischio" solo in virtù della presenza dell'uomo.

Per la perimetrazione dei vari ambiti pericolosi, si è deciso di mantenere la massima coerenza con lo studio geologico, come del resto la logica suggerisce; pertanto, i dissesti individuati in tale studio (frane, conoidi, esondazioni) sono stati tradotti in aree di pericolosità idrogeologica seguendo i criteri suggeriti dalle metodologie del P.A.I., dall'esperienza e dal buonsenso.

La cartografia della pericolosità idrogeologica allegata suddivide, mediante retini e colori diversi, le aree di dissesto in base sia alla natura che al grado di pericolosità di ciascun fenomeno, secondo lo schema di cui alla tabella seguente.

FENOMENO	GRADI DI PERICOLOSITÀ		DISSESTO P.A.I. CORRISPONDENTE
Frane	Molto elevata		Frane attive (Fa)
	Elevata		Frane quiescenti (Fq)
	Moderata		Frane stabilizzate (Fs)
Trasporto in massa (conoidi)	Molto elevata		Conoidi attivi non protetti (Ca)
	Elevata		Conoidi attivi parzialmente protetti (Cp)
	Moderata		Conoidi completamente protetti o non recentemente attivatisi (Cn)
Esondazioni torrentizie	Molto elevata		Pericolosità molto elevata di esondazione (Ee)
	Elevata		Pericolosità elevata di esondazione (Eb)
	Media		Pericolosità media o moderata di esondazione (Em)
Esondazioni fluviali del Serio	Molto elevata		Fascia Fluviale A
	Elevata		Fascia Fluviale B
	Media		Fascia Fluviale C
Vulnerabilità idrogeologica per le captazioni idropotabili	Potenziale		Nessuna corrispondenza (Aree di salvaguardia perimetrate ai sensi dell'art. 94 del D.Lgs. 152/2006)

Figura 44 – Corrispondenza tra le aree di pericolosità idrogeologica (diverse per fenomeni) e gli ambiti di dissesto del P.A.I. individuati nello studio geologico comunale

4.3.5.1 Frane

La frana è un movimento di una massa di roccia o terreno che tende a riportare un pendio verso una situazione di equilibrio. Governate essenzialmente dalla gravità, ma innescate o favorite anche da tutta una serie di altri fattori (in primo luogo l'acqua), le frane fanno dunque parte della normale evoluzione di un versante, e, come tutti i dissesti, divengono problematiche nel momento in cui interagiscono con l'uomo e le sue strutture.

Si tratta di movimenti che possono avvenire in modo lento, come nel caso del soliflusso o delle deformazioni gravitative profonde su ampia scala, oppure in modo veloce ed improvviso, che è il caso più classico e rappresentativo.

Esistono diverse classificazioni dei movimenti franosi; di seguito, si riporta uno degli schemi più classici. Di norma, si suddividono innanzi tutto in tre grosse categorie sulla base del materiale coinvolto (roccia, detrito o terra), e in secondo luogo sulla base del tipo di movimento: crolli, ribaltamenti, scivolamenti (rotazionali e traslativi), espandimenti laterali e colate.

In molto casi si verificano situazioni intermedie, in cui più una frana comprende più tipologie di movimenti associati tra loro; in questo caso si parla di "frane complesse", anche se spesso, per semplicità, si tende ad evidenziare solo il movimento preponderante.

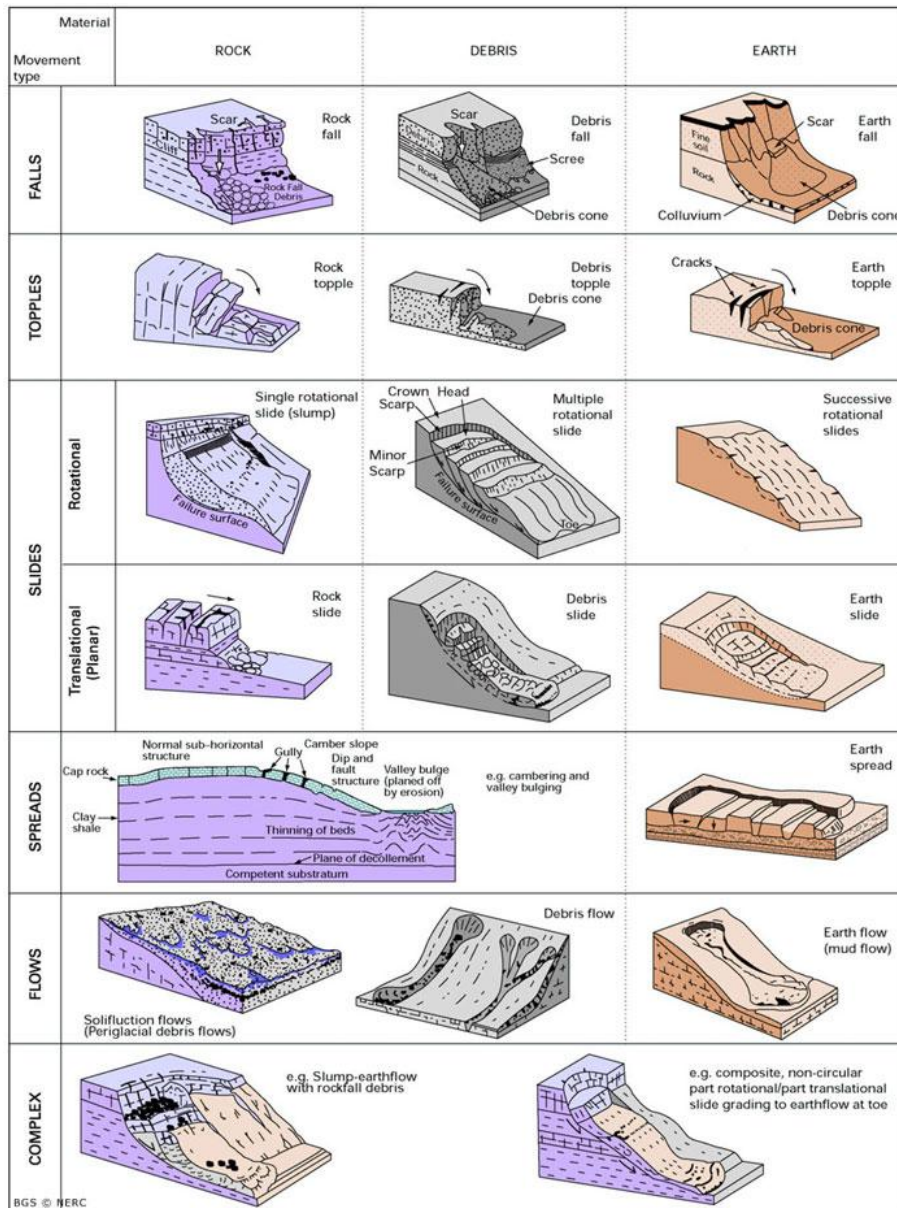


Figura 45 - Classificazione delle frane secondo Crudes & Varnes (1996)

Oltre al materiale coinvolto ed al tipo di movimento, un terzo fondamentale concetto per la descrizione delle frane è lo “stato di attività”, che esprime la condizione di equilibrio attuale dello smottamento, e determina direttamente il grado di pericolosità.

Secondo i criteri del P.A.I., gli stati di attività delle frane possono essere così riassunti:

- Frane attive (ambiti di pericolosità molto elevata): frane in atto, o verificatesi negli ultimi 30 anni (anche come riattivazione parziale del corpo frana).
- Frane quiescenti (ambiti di pericolosità elevata): frane che hanno mostrato segni di attività prima degli ultimi 30 anni.
- Frane stabilizzate (ambiti di pericolosità moderata): frane che hanno raggiunto una situazione di equilibrio in modo naturale, oppure consolidate dall'uomo.

Il territorio di Ranica presenta una serie di situazioni di franosità, che sono legate principalmente alle scarse caratteristiche geomeccaniche dei terreni alteritici e colluviali. Il comparto più critico da questo punto di vista è quello intermedio, cioè quello posto alle falde del Colle, dove i suddetti terreni abbondano.

Si tratta per la maggior parte di scivolamenti e colate. I crolli sono limitati a situazioni puntuali, data l'assenza di grosse pareti rocciose in prossimità del centro abitato, e non rivestono perciò significativa importanza ai fini della protezione civile, anche se devono essere tenuti in debita considerazione in caso di interventi di trasformazione territoriale potenzialmente interferenti.

Gli ambiti di pericolosità molto elevata sono pochi e limitati. Si tratta per lo più di alcune aree soggette ad erosione e ruscellamento, oppure di scarpate particolarmente ripide associate a corsi d'acqua. Si trovano a sud-est di Cascina Bregn, lungo la scarpata di Via Isonzo che si affaccia sul Torrente Nesa, lungo le scarpate del Torrente Riolo in Via Bergamina e Via San Luigi, ed infine a sud-ovest di Valledonata.

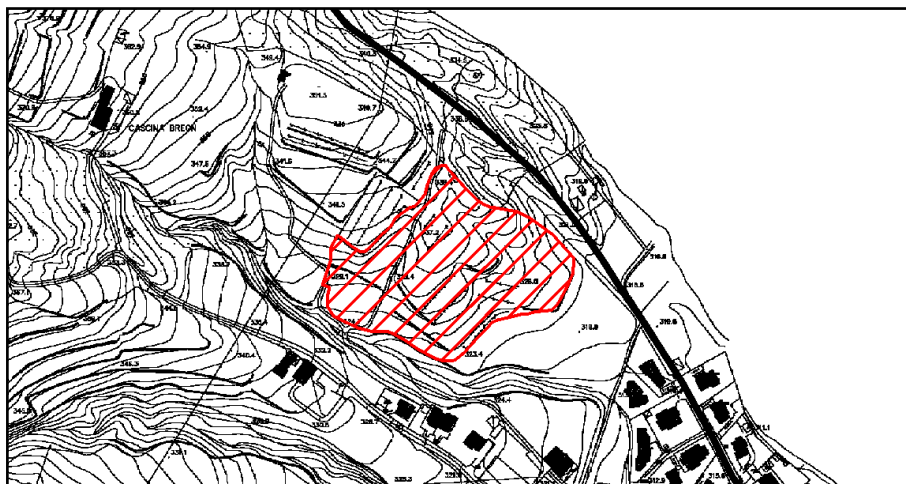


Figura 46 - Ambito di pericolosità molto elevata da frana a sud-est di Cascina Bregon



**Figura 47 - Ambito di cui all'immagine precedente
La classificazione è dovuta alla presenza di solchi erosivi attivi e tracce di ruscellamento diffuso, associate anche a soliflusso**

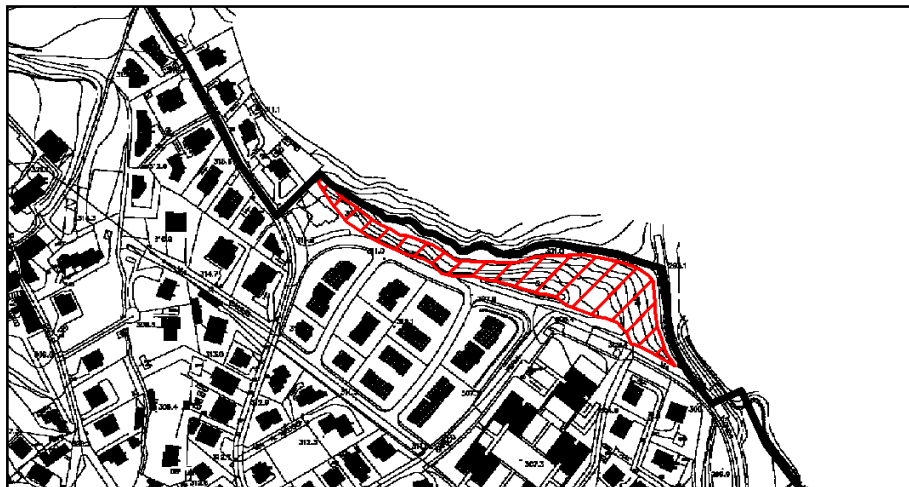
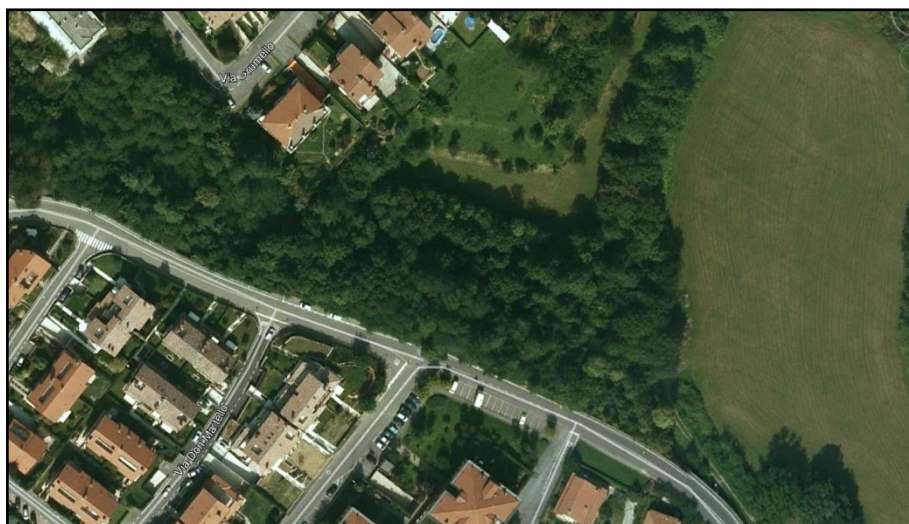


Figura 48 - Ambito di pericolosità molto elevata da frana lungo Via Isonzo



**Figura 49 - Ambito di cui all'immagine precedente (ortofoto da Google Earth)
La classificazione è dovuta all'alta acclività della scarpata con terreni fini; la vegetazione
maschera eventuali segni di erosione o smottamento**

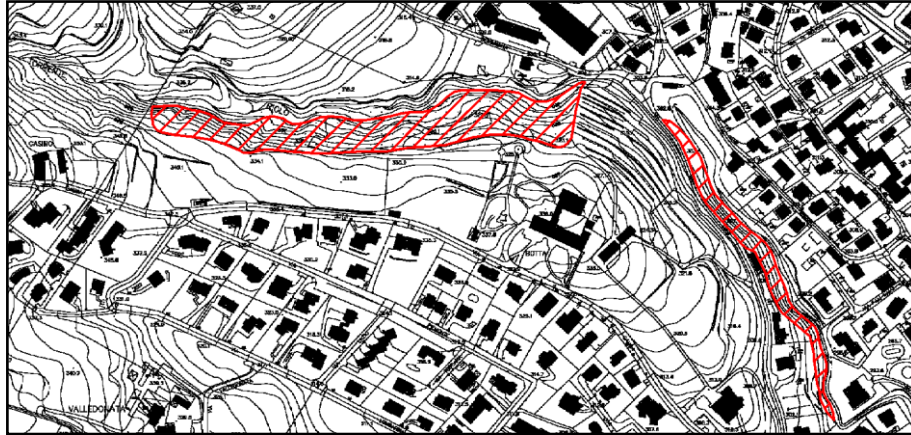


Figura 50 - Ambito di pericolosità molto elevata da frana lungo Via Isonzo



**Figura 51 - Ambito di cui all'immagine precedente (da Google Street View)
La classificazione è dovuta all'alta acclività della scarpata con terreni fini lungo la sponda idrografica destra del Riolo; la vegetazione maschera eventuali segni di erosione o smottamento**

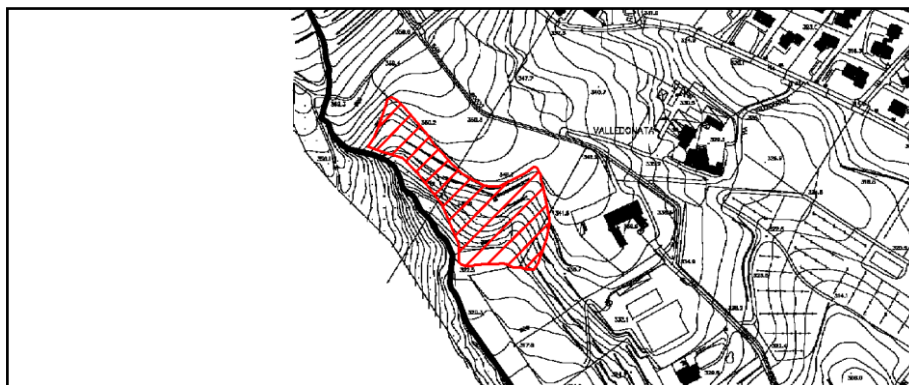
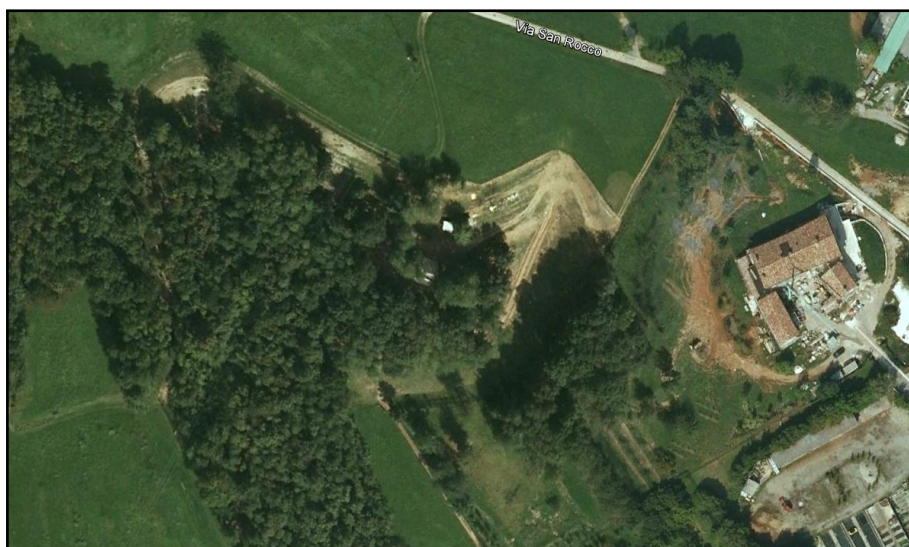


Figura 52 - Ambito di pericolosità molto elevata da frana lungo Via Isonzo



**Figura 53 - Ambito di cui all'immagine precedente (ortofoto da Google Earth)
La classificazione è dovuta all'alta acclività della scarpata con terreni fini; la vegetazione
maschera eventuali segni di erosione o smottamento**

Gli ambiti di pericolosità elevata sono due. Uno è molto vasto, posto tra le località Birodina e Casino, nel bacino alto del Riolo, ed è collegato alla presenza di terreni fini su pendii inclinati con possibile riattivazione di smottamenti a causa delle precipitazioni o dell'azione erosiva delle vallette.

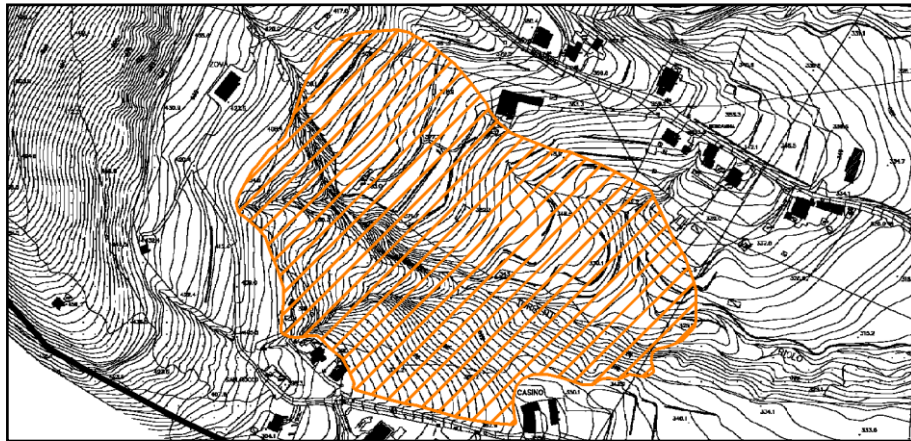


Figura 54 - Ambito di pericolosità elevata tra Birodina e Casino



Figura 55 - Ambito di cui all'immagine precedente (ortofoto da Google Earth)

L'alto è situato tra Villa Ripa e Chignola Alta, ed è legato alla possibile riattivazione di una paleofrana ben delineata dalle curve di livello.

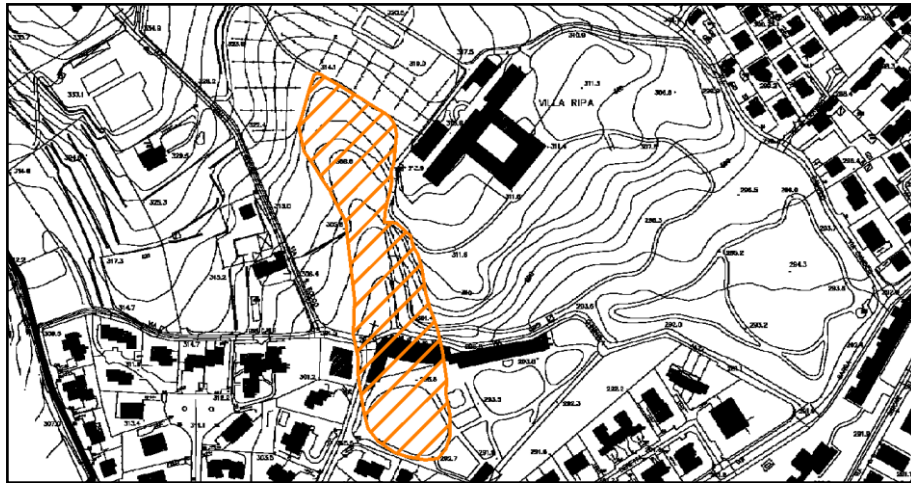


Figura 56 - Ambito di pericolosità elevata tra Villa Ripa e Chignola Alta



Figura 57 - Ambito di cui all'immagine precedente (da Google Street View)
La freccia rossa indica la direzione del movimento

Gli ambiti di pericolosità moderata, cioè quelli meno problematici, sono due, e sono stati perimetrati sul terreno durante i rilevamenti per lo studio geologico del P.G.T. Si tratta di due aree poste ad est di Birondina.

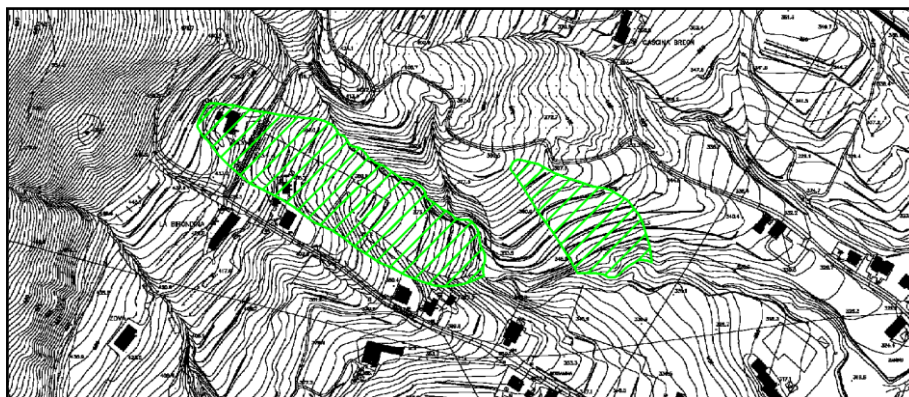


Figura 58 - Ambiti di pericolosità moderata ad est di Birondina



Figura 59 – Frana stabilizzata in località Birondina



Figura 60 - Frana stabilizzata tra Cascina Bregn e Bergamina

Le frane rappresentano forse il più classico dei dissesti idrogeologici; la loro significatività ai fini della protezione civile e della pianificazione territoriale è perciò del tutto evidente, se si considerano gli ovvi effetti di distruzione o danno a persone e cose che uno smottamento può causare. Meno evidenti, però, sono alcuni altri aspetti critici legati alle frane, che dovrebbero invece essere presi in adeguata considerazione.

Per esempio, le frane, anche qualora non colpiscano persone o edifici, possono interrompere servizi o sottoservizi essenziali quali tubazioni dell'acquedotto, elettrodotti o metanodotti, con tutte le conseguenze e i disagi del caso, specialmente in una situazione di emergenza, di maltempo o di stagione sfavorevole.

Possono inoltre interrompere strade o elementi della viabilità minore (sentieri, mulattiere), rendendo difficile il movimento dei mezzi di soccorso così come le operazioni di evacuazione.

Infine, spesso non si considera il cosiddetto “effetto diga” indotto da una frana quando questa va ad ostruire l'alveo di un corso d'acqua. A causa di questo fenomeno, smottamenti anche di dimensioni relativamente modeste e molto lontani dal centro abitato principale possono di fatto determinare situazioni di elevata pericolosità dei torrenti molto più a valle.

Il Piano Comunale di Emergenza deve tenere in debita considerazione i possibili eventi franosi, anche sulla base di questi aspetti.

4.3.5.2 Trasporto in massa (conoidi)

I fenomeni di trasporto in massa, generalmente chiamati debris flow, consistono nel trasporto di materiale solido da parte di un corso d'acqua in ambiente montano o collinare. Le morfologie progressivamente costruite da questi fenomeni sono i "conoidi", corpi sedimentari a forma di ventaglio situati allo sbocco delle valli, di norma in corrispondenza di un cambio di pendenza che diminuisce l'energia della colata detritica favorendone la deposizione.

Le caratteristiche di un debris flow, la sua intensità (magnitudo) e la possibilità stessa che un debris flow si verifichi, dipendono da una lunga serie di fattori: piovosità, dimensione del bacino idrografico, copertura vegetale, pendenza, permeabilità, disponibilità di detrito mobilizzabile.

Come per le frane, il P.A.I. suddivide anche i conoidi in base a "stati di attivazione" e al grado di protezione, secondo il seguente schema:

- Conoidi attivi non protetti (pericolosità molto elevata): interessati da notevoli episodi di alluvionamento negli ultimi 30 anni e privi di opere di difesa e sistemazione a monte.
- Conoidi attivi parzialmente protetti (pericolosità elevata): interessati da notevoli episodi di alluvionamento e parzialmente interessati da opere di difesa e sistemazione a monte.
- Conoidi completamente protetti o non recentemente attivatisi (pericolosità moderata): non interessati da significativi episodi di alluvionamento negli ultimi 30 anni, e/o completamente protetti da opere di difesa e sistemazione a monte.

Le problematiche di trasporto in massa su conoide affliggono la maggior parte dei comuni montani, anche della Val Seriana; nel territorio di Ranica, tuttavia, non sono particolarmente diffuse.

Gli unici due ambiti interessati da problemi di questo tipo sono posti rispettivamente in località Fornaci, lungo una valletta tributaria del Riolo, dove peraltro è stato eseguito dagli scriventi uno studio di approfondimento (con proposta di interventi di messa in sicurezza) in sede di P.G.T., e allo sbocco del Riolo nella Nesa.

Il conoide di Fornaci è stato zonizzato in tre ambiti a differente grado di pericolosità in seno al suddetto studio di approfondimento. Tali ambiti sono stati, naturalmente, ripresi tal quali nella cartografia di protezione civile.

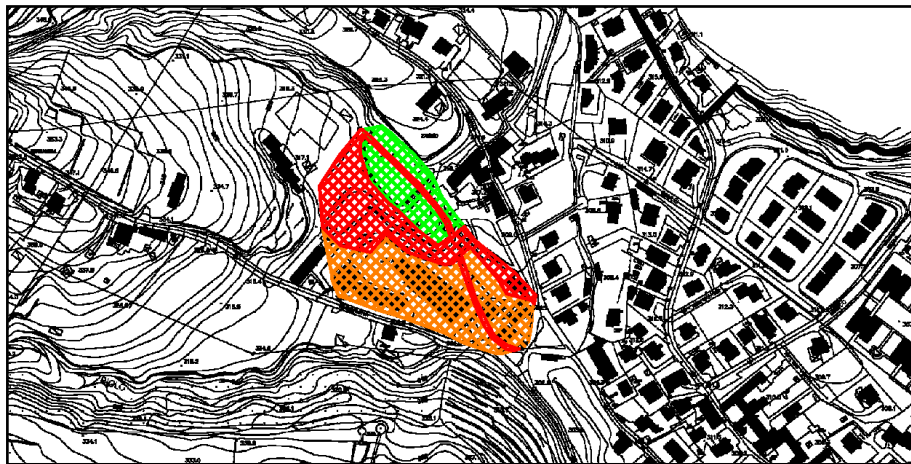


Figura 61 – Conoide in località Fornaci



Figura 62 – Conoide allo sbocco del Riolo nella Nesa

È evidente come i fenomeni di trasporto in massa, per loro stessa natura (si distinguono dalle semplici esondazioni perché coinvolgono non solo acqua, ma anche materiale solido), possano essere altamente disastrosi e, perciò, tra i fenomeni degni di maggiore attenzione ai fini della protezione civile in determinati contesti territoriali.

Non è questo, ad ogni modo, il caso di Ranica; nessuno dei due conoidi presenti sul territorio, infatti, presenta caratteristiche tali da destare grandi allarmismi, essendo legati a bacini idrografici modesti, con limitata disponibilità di materiale detritico mobilizzabile. Cionondimeno, non sono fenomeni da sottovalutare, perché sono comunque potenzialmente in grado di creare significativi problemi e, in casi eccezionali ma non impossibili, anche danni molto gravi.

Il conoide di Fornaci, in particolare, si colloca in una zona critica, dove più corsi d'acqua vengono tombottati, e possono facilmente essere ostruiti da una colata di detrito, con tutte le conseguenze del caso. Uno scenario di questo tipo va certamente preso in considerazione, almeno fintanto che non sono ancora stati realizzati gli interventi di messa in sicurezza previsti.

4.3.5.3 Esondazioni

Un altro fenomeno caratteristico del dissesto idrogeologico è l'esonazione, che prevede la fuoriuscita di un corso d'acqua dal proprio alveo e il conseguente alluvionamento dei terreni circostanti. Si distingue dai fenomeni di trasporto solido (debris flow) perché prevede solo l'esonazione da parte dell'acqua, e non di materiale detritico in quantità significativa.

Normalmente, le esondazioni fluviali e torrentizie sono scatenate da un evento piovoso eccezionale, ma possono essere provocate, o quanto meno favorite, anche da fattori naturali accidentali, come l'ostruzione dell'alveo per via di una frana, o da fattori antropici, come la presenza di tombotti sottodimensionati o ostruiti che inibiscono il regolare deflusso dell'acqua.

Giova peraltro ricordare come all'interno della voce "esonazione" non ricada esclusivamente la mera fuoriuscita dell'acqua dall'alveo, ma anche il dissesto torrentizio in senso lato, che comprende cioè i fenomeni di erosione spondale comunemente associati ai corsi d'acqua.

Le aree di possibile esonazione ed erosione vengono perimetrare sia con criteri geomorfologici, sia mediante studi idrologico-idraulici, che prendono in considerazione una lunga serie di parametri ed eseguono complesse elaborazioni.

Ai fini della protezione civile, è utile distinguere (come del resto fa il P.A.I.) innanzi tutto tra esondazioni fluviali, connesse cioè al Serio, e torrentizie, legate a tutti gli altri corsi d'acqua (suddivise a loro volta in erosione ed esondazioni). Il fenomeno è concettualmente identico, cambia soltanto l'ordine di grandezza del fenomeno. Per il Fiume Serio vigono le fasce fluviali di cui all'Elaborato 8, che nella cartografia di protezione civile, come si è visto, sono state associate ad altrettante classi di pericolosità. Per i torrenti, il P.A.I. distingue già delle aree di pericolosità (molto elevata, elevata, media o moderata), che sono state identicamente riprese nella cartografia di protezione civile.

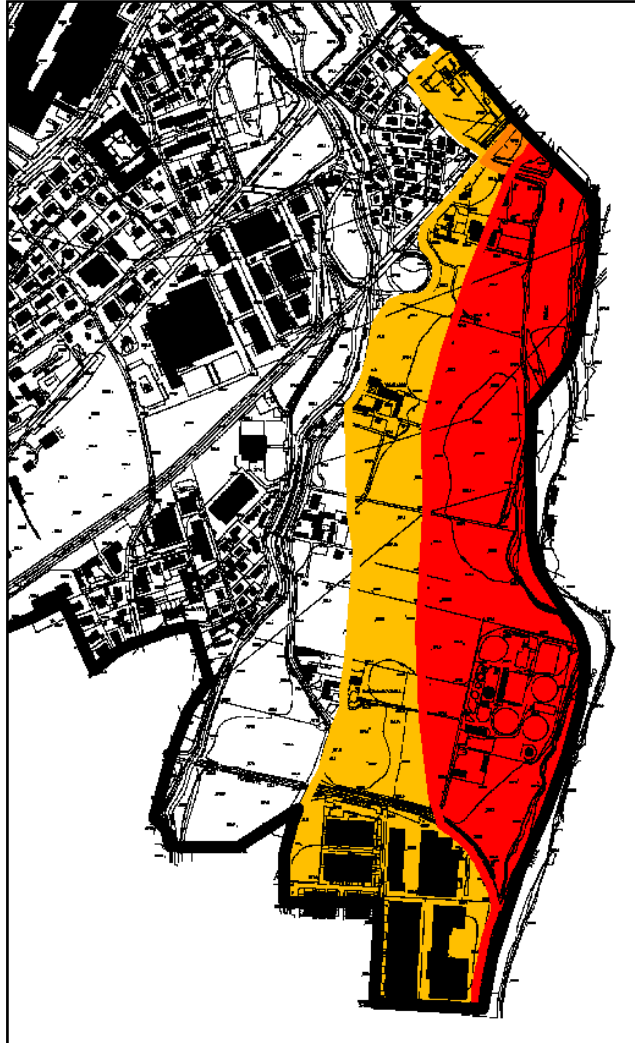


Figura 63 – Area a pericolosità di esondazione del Fiume Serio
Giallo: pericolosità media (fascia fluviale C) Arancio: pericolosità elevata (fascia fluviale B)
Rosso: pericolosità molto elevata (fascia fluviale A)

Per tutti i principali torrenti di Ranica, lo studio geologico propone delle aree a pericolosità di esondazione. Nella maggior parte dei casi, tali aree sono limitate all'alveo attivo ed alle sue pertinenze, sottolineando più che altro la possibilità che si verifichino dissesti spondali ed erosione accelerata. Alcune aree, tuttavia, comprendono anche porzioni di territorio esterne agli alvei, perché riconosciute come potenzialmente alluvionabili.



Figura 64 – Aree a pericolosità di esondazione lungo i torrenti di Ranica

Uno dei punti di maggiore criticità dal punto di vista esondativo è rappresentato dalla zona d'incrocio tra Via Bergamina, Via San Luigi, Via Trieste e Via Zanino Colle. In quest'area, come già accennato, confluiscono diversi corsi d'acqua (primo fra tutti il Riolo), che vengono tra l'altro tombottati al di sotto della sede stradale. Inoltre, quest'area è interessata anche dal conoide di Fornaci.

In caso di fenomeni piovosi eccezionali, in questa zona la situazione può diventare critica per il consistente e rapido apporto di acqua (ed eventualmente detriti), che molto probabilmente non può essere interamente smaltita dai tombotti, ed è costretta perciò a fuoriuscire invadendo la strada e le circostanti abitazioni.

Questo scenario deve certamente essere considerato ai fini della protezione civile, ed è forse il più significativo e probabile in termini di fenomeni esondativi.

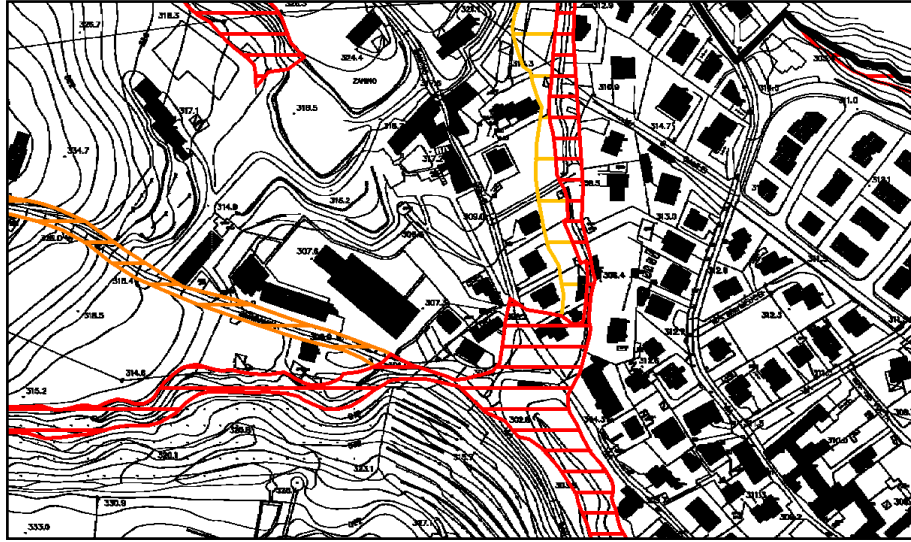


Figura 65 – Aree a pericolosità di esondazione appena sud di Fornaci (è stata nascosta, per maggiore chiarezza, la perimetrazione del conoide)

4.3.5.4 Verifiche idrauliche dei punti critici

Per approfondire ulteriormente e delineare meglio la problematica esondativa, si è proceduto ad eseguire alcune verifiche idrauliche su punti critici dei seguenti corsi d'acqua:

- Fiume Serio
- Torrente Nesa
- Torrente Riolo

Fiume Serio

Come precedentemente anticipato, l'analisi delle portate e delle possibili esondazioni del fiume Serio, nel tratto interessante la parte sud del limite comunale di Ranica, sono state ricercate all'interno dello lavoro redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (di seguito abbreviato con "AdBPo") nel luglio 2004: "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Serio da Parre alla confluenza in Adda*".

In tale studio viene effettuata un'approfondita analisi delle altezze di pelo libero e delle aree di esondazioni corrispondenti ottenute in diverse sezioni del corso d'acqua.

Le sezioni dello studio AdBPo ricadenti nel Comune di Ranica sono (da monte verso valle):

- Sez. 105
- Sez. 104_1
- Sez. 104
- Sez. 103



Figura 66 - Stralcio planimetrico con indicazione delle sezioni dello studio AdBPo.

Si riassumono nelle tabelle seguenti le quote idriche calcolate dallo studio dell'AdBPo, riferite alle sezioni di nostro interesse, per tempi di ritorno di 20, 200 e 500 anni. Si riporta inoltre la differenza tra la quota di pelo libero e la rispettiva altezza della sponda in destra idraulica (segnalato di seguito con Δ).

Tr 20 anni

Codice	Quota sponda destra	Quota di pelo libero (stato di fatto)	Δ
Sezione	(m slm)	(m slm)	(m)
105	270.59	267.36	3.23
104_1	270.03	267.01	3.02
104	271.33	266.00	5.33
103	268.92	265.51	3.41

Tr 200 anni

Codice	Quota sponda destra	Quota di pelo libero (stato di fatto)	Δ
Sezione	(m slm)	(m slm)	(m)
105	270.59	268.56	2.03
104_1	270.03	268.36	1.67
104	271.33	266.71	4.62
103	268.92	265.81	3.11

Tr 500 anni

Codice	Quota sponda destra	Quota di pelo libero (stato di fatto)	Δ
Sezione	(m slm)	(m slm)	(m)
105	270.59	269.15	1.44
104_1	270.03	268.97	1.06
104	271.33	267.04	4.29
103	268.92	265.92	3.00

I risultati mostrano che in tutte le sezioni la sponda destra riesce a mantenere confinata anche una portata avente un tempo di ritorno di 500 anni. I dati indicano inoltre che la sezione con il franco minore risulta essere la numero 104_1 (1,06 metri rispetto alla piena cinquecentennale). Tale sezione è ubicata tra Via Serio e l'impianto di depurazione delle acque.

Nello stralcio planimetrico redatto dall'AdBPo riportato di seguito sono indicate le aree di allagamento del Fiume Serio nel tratto interessante il Comune di Ranica: in

colore azzurro sono indicate le aree di allagamento per $Tr = 20$ anni, in colore blu quelle con $Tr = 200$ anni e in colore viola per $Tr = 500$ anni.

Nel caso di sovrapposizione di aree di allagamento aventi tempi di ritorno differenti, viene visualizzata quella con tempo di ritorno maggiore.



Figura 67 - Stralcio planimetrico AdBPo con indicazione delle aree di allagamento per diversi Tempi di ritorno.

Come già precedentemente esposto e, in base a quanto riportato nella planimetria seguente, il comune di Ranica non risulta essere interessato da piene con $Tr \leq 500$ anni.

Torrente Nesa

Per il torrente Nesa si sono individuate due situazioni particolarmente critiche per l'abitato di Ranica. Vista l'assenza di affluenti importanti tra le due sezioni considerate, si è calcolato un solo bacino idrografico (calcolato nella sezione più a valle) e quindi una sola portata valida per la verifica idraulica di entrambe le sezioni, in particolare:

1. Sezione "**Torrente Nesa 1**" in corrispondenza del ponte pedonale (ponte ad arco) di Via Saleccia; verso valle, in prossimità di tale attraversamento, è presente un ulteriore ponte carrabile, ma con sezione maggiore rispetto al ponte pedonale. Per tali ragioni è stato verificato il solo ponte ad arco.
2. Sezione "**Torrente Nesa 2**" in corrispondenza del ponte di Via Nesa (ponte ad arco).

Nello stralcio planimetrico riportato di seguito viene indicato il bacino idrografico (colore magenta) del torrente Nesa e le due sezioni individuate (colore rosso "Torrente Nesa 1" e colore verde "Torrente Nesa 2"):

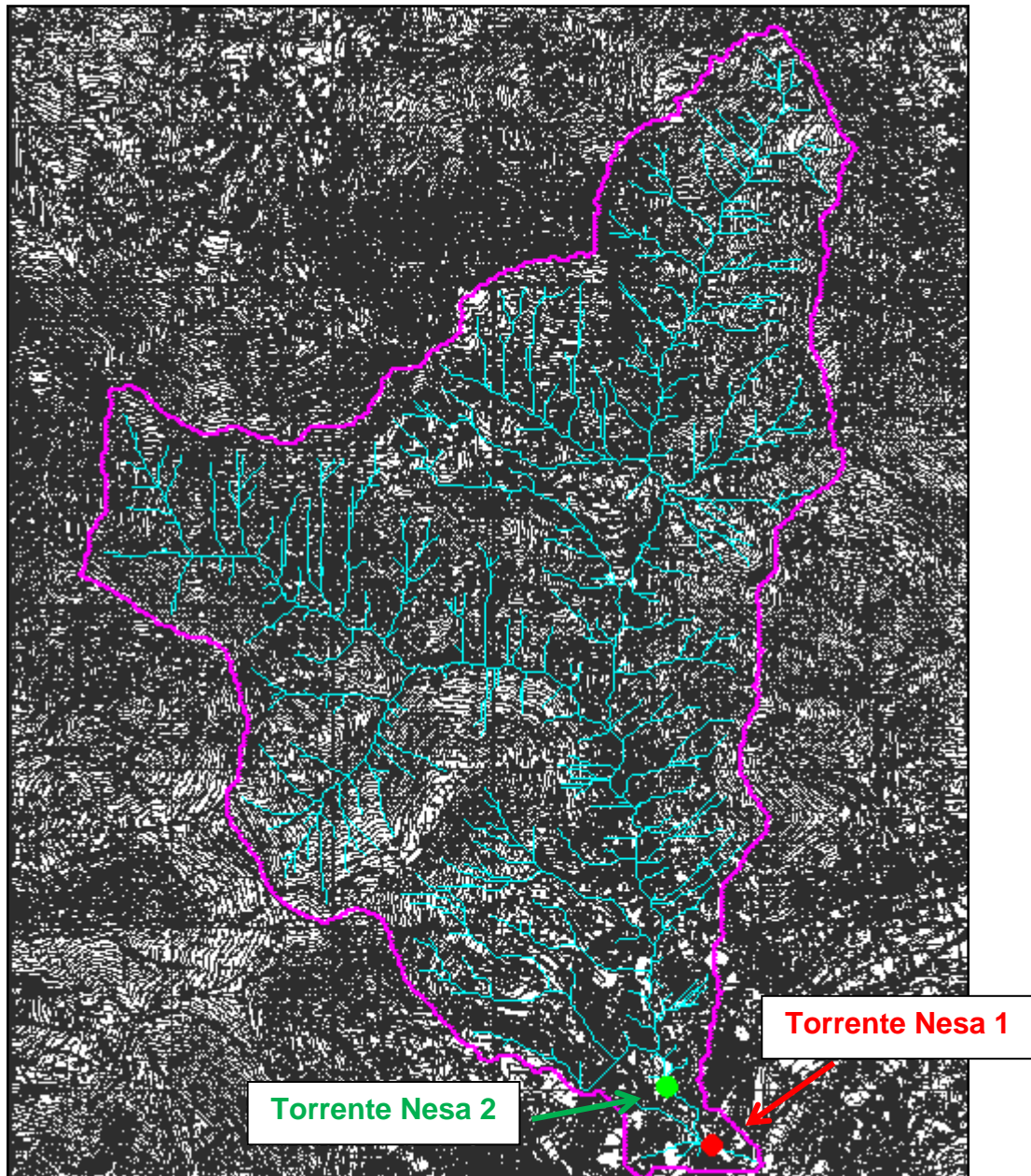


Figura 68 - Bacino idrografico (colore magenta) del torrente Nesa e le due sezioni individuate (colore rosso "Torrente Nesa 1" e colore verde "Torrente Nesa 2")

Una volta conosciuto i valori di portata al colmo del corso d'acqua è necessario procedere alla verifica a moto uniforme della compatibilità idraulica delle due sezioni oggetto di studio.

Si ritiene che per il caso in esame, visto che l'altezza del pelo libero serve per effettuare unicamente una verifica preliminare sulle capacità di smaltimento delle portate fluenti, il ricorso ad un modello a *moto permanente* non risulta indispensabile.

Tale calcolo è stato eseguito utilizzando la formula di resistenza di Gauckler – Strickler (o Manning) o quella di Bazin, che è una fra quelle che danno maggiore affidabilità per casi analoghi a quello da noi esaminato.

L'utilizzo della formula prevede la conoscenza di alcuni parametri di base quali:

- Le geometrie della sezione di verifica;
- Il valore di scabrezza adottato in funzione della tipologia di fondo alveo;
- La pendenza del tratto esaminato.

Sezione "Torrente Nesa 1"

Si riporta nella figura sottostante la sezione trasversale analizzata riferita al ponte pedonale di Via Saleccia con aggiunta dell'ostruzione dovuta ai sottoservizi presenti e del materiale depositato presente in alveo:

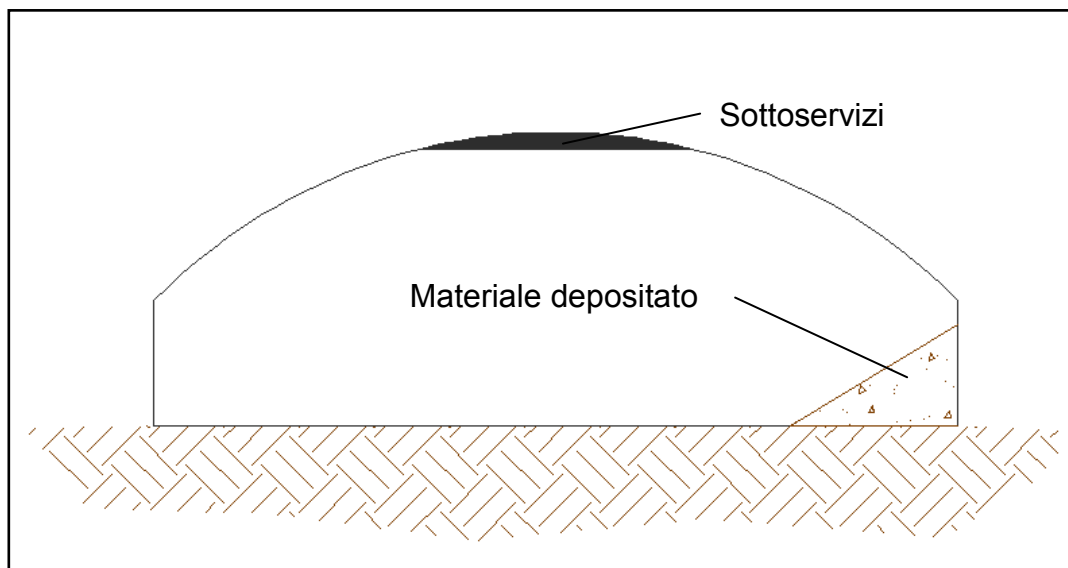


Figura 69 – Sezione "Torrente Nesa 1".

Come già anticipato, la verifica idraulica è stata svolta mediante moto uniforme (formula di Chezy):

$$Q_0 = A \cdot k_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Dove,

A = Area della sezione bagnata di verifica;

Ks = Coefficiente di scabrezza di Strickler;

R = Raggio idraulico;

i = Pendenza del tratto analizzato;

Nel caso in esame i dati inseriti per la stima dell'altezza di moto uniforme sono stati:

Q	90,00	[m ³ /s]
A	funzione di h ₀	[m ²]
Ks	30	[m ^{1/3} /s]
i	0,01	[m/m]
R	funzione di h ₀	[m]

Si precisa che i parametri considerati nella presente verifica idraulica (pendenza e scabrezza) sono stati scelti a favore di sicurezza.

In particolare la scabrezza delle pareti è stata considerata cautelativamente uguale al fondo alveo, simulando un degrado del materiale di rivestimento. Tale assunzione tiene in parte conto anche dell'aumento delle condizioni di scabrezza dovute al trasporto solido contenuto durante gli eventi di piena.

Il battente idrico è stato stimato quindi pari a:

h₀	2,80	[m]
----------------------	------	-----

Si precisa che la presente verifica idraulica è da considerarsi speditiva; per una maggiore analisi di dettaglio delle opere oggetto di studio potrebbe essere necessario l'utilizzo di un'analisi in moto permanente che metterebbe in luce eventuali comportamenti diversi del pelo libero (moto in pressione, presenza di salti idraulici, passaggi per lo stato critico,...).

Come si può dedurre anche dall'immagine seguente, la verifica idraulica speditiva mostra che il ponte è in grado di smaltire le **portate liquide** ($T_r = 100$ anni) in arrivo dal bacino di monte, con un franco idraulico di limitata altezza (circa 50 cm dalla volta del ponte). Colate detritiche e/o materiale vegetale in alveo potrebbero causare l'ostruzione del ponte, generando possibili esondazioni nella zona di Via Saleccia.

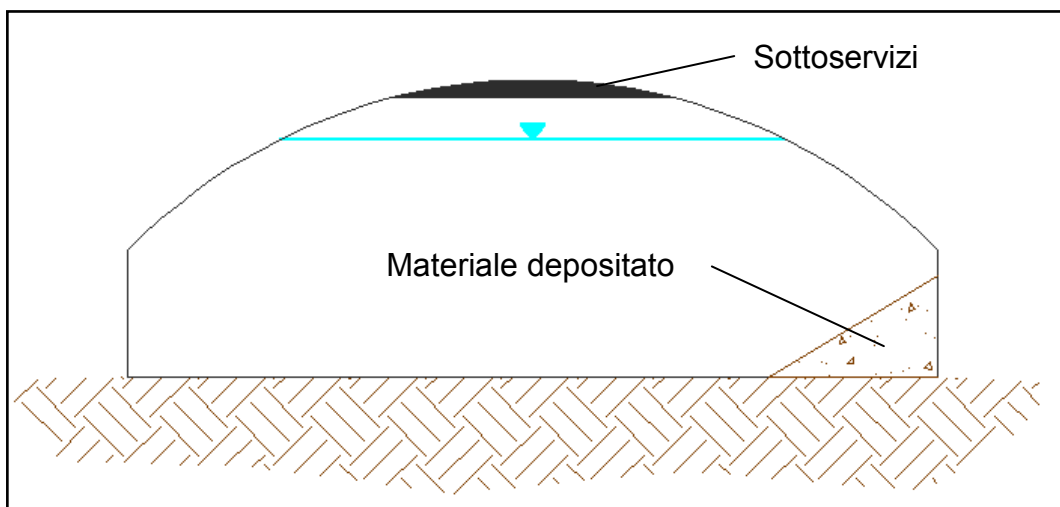


Figura 70 - Risultato verifica idraulica moto uniforme.

Sezione "Torrente Nesa 2"

Si riporta nella figura sottostante la sezione trasversale analizzata riferita al ponte ad arco di Via Nesa. Immediatamente a valle del ponte è presente un'ostruzione in cemento armato che va a ridurre quindi anche la sezione utile di monte.

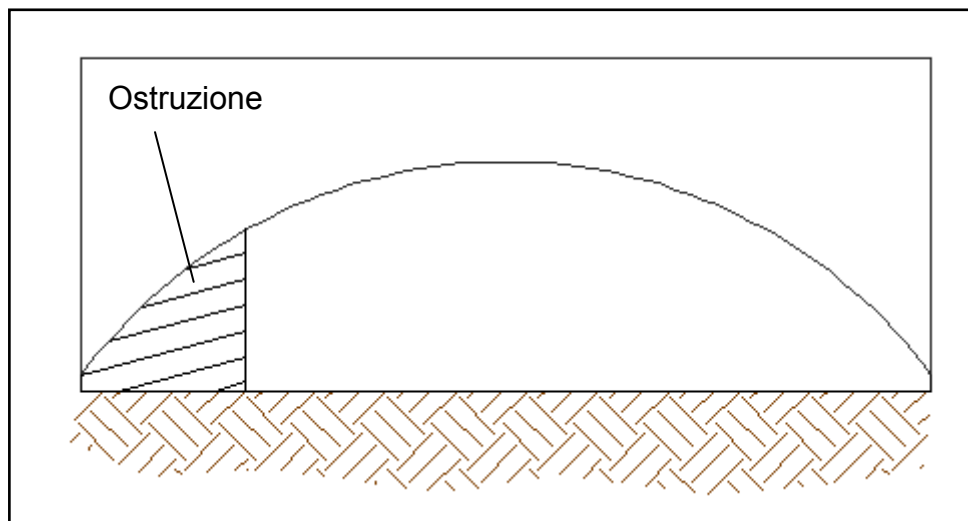


Figura 71 – Sezione "Torrente Nesa 2".

Nel caso in esame i dati inseriti per la stima dell'altezza di moto uniforme sono stati:

Q	90,00	[m ³ /s]
A	funzione di h_0	[m ²]
Ks	30	[m ^{1/3} /s]
i	0,01	[m/m]
R	funzione di h_0	[m]

Si precisa che i parametri considerati nella presente verifica idraulica (pendenza e scabrezza) sono stati scelti a favore di sicurezza.

In particolare anche in questo caso la scabrezza delle pareti è stata considerata cautelativamente uguale al fondo alveo, simulando un degrado del materiale di

rivestimento. Tale assunzione tiene in parte conto anche dell'aumento delle condizioni di scabrezza dovute al trasporto solido contenuto durante gli eventi di piena.

Si precisa che la presente verifica idraulica è da considerarsi speditiva; per una maggiore analisi di dettaglio delle opere oggetto di studio potrebbe essere necessario l'utilizzo di un'analisi in moto permanente che metterebbe in luce eventuali comportamenti diversi del pelo libero (moto in pressione, presenza di salti idraulici, passaggi per lo stato critico,...).

In questo caso la verifica speditiva indica che la luce del ponte non è in grado di smaltire a pelo libero la **portata liquida** in arrivo dal bacino di monte. In tale analisi non è stata valutata la capacità di smaltimento delle acque mediante moti in pressione e/o di sormonto del ponte, valutabile, come già accennato, mediante dettagliate verifiche idrauliche (verifiche a moto permanente).

Colate detritiche e/o materiale vegetale in alveo potrebbero causare l'ostruzione del tombotto, accrescendo le probabilità di esondazioni nella zona di Via Nesa.

Torrente Riolo

Vista l'individuazione di due situazioni particolarmente critiche per l'abitato di Ranica, si sono calcolati due rispettivi bacini idrografici e le corrispondenti portate al colmo (Tr = 100 anni), in particolare:

1. Sezione "**Torrente Riolo 1**" all'imbocco del tombotto situato in prossimità dell'intersezione tra Via Riolo e Via degli Alpini;
2. Sezione "**Torrente Riolo 2**" all'imbocco del tombotto situato vicino all'intersezione tra Via Bergamina e Via San Luigi.

Una volta conosciuto i valori di portata al colmo del corso d'acqua è necessario procedere alla verifica a moto uniforme della compatibilità idraulica delle due sezioni oggetto di studio.

Si ritiene che per il caso in esame, visto che l'altezza del pelo libero serve per effettuare unicamente una verifica preliminare sulle capacità di smaltimento delle portate fluenti, il ricorso ad un modello a *moto permanente* non risulta indispensabile.

Tale calcolo è stato eseguito utilizzando la formula di resistenza di Gauckler – Strickler (o Manning) o quella di Bazin, che è una fra quelle che danno maggiore affidabilità per casi analoghi a quello da noi esaminato.

L'utilizzo della formula prevede la conoscenza di alcuni parametri di base quali:

- Le geometrie della sezione di verifica;
- Il valore di scabrezza adottato in funzione della tipologia di fondo alveo;
- La pendenza del tratto esaminato.

Sezione "Torrente Riolo 1"

Si riporta nella figura sottostante la sezione trasversale analizzata riferita al tombotto situato in prossimità dell'intersezione tra Via Riolo e Via degli Alpini (è stata inserita la sezione più ristretta presente a circa 5 metri dall'imbocco del tombotto).

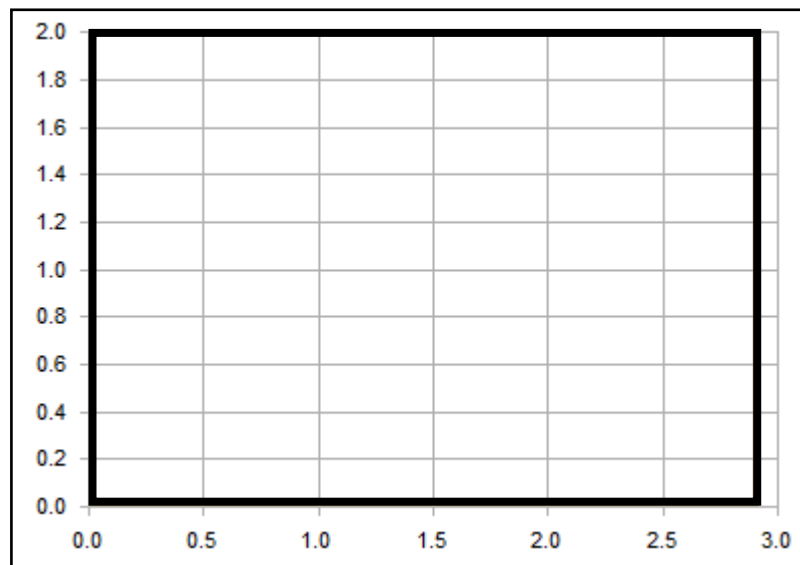


Figura 72 – Sezione "Torrente Riolo 1".

Come già anticipato, la verifica idraulica è stata svolta mediante moto uniforme (formula di Chezy):

$$Q_0 = A \cdot k_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Dove,

A = Area della sezione bagnata di verifica;

Ks = Coefficiente di scabrezza di Strickler;

R = Raggio idraulico;

i = Pendenza del tratto analizzato;

Nel caso in esame i dati inseriti per la stima dell'altezza di moto uniforme sono stati:

Q	9,00	[m ³ /s]
A	funzione di h_0	[m ²]
Ks	30	[m ^{1/3} /s]
i	0,01	[m/m]
R	funzione di h_0	[m]

Si precisa che i parametri considerati nella presente verifica idraulica (pendenza e scabrezza) sono stati scelti a favore di sicurezza.

In particolare anche in questo caso la scabrezza delle pareti è stata considerata cautelativamente uguale al fondo alveo, simulando un degrado del materiale di rivestimento. Tale assunzione tiene in parte conto anche dell'aumento delle condizioni di scabrezza dovute al trasporto solido contenuto durante gli eventi di piena.

Il battente idrico è stato stimato quindi pari a:

h_0	1,31	[m]
-------------------------	------	-----

Si precisa inoltre che la presente verifica idraulica è da considerarsi speditiva; per una maggiore analisi di dettaglio delle opere oggetto di studio potrebbe essere necessario l'utilizzo di un'analisi in moto permanente che metterebbe in luce eventuali comportamenti diversi del pelo libero (moto in pressione, presenza di salti idraulici, passaggi per lo stato critico,...).

Come si può dedurre dall'immagine seguente, la verifica idraulica speditiva mostra che il tombotto è in grado di smaltire le **portate liquide** (Tr =100 anni) in arrivo dal bacino di monte senza produrre moti in pressione, seppur con un limitato franco di sicurezza.

Colate detritiche e/o materiale vegetale in alveo potrebbero però causare l'ostruzione del tombotto, generando probabili esondazioni nella zona di Via Riolo.

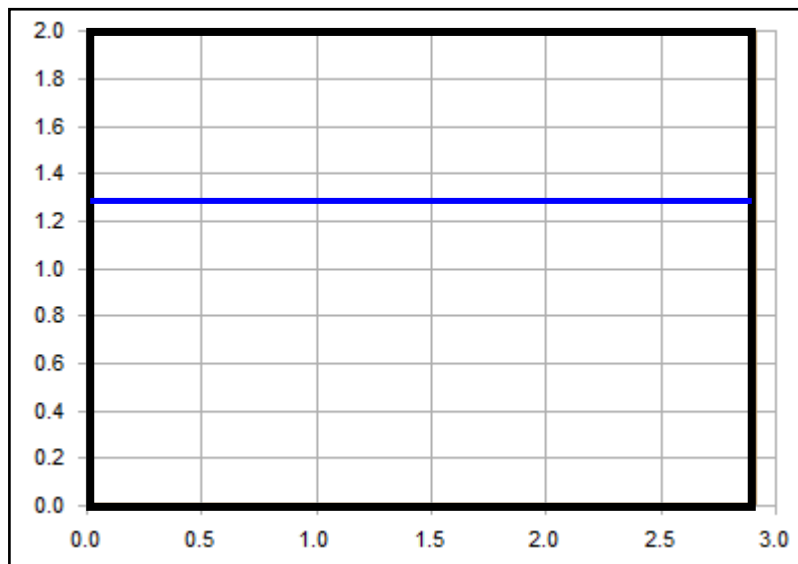


Figura 73 - Risultato verifica idraulica moto uniforme.

Per tale ragione è stato valutato in apposito elaborato uno specifico scenario di rischio per l'esondazione del Torrente Riolo - Sezione "1".

Sezione "Torrente Riolo 2"

Si riporta nella figura sottostante la sezione trasversale analizzata riferita al tombotto situato in prossimità dell'intersezione tra Via Bergamina e Via San Luigi.

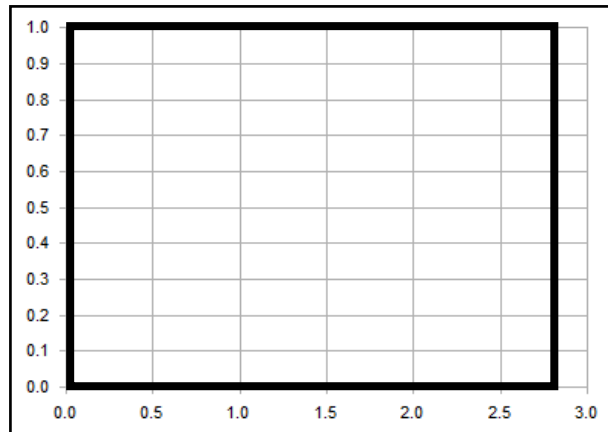


Figura 74 – Sezione "Torrente Riolo 2".

Nel caso in esame i dati inseriti per la stima dell'altezza di moto uniforme sono stati:

Q	5,00	[m ³ /s]
A	funzione di h_0	[m ²]
Ks	30	[m ^{1/3} /s]
i	0,01	[m/m]
R	funzione di h_0	[m]

Si precisa che i parametri considerati nella presente verifica idraulica (pendenza e scabrezza) sono stati scelti a favore di sicurezza.

In particolare anche in questo caso la scabrezza delle pareti è stata considerata cautelativamente uguale al fondo alveo, simulando un degrado del materiale di rivestimento. Tale assunzione tiene in parte conto anche dell'aumento delle condizioni di scabrezza dovute al trasporto solido contenuto durante gli eventi di piena.

Il battente idrico è stato stimato quindi pari a:

h_0	0,89	[m]
-------	------	-----

Si precisa inoltre che la presente verifica idraulica è da considerarsi speditiva; per una maggiore analisi di dettaglio delle opere oggetto di studio potrebbe essere necessario l'utilizzo di un'analisi in moto permanente che metterebbe in luce eventuali comportamenti diversi del pelo libero (moto in pressione, presenza di salti idraulici, passaggi per lo stato critico,...).

Come si può dedurre dall'immagine seguente, le verifiche idrauliche speditive mostrano che il tombotto è in grado di smaltire le **portate liquide** ($Tr = 100$ anni) in arrivo dal bacino di monte senza produrre moti in pressione, seppur con un ridotto franco idraulico.

Colate detritiche e/o materiale vegetale in alveo potrebbero causare però l'ostruzione del tombotto, generando probabili esondazioni nella zona di Via Bergamina. Tale zona risulta ulteriormente aggravata dal fatto che la strada comunale si trova in leggera contropendenza e quindi, nel caso di esondazione, l'acqua fuoriuscita dal torrente non troverebbe sfogo verso valle, andandosi ad accumulare nel territorio circostante.

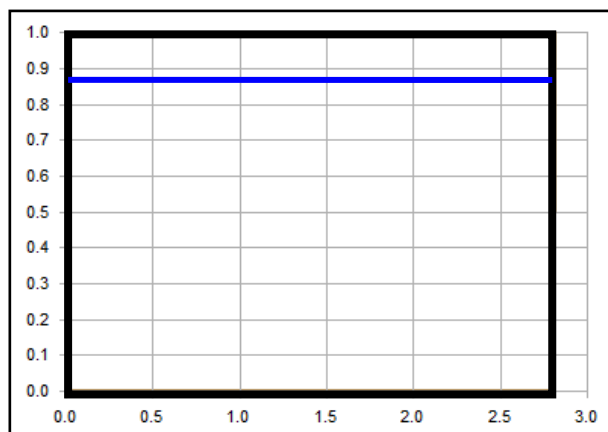


Figura 75 - Risultato verifica idraulica moto uniforme.

Per tale ragione è stato valutato in apposito elaborato uno specifico scenario di rischio per l'esondazione del Torrente Riolo - Sezione "2".

4.3.5.5 Valanghe

Le valanghe vengono inserite nel grande gruppo dei dissesti idrogeologici, tanto è vero che anche gli studi geologici comunali e gli strumenti della pianificazione sovraordinata (ivi incluso il P.A.I.) le considerano come “aree di dissesto”.

Il territorio di Ranica, in considerazione delle quote basse dei suoi rilievi, peraltro estesamente coperti dalla vegetazione, non presenta nessun fenomeno valanghivo significativo. Non vi sono valanghe segnalate nello studio geologico comunale, che tiene conto sia dei dati di terreno, sia del SIRVAL¹⁰.

Quindi, al di là di eventuali episodi valanghivi del tutto sporadici, localizzati e modesti, che non rivestono importanza ai fini della protezione civile, la pericolosità da valanga nel territorio comunale è da considerarsi molto bassa o nulla.

¹⁰ Sistema Informativo Regionale Valanghe della Regione Lombardia.

4.4 Pericolosità sismica

4.4.1 Premessa

Con l'entrata in vigore della L.R. 12/2005, l'analisi sismica dei territori comunali è divenuta obbligatoria in sede di redazione degli studi geologici.

Il territorio nazionale è stato suddiviso, nel 2003, in quattro categorie sismiche, a pericolosità decrescente dalla 1 alla 4. Ogni comune italiano rientra in una di queste categorie, a seconda della situazione sismica locale. Comuni in zone fortemente sismiche o vulcaniche rientreranno in categoria 1 o 2; comuni posti in aree stabili rientreranno in categoria 4, e quelli intermedi nella 3.

In provincia di Bergamo, solo pochissimi comuni rientrano nella categoria 2; la maggior parte ricade nella 4, e un buon numero nella 3. Ranica fa parte di quest'ultimo gruppo, quindi può essere considerato un comune a pericolosità sismica media.

È importante sottolineare come questa suddivisione in classi da 1 a 4 dei comuni rappresenti soltanto un primo step di individuazione della pericolosità sismica, effettuato a livello nazionale. Per definire i singoli ambiti di pericolosità all'interno di ogni comune, si eseguono invece analisi più specifiche.

Proprio grazie all'analisi sismica di dettaglio eseguita in sede di P.G.T., infatti, è possibile individuare le problematiche di amplificazione locale, definendo quindi in modo molto accurato quale potrebbe essere la risposta sismica delle singole parti del territorio in caso di terremoto. Le onde sismiche, infatti, non si propagano sempre allo stesso modo, ma si comportano diversamente a seconda del materiale in cui viaggiano e delle condizioni topografiche. Queste caratteristiche – litologie e morfologie – danno luogo a fenomeni di amplificazione che è possibile identificare e perimetrare.

4.4.2 Zonizzazione della pericolosità sismica

L'analisi sismica di Ranica è stata eseguita dai Dott. Geol. Michela Pecchio e Gianluigi Nozza, che hanno provveduto sia a predisporre l'analisi di 1° livello (che prevede l'identificazione e la cartografia delle diverse zone di amplificazione sismica, sia di tipo litologico che morfologico o d'altro tipo), sia ad effettuare l'analisi di 2° livello (che prevede elaborazioni più specifiche) anche mediante indagini geofisiche sul terreno (tomografie digitali). Con le loro analisi, hanno identificato le varie zone di amplificazione sismica sul territorio, così definite:

- Z1: zone di amplificazione legate ai movimenti franosi
- Z2: zone di amplificazione legate a terreni scadenti
- Z3: zone di amplificazione legate a situazione topografiche (creste e scarpate)
- Z4: zone di amplificazione legate a particolari tipi di terreno

Inoltre, per le zone di amplificazione morfologica per cresta e cocuzzolo (Z3), i professionisti hanno individuato, mediante analisi di 2° livello, le aree in cui il fattore di amplificazione locale è superiore al fattore soglia comunale, e quindi lo spettro della normativa è insufficiente a tenere in considerazione i fenomeni di amplificazione sismica.

Senza entrare troppo nei dettagli tecnici e scientifici di questi approfondimenti, si consideri, ai fini della protezione civile, il seguente schema di attribuzione della pericolosità ai vari ambiti sismici individuati. Le associazioni tra fenomeni di amplificazione sismica e gradi di pericolosità sono state effettuate dagli scriventi in base alla tipologia di fenomeni, alle condizioni specifiche di Ranica, all'esperienza ed al buon senso.

AMBITO DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE		GRADO DI PERICOLOSITÀ CORRISPONDENTE
Effetto di instabilità per frane attive (Z1a)		Molto elevata
Effetto di instabilità per frane quiescenti (Z1b)		Elevata
Effetto di instabilità per frane stabilizzate o pendenze elevate (Z1c)		Media
Effetto di cedimento/liquefazione per terreni scadenti (Z2)		Media
Effetto di amplificazione litologica per terreni fluvioglaciali o alluvionali nel fondovalle (Z4a)		Moderata
Effetto di amplificazione topografica per creste (Z3a) – zone con F_a calcolato $>$ F_a soglia		Molto elevata

Figura 76 – Corrispondenza tra gli ambiti di amplificazione sismica locale e i gradi di pericolosità

Nella cartografia allegata, il territorio è suddiviso secondo i gradi di pericolosità sismica di cui alla tabella sopra. Per semplicità, ambiti afferenti a fenomeni diversi ma dotati dello stesso grado di pericolosità (ad esempio, Z1c e Z2) sono stati accorpati.

In pratica, gli ambiti di pericolosità sismica sono quelle aree del territorio dove, in caso di terremoto, l'onda sismica può essere amplificata dalle condizioni locali, e quindi risultare più pericolosa (perché, ad esempio, innesca una frana, induce liquefazione del terreno o colpisce più intensamente gli edifici).

Conoscere la distribuzione di queste aree rappresenta dunque il primo passo verso una comprensione della vulnerabilità sismica del territorio.

4.4.3 Rapporti tra pericolosità sismica e strutture edificate

Il secondo passo è, invece, capire come queste aree interagiscono con l'edificato. Non è possibile conoscere con accuratezza i particolari costruttivi di ogni singolo edificio, anche se è ipotizzabile che buona parte del comparto urbano, ad eccezione forse delle strutture più recenti, non risponda a rigorosi criteri di progettazione antisismica.

Alcuni ambiti che è tuttavia possibile verificare con una certa facilità sono i nuclei di antica formazione, che vengono infatti evidenziati nella cartografia predisposta in sovrapposizione alla pericolosità sismica.

Gli edifici e i borghi storici, infatti, non essendo stati quasi certamente realizzati con criteri antisismici, rappresentano indubbiamente ambiti di peculiare criticità in caso di eventi tellurici significativi.

In pratica, per essere chiari, in caso di terremoto è più probabile che i nuclei e gli edifici di antica formazione subiscano più danni rispetto agli edifici più recenti, specialmente quando sono inseriti in ambiti di pericolosità media.

Dall'analisi della cartografia, si possono dunque fare alcune semplici ma significative considerazioni:

- Quasi tutto il territorio di Ranica ricade in aree con un qualche grado di pericolosità sismica per effetto di amplificazione locale. Ciò non deve stupire, se si considera che il comune ricade in zona sismica 3, quindi con pericolosità complessiva media.
- Le aree a pericolosità sismica locale molto elevata sono poche e scarsamente interferenti con strutture edificate, con però la notevole eccezione del Colle, dove sono tra l'altro presenti numerosi edifici, alcuni dei quali di carattere commerciale (Villa Pighet).

- Le aree a pericolosità sismica locale elevata sono poche e limitate.
- Le aree a pericolosità sismica locale media occupano tutta la fascia intermedia del territorio, e la maggior parte del centro abitato.
- Le aree a pericolosità sismica locale moderata occupano tutto il fondovalle terrazzato, buona parte del centro abitato e la maggior parte del comparto artigianale e industriale.
- Tutti i nuclei di antica formazione, ad eccezione della Cascina Bregn, ricadono in ambiti pericolosi dal punto di vista sismico. In particolare, quasi tutti (incluso il centro storico) ricadono in ambiti di pericolosità media; solo uno in pericolosità elevata, nessuno in molto elevata, parecchi in moderata (ad esempio Viandasso e Saleccia).

Per l'ubicazione esatta delle aree di pericolosità sismica locale e per la loro interferenza con le strutture antropiche, si rimanda alla cartografia specifica. Di seguito si evidenziano solo alcuni dei casi di interferenza più significativi, a titolo di esempio.

I nuclei di antica formazione del centro storico, di Borgosale, di Zanino, di Valledonata, di Chignola Bassa – Tezze, ed infine quello a nord di Birondina ricadono tutti in ambiti a pericolosità media.

Il nucleo storico di Chignola Alta, invece, si colloca tra gli ambiti di pericolosità media, elevata e molto elevata, mentre il nucleo tra Birondina e Bergamina è parzialmente interferente con un ambito di pericolosità elevata.

Gli altri nuclei storici ricadono in ambiti di pericolosità locale bassa, oppure in ambiti privi di effetti di amplificazione sismica.

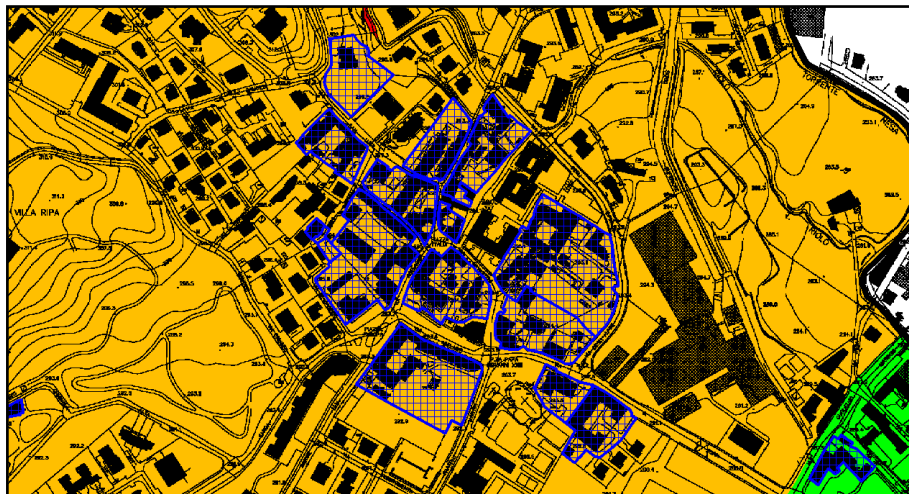


Figura 77 - Nuclei di antica formazione del centro storico

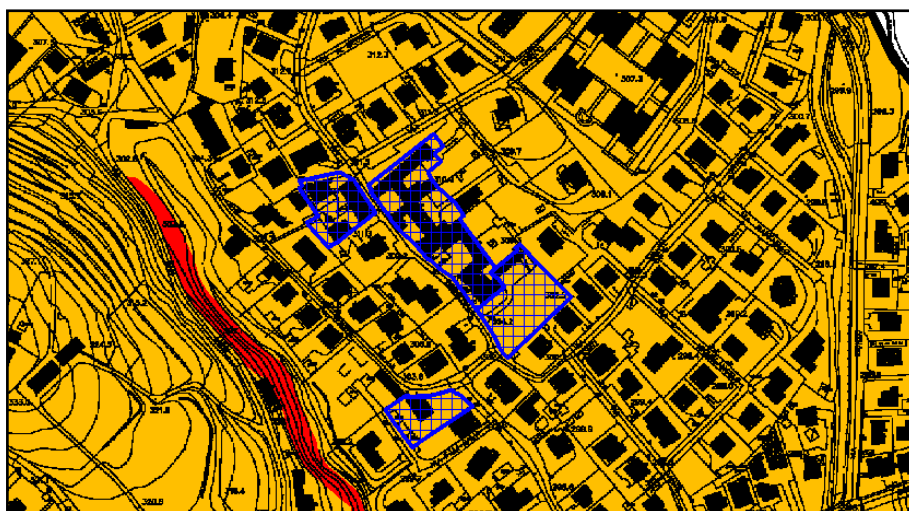


Figura 78 - Nuclei di antica formazione di Borgosale

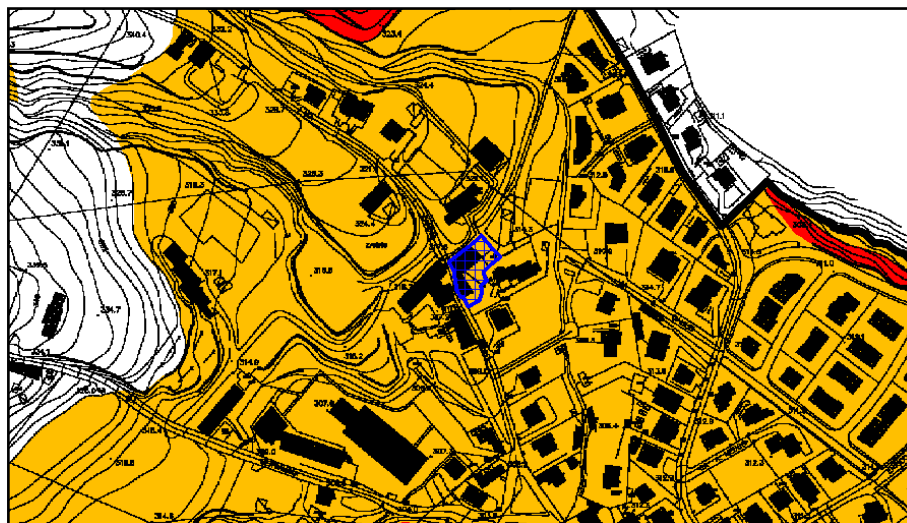


Figura 79 - Nuclei di antica formazione di Borgosale

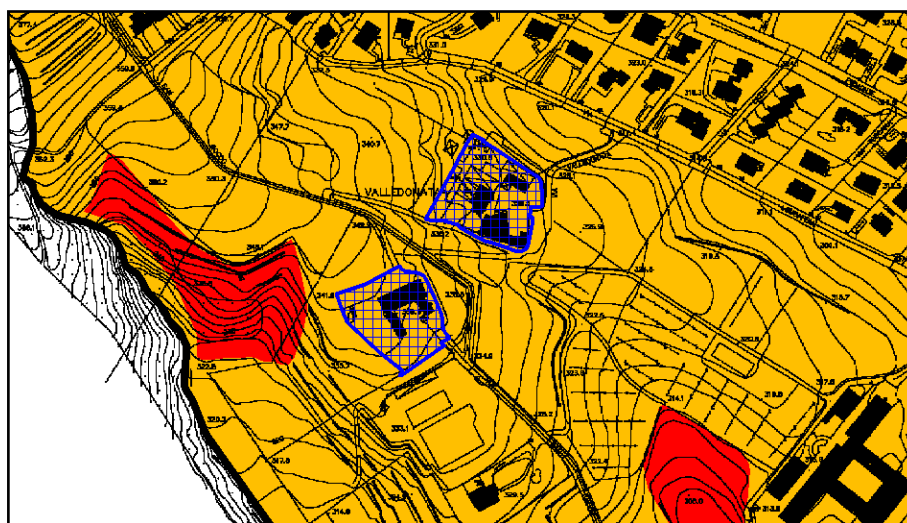


Figura 80 - Nuclei di antica formazione di Valledonata

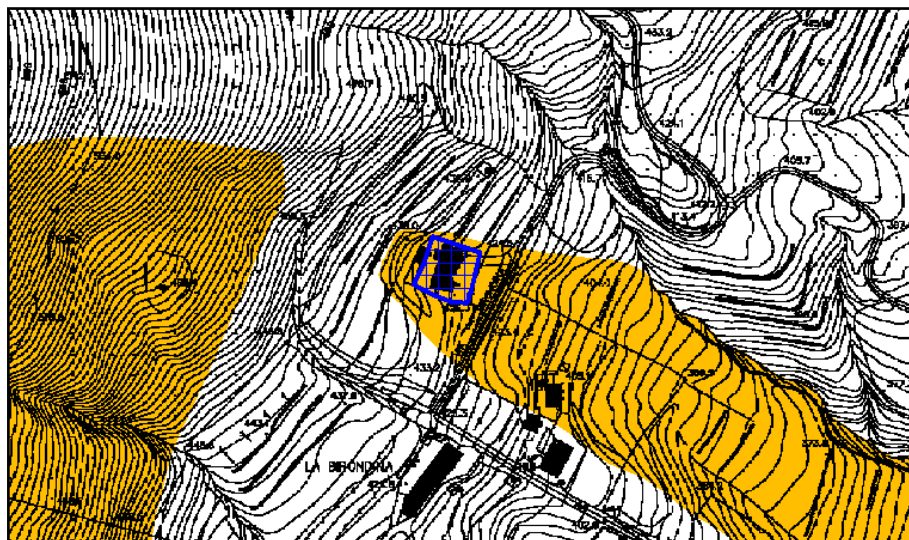


Figura 81 - Nuclei di antica formazione a nord di Birondina

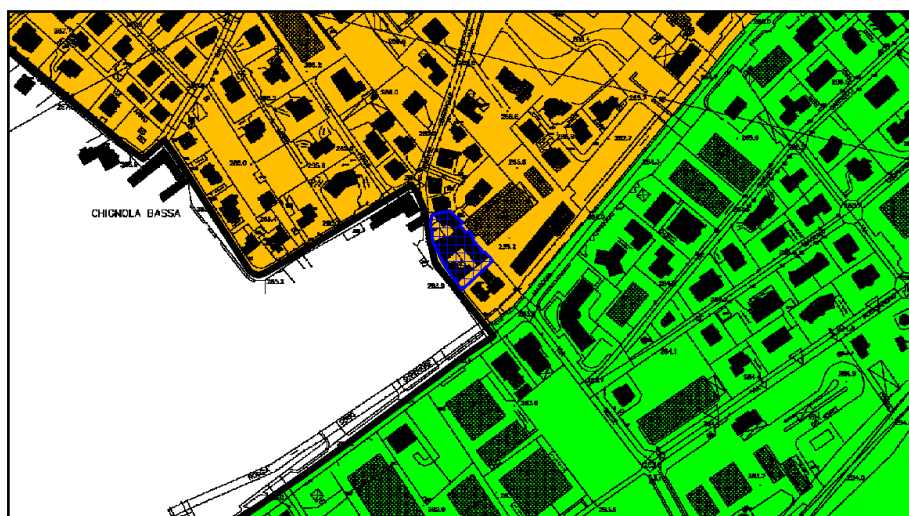


Figura 82 - Nuclei di antica formazione a Chignola Bassa – Tezze

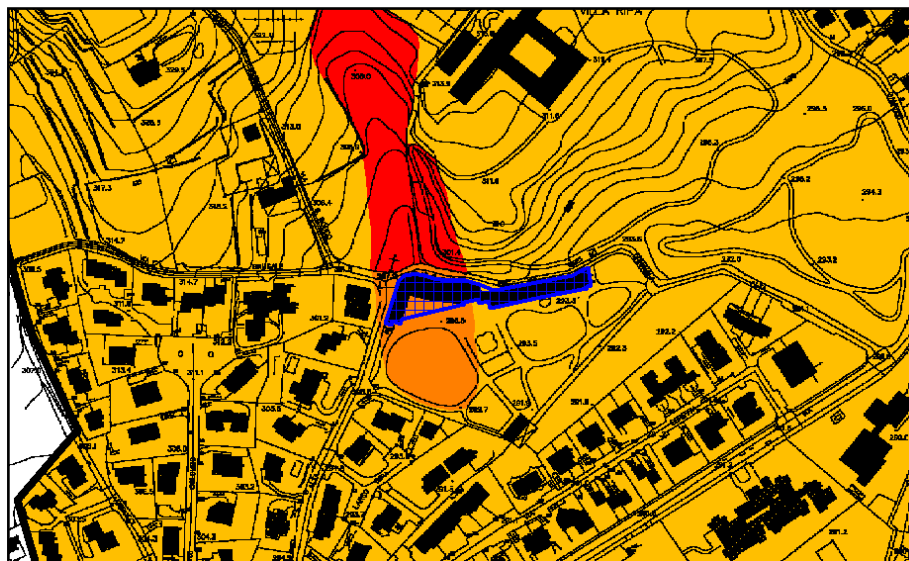


Figura 83 - Nuclei di antica formazione di Chignola Alta

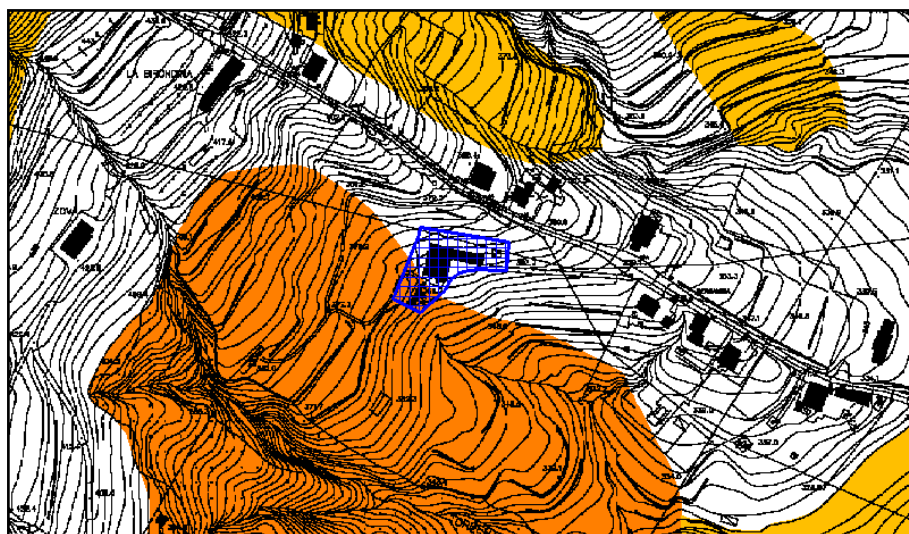


Figura 84 - Nuclei di antica formazione tra Birondina e Bergamina

L'area del Colle di Ranica, invece, è l'unica posta in pericolosità sismica locale molto elevata di grande estensione areale e con significative interferenze sulle strutture antropiche.

In questa zona, però, quanto meno non sono presenti nuclei di antica formazione, il che riduce il fattore di rischio.

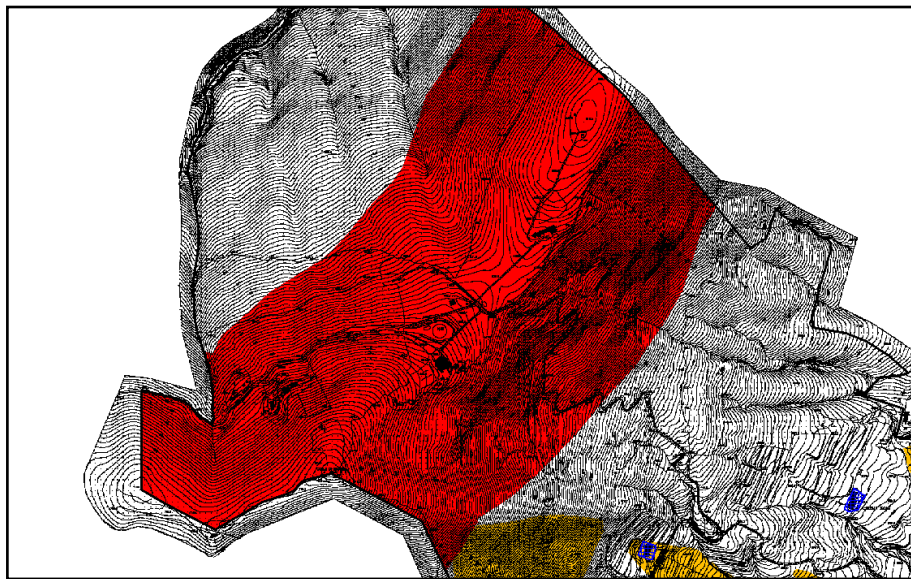


Figura 85 – La fascia di territorio caratterizzata da pericolosità sismica locale molto elevata, che corrisponde alla cresta del Colle di Ranica e ad una larga fetta dei suoi versanti nord e sud

4.5 Pericolosità da incendio boschivo

4.5.1 Premessa

Il rischio di incendi boschivi è condizionato dalla presenza di alcuni fattori favorevoli al loro innesco e propagazione. In Lombardia il periodo di maggiore pericolosità per questo tipo di rischio si colloca statisticamente in inverno – primavera (da dicembre a maggio) più frequentemente tra gennaio e aprile.

In tale periodo la necromassa (massa vegetale secca) si trova nelle condizioni più favorevole per la combustione; inoltre sono più frequenti le situazioni di vento forte che si determinano in un regime di correnti settentrionali (Föhn). Infine anche la scarsità di precipitazioni, nel medio-lungo periodo, predispone al pericolo di incendi boschivi.

L'analisi del Piano di Indirizzo Forestale (PIF) della Provincia di Bergamo sottolinea come le aree di competenza forestale provinciali non siano particolarmente soggette a rischio incendio boschivo. Tale analisi deriva dall'incrocio dei dati storici di accadimento degli incendi boschivi con la predisposizione a tali eventi dei soprassuoli forestali esistenti.

L'analisi dell'archivio storico incendi della Regione Lombardia conferma la mancanza di eventi significativi nell'ultimo decennio sul territorio forestale di competenza provinciale.

Da un confronto con i referenti delle squadre AIB provinciali emerge che i boschi di competenza provinciale sono estremamente ricchi di materiale vegetale secco presente in grossa quantità anche causa abbandono.

Inoltre appare sempre più evidente che, il rischio incendi sta subendo alcune modifiche legate all'alternanza di periodi siccitosi a periodi di forte piovosità: nei periodi siccitosi molte delle cause, tra cui i fuochi di ripulitura o inneschi involontari (salvo l'attività di piromani) possono provocare l'avvio di incendi tanto più difficilmente estinguibili quanto più aumenta la quantità di materiale combustibile presente sul soprassuolo e quanto più difficoltoso è il raggiungimento delle zone interessate dall'innesco e dallo sviluppo dell'incendio medesimo.

L'esperienza suggerisce quindi cautela nel giudicare basso il pericolo d'incendio utilizzando semplicemente i dati storici e di predisposizione dei soprassuoli, e sottolinea sia l'importanza della prevenzione (attraverso la quale valorizzare l'attività delle squadre di volontariato), sia la disponibilità di risorse idriche e la predisposizione di strutture e azioni atte a favorire gli interventi di spegnimento aereo.

4.5.2 Le zone omogenee per la pericolosità da incendio boschivo

Il territorio regionale è stato suddiviso dalla Regione Lombardia in zone omogenee di allerta, che sono ambiti territoriali sostanzialmente uniformi riguardo gli effetti al suolo. La distinzione in zone deriva dall'esigenza di attivare risposte omogenee e adeguate a fronteggiare i rischi per la popolazione, per il contesto sociale e per l'ambiente naturale.

La classificazione della aree e dei Comuni considerati a rischio in regione Lombardia è desunta dal Piano regionale delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi (AIB).

Come si evince dallo stralcio cartografico seguente, il Comune di Ranica risulta appartenere alla zona omogenea F8 (Basso Serio - Sebino).

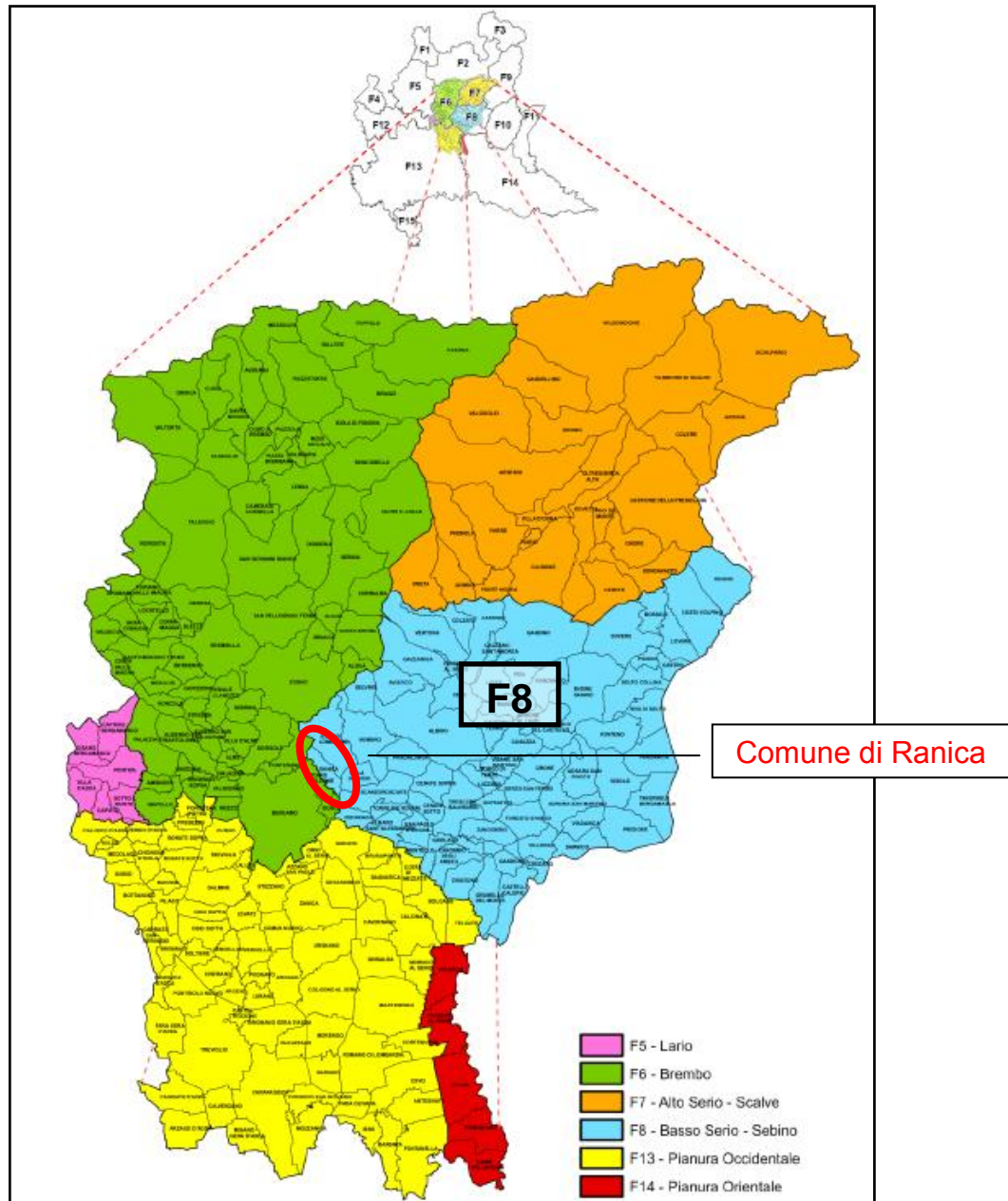


Figura 86 - Le zone omogenee di allertamento

4.5.3 La pericolosità degli incendi boschivi del Comune di Ranica

All'interno dello studio "*Piano Regionale delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi - Regione Lombardia 2009*" viene discussa e proposta la classe di rischio dei Comuni della Regione Lombardia. In tale relazione tecnica viene inoltre precisato che l'utilizzo della terminologia "*Classi di rischio*" non è propriamente corretta in quanto nello studio non è stata effettuata un'analisi di vulnerabilità (che concorre alla stima del rischio complessivo). Per tali ragioni si dovrebbe parlare di *pericolosità* e non di *rischio*. Per mantenere una terminologia comune con le precedenti edizioni, gli autori del Piano della Regione Lombardia hanno deciso di mantenere comunque la terminologia "classi di rischio".

L'obiettivo è quello di pervenire a una classificazione del rischio che sia funzione sia della statistica degli eventi pregressi, sia della suscettibilità del territorio a essere soggetto al fenomeno degli incendi. L'applicazione della metodologia consente di pervenire alla definizione della pericolosità di incendio boschivo, intesa come probabilità di accadimento del fenomeno connessa alle caratteristiche del territorio e dell'incidenza del fenomeno nel passato.

Per quanto concerne l'**analisi statistica** sono condotte elaborazioni sul territorio delle unità territoriali di riferimento al fine di esplicitare il *profilo pirologico* (numero incendi, superficie totale, superficie bruciabile, superficie boscata percorsa dal fuoco, superficie mediana totale percorsa dal fuoco).

La **suscettibilità del territorio** è invece definita mediante l'analisi di fattori ritenuti rilevanti per l'innesco dell'incendio e la sua propagazione.

L'output delle analisi condotte porta alla definizione di 5 classi di rischio per i Comuni.

Gli indici che concorrono alla definizione del potenziale pirologico delle unità territoriali di riferimento sono:

- Numero di incendi boschivi che si verificano in media all'anno nel comune o nell'Area di Base ogni 10 km² di territorio bruciabile. Esprime la misura della concentrazione media degli incendi nel territorio ed è rapportata all'unità di tempo (un anno) ed all'unità di spazio.
- Superficie mediana percorsa dal fuoco ponderata sul numero degli incendi. Rappresenta il valore di superficie percorsa al di sotto della quale si colloca il 50% degli eventi. Nell'analisi di distribuzioni asimmetriche, quale appunto quella degli incendi boschivi considerata, la mediana esprime più della media aritmetica il fenomeno medio e descrive, pertanto, la superficie dell'incendio "tipo". Il dato della superficie mediana è stato ponderato sul numero degli incendi per ridimensionare il dato in corrispondenza di un ridotto numero di eventi.
- Superficie boscata annualmente percorsa dal fuoco. Esprime il valore di superficie boscata percorsa all'anno dal fuoco.

Nello stralcio cartografico riportato di seguito si riporta la mappatura degli incendi boschivi dal 1999 al 2008.

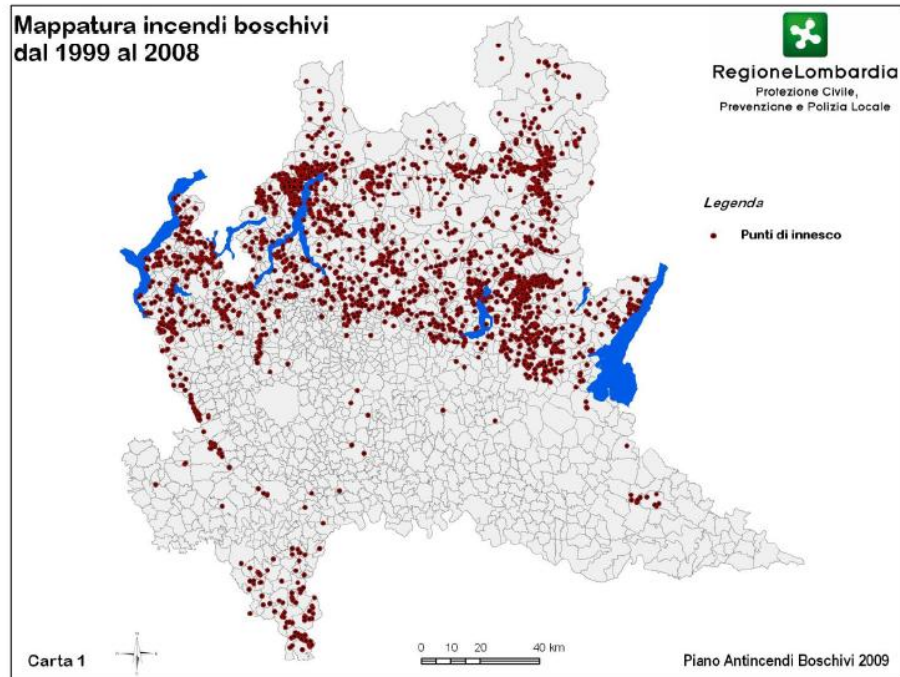


Figura 87 - Mappatura incendi boschivi dal 1999 al 2008. Fonte Piano AIB Regione Lombardia 2009.

Si riporta nella tabella seguente i dati riferiti al comune oggetto di studio e lo stralcio planimetrico della cartografia a scala regionale (e dettaglio del comune di Ranica) riferita alle classe di rischio di incendi boschivi:

Comune	Superficie totale (ha)	Superficie bruciabile (ha)	Numero IB per anno	Numero IB ha per anno ogni 10 kmq di sup. bruciabile	Superficie boscata percorsa media annua (ha)	Superficie mediana incendio (ha)	Classi di Rischio
RANICA	405.53	158.32	0.10	0.63	0.04	0.129	1

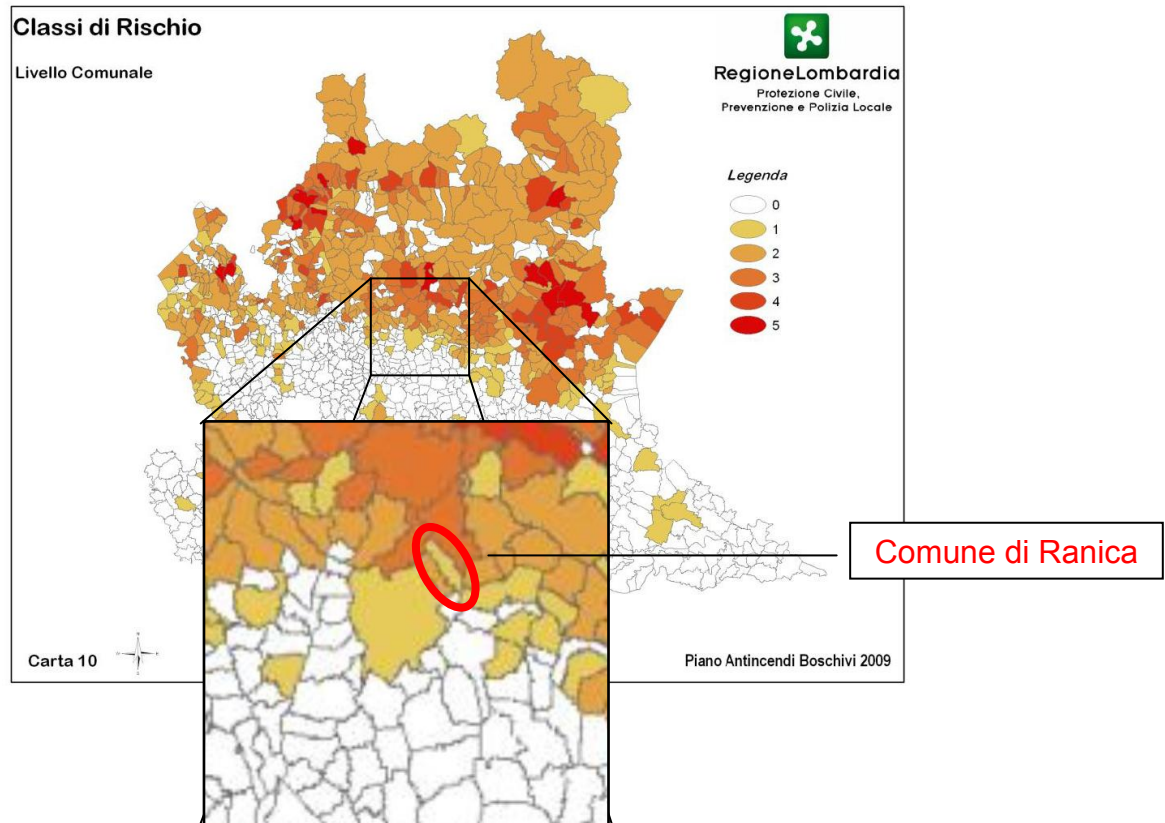


Figura 88 - Classificazione dei comuni a rischio - Fonte Piano AIB Regione Lombardia 2009.

Sulla base del *Piano Regionale delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi - Regione Lombardia 2009*, la classe di rischio¹¹ del comune di Ranica è stimata pari a 1 in una scala da 0 a 5, quindi bassa.

Come si evince dalla cartografia specifica allegata, le aree del territorio comunale soggette a possibilità di incendio boschivo sono, naturalmente, quelle occupate dalle superfici boscate, localizzate dunque prevalentemente sul Colle e sulle sue pendici, con qualche isolato ambito nel fondovalle. In queste aree (individuate nella cartografia allegata), pur in un contesto complessivo di pericolosità bassa, sussistono maggiori possibilità che si sviluppi un incendio.

¹¹ In realtà, concettualmente, si tratta di pericolosità.

4.5.4 Aree di competenza della Provincia di Bergamo

Il Comune di Ranica appartiene alle aree di competenza dei seguenti Enti (cfr. stralcio cartografico riportato di seguito):

- **Corpo Forestale dello Stato - Comando di Curno**
- **Comunità Montana Valle Seriana**
- **Parco dei Colli di Bergamo**

Sempre in riferimento a quanto previsto dalla normativa regionale vigente, allorquando si cominciano a manifestare le prime avvisaglie di incendi giornalieri, viene dichiarato lo STATO DI GRAVE PERICOLOSITÀ per gli incendi boschivi, con l'emanazione di apposito atto della UO Protezione Civile nel quale, fra l'altro, si identificano:

- Le aree ed i Comuni classificati a rischio di incendio boschivo
- Le azioni soggette a divieto
- Le sanzioni previste per la violazione dei divieti

Al fine dell'allertamento i criteri utilizzati per definire le zone omogenee per il rischio incendi boschivi sono di carattere amministrativo e ambientale:

- a) Il dato amministrativo si riferisce all'attività delle unità territoriali di base per la gestione delle squadre di volontari AIB, che sono le Comunità Montane, le Province ed i Parchi. Un altro elemento importante è la presenza di sedi territoriali del Corpo Forestale dello Stato.
- b) Il dato ambientale è costituito dal cosiddetto indice di pericolo; sintesi di tre differenti tipologie di informazione:
 - I dati meteorologici, misurati e previsti (in particolare temperatura ed umidità dell'aria, velocità del vento e precipitazioni totali)

- Le informazioni sul tipo di vegetazione presente e sul suo stato, nonché sulla copertura nevosa ottenute tramite satellite e carta DUSAF
- Le informazioni sull'orografia, reperite da un modello digitale del terreno

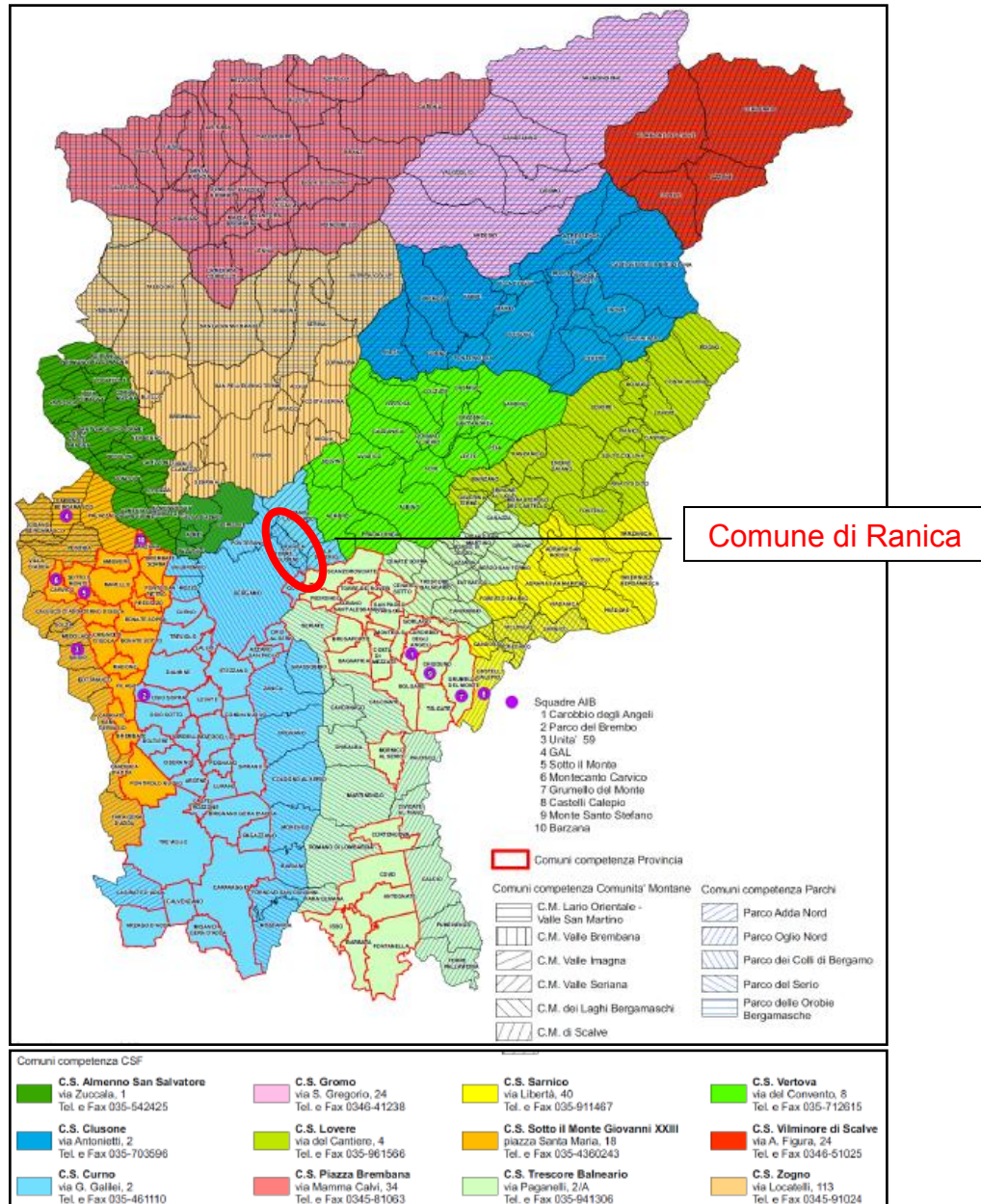


Figura 89 - Stralcio cartografico delle Comunità Montane, dei Parchi e dei Corpi Forestali di competenza.

4.6 Pericolosità da incidente industriale

4.6.1 Premessa

L'analisi della pericolosità di un territorio, oggi, non può limitarsi ai fenomeni naturali, ma deve necessariamente prendere in considerazione anche i possibili eventi antropici in grado di assumere rilevanza ai fini della protezione civile.

Fra questi, nei nostri territori gli eventi potenzialmente più pericolosi sono gli incidenti industriali, che coinvolgono generalmente la diffusione accidentale di sostanze pericolose per la salute.

Occorre innanzi tutto distinguere tra pericolo (hazard) e rischio industriale, secondo le definizioni riportate nello stesso D.Lgs. 334/99.

Il pericolo è la proprietà intrinseca di una sostanza pericolosa o della situazione fisica esistente in uno stabilimento di provocare danni per la salute umana o per l'ambiente.

Il rischio è la probabilità che un determinato evento si verifichi in un dato periodo o in circostanze specifiche.

Matematicamente, ciò può essere tradotto mediante la seguente espressione (Rapporto Rasmussen, 1975):

$\text{Rischio} = \text{Frequenza} \times \text{Magnitudo}$

ove:

- Frequenza coincide con la probabilità che un evento si verifichi entro un prefissato intervallo di tempo.
- Magnitudo corrisponde alla gravità delle conseguenze.

Ne consegue, esemplificando, che il rischio, una volta noto e quantificato, può essere ridotto o agendo sul fattore frequenza oppure sul fattore magnitudo mediante azioni di prevenzione e di protezione. Queste, ovviamente, debbono essere messe in atto da tutti i soggetti interessati a livello istituzionale ovvero, nel caso dei rischi industriali, dai gestori delle attività industriali suscettibili di generare danni a persone, beni materiali pubblici e privati, ambiente, dalle autorità competenti a livello regionale, provinciale, comunale nonché dalla popolazione potenzialmente coinvolta.

È evidente, che mentre gli strumenti operativi che attengono alla riduzione della frequenza sono più specificatamente di competenza dei gestori e delle autorità tecniche di controllo, la riduzione della magnitudo si consegue principalmente mediante una corretta ed adeguata pianificazione dell'emergenza.

Dal punto di vista pratico, la quantificazione del rischio comporta necessariamente la stima numerica dei due fattori (F e M).

Per quanto concerne la probabilità dell'accadimento, essa viene di norma espressa mediante un termine di frequenza, ovvero mediante l'inverso di una durata di tempo, ove si adotta convenientemente come unità di misura l'anno (le frequenze degli incidenti si esprimono pertanto in numero di occasioni / anno).

Per quanto concerne i ricettori del danno, gli eventi pericolosi possono manifestare i loro effetti nei confronti dell'uomo o degli ecosistemi (rischio ambientale).

Assunto che il concetto di rischio attiene ad eventi incidentali ipotetici ed agli effetti da essi derivanti, si assume per semplicità la seguente associazione:

rischi per l'uomo ⇒ eventi ad impatto territoriale
rischi per l'ambiente ⇒ eventi ad impatto ambientale

Il rischio per l'uomo può essere analizzato da un duplice punto di vista: quello dell'individuo (rischio individuale) e quello di un determinato gruppo (rischio di gruppo o collettivo).

Per rischio individuale s'intende la probabilità annua che un individuo subisca un certo livello di danno a seguito dell'esposizione ad un determinato agente. Se si fa riferimento al massimo danno possibile, la perdita della vita, il rischio individuale può essere definito come la probabilità di morte annua di un individuo a seguito di un determinato incidente.

Il rischio di gruppo o collettivo può essere definito invece come la probabilità annua che un gruppo, caratterizzato da un numero minimo di componenti, sia globalmente vittima, in uno stesso momento, di un unico incidente. Nel caso di un'installazione industriale, ad esempio, esso si traduce nella possibilità che si verifichi un certo tipo di incidente, con conseguenze per l'area limitrofa.

A livello sociale, è ben differente la gestione di singoli incidenti o di incidenti che coinvolgano contemporaneamente più individui, per ragioni organizzative, di risorse, ecc., ragion per cui diventa importante affrontare il problema non solo dal punto di vista del singolo individuo, ma anche della collettività, e quindi è opportuno dividere i rischi in fasce, secondo il numero di soggetti coinvolti.

Il rischio ambientale, infine, è quello associato ad eventi che possono causare danni agli ecosistemi, con ripercussioni, cioè, sulla flora, sulla fauna e sulle componenti ambientali in generale, fino a minacciare direttamente anche la specie umana (ad esempio, compromettendo gli approvvigionamenti idrici, alterando il ciclo alimentare, ecc.). In quest'ottica può essere ancora considerato un rischio per l'uomo seppure differito.

Applicando i concetti suddetti ai rischi industriali, i pericoli si possono ravvisare nella detenzione e nella manipolazione di sostanze e preparati definiti di norma pericolosi (D.Lgs. Governo n° 52 del 03/02/1997 "Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle *sostanze pericolose*" e successivi decreti attuativi e D.Lgs. Governo n. 65 del 14/03/2003, "Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei *preparati pericolosi*"), nonché nell'adozione di particolari

condizioni operative nell'ambito dei processi produttivi (es. lavorazioni condotte ad alte pressioni e/o temperature, preponderanza di azioni manuali piuttosto che automazione dei sistemi ecc.).

Il danno è invece ravvisabile nelle "condizioni al contorno" ovvero nel contesto territoriale in cui l'attività industriale è inserita (densità abitativa media e di quella in particolari periodi della giornata o dell'anno, dell'eventuale presenza di luoghi di raduno di massa, della presenza di altri impianti industriali che potrebbero essere a loro volta coinvolti nell'incidente, ecc.).

A livello normativo, il controllo dei rischi industriali è cogente solo per un numero limitato di attività industriali, nella fattispecie quelle del comparto chimico in senso lato e tra le stesse quelle che detengono sostanze pericolose in quantitativi compresi entro valori cosiddetti di soglia, ed è disciplinato dal D.Lgs. 334/99.

I principi contenuti in tale decreto però sono di validità universale e pertanto estendibili a tutte le categorie industriali. In tal senso si ritiene opportuno adottare ed estendere a queste ultime il concetto di "incidente rilevante" introdotto dal D.Lgs. 334/99 ed inteso come un evento quale un'emissione, un incendio o un'esplosione di grande entità, dovuto a sviluppi incontrollati che si verificano durante l'attività di uno stabilimento e che dia luogo ad un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o per l'ambiente, all'interno o all'esterno dello stabilimento, e in cui intervengano una o più sostanze pericolose.

Ad oggi, gli strumenti operativi di cui le amministrazioni dispongono per il controllo dei rischi in senso lato derivano da numerose direttive europee, leggi, regolamenti e circolari nazionali, procedure di buona tecnica finalizzate all'individuazione dei rischi nei diversi ambiti (industriale, agricolo di servizio domestico ecc.) e dei fattori inquinanti (emissioni in atmosfera, scarichi idrici, rifiuti urbani, speciali o tossicologici ecc.), dettando prescrizioni ed indicazioni atte a ridurli.

4.6.2 Sostanze pericolose e natura degli incidenti

Secondo le vigenti leggi in materia (D.Lgs. Governo n° 52 del 03/02/1997 “Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose” e successivi decreti attuativi e D.Lgs. Governo n. 65 del 14/03/2003, “Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi”), per sostanze e preparati pericolosi s'intendono prodotti e composti chimici che provocano all'organismo effetti dannosi, qualora siano inalati, ingeriti o assorbiti per via cutanea (sostanze tossiche) oppure sono in grado di liberare grandi quantità di energia termica (sostanze infiammabili) o di energia dinamica (sostanze esplosive o comburenti) o ancora sono in grado di danneggiare l'ambiente.

Poiché le sostanze pericolose sono normalmente conservate all'interno di sistemi di contenimento (apparecchiature di processo, cisterne fisse e/o mobili, serbatoi, tubazioni, recipienti o altro), gli incidenti rilevanti si configurano come eventi che comportano l'emissione incontrollata di materia e/o energia all'esterno dei sistemi di contenimento. Il rilascio di gas tossico da un serbatoio, la perdita di liquido pericoloso da una connessione di carico/scarico, l'emissione in atmosfera di vapori tossici da una valvola di sicurezza sono esempi di fuoriuscita incontrollata di materia. Sono, invece, esempi di emissione incontrollata di energia: l'incendio del liquido fuoriuscito (energia termica) o l'esplosione di un recipiente a pressione (energia dinamica). In alcuni casi coesiste l'emissione di energia e quella di materia, basti pensare ad un incendio che sviluppi prodotti di combustione tossici o all'esplosione di un reattore chimico che proietti all'esterno, con l'onda di pressione, sostanze chimiche e frammenti metallici.

4.6.3 Effetti

Gli effetti principali degli incidenti industriali possono essere riassunti nella seguente tabella.

Rilascio	Scenario		matrice ambientale:	effetti chimico-fisici
Materia	<i>dispersione di sostanze:</i>			
	Tossiche		Aria	nube tossica
	pericolose per l'ambiente		suolo	percolazione di inquinanti nei terreni e contaminazione delle acque superficiali (corsi d'acqua) e profonde (falde)
			Acque	contaminazione delle acque superficiali (corsi d'acqua) e profonde (falde)
energia termica	incendio	Stazionario	incendio di pozza (pool-fire)	→ radiazione termica <i>stazionaria</i> → dispersione dei prodotti di decomposizione termica dei materiali combustibili (fumi di combustione)
			incendio di getto (jet-fire)	
		non stazionario	incendio delocalizzato di una nube di gas (flash-fire)	→ radiazione termica <i>istantanea</i> → dispersione dei prodotti di decomposizione termica dei materiali combustibili (fumi di combustione)
			incendio di liquido in evaporazione istantanea (fire-ball)	→ radiazione termica <i>variabile</i> → dispersione dei prodotti di decomposizione termica dei materiali combustibili (fumi di combustione)
energia meccanica	esplosioni fisiche			→ onda di pressione
	esplosioni di vapore confinate/non confinate (C.V.E - U.V.C.E.)			→ proiezione di frammenti
	depressurizzazioni esplosive (B.L.E.V.E.)			→ dispersione di sostanze

4.6.4 Aree di danno

Le aree di danno sono definite come le aree comprese entro le distanze di raggiungimento di determinati valori numerici (detti "valori di soglia") dei parametri di riferimento illustrati nel paragrafo precedente, indicatori, come detto, di precise tipologie di danno.

L'identificazione di aree di danno mediante parametri numerici oggettivi ha lo scopo di delimitare, con un sufficiente grado di approssimazione, le porzioni di territorio interdette alla popolazione nonché gli ambiti operativi in cui gli Organismi di Protezione Civile possono approntare in sicurezza le misure di intervento e soccorso. Con riferimento alle conseguenze sull'uomo ed i beni, si definiscono convenzionalmente:

Prima Zona - zona di sicuro impatto: zona presumibilmente limitata alle immediate adiacenze dello stabilimento, è caratterizzata da effetti sanitari comportanti una elevata probabilità di letalità anche per persone mediamente sane.

Seconda zona - zona di danno: esterna rispetto alla prima, è caratterizzata da possibili danni, anche gravi ed irreversibili, per persone mediamente sane che non intraprendono le corrette misure di autoprotezione e da possibili danni anche letali per persone maggiormente vulnerabili (neonati, bambini, malati, anziani, ecc.).

Terza zona - zona di attenzione: è caratterizzata dal possibile verificarsi di danni (disagi lievi o danni reversibili), generalmente non gravi, a soggetti particolarmente vulnerabili, o comunque da reazioni fisiologiche che possono determinare situazioni di turbamento tali da richiedere provvedimenti anche di ordine pubblico, nella valutazione delle autorità locali.

4.6.5 Aziende a rischio di incidente rilevante – situazione locale

Le aziende che possono concorrere al rischio industriale sono suddivise in tre gruppi in funzione degli obblighi previsti:

1. stabilimenti rientranti negli obblighi di cui all'art. 8 del D.Lgs. 334/99;
2. stabilimenti rientranti negli obblighi di cui agli artt. 6 del D.Lgs. 334/99;
3. stabilimenti con presenza di sostanze pericolose e non rientranti negli obblighi dei due precedenti punti e genericamente riconducibili agli obblighi di cui all'art. 5 comma 2 del D.Lgs. 334/99.

In Regione Lombardia, sono circa 300 le aziende classificate a rischio di incidente rilevante. Di queste, circa il 35% è soggetto all'obbligo di notifica e di rapporto di sicurezza. Rispetto alla situazione regionale complessiva, Bergamo denuncia il numero più elevato di industrie RIR dopo la Provincia di Milano e, insieme, raggiungono il 50% delle aziende a rischio dell'intera Lombardia.

A livello comunale, non vi sono industrie a rischio di incidente rilevante secondo i dati attualmente a disposizione. L'unica indicata nella cartografia del Piano di Emergenza provinciale è l'Autogas Orobica, che però nel contempo si è trasferita fuori dal territorio comunale (la carta risale al 2010) e, quindi, non va più considerata.

La cartografia provinciale non segnala nemmeno aziende a rischio rilevante nelle immediate vicinanze del confine comunale di Ranica.

In definitiva, si può quindi affermare che la pericolosità da incidente industriale nel territorio di Ranica è molto bassa o nulla.

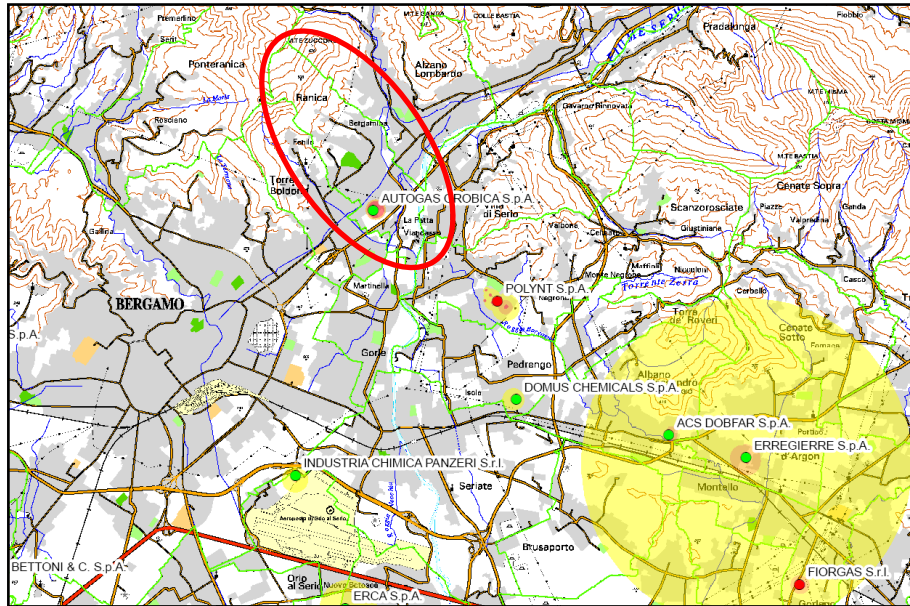


Figura 90 - Aziende a rischio di incidente rilevante

L'unica segnalata nel territorio di Ranica (Autogas Orobica) si è nel contempo trasferita in un altro comune e quindi non è più presente

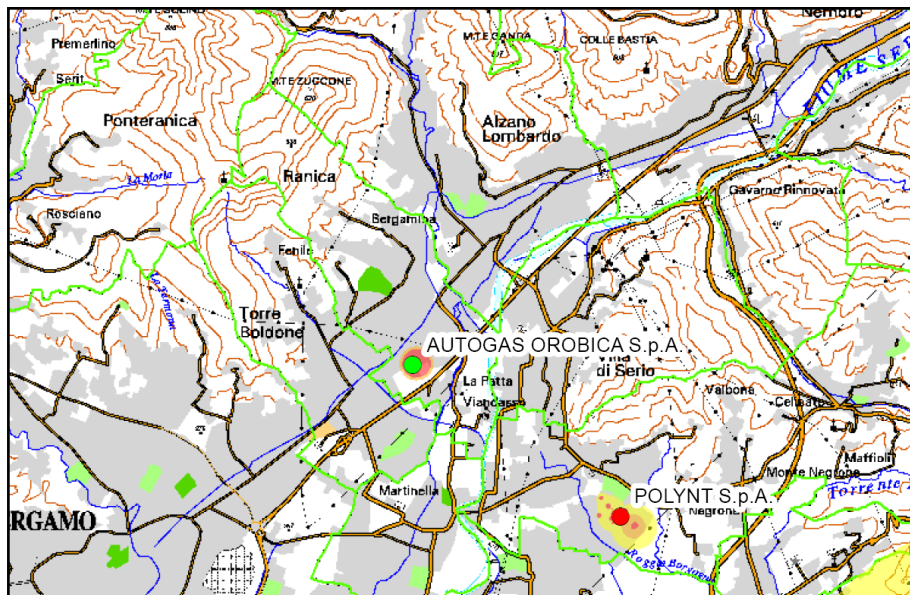


Figura 91 - Dettaglio della cartografia precedente



Figura 92 – L'area in cui sorgeva l'azienda Autogas Orobica, ora trasferitasi al di fuori del territorio comunale (da Google Street View)

4.7 Pericolosità viabilistica

4.7.1 Premessa

La pericolosità viabilistica ed il relativo rischio sono connessi sia a fenomeni di congestione del traffico in particolari periodi (ad esempio, esodi e controesodi estivi), sia ad incidenti automobilistici di particolare rilevanza, sia infine a blocchi e paralisi del traffico dovuti ad eventi meteorologici o dissesti (in questo caso, vi è una somma di più pericolosità diverse).

Un caso particolare è poi rappresentato dall'incidente stradale con dispersione di sostanze pericolose, ad esempio lo sversamento nel sottosuolo dei carburanti di un'autocisterna, oppure la fuoriuscita da un mezzo incidentato di gas infiammabili, sostanze tossiche, materiale biologico pericoloso, sostanze radioattive e via discorrendo.

La pericolosità viabilistica, naturalmente, ha un carattere molto meno prevedibile rispetto, ad esempio, a quella idrogeologica, essendo legata a fattori prevalentemente antropici e, spesso, a combinazioni casuali particolarmente sfortunate di eventi. Tuttavia, alcuni elementi possono aiutare nella valutazione:

- Presenza di tratti o elementi stradali potenzialmente pericolosi (incroci o rotonde con scarsa visibilità, strettoie, banchine cedevoli, passaggi a livello, strade montane prive di barriere, ecc.).
- Presenza di arterie stradali ad elevata intensità di traffico.
- Presenza di tratti soggetti a fenomeni naturali quali gelate, cadute massi, allagamenti.
- Livello di manutenzione della rete stradale e di pulizia del manto nevoso.
- Tipologia di traffico prevalente.

4.7.2 Situazione locale

Ranica è un comune dell'hinterland di Bergamo, è sede di numerose attività artigianali, commerciali e (in misura minore) industriali, e rappresenta un punto di transito quasi obbligatorio lungo la direttrice principale della Val Seriana.

Presenta quindi un livello di traffico abbastanza elevato, che si concentra in prevalenza sulla superstrada della Val Seriana (S.P. 35) e sulla strada provinciale interna (Via Marconi). L'intensità del traffico nel centro storico e nelle strade della viabilità interna rientra invece nella media.

Ranica non è un comune a vocazione turistica, e non è pertanto soggetto a significativi flussi di traffico in tal senso, con l'eventuale sporadica eccezione della superstrada durante i week-end estivi ed invernali, in connessione ai rientri dall'alta Val Seriana. Questo fenomeno, però, nel corso degli anni è andato mitigandosi, soprattutto grazie all'apertura della galleria di Montenegrone; inoltre, è più intenso in alta e media valle, dove la viabilità più limitata offre agli automobilisti meno alternative. Ad ogni modo, si tratta di un problema che riguarda poco l'abitato vero e proprio di Ranica, rimanendo sostanzialmente confinato sulla S.P. 35.

Quindi, dal punto di vista di fenomeni di traffico intenso legati a particolari periodi o festività, la probabilità che si assista a blocchi o paralisi significativi ai fini della protezione civile è molto bassa.

La manutenzione della rete stradale è nel complesso soddisfacente. Non vi sono situazioni di particolare criticità lungo le strade del centro abitato, quali ad esempio zone di caduta massi, zone abitualmente allagate o soggette a formazioni di ghiaccio fuori dalla norma.

Non vi sono, inoltre, elementi della rete stradale che possano congestionare il traffico in modo estremo, quali strettoie, incroci pericolosi o rotatorie particolarmente lente. L'unico punto critico può essere rappresentato, al limite, dal nuovo rondò tra Via

Viandasso, Via Zopfi e Via Marconi; un eventuale incidente significativo in questo punto (soprattutto se coinvolgente mezzi pesanti) potrebbe creare una considerevole situazione di disagio e, nel caso, anche una momentanea paralisi del traffico in diverse direzioni, costringendo gli automezzi a ripiegare sulle vie meno agevoli del centro storico.

Allo stesso modo, un incidente rilevante sulla superstrada sortirebbe un analogo effetto, con paralisi del traffico sull'asse della Val Seriana e quindi l'inevitabile traslazione dei veicoli verso la viabilità comunale interna, attraverso l'uscita Ranica-Gorle e poi per Via Viandasso. In questo caso, le aree interessate dal blocco sarebbero soprattutto la stessa Via Viandasso, Via Saleccia (dove c'è anche la strettoia del ponte sulla Nesa a complicare la situazione) e la parte di Via Marconi dal rondò nuovo verso Alzano Lombardo.

Per quanto concerne gli incidenti con dispersione di sostanze pericolose o nocive, occorre considerare che nel territorio di Ranica non vi sono industrie ad incidente rilevante (dopo il trasferimento dell'Autogas Orobica). Ciononostante, non si può escludere la presenza attuale o futura di attività con lavorazioni particolari o pericolose, che comportino transiti più o meno frequenti, ad esempio, di autotreni o autoarticolati con trasporti eccezionali, mezzi di cantiere, trasporti di sostanze nocive. Bisogna poi sempre considerare che il passaggio sul territorio di trasporti con sostanze pericolose può avvenire lungo la superstrada, oppure nella viabilità interna indipendentemente dalle aziende di Ranica, ma in connessione con attività site in comuni limitrofi. Questa tipologia di pericolosità viabilistica rappresenta sicuramente la più significativa, per cui si delineano anche scenari di rischio specifici.

Un ulteriore elemento degno di nota dal punto di vista viabilistico è la tramvia della Val Seriana. Questa interseca la viabilità ordinaria in quattro punti (Via Tezze, Via Pascoli, Via della Conciliazione e Via Viandasso), senza toccare però le strade principali (S.P. 35 e Via Marconi). I passaggi a livello sono privi di barriere, ma

regolati da lanterne semaforiche; nessuno di essi comporta particolari criticità o problematiche, anche perché, oltre tutto, il tram non è di norma attivo nelle ore notturne.

Si ritiene quindi, in definitiva, che Ranica possa essere considerato un comune a pericolosità viabilistica media, dettata principalmente dalla possibilità di incidente rilevante con dispersione di sostanze pericolose.

4.8 Sintesi delle pericolosità

Nella tabella seguente, sono riassunti i gradi di pericolosità per le varie tipologie di fenomeno naturale o antropico individuato sul territorio.

PERICOLOSITÀ METEOROLOGICA			
	PERICOLOSITÀ	AREA	SCENARIO
Temporal forti	Media	Tutto il territorio	No
Fulmini	Media	Tutto il territorio	No
Venti	Media	Tutto il territorio	No
Foschia e nebbia	Bassa	Fondovalle	No
Ondate di gelo	Bassa	Tutto il territorio	No
Ondate di calore	Bassa	Tutto il territorio	No
Grandi nevicate	Bassa	Tutto il territorio	No
PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA			
	PERICOLOSITÀ	AREA	SCENARIO
Frane	Media	Cfr. cartografia	Sì
Conoidi	Medio-Alta	Cfr. cartografia	Sì
Esondazioni	Medio-Alta	Cfr. cartografia Torrente Riolo "1" e "2"	Sì
Valanghe	Nulla	-	No
PERICOLOSITÀ SISMICA			
	PERICOLOSITÀ	AREA	SCENARIO
Sismica	Media	Cfr. cartografia	Sì

PERICOLOSITÀ DA INCENDI BOSCHIVI			
	PERICOLOSITÀ	AREA	SCENARIO
Incendi boschivi	Media	Colle e pendici	No
PERICOLOSITÀ DA INCIDENTI INDUSTRIALI			
	PERICOLOSITÀ	AREA	SCENARIO
Incidenti industriali	Bassa-Nulla	-	No
PERICOLOSITÀ VIABILISTICA			
	PERICOLOSITÀ	AREA	SCENARIO
Paralisi periodica del traffico	Bassa-Nulla	Strade principali	No
Incidenti stradali significativi	Media	Tutto il territorio	No
Incidenti stradali con dispersione di sostanze pericolose	Media	Tutto il territorio	Sì
Paralisi del traffico per cause meteorologiche particolari	Bassa	Strade principali	No

Tabella 1 – Riassunto delle pericolosità analizzate

5 ANALISI DELLE INFRASTRUTTURE E RISORSE PER LA GESTIONE DELL'EMERGENZA

5.1 Premessa

Nella gestione dell'emergenza, un aspetto assolutamente fondamentale è la conoscenza delle infrastrutture vulnerabili e strategiche sparse sul territorio comunale, delle aree di emergenza, e di tutte le risorse utili ai fini delle operazioni di protezione civile.

Nei capitoli iniziali, in cui sono stati presentati per sommi capi i caratteri urbanistici del territorio, è stato già fatto un rapido excursus su alcune delle principali aree e strutture strategiche presenti nel comune. Nei paragrafi successivi, viene approfondito in modo più puntuale questo aspetto.

Per "edifici strategici" ai fini della protezione civile si intendono strutture edificate che possano rivestire un ruolo significativo nelle fasi di gestione dell'emergenza.

Le "aree di emergenza" sono invece luoghi in cui si svolgono operazioni di soccorso alla popolazione durante un'emergenza, e si suddividono in "aree di attesa", "aree di accoglienza o ricovero" e "aree di ammassamento" (queste ultime vengono però istituite solo a livello provinciale).

Le infrastrutture, peraltro, non comprendono soltanto edifici strategici, ma anche reti di servizi essenziali per la collettività ("lifelines"), come acquedotti, elettrodotti e cabine elettriche, fognature, metanodotti, ripetitori per le telecomunicazioni e via discorrendo.

Per ognuna di queste strutture o aree viene fornita una scheda anagrafica che comprende sia una descrizione generale, sia una sintetica analisi dei rischi a cui l'elemento è sottoposto (invocando, quindi, il concetto di rischio applicato al singolo sito, indipendentemente dai vari scenari di rischio di livello comunale), evidenziandone quindi le possibili vulnerabilità.

È essenziale conoscere nel modo più accurato possibile i rischi a cui le infrastrutture e le aree di emergenza sono sottoposti, ancor prima degli scenari di rischio sul resto dell'abitato, perché questi elementi sono i primi ad essere attivati in caso di calamità, funzionali alle operazioni di soccorso e coordinamento della protezione civile.

5.2 Descrizione delle singole strutture

Per ognuna delle strutture individuate nella cartografia allegata, è stata redatta una scheda descrittiva in collaborazione con il Gruppo Comunale di Protezione Civile e l'Amministrazione Comunale.

Le schede sono allegate al presente documento.

5.3 Aree di emergenza

Sul territorio comunale sono state individuate alcune aree che possono fungere da “aree di emergenza”, considerando sia le “aree di attesa” che le “aree di accoglienza o ricovero”.

Per ognuna delle aree individuate, sono stati analizzati:

- Il livello di pericolosità o rischio, soprattutto idrogeologico e sismico.
- I percorsi di accesso.
- La posizione all'interno del territorio comunale (in modo da selezionare diverse aree variamente distribuite).

5.3.1 Aree di attesa e zone di evacuazione

Le aree di attesa sono quelle in cui la popolazione viene raccolta in caso di evacuazioni sia preventive, sia ad evento calamitoso avvenuto.

Il territorio comunale può essere idealmente suddiviso in due grosse zone d'evacuazione, afferenti alle due aree di attesa individuate:

1. Settore a nord di Via Marconi (centro storico, terrazzi alti, Colle, Chignola). Afferisce all'area di attesa del Parco Camozzi.
2. Settore a sud di Via Marconi (Tezze, San Dionisio, La Patta, Viandasso, aree artigianali). Afferisce all'area di attesa del Parco Conciliazione e della stazione TEB.

Per quanto concerne gli insediamenti rurali sulla sommità del Colle, non è possibile definire aree di attesa specifiche, anche perché l'accesso carreggiabile principale avviene dalla Maresana. Per questa zona, dovranno essere stabiliti interventi mirati che consentano una rapida evacuazione della popolazione con mezzi inviati ad hoc, quali minibus e fuoristrada.

5.3.1.1 Parco Camozzi

Posizione: centrale, vicina al centro storico e a Chignola Alta, ragionevolmente vicina ai terrazzi alti di Bergamina, San Rocco, Valledonata e Borgosale. È vicino al campo sportivo, alla palestra, ai campi da tennis ed alle scuole, tutti elementi individuati come aree e strutture di accoglienza.

Dimensioni: buone, con eventuale possibilità di estendere l'area utile alle pertinenze dell'Istituto Negri.

Condizioni topografiche: favorevoli (pianeggiante).

Percorsi di accesso: posto lungo l'asse di Via Sarca, che collega il centro storico a Chignola, il sito è facilmente raggiungibile da tutto il territorio, sia dalle aree residenziali di Casino, Botta, Valledonata e San Rocco, sia dai terrazzi di Bergamina e Borgosale, sia dal centro storico, sia infine dalla Chignola e zone circostanti. In funzione degli eventi calamitosi attesi o in atto, dovranno essere studiati i più opportuni percorsi per raggiungere l'area dalle varie località e frazioni del territorio. In linea di massima, comunque, in caso di terremoto dovrà essere evitato il centro storico; in caso invece si presenti lo scenario di rischio con esondazione del Torrente Riolo all'incrocio tra Via San Luigi e Via Bergamina, i residenti a monte di questo punto (lungo Via Bergamina, Via Zanino Colle e zone limitrofe) dovranno utilizzare percorsi pedonali alternativi per aggirare la zona critica.

Pericolosità e rischi: l'area è lontana da zone a pericolosità idrogeologica, ad eccezione di un'area ad elevata pericolosità di esondazione perimetrata lungo Via Camozzi. Non fa parte dei nuclei di antica formazione, quindi non presenta un rischio sismico particolarmente elevato. La pericolosità da incendio boschivo è molto bassa o nulla. L'area non è posta nelle vicinanze di industrie a rischio di incidente. La pericolosità viabilistica in questa zona è molto bassa. La pericolosità meteorologica è analoga a quella di altre aree del territorio comunale.

Strutture nelle vicinanze: principalmente, l'area può usufruire dell'Istituto Negri. È inoltre molto vicina al centro storico ed alle scuole, e ragionevolmente vicina al campo sportivo, alla palestra ed ai campi da tennis (con relativi parcheggi). Particolarmente importante, infine, la vicinanza della farmacia.



Figura 95 - Interno del Parco Camozzi



Figura 96 - Interno del Parco Camozzi

5.3.1.2 Parco Conciliazione e parcheggio stazione TEB

Posizione: Via della Conciliazione, facilmente raggiungibile dalle Tezze, dalla Patta e dalla zona artigianale. È vicino a diverse strade utilizzabili sia dai mezzi di soccorso, sia per eventuali evacuazioni, che potrebbero tra l'altro avvalersi anche della tramvia.

Dimensioni: buone, con possibilità di usufruire di svariati parcheggi.

Condizioni topografiche: favorevoli (pianeggiante).

Percorsi di accesso: da Via della Conciliazione e Via Manzoni. I residenti della Patta possono arrivare sia da Via Pascoli e Via Marconi, sia da Via La Patta e Via San Dionisio. I percorsi specifici dovranno essere individuati in funzione dell'evento calamitoso atteso o in atto, nel caso in cui vi sia un rischio particolare lungo una o più vie di accesso.

Pericolosità e rischi: l'area è lontana da zone a pericolosità idrogeologica. Non fa parte dei nuclei di antica formazione ed è in zona a bassa pericolosità sismica. Non vi è pericolosità da incendio boschivo. L'area non è posta nelle vicinanze di industrie a rischio di incidente rilevante. La pericolosità viabilistica in questa zona è eventualmente legata all'incrocio con passaggio a livello della tramvia, ma può essere considerata bassa. La pericolosità meteorologica è analoga a quella di altre aree del territorio comunale.

Strutture nelle vicinanze: principalmente, l'area può usufruire delle strutture interne al parco e della stazione TEB. Vi sono inoltre numerose strutture artigianali che potrebbero fornire qualche tipo di supporto (ad esempio, risorse ai mezzi di soccorso o ripari provvisori).



Figura 99 - Ingresso del Parco Conciliazione

5.3.2 Aree di accoglienza o ricovero

Si tratta di aree in cui viene sistemata la popolazione che deve abbandonare per periodi più o meno lunghi (a seconda dell'emergenza) la propria abitazione, e che non ha la possibilità di usufruire di una sistemazione alternativa posta in zona non a rischio (ad esempio, seconda casa, abitazione di familiari, ecc.).

Queste aree si distinguono in "strutture di accoglienza" (edifici), "tendopoli" (aree all'aperto) e "insediamenti abitativi d'emergenza" (zone dove allestire campi container per emergenze molto prolungate nel tempo). In alternativa, possono essere definite come "aree coperte" ed "aree scoperte".

La scelta di queste aree è stata dettata da diversi fattori, legati alla pericolosità, all'accessibilità, al tipo di terreno, alle infrastrutture poste nelle vicinanze.

Si è poi cercato di ipotizzare più aree, distribuite in diversi punti del territorio comunale, sia per garantire una maggiore disponibilità di spazio, sia per evitare lunghi spostamenti della popolazione, sia infine per fronteggiare eventuali scenari di rischio che inibiscano l'uso di una o più aree, costringendo a ripiegare sulle altre.

In generale, alcuni criteri che consentono di individuare preferenzialmente un'area di ricovero rispetto ad un'altra possono essere:

- posizione baricentrica rispetto all'area servita ed ai rischi considerati;
- assenza di rischi;
- area pianeggiante con fondo compatto non soggetto a ristagno idrico in caso di precipitazioni;
- facile raggiungibilità dalle vie di comunicazione, anche per mezzi di grandi dimensioni;
- vicinanza di rete idrica, rete fognaria, rete o cabina elettrica, telefonia fissa.

Di fatto, non è sempre possibile ottemperare a tutte queste condizioni, tuttavia si è cercato di individuare zone che le soddisfacessero il più possibile.

Si sottolinea infine che sono state individuate anche alcune aree di possibile accoglienza per il bestiame, nel caso in cui vi fosse la necessità di evacuare aziende agricole che, tra l'altro, sono effettivamente presenti sul territorio.

5.3.2.1 Campo sportivo, palestra e campi da tennis

Tipologia: tendopoli (campo di calcio) e struttura di accoglienza (campi da tennis, palestra).

Posizione: Via Sarca e Via Matteotti.

Dimensioni: standard, con possibilità di usufruire di alcuni parcheggi, oltre che di estendersi al complesso delle scuole.

Condizioni topografiche: favorevoli (pianeggiante).

Percorsi di accesso: da Via Sarca e Via Matteotti. L'area è centrale al territorio e facilmente accessibile da qualsiasi luogo.

Area di attesa più vicina: Parco Camozzi.

Pericolosità e rischi: l'area è lontana da zone a pericolosità idrogeologica. Non fa parte dei nuclei di antica formazione ed è in zona a media pericolosità sismica. Non vi è pericolosità da incendio boschivo. L'area non è posta nelle vicinanze di industrie a rischio di incidente rilevante. La pericolosità viabilistica in questa zona è bassa. La pericolosità meteorologica è analoga a quella di altre aree del territorio comunale.

Servizi: interni alle strutture (cfr. schede descrittive).

Prescrizioni particolari: si ritiene opportuno utilizzare prima i campi da tennis coperti, per poi estendersi alla palestra ed al campo da calcio con relativi parcheggi. In caso di utilizzo contemporaneo di tutte le strutture, è consigliabile interdire al traffico il tratto di Via Matteotti che le separa. In alternativa, si può pensare all'utilizzo della palestra e della scuola materna, evitando così di impiegare anche i campi da tennis.



Figura 100 - Centro sportivo



Figura 101 - Ingresso del campo sportivo

5.3.2.2 Scuole

Tipologia: strutture di accoglienza.

Posizione: Via Sarca.

Dimensioni: buone, con possibilità di usufruire di alcuni parcheggi, e di estendersi al campo sportivo, alla palestra ed ai campi da tennis.

Condizioni topografiche: favorevoli (pianeggiante).

Percorsi di accesso: da Via Sarca e Via Matteotti. L'area è centrale al territorio e facilmente accessibile da qualsiasi luogo, soprattutto il centro storico.

Area di attesa più vicina: Parco Camozzi.

Pericolosità e rischi: l'area è lontana da zone a pericolosità idrogeologica, eccezion fatta per un'area a pericolosità elevata di esondazione individuata lungo Via Camozzi, che potrebbe ipoteticamente interferire con le scuole elementari; questo complesso, quindi, in caso di calamità meteorologiche o rischi di esondazione, dovrà tendenzialmente essere evitato. Le strutture non fanno parte dei nuclei di antica formazione e sono collocate in zone a media pericolosità sismica. L'edificio delle scuole elementari, però, è prossimale al centro storico e, in caso di sismica, potrebbe trovarsi in adiacenza a zone strutturalmente compromesse; anche in questo caso, quindi, è sconsigliabile utilizzarlo. Non vi è pericolosità da incendio boschivo. L'area non è posta nelle vicinanze di industrie a rischio di incidente rilevante. La pericolosità viabilistica in questa zona è bassa. La pericolosità meteorologica è analoga a quella di altre aree del territorio comunale.

Servizi: interni alle strutture (cfr. schede descrittive). Da segnalare in particolare la presenza della farmacia a breve distanza lungo Via Camozzi.

Prescrizioni particolari: in caso le strutture scolastiche non siano sufficienti ad accogliere tutta la popolazione evacuata, si potrà estendere l'area alla palestra, ai campi da tennis coperti, ed infine al campo da calcio, creando quindi una vasta ed efficiente zona di accoglienza ottimamente servita da strade e discretamente servita da parcheggi.



Figura 102 - Complesso degli edifici scolastici

5.3.2.3 Biblioteca (centro culturale "R. Gritti")

Tipologia: struttura di accoglienza.

Posizione: Via degli Alpini.

Dimensioni: cfr. schede descrittive.

Condizioni topografiche: favorevoli (pianeggiante).

Percorsi di accesso: da Via degli Alpini e dal centro storico. L'area è centrale al territorio e facilmente accessibile da qualsiasi luogo. In caso di eventi sismici, è opportuno accedere da Via degli Alpini anziché dal centro storico.

Area di attesa più vicina: Parco Camozzi.

Pericolosità e rischi: può interferire con un'area a pericolosità molto elevata di esondazione connessa al Torrente Riolo, tombottata sotto Via degli Alpini; questo complesso, quindi, in caso di calamità meteorologiche o rischi di esondazione, dovrà tendenzialmente essere evitato. La struttura è di recentissima costruzione, tuttavia è adiacente ai nuclei di antica formazione del centro storico, ed è collocata in zona a media pericolosità sismica; in caso di terremoto, non dovrebbe essere utilizzata, perché potrebbe trovarsi vicina a zone strutturalmente compromesse. Non vi è pericolosità da incendio boschivo. L'area non è posta nelle vicinanze di industrie a rischio di incidente rilevante. La pericolosità viabilistica in questa zona è bassa. La pericolosità meteorologica è analoga a quella di altre aree del territorio comunale.

Servizi: interni alle strutture (cfr. schede descrittive). È inoltre inserita nel centro storico principale, con tutti i servizi del caso.

Prescrizioni particolari: nessuna.



Figura 103 – Centro culturale “Roberto Gritti” (biblioteca)

5.3.2.4 Oratorio – campo dell’oratorio

Tipologia: struttura di accoglienza e tendopoli.

Posizione: Via Sette Fratelli Martiri, in adiacenza alla chiesa parrocchiale.

Dimensioni: cfr. schede descrittive.

Condizioni topografiche: favorevoli (pianeggiante).

Percorsi di accesso: da Via Sette Fratelli Martiri e Via Risorgimento. L’area è centrale al territorio e facilmente accessibile da qualsiasi luogo. In caso di eventi sismici, è opportuno accedere da Via Sette Fratelli Martiri evitando di transitare dal centro storico.

Area di attesa più vicina: Parco Camozzi.

Pericolosità e rischi: le aree non interferiscono con nessun ambito di pericolosità idrogeologica. Sono collocate in zona a media pericolosità sismica, ma esterne ai nuclei di antica formazione. Non vi è pericolosità da incendio boschivo. L’area non è posta nelle vicinanze di industrie a rischio di incidente rilevante. La pericolosità viabilistica in questa zona è bassa. La pericolosità meteorologica è analoga a quella di altre aree del territorio comunale.

Servizi: interni alle strutture (cfr. schede descrittive). Le aree sono inoltre inserite nel centro storico principale, con tutti i servizi del caso.

Prescrizioni particolari: nessuna.



Figura 104 – Oratorio

5.3.2.5 Area a est di Via degli Alpini

Tipologia: tendopoli o area di ricovero bestiame.

Posizione: vicino al confine comunale con Alzano, delimitata a nord da Via Donizetti, ad ovest da Via degli Alpini, a sud da Via Nesa e ad est dal Torrente Nesa.

Dimensioni: circa 50.000 m².

Condizioni topografiche: abbastanza favorevoli (subpianeggiante, prativa con qualche balza), tuttavia è tagliata a metà dall'ultimo tratto del Torrente Riolo e dalla Roggia Serio Superiore. Questi elementi spezzano la continuità dell'area, rendendola meno usufruibile nella sua interezza rispetto ad altre zone.

Percorsi di accesso: da Via al Fontanino e da Via Nesa (quest'ultimo accesso avviene dal territorio comunale di Alzano).

Area di attesa più vicina: equidistante tra Parco Camozzi e Parco Conciliazione.

Pericolosità e rischi: l'area non va utilizzata in nessun caso allorquando vi siano allertamenti meteorologici o eventi idrogeologici, essendo interessata dalla presenza di dissesti (esondazioni e trasporto in massa su conoide). È collocata in zona a media pericolosità sismica, ma esterna ai nuclei di antica formazione. Non vi è pericolosità da incendio boschivo. L'area non è posta nelle vicinanze di industrie a rischio di incidente rilevante. La pericolosità viabilistica in questa zona è bassa. La pericolosità meteorologica è analoga a quella di altre aree del territorio comunale.

Servizi: nessuno.

Prescrizioni particolari: secondo le previsioni di piano del P.G.T., l'area potrà essere in futuro interessata da un Ambito di Trasformazione, perciò l'utilizzo di quest'area ai fini della protezione civile è probabilmente destinato a venir meno. In generale, quest'area dovrebbe essere utilizzata per realizzare tendopoli solo in caso non vi siano altre alternative, e comunque in nessun caso per eventi o allertamenti di tipo meteorologico o idrogeologico. Una buona alternativa può essere l'utilizzo come area di ricovero bestiame.

5.3.2.6 Area tra Via Piave e Via Tezze

Tipologia: tendopoli o area di ricovero bestiame.

Posizione: vasta area agricola delimitata a sud-ovest dal Torrente Gardellone (in territorio di Torre Boldone), a nord da Via Piave, a sud dalla tramvia e a nord-est da Via Tezze. Un'ulteriore porzione utilizzabile è posta tra Via Piave, Via Tezze e la pasticceria.

Dimensioni: contando solo la porzione nel territorio comunale di Ranica, circa 42.000 m².

Condizioni topografiche: favorevoli (pianeggiante).

Percorsi di accesso: l'area è di facile e veloce accessibilità da Via Tezze e Via Piave. Non sussistono problemi nell'eventuale necessità di utilizzare automezzi pesanti o ingombranti, essendo costituita da campi aperti privi di recinzioni.

Area di attesa più vicina: Parco Conciliazione.

Pericolosità e rischi: l'area non ricade entro ambiti di pericolosità idrogeologica. È collocata in zona a bassa pericolosità sismica, ed è esterna ai nuclei di antica formazione. Non vi è pericolosità da incendio boschivo. L'area non è posta nelle vicinanze di industrie a rischio di incidente rilevante. La pericolosità viabilistica in questa zona è bassa.

Servizi: nessuno.

Prescrizioni particolari: in caso di precipitazioni prolungate, l'area potrebbe essere soggetta a fenomeni di ristagno idrico superficiale, di cui occorrerà quindi tener conto nell'allestimento di un'eventuale tendopoli. L'area è utilizzata a scopo agricolo. Come alternativa alla tendopoli, potrebbe anche essere usata per il ricovero di bestiame.



Figura 107 - Area prativa tra Via Piave e Via Tezze (da Google Earth)



Figura 108 - Area prativa tra Via Piave e Via Tezze (da Google Street View)

5.3.2.7 Area tra la superstrada e Via Giovanni Pascoli

Tipologia: tendopoli o area di ricovero bestiame.

Posizione: vasta area agricola delimitata a sud-ovest da Via Tezze, a nord dalla tramvia, a sud e ad est dalla superstrada S.P. 35. È tagliata a metà da Via Giovanni Pascoli.

Dimensioni: circa 50.000 m².

Condizioni topografiche: favorevoli (pianeggiante).

Percorsi di accesso: l'area è di facile e veloce accessibilità da Via Tezze e Via Giovanni Pascoli. Non sussistono problemi nell'eventuale necessità di utilizzare automezzi pesanti o ingombranti, essendo costituita da campi aperti.

Area di attesa più vicina: Parco Conciliazione.

Pericolosità e rischi: l'area non ricade entro ambiti di pericolosità idrogeologica. È collocata in zona a bassa pericolosità sismica, ed è esterna ai nuclei di antica formazione. Non vi è pericolosità da incendio boschivo. L'area non è posta nelle vicinanze di industrie a rischio di incidente rilevante. La pericolosità viabilistica in questa zona è bassa.

Servizi: nessuno.

Prescrizioni particolari: in caso di precipitazioni prolungate, l'area potrebbe essere soggetta a fenomeni di ristagno idrico superficiale, di cui occorrerà quindi tener conto nell'allestimento di un'eventuale tendopoli. L'area è utilizzata a scopo agricolo. Come alternativa alla tendopoli, potrebbe anche essere usata per il ricovero di bestiame.



Figura 109 - Area prativa tra la superstrada e Via Giovanni Pascoli (da Google Earth)



Figura 110 - Area prativa tra la superstrada e Via Giovanni Pascoli (da Google Street View)

5.3.2.8 Area lungo Via Zanino Colle

Tipologia: tendopoli o area di ricovero bestiame.

Posizione: si tratta di un'area agricola di dimensioni abbastanza modeste, ma configurata favorevolmente e ubicata in una zona dove vi è scarsità di altre aree o strutture di accoglienza (Bergamina – Borgosale – Zanino). È situata tra Via Zanino Colle e la valletta che origina il conoide di Fornaci.

Dimensioni: l'area utile può essere stimata in circa 4.000 m².

Condizioni topografiche: favorevoli (subpianeggiante o blandamente pendente verso valle, leggermente rialzata rispetto a Via Zanino Colle, è già presente una piccola rampa stradale d'accesso). Bisogna solamente segnalare che, lungo il lato sud-ovest, l'area è delimitata da una brusca e ripida scarpata che scende nella valletta sottostante, senza nessuna protezione particolare.

Percorsi di accesso: l'unico accesso possibile è da Via Zanino Colle. Gli automezzi pesanti o ingombranti possono incontrare difficoltà nella strettoia di Fornaci – Zanino.

Area di attesa più vicina: Parco Camozzi.

Pericolosità e rischi: l'area non ricade entro ambiti di pericolosità idrogeologica, anche se è marginale al conoide di Fornaci ed alla relativa valletta (posti, però, più in basso, a notevole dislivello di quota); se ne sconsiglia comunque l'utilizzo in caso di emergenze meteorologiche o idrogeologiche. È collocata in zona a bassa pericolosità sismica, ed è esterna ai nuclei di antica formazione. La pericolosità da incendio boschivo è bassa, limitata alla fascia boscata in corrispondenza della valletta. L'area non è posta nelle vicinanze di industrie a rischio di incidente rilevante. La pericolosità viabilistica in questa zona è bassa, trattandosi di un'area a densità di traffico molto bassa.

Servizi: nessuno.

Prescrizioni particolari: in caso di precipitazioni prolungate, l'area potrebbe essere soggetta a fenomeni di ristagno idrico superficiale, di cui occorrerà quindi tener conto nell'allestimento di un'eventuale tendopoli. Come alternativa alla tendopoli, potrebbe anche essere usata per il ricovero di bestiame. Qualunque uso se ne faccia, si

consiglia di mantenersi a distanza di sicurezza dalla scarpata lungo il margine sud-ovest, e di transennare o comunque delimitare l'orlo della scarpata stessa, in modo da evitare cadute accidentali o altri inconvenienti. Quest'area non rappresenta il sito migliore per una tendopoli o per il ricovero di bestiame, tuttavia è nel complesso il più accettabile in questo settore del comune. Dovrebbe ad ogni modo essere utilizzato solo in subordine rispetto alle altre aree, che presentano logistica più semplice e possono essere attrezzate molto più agevolmente.

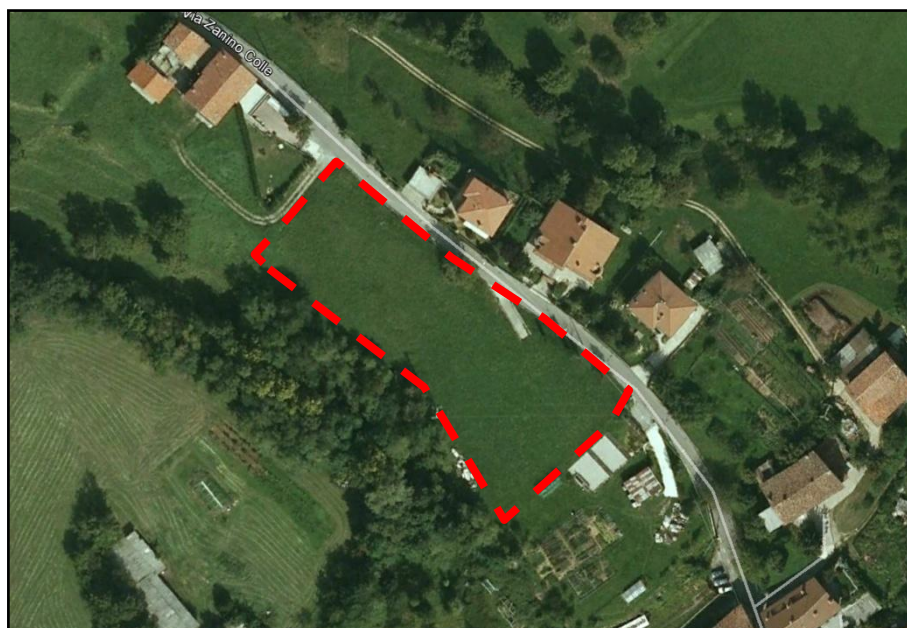


Figura 111 - Area prativa lungo Via Zanino Colle (da Google Earth)



Figura 112 - Area prativa lungo Via Zanino Colle (da Google Street View)

5.4 Aree di ammassamento

Queste aree vengono definite solo a livello provinciale. Si tratta di punti di raccolta e concentrazione di mezzi, materiali e personale per le attività di soccorso.

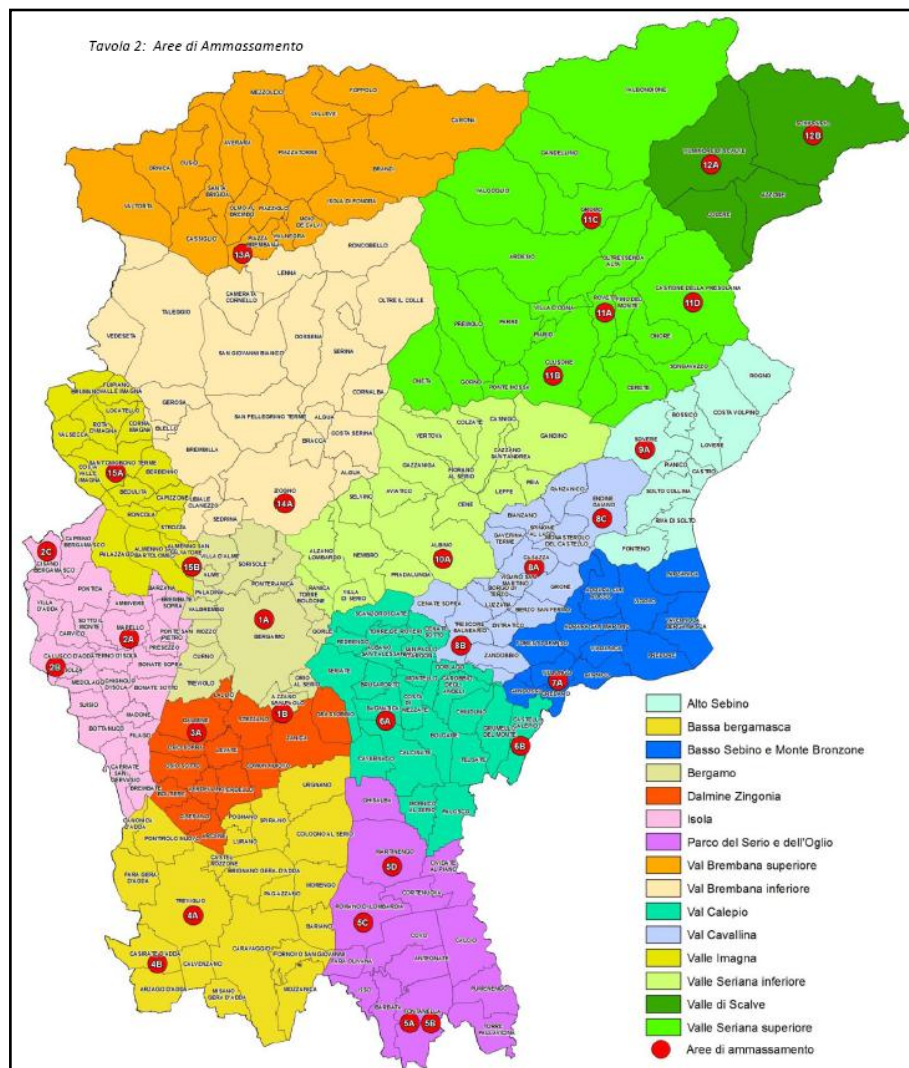


Figura 113 – Aree di ammassamento a livello provinciale
Fonte: Piano di Emergenza Provinciale

Come si evince dalla cartografia riportata, l'area di ammassamento di riferimento per il comune di Ranica è posta ad Albino, dato che Albino è comune capofila e C.O.M.¹² della Valle Seriana Inferiore.

AREA	10A	
COM	Val Seriana Inferiore	
COMUNE	Albino	
DENOMINAZIONE	Centro Sportivo Rio Re	
TIPOLOGIA	Parcheggio	
FONDO	Asfalto	
INDIRIZZO	via L.Dehon - via Selvin	
COORDINATE	N: 45°45'39.88" E: 9°47'35.96"	
PROPRIETÀ	Comune	
MQ	23300	
COPERTURA	Presente	

Figura 114 – Scheda dell'area di ammassamento di Albino
Fonte: Piano di Emergenza Provinciale

¹² Centro Operativo Misto (si veda il Manuale Operativo).

5.5 Risorse: mezzi e materiali

Il Gruppo Comunale di Protezione Civile, ed in particolare il Referente Operativo Comunale¹³, deve mantenere un elenco costantemente aggiornato dei mezzi e materiali a disposizione per gli interventi di emergenza.

Allo stesso modo, si dovrà mantenere aggiornato l'elenco delle eventuali ditte "di somma urgenza", con le quali il Comune ha facoltà di stipulare convenzioni per la fornitura immediata di risorse in caso di emergenza.

In linea generale, è buona norma che il Gruppo Comunale di Protezione Civile disponga di tutto quanto sia necessario per provvedere all'intero ventaglio di funzioni che la normativa gli consente di espletare in caso di emergenza.

Allo stesso modo, il Gruppo dovrà provvedere ad una strutturazione interna che gli permetta di operare in modo efficace, flessibile e con garanzia di reperibilità.

[omissis]

¹³ Per la definizione della figura e del ruolo del R.O.C., e per ogni altro aspetto più strettamente operativo, si faccia riferimento alle procedure contenute nel Manuale Operativo.