



**COMUNE DI VERTOVA
PROVINCIA DI BERGAMO**

STUDIO GEOLOGICO AGGIORNAMENTO PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO VARIANTE 1

(L.r. 11 marzo 2005, n°12 – d.g.r. 30 novembre 2011, n° IX/2616)

Aggiornamento ai sensi del parere di Regione Lombardia [RL_RLA00Z1_2023_1728](#)

relazione illustrativa



**Studio
Geoter**

Studio Geoter di Sergio Santambrogio

Sede legale: via Guido da Velate n.2 - 20162 - MILANO

Sede operativa: via Rossini n.2 - 24020 - ARDESIO (BG)

Telefono/fax: +39 034633663 mobile:+393386314370

e_mail: studio.geoter@virgilio.it

PEC: sergios63@epap.it

Indice

1. PREMESSA.....	1
1.1 EVOLUZIONE NORMATIVA E STUDI EFFETTUATI A LIVELLO COMUNALE	1
1.2 STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PGT	3
2. ARTICOLAZIONE DEL LAVORO	5
3. PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO	7
4. CARTA LITOLOGICA.....	14
4.1. TERRENI DI COPERTURA.....	14
4.2. FORMAZIONI ROCCIOSE.....	19
5. SEZIONI GEOLOGICHE E STRATIGRAFIE	23
6. CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI PROCESSI GEOMORFICI IN ATTO	33
6.1. PAESAGGIO FISICO	34
6.2. SEGNI CONVENZIONALI	41
7. CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA P.A.I.-P.G.R.A.	51
7.1. CARTOGRAFIA PAI RIGUARDANTE I DISSESTI FRANOSI	53
7.2. CARTOGRAFIA PAI-PGRA STUDI DI DETTAGLIO IDRAULICI.....	56
7.3. CARTOGRAFIA PAI-PGRA FIUME SERIO.....	66
7.4. CARTOGRAFIA PAI-PGRA COMPLESSIVA.....	79
8. CARTA IDROGEOLOGICA	82
8.1 RISORSE IDRICHE DI VERTOVA E SEZIONI IDROGEOLOGICHE	86
8.2 BACINI IDROGRAFICI PRINCIPALI	89
8.3 OSSERVAZIONI CLIMATOLOGICHE.....	94
9. CARTA LITOTECNICA E DELLE PROCEDURE AMBIENTALI.....	103
9.1 PROCEDURE AMBIENTALI.....	105
10. CARTA DEI VINCOLI.....	109

11. CARTA DEGLI SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	110
11.1. PREMESSA	110
11.2. NUOVO STUDIO GEOLOGICO SISMICO DEL TERRITORIO DI VERTOVA	112
11.3. INDAGINE SISMICA DI 1° LIVELLO (TAVOLA 8)	114
11.4. INDAGINE SISMICA DI 2° LIVELLO (TAVOLA 8)	116
11.4.1 Effetti Morfologici.....	116
11.4.2 Effetti Litologici.....	123
12. CARTA DI SINTESI E DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	128
13. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA	136
14. CONCLUSIONI E RICHIAMI NORMATIVI.....	145
14.1 RICHIAMI NORMATIVI	149
14.2 BIBLIOGRAFIA	152
15. ALLEGATI.....	145

1. PREMESSA

Lo studio descritto nelle pagine seguenti viene eseguito a supporto del Piano di Governo del Territorio del Comune di Vertova (provincia di Bergamo), in ottemperanza alle disposizioni della L.r. 11 marzo 2005 n.12 e a seguito del parere di Regione Lombardia su tutto lo studio (RL_RLA001_2023_1728).

1.1 EVOLUZIONE NORMATIVA E STUDI EFFETTUATI A LIVELLO COMUNALE

Da tempo il Comune di Vertova è dotato di uno studio geologico a sostegno del suo vigente strumento di pianificazione urbanistica. Nel 1996 era stato realizzato lo studio geologico a supporto del PRG di Vertova (Studio GeoTer di Daniele Ravagnani e Sergio Santambrogio, 1996) secondo la normativa allora vigente in materia di componente geologica a supporto del PRG (DGR 18 maggio 1993 n. 5/36147). Lo studio comprendeva gli strumenti di analisi (Carta Litologica, Sezioni Geologiche e Stratigrafie, Carta Geomorfologica, Carta Idrogeologica, Carta Geologico Tecnica) e quelli di sintesi (Carta di Sintesi e Carta di Fattibilità Geologica di Piano) oltre alla relazione geologica che forniva anche le norme geologiche.

Successivamente nel 2010 in occasione della redazione del nuovo PGT ai sensi della L.R. 12/2005 è stato redatto l'aggiornamento di tale studio geologico (datato ottobre 2010) dal dott. geol. A. GRITTI e dalla dott.essa geol. C. LOCATELLI ai sensi della D.g.r. n.8/7374 del 28 maggio 2008. Tale strumento, a seguito di parere regionale del 14.04.2011, è stato approvato il PGT con Delibera di Consiglio n.14 del 20.04.2011. Lo studio riguardava, in particolare:

- la redazione della componente sismica secondo le specifiche della nuova DGR (Tav. G01 Carta di Pericolosità Sismica di I livello);
- la redazione dell'aggiornamento della Carta del dissesto con Legenda Uniformata PAI (Tav.05 Carta PAI) non ancora effettuato per il comune che risultava ancora legato alla Cartografia PAI del 2001 dell'Autorità di Bacino del Po (d.p.c.m. 24 maggio 2001),
- la redazione della Carta dei Vincoli (Tav.G02).
- l'aggiornamento della Carta di Sintesi (Tav. G03),
- l'aggiornamento della Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano (Tav G04a e G04b),
- la redazione della Relazione tecnica della componente geologica che illustrava gli aggiornamenti attuati tra cui una valutazione approssimativa della pericolosità sismica di II Livello attribuendo a Vertova la zona sismica 3 invece della 4.

Nel 2014 con la variante n.1 al PGT è stato confermato lo studio geologico come risulta dalla *Dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà rilasciato dallo stesso dott. geol. A. Gritti.*

A seguito di questa variante non sono stati più effettuati aggiornamenti della componente geologica nonostante già a quell'epoca fossero stati deliberati nuovi Criteri a cui riferire qualsiasi aggiornamento geologico o variante di PGT (D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011).

Da allora sono subentrate nuove normative, tra cui si rammentano i nuovi *Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.r. 11 marzo 2005, n.12*", emanati con D.G.R. n.IX/2616 del 30 novembre 2011. Con tale DGR vengono modificate in parte le valutazioni della componente sismica (suddivisione dello scenario di instabilità per cedimento e liquefazione in due differenti sotto-classi) e quelle di coordinamento con strumenti sovraordinati (e.g. PAI – Piano di Assetto Idrogeologico) specificando l'attribuzione alla classe 4 di fattibilità alle frane quiescenti non oggetto di studi di dettaglio ed indicando la necessità di tali studi per la ridefinizione della pericolosità di tali aree o la necessità della realizzazione di opere per la rivalutazione di aree già oggetto di ripermetrazione.

Questo aspetto ha portato ad uno studio di dettaglio per le frane quiescenti e/o attive nel settore orientale del territorio vertovese in modo da poter valutare l'effettiva fattibilità di queste aree (Comune di Vertova – Studio geologico di approfondimento relativo alle frane inserite nella cartografia PAI nel settore orientale del comune di Vertova – STUDIO GEOTER, 2022).

Sempre in merito all'aspetto sismico, sono state adeguate le classi sismiche comunali in funzione della nuova carta di pericolosità sismica nazionale per la quale il comune di Vertova viene riclassificato da zona sismica 4 a zona sismica 3 (d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129 e d.g.r. 10 ottobre 2014 n. X/2489). *Ciò comporta l'aggiornamento e/o revisione della componente sismica di II Livello appoggiata a nuove soglie di riferimento regionali e a dati più strutturati e puntuali.*

L'evoluzione normativa sulla definizione del Reticolo Idrico Minore e sul riordino dei reticoli idrici attraverso successive delibere dal 2012 al 2021 (che si abrogano tra loro) indica la necessità di una verifica e della ridefinizione del reticolo idrico del comune di Vertova ai sensi dell'attuale d.g.r. vigente (D.G.R. 14 dicembre 2020 n. XI/4037, DGR 15 dicembre 2021 n. XI/5714 e ss.mm.ii.) ripresa anche con la L.R. n.4 del 15 marzo 2016 sulla difesa del suolo.

A seguito di questa indicazione normativa è stato redatto un nuovo Documento di Polizia Idraulica con la definizione delle aste idrografiche sostanzialmente analoghe a quelle del vecchio studio del 2003, ma con una differente collocazione spaziale in alcuni tratti sulla base del Reticolo Idrico Regionale Unificato (RIRU); questo nuovo documento è stato redatto all'inizio di quest'anno (Comune di Vertova – Documento di Polizia Idraulica – STUDIO GEOTER, 2022) con elaborati grafici e specifiche relazioni tecniche e normative aggiornate.

Nel 2016 è stato adottato il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del distretto idrografico padano (d.p.c.m. 27 ottobre 2016 con revisioni della cartografia a fine 2019 e più recentemente) e sono state emanate da Regione Lombardia le disposizioni per la gestione di tale piano (d.g.r. 19 giugno 2017 n. X/6738) a livello urbanistico; il piano introduce una nuova classificazione di pericolosità per esondazione sovrapponendosi in parte al PAI, con ulteriori regolamenti e normative.

Ciò ha reso necessario, in corso di revisione del PGT, il controllo e l'eventuale modifica di tale piano all'interno di una nuova cartografia definita PAI-PGRA. Gli ambiti principali riguardano il torrente Vertova ed il fiume Serio per l'esondazione torrentizia e la conoide delle valli Masna e Uccelli per la pericolosità per trasporto solido su conoide e per questo motivo sono stati effettuati due studi di dettaglio: uno studio idraulico del torrente Vertova all'interno del centro abitato e lungo alcuni tratti dello stesso torrente già oggetto di studi idraulici di dettaglio negli ultimi anni (Comune di Vertova - Studio idraulico di alcuni settori del torrente Vertova per la definizione della pericolosità PAI-PGRA - STUDIO GEOTER con la collaborazione DI SAI PROGETTI, 2022) ed uno studio sulla ripermimetrazione e sulla pericolosità della conoide valle Masna-Uccelli (Comune di Vertova – Valutazione di dettaglio della conoide dei torrenti valle Masna e valle degli Uccelli ai fini di una ridelimitazione PAI-PGRA – Studio Geoter, 2022). Non è stata approfondita dettagliatamente la pericolosità del fiume Serio di minor impatto sull'edificato ed anche per i costi già sostenuti dal comune per la realizzazione di tutti gli studi connessi all'aggiornamento dello studio geologico a supporto del PGT, mentre è stata aggiornata la pericolosità di tutta la rete idrografica superficiale caratterizzata prevalentemente da fenomeni erosivi più che da esondazione.

Infine, sono stati introdotti regolamenti/normative inerenti all'invarianza idraulica e idrologica con il R.R. n.7 del 23 novembre 2017 e s.m.i. (R.R. 7/2018 e R.R. 8/2019), ovvero principio in base al quale le portate massime o quelle ed i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

Ciò comporta la redazione del Documento Semplificato del Rischio Idraulico Comunale (DoSRI) che in parte si sovrappone alla normativa PAI-PGRA e alla definizione della pericolosità da esondazione integrata con aree allagabili per effetti connessi alla manutenzione e/o all'inefficienza di altre infrastrutture. Il DoSRI fornisce indicazioni specifiche riguardo la necessità di laminare secondo differenti procedure le acque piovane che ricadono sulle aree di nuova progettazione e/o sull'esistente facendo in modo che le stesse non comportino aumenti della portata del torrente recettore e/o del sistema fognario con accorgimenti che hanno valenza sia all'interno della componente geologica del PGT sia nel Piano di Emergenza Comunale (Comune di Vertova – Documento semplificato del Rischio Idraulico comunale – STUDIO GEOTER con la collaborazione di SAI PROGETTI, 2022).

Oltre a normative di carattere prettamente urbanistico e/o connesse a pericolosità idraulica o idrogeologica e a dissesti occorre precisare che anche la normativa di carattere ambientale ed in particolare il D.Lgs 152/2006, come alcune sue specifiche derivazioni in materia di valutazione delle terre e rocce da scavo (D.P.R. 120/2017), possono riguardare aspetti urbanistici, riguardanti la non edificabilità o l'edificabilità condizionata (bonifica - analisi di rischio per determinate aree, soprattutto di rigenerazione urbana di siti industriali).

In particolare, la verifica delle caratteristiche dei terreni di scavo per materiali riportati o naturali devono soddisfare al rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) di cui alla colonna A o B della Tabella 1 dell'Allegato 5, Parte IV, Titolo V, del D.lgs. 152/06 e s.m.i. a seconda della destinazione urbanistica dell'area (commerciale, industriale, residenziale o altro). *Oltre a norme da recepire all'interno di quelle dello studio geologico, l'individuazione di aree già soggette ad interventi di bonifica o per le quali sono state prodotte analisi di rischio che permettono la possibilità di utilizzo di quell'area ha anche valenza di delimitazione delle superfici identificate sulla cartografia di analisi dello studio geologico (punto 3 allegato 1 D.G.R. 8/11348 del 10/02/2010). Pur non essendo presenti siti di bonifica o contaminati nell'elenco che normalmente viene definito da Regione Lombardia sul territorio di Vertova (aggiornamento al 2022), presso la rotatoria della strada statale SS461 è stata effettuata un'analisi di rischio per ricondurre il sito all'edificabilità secondo la destinazione urbanistica prevista che deve essere ripreso nella cartografia.*

1.2 STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PGT

Il presente lavoro, recependo tutte le indicazioni emerse dalle valutazioni prima citate, aggiorna ed integra le rilevazioni e le analisi compiute già in passato fornendo un quadro ancor più esaustivo in merito alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche geotecniche del territorio vertovese, superando alcune semplificazioni ed eccessive limitazioni della fruibilità del territorio di Vertova utilizzando come base per la restituzione cartografica il nuovo DBT regionale ed adottando un nuovo confine comunale maggiormente aderente alle mappe catastali e agli analoghi confini già determinati per alcuni dei comuni adiacenti, rispetto ai confini indicati dalla CTR Regionale.

Ne consegue che il presente lavoro in conformità ai “*Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.r. 11 marzo 2005, n.12*”, emanati con D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011 comprende la revisione della completa cartografia per:

- per la ridefinizione del reticolo idrico minore e del Documento di Polizia Idraulica,
- per la revisione della pericolosità delle frane sulla parte orientale del territorio di Vertova,
- per la revisione della pericolosità del torrente Vertova in più punti,
- per la ridefinizione della carta del dissesto PAI-PGRA,
- per la ridefinizione di alcune aree allagabili con il DoSRI,

- per la valutazione della pericolosità connessa a valutazioni ambientali,
- per la realizzazione dello studio sismico di II livello sul territorio di Vertova.

A ciò si aggiunge la redazione di un apposito elaborato allegato normativo di riferimento da richiamare nel Piano delle Regole, il tutto seguendo i “Criteri” della d.g.r. IX/2616 del 2011 e tutte le seguenti DGR di aggiornamento (e.g. D.G.R. 26 aprile 2022 - n. XI/6314 o D.g.r. 18 luglio 2022 - n. XI/6702) per quanto riguarda gli indirizzi generali di lavoro, i metodi di ricerca, la cartografia da redigere e i contenuti della relazione geologica, al fine di evitare inopportune e dannose modificazioni degli equilibri geoambientali, dovute ai processi di trasformazione d’uso del territorio e di attendere a un miglior utilizzo e alla salvaguardia delle risorse naturali in rapporto con l’urbanizzazione.

A tali indirizzi generali ci si riferisce per lo svolgimento di questo studio, operando anche scelte autonome, specialmente nella determinazione delle scale di rilevamento e di rappresentazione dei tematismi, per ottenere un documento sufficientemente dettagliato, completo e chiaro, tanto da rendere sicure le scelte di Piano ed essere comprensibile ai Cittadini. Viene qui confermato e valorizzato il cospicuo lavoro di analisi e di incrocio dei dati estratti dai documenti degli Enti sovraordinati, come la “*Carta Inventario dei Dissesti*” (2001) di Regione Lombardia o il progetto IFFI di ISPRA, richiamati nella D.g.r. 18 luglio 2022 - n. XI/6702.

Per i rilevamenti geologici sono state utilizzate le carte aerofotogrammetriche in scala 1:2.000 e 1:5.000 di proprietà del Comune di Vertova (RATI Firenze, 1988), datate, ma molto dettagliate, e/o la Carta Tecnica regionale (CTR) in scala 1:10.000. Per la restituzione grafica dei dati in scala 1:2000, 1:5000 e 1:10.000 è invece stato utilizzato il DBT Regionale inserendo alcuni elementi caratteristici che non appaiono nelle valutazioni usuali quali la rappresentazione dei punti quotati e la toponomastica locale, oltre al reticolo idrografico definito in base al Documento di Polizia Idraulica; questi elementi facilitano la comprensione del testo della relazione per riferimenti locali.

Quest’analisi geoambientale interessa la totalità del territorio comunale, con particolare riguardo alle aree maggiormente urbanizzate: i rilevamenti coprono complessivamente una superficie superiore ai sedici chilometri quadrati del territorio comunale e sono stati riaggiornati sulla base di quelli del 1996. Occorre precisare che questo lavoro non ha lo scopo di affrontare singoli problemi geologico-tecnici, né esime l’Amministrazione e i Cittadini dall’assolvere gli obblighi ad essi derivanti da specifiche normative di legge concernenti il settore edilizio, geotecnico e/o ambientale, ma, essendo uno strumento a supporto della programmazione, deve raccogliere i principali parametri geologici dell’area esaminata e, osservandoli nella loro globalità e nelle loro interrelazioni, evidenziare le vocazioni e le limitazioni d’uso del territorio, per poterne valutare la compatibilità delle trasformazioni proposte e predisporre in linea generale i provvedimenti di salvaguardia e di valorizzazione.

Ciò che si vuole ottenere da questi esami comparati è una sintesi geoambientale, cioè un’identificazione della qualità di fatto dell’ambiente fisico, formulata di concerto con i Responsabili della gestione del territorio e immediatamente leggibile dai fruitori. Il documento, com’è ovvio, è di carattere interpretativo e la sua validità si fonda sulla qualità e abbondanza dei dati di base, che sono forniti dagli elaborati allegati alla presente relazione, e sulla sensibilità ai problemi ambientali locali acquisita dagli stessi Tecnici che operano sul territorio. I dati forniti saranno recepiti e trasferiti in scelte esecutive dal Progettista del P.G.T., che verificherà la congruità delle sue unità areali di lavoro con le relative delimitazioni e limitazioni geologiche, stante il fatto che “*ai sensi dell’art.8, comma 1, lettera c) della L.r. 12/05 nel Documento di Piano del P.G.T. deve essere definito l’assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio ai sensi dell’art.57, comma 1, lettera a)*”.

2. ARTICOLAZIONE DEL LAVORO

Secondo i “Criteri” della L.r. 12/05, lo studio geologico deve svolgersi in tre ambiti: la *fase di analisi*, che include la ricerca delle notizie storiche di eventi geologici e la ricerca bibliografica, la qualificazione del contesto geologico, con la redazione della cartografia d’inquadramento e lo sviluppo degli eventuali approfondimenti necessari; la *fase di sintesi e valutazione* e la *fase di proposta*.

Riprendendo buona parte del lavoro già svolto per il precedente studio a supporto del P.R.G. del 1996, ora si integra con la raccolta e la valutazione di ulteriori informazioni e dati geologici come indicato in premessa mantenendo tutte le informazioni elaborate nel corso dello studio geologico del 1996 o inserite nel 2010 (carta PAI) anche se riviste in funzione degli studi di dettaglio effettuati. Le informazioni sono anche derivate da archivi e cartografie tematiche regionali o di stampa (archivio Ufficio tecnico Comunale, archivio UTR Bergamo, archivio Catalogo “IFFI”, il “*Sistema Informativo regionale delle valanghe*” (SIRVAL), dati reperiti su quotidiani locali come l’Eco di Bergamo, o Bergamo Oggi, le carte geologiche del “Progetto CARG” e i dati di telerilevamento satellitare PSinSAR), nonché gli studi idraulici di dettaglio sul fiume Serio ripresi nei vari aggiornamenti dell’allegato 1 della DGR 2616/2011.

Per quanto riguarda la parte climatica, sono utilizzati i dati pluviometrici reperibili dalla letteratura scientifica e quelli riportati in lavori a carattere regionale o provinciale come anche i dati di recente acquisizione con la stazione pluviometrica ubicata presso la zona di Lacnè lungo il torrente Vertova.

La cartografia di inquadramento e analisi, in scala 1:10.000, comprende la *carta litologica*, la *carta geomorfologica* e dei processi geomorfici in atto, la *carta idrogeologica* e la *carta litotecnica*. Tra queste la più rappresentativa è indubbiamente la carta geomorfologica che definisce con migliore dettaglio le forme del territorio e gli elementi della dinamica geologica, che indubbiamente influenzano in modo determinante, più di altri fattori, sulla fattibilità e dunque sulle scelte di Piano. La stessa carta è rappresentativa anche per la maggior parte dei dissesti ripresi nella cartografia PAI. È qui presentata senza alcuna modifica rispetto al 1996 una tavola grafica sulla quale sono raggruppate le *sezioni geologiche* interpretative del territorio vertovese e le *stratigrafie* ricavate da diverse prove penetrometriche, da sondaggi o pozzetti geognostici realizzati a Vertova riferite a quella data; le stratigrafie più recenti, relative agli ultimi venti anni, vengono riportate sulla carta litotecnica.

Infine, viene proposta la revisione quasi completa della *carta del dissesto con legenda uniformata PAI-PGRA* in scala 1:10.000, necessaria a causa delle modifiche insorte con gli studi di dettaglio per le aree di frana del settore orientale del territorio vertovese e della revisione quasi completa delle aree di esondazione a seguito degli studi idraulici di dettaglio lungo il torrente Vertova, dello studio della pericolosità della conoide delle valli Masna e Uccelli e delle zone di esondazione lungo le aste del reticolo del territorio comunale (ad esclusione del fiume Serio) in funzione dell’importanza del reticolo, del Documento di Polizia Idraulica e delle opere di regimazione esistenti.

La cartografia di sintesi e valutazione è composta dalla *carta dei vincoli* e dalla *carta di sintesi della pericolosità geologica*, estese su tutto il territorio comunale rispettivamente in scala 1:10.000 e 1:5.000. Si può comprendere nella parte di sintesi anche la *carta degli scenari di pericolosità sismica* (1° e 2° livello) in scala 1:10.000, già redatta nel 2010 e nel 2014 dai geologi estensori dello studio in quegli anni, ma rivista in funzione delle effettive caratteristiche dei terreni di copertura (alluvionali e fluvio-glaciali o detritico colluviali) e delle velocità delle onde di taglio di alcune delle rocce presenti nel territorio vertovese che non superano gli 800 m/s nei primi 3 m dal piano campagna. Sulla stessa carta sono evidenziate anche quelle forme del terreno che possono dare amplificazione al moto

sismico (creste o scarpate) ed indicate le indagini sismiche puntuali effettuate per lo studio di II Livello richieste per i territori classificati in “zona 3” dai “Criteri” della DGR 2818/2011.

L’obiettivo finale del lavoro, che rappresenta la fase di proposta, è la **carta della fattibilità geologica di Piano**, redatta alla scala 1:10.000 per tutta l’estensione del Comune, in scala 1:5.000 per meglio descrivere il territorio vertovese nella sua parte collinare-montuosa e in scala 1:2.000 per le sole aree urbanizzate (area orientale lungo il fiume Serio ed i suoi terrazzi e lungo l’asta del torrente Vertova. Quest’ultimo elaborato, che è di maggior interesse ai fini pianificatori, è aggiornato in modo da accogliere i nuovi indirizzi regionali in tema di classificazione di fattibilità, specialmente per quanto attiene alle classi 3 e 4.

Per la presente relazione geologica della fase di analisi si fa largo riferimento a quella redatta nel 1996 aggiornandola dove necessario con integrazioni e capitoli specifici.

In un documento a parte (allegato A1 - Prescrizioni geologiche per il Piano delle Regole) vengono poi specificate le norme geologiche inerenti non solo le classi di fattibilità, ma anche le prescrizioni di prevenzione sismica e soprattutto quelle presenti nella carta dei vincoli dal momento che per qualsiasi intervento devono essere tenute in conto tutte e tre queste componenti per una corretta valutazione geologica.

La relazione, l’elaborato normativo ed alcuni degli elaborati grafici di seguito specificati (evidenziati in rosso) sono stati aggiornati a seguito del parere di Regione Lombardia (RL_RLA001_2023_1728) espresso su tutto lo studio; anche le variazioni della relazione e delle norme sono riportate in rosso.

Nel complesso gli *elaborati grafici* di questo studio sono costituiti da:

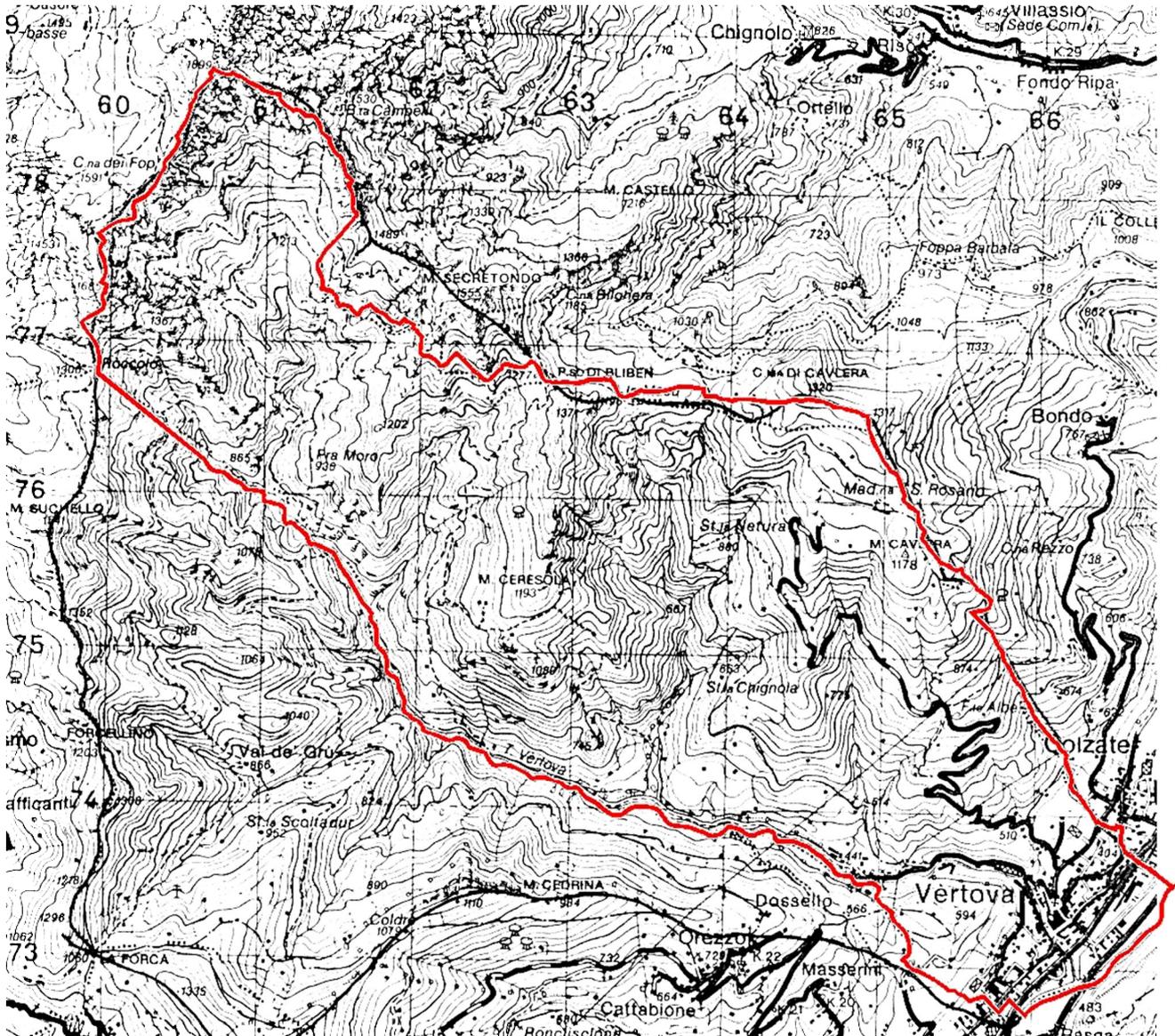
Tavola 1. Carta litologica	scala 1:10.000
Tavola 2. Sezioni geologiche e Stratigrafie	scala 1:10.000 e varie
Tavola 3. Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto	scala 1:10.000
Tavola 4. Carta del dissesto con legenda uniformata PAI-PGRA	scala 1:10.000
Tavola 5. Carta idrogeologica	scala 1:10.000
Tavola 6. Carta litotecnica e delle procedure ambientali	scala 1:10.000
Tavola 7. Carta degli scenari di pericolosità sismica	scala 1:10.000
Tavola 8. Carta dei vincoli	scala 1:10.000
Tavola 9. Carta di sintesi o della pericolosità geologica	scala 1:5.000 (a, b) scala 1:10.000, scala 1:5.000 (a, b) e scala 1:2.000 (c, d), scala 1:5.000 con carta sismica (e, f)
Tavola 10. Carta della Fattibilità Geologica di Piano	

Dal momento che le precedenti relazioni a supporto del PRG (1996) descriveva ampiamente tutti gli aspetti analitici, l’attuale sottolinea solo le differenze da quella evidenziandole con **colore blu** nella digitazione del testo (le variazioni in **rosso** sono invece relative al parere regionale come già detto).

Dopo una descrizione generale del territorio vengono poi descritti in specifici capitoli tutte le carte tematiche e alcune delle peculiarità ambientali ad esse riferite.

3. PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO

Il Comune di Vertova è situato sul versante idrografico destro della media val Seriana ed amministrativamente confina con i comuni di Oneta e Colzate a Nord, con Casnigo ad Est lungo il fiume Serio, con Fiorano al Serio e Gazzaniga a Sud, l'ultimo comune in gran parte lungo il torrente Vertova, e con il Comune di Cornalba ad Ovest (fig. 1).



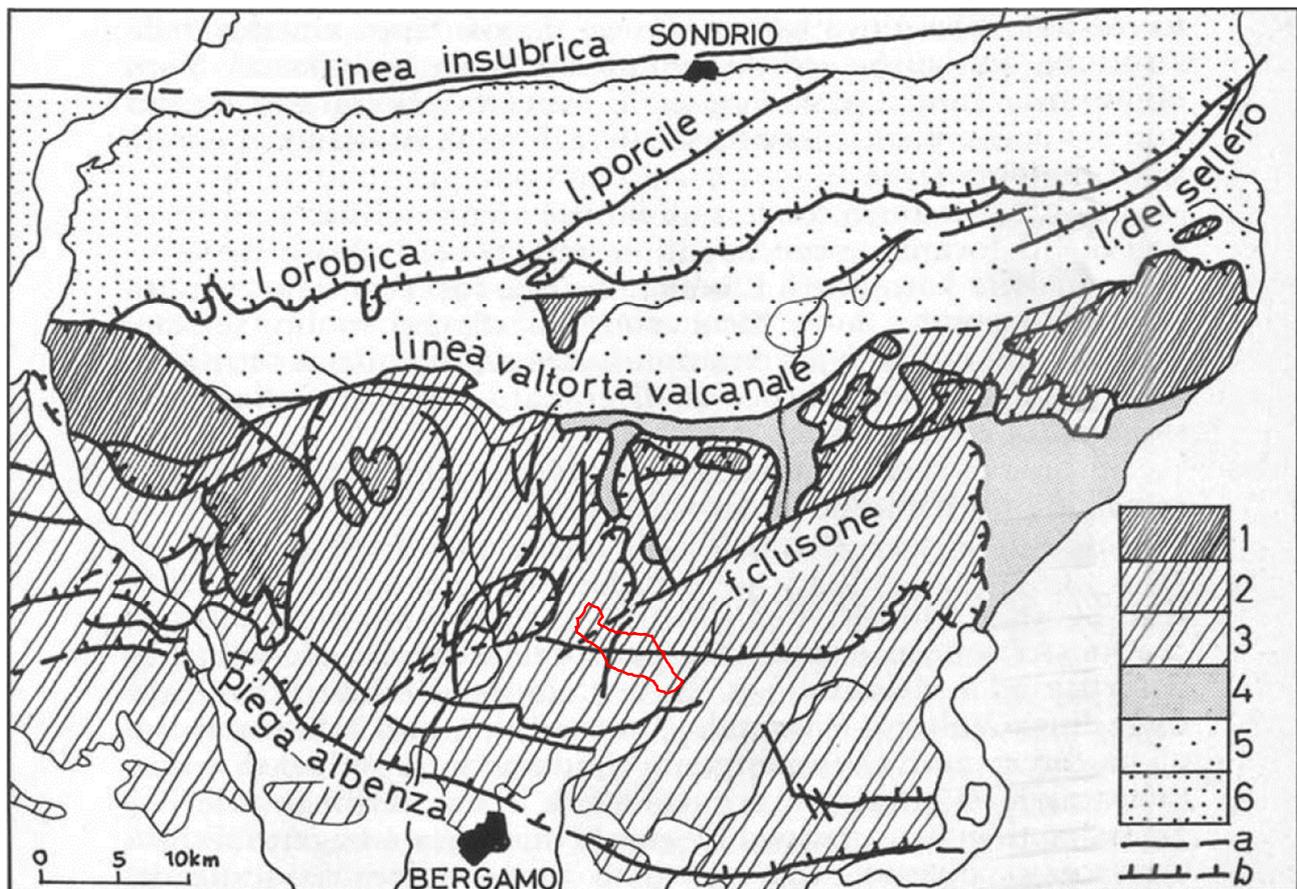
Corografia in scala 1:50.000; ubicazione dell'area di studio con il confine comunale

L'abitato principale, sul fondovalle seriano, si situa allo sbocco del bacino idrografico del torrente Vertova, che assume decorrenza nord-ovest/sud-est, sviluppandosi dalla cima Campelli presso il Monte Alben sino al Fiume Serio. Sulle pendici orientali del versante sinistro della valle Vertova tra la cima di Cavlera e il torrente sono diffuse cascate sparse connesse alla attività agricola e zootecnica dell'area trasformate in buona parte in seconde case dove l'urbanizzazione è connessa principalmente alla presenza di una fitta rete di strade asfaltate e/o bianche.

Il bacino sotteso dal torrente Vertova, rispetto al quale l'omonimo Comune si situa allo sbocco nel fiume Serio, ha una superficie di circa 24 Km² e si sviluppa grosso modo in direzione SudEst - NordOvest sino alla Cima Campelli (1.899 m s.l.m.) presso il monte Alben (2.019 m s.l.m.); **in tale ambito il comune di Vertova occupa territorialmente quasi $\frac{3}{4}$ del bacino (circa 15 Km²).**

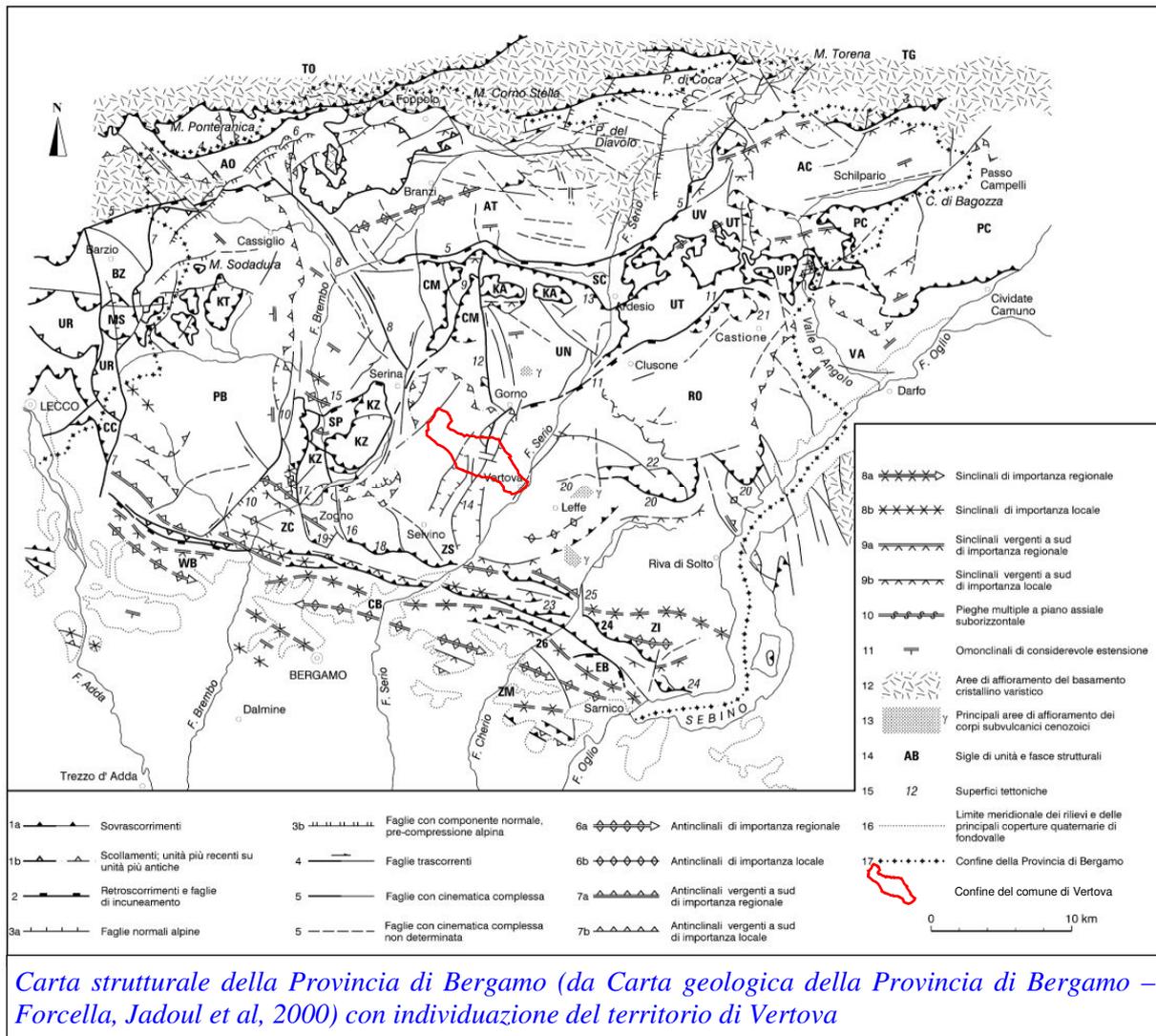
Il lato meridionale del bacino è delimitato dalla dorsale che comprende le cime dei monti Cloca (594 m s.l.m.), Cedrina (1.110 m s.l.m.) e Poieto (1.360 m s.l.m.), mentre ad Occidente il confine corre dal passo Forca (1.060 m s.l.m.), al passo Forcella (1.218 m s.l.m.), dal monte Suchello (1.541 m s.l.m.) e dalla Cima Campelli (1.899 m s.l.m.). Lo spartiacque nordorientale della valle è costituito dal monte Secretondo (1.504 m s.l.m.), dal passo di Bliben (1.277 m s.l.m.), dalla Cima di Cavlera (1.320 m s.l.m.) e dal monte Cavlera (m 1.178 m s.l.m.).

Dal punto di vista geostrutturale il territorio è compreso nell'ambito delle Alpi Meridionali calcaree (Prealpi Orobiche) ed è costituito in linea generale da formazioni rocciose calcareo dolomitiche di età compresa tra il Triassico Superiore e il Giurassico inferiore. L'area viene quindi a collocarsi in prossimità del margine pedemontano delle Alpi Meridionali, dove si sono manifestati gli eventi deformativi tardivi dell'orogenesi alpina.



Carta strutturale delle Alpi e Prealpi Bergamasche. 1 Zona delle unità alloctone superiori e delle unità Grigna e Pegherolo, 2 Zona del Parautoctono e delle unità alloctone inferiori, 3 Zona a pieghe-faglie delle Prealpi, 4 Zona dell'Autoctono e delle scaglie Valtorta-Valcanale, 5 Zona delle Anticlinali Orobiche, 6 Zona del basamento Orobico; a) faglie, b) sovrascorrimenti e pieghe faglie (Semplificato e modificato da Jadoul e Gaetani, 1979)

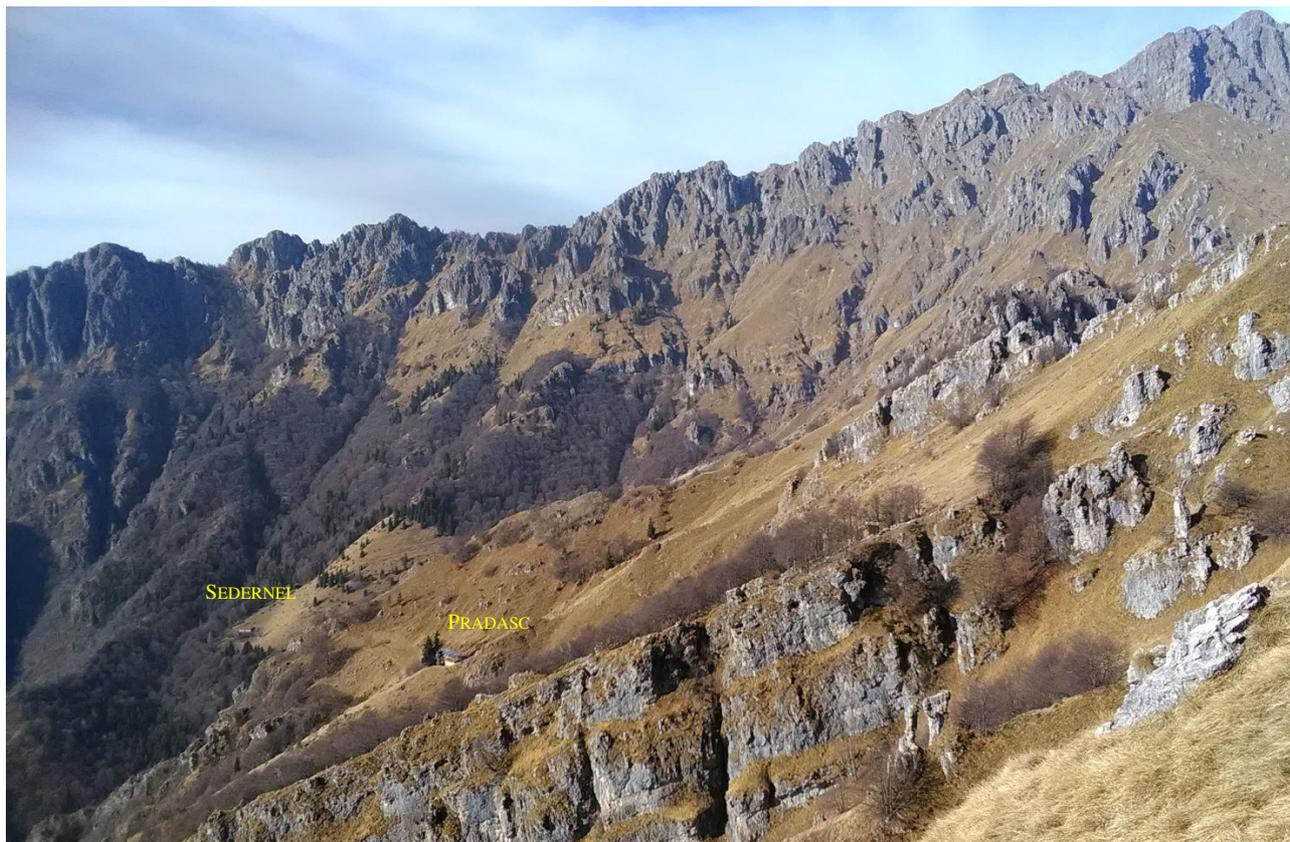
 confine comunale di Vertova



Nel loro complesso le masse rocciose presentano giaciture generali inclinate con immersioni verso Sud-Ovest comprese tra 20° e 40° nel settore nordoccidentale (monte Ceresola, Suchello, Cima Campelli), mentre il loro assetto risulta molto più variabile nel settore sudorientale (monte Cedrina e Cavlera), con una prevalenza qui di immersioni verso Nord-Ovest inclinate di circa 30 gradi.

Il limite tra le due zone tettonicamente diverse è segnato dalla presenza di una linea di faglia di notevole entità; quest'ultima mette a contatto, sovrapponendo l'una sulle altre, la "Dolomia Principale" (più antica) a NordOvest e le formazioni del "Calcere di Zu" e della "Argillite di Riva di Solto" (più giovani) a SudOvest.

La morfologia del territorio del Comune di Vertova e delle aree limitrofe è di tipo prevalentemente strutturale, da imputare cioè direttamente alla natura litologica del terreno, alla disposizione degli strati rocciosi ed alla loro differente erodibilità. Qui si distinguono infatti un settore nordoccidentale decisamente rupestre, con pareti anche strapiombanti, rocce talora anche diffusamente fratturate e numerose forme carsiche, da una zona sudorientale subpianeggiante, con morfologie più dolci dovute al prevalere di rocce più tenere, plastiche, maggiormente erodibili e di terreni sciolti, soprattutto di origine fluvioglaciale.



*In alto la parte NO del territorio di Vertova con aspetto rupestre o con ampie pareti scoscese e forme turrite date dall'erosione della Dolomia Principale e aree prative a pascolo presso le baite Pradasc e Sedernell.
In basso le morfologie mediamente acclivi con superfici boscate e prative con attività zootecnica del settore collinare SE del territorio vertovese (Umia, Malvezza, Campeï, Pegnât, in primo piano; Netura in alto a sinistra e Alguaret – Barisei in alto a destra) impostato su rocce calcareo marnose e argillitiche*





*In alto la parte del territorio di Vertova sulla sponda destra del Serio e presso lo sbocco del torrente Vertova vista dal terrazzo di Casnigo con la completa urbanizzazione dei terrazzi fluvio-glaciali e delle pendici collinari verso Moracchio e via degli Alpini.
In basso la piana alluvionale del serio con la prevalente edificazione industriale lungo via Canali.*



Le forme originarie dei rilievi sono state modificate dalle azioni degli agenti geomorfici antichi ora scomparsi, quali i ghiacciai quaternari; ad essi si sono aggiunte e si sovrappongono le azioni delle acque superficiali, di quelle sotterranee e della forza di gravità, che tuttora contribuiscono alla trasformazione fisica del territorio (alvei inforrati del torrente Vertova e della valle Sterladecco, fasce di detriti nella zona del Sedernello).

Non va inoltre trascurata la secolare ed incisiva azione antropica che, come nelle zone di fondovalle e del centro abitato di Vertova, in diversi casi e per diversi motivi ha profondamente rimodellato il territorio, adattandolo alle esigenze dell'uomo, tanto da nascondere talora completamente i tratti naturali.

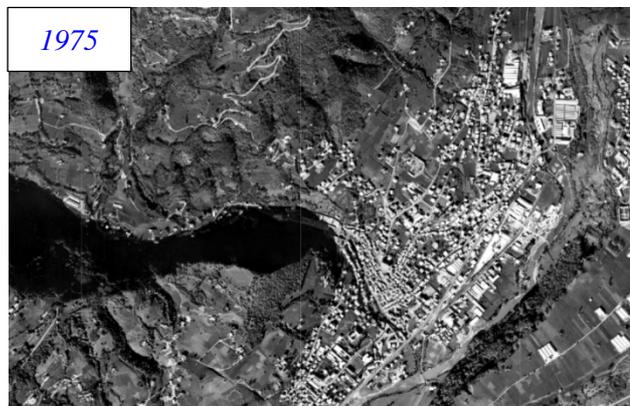
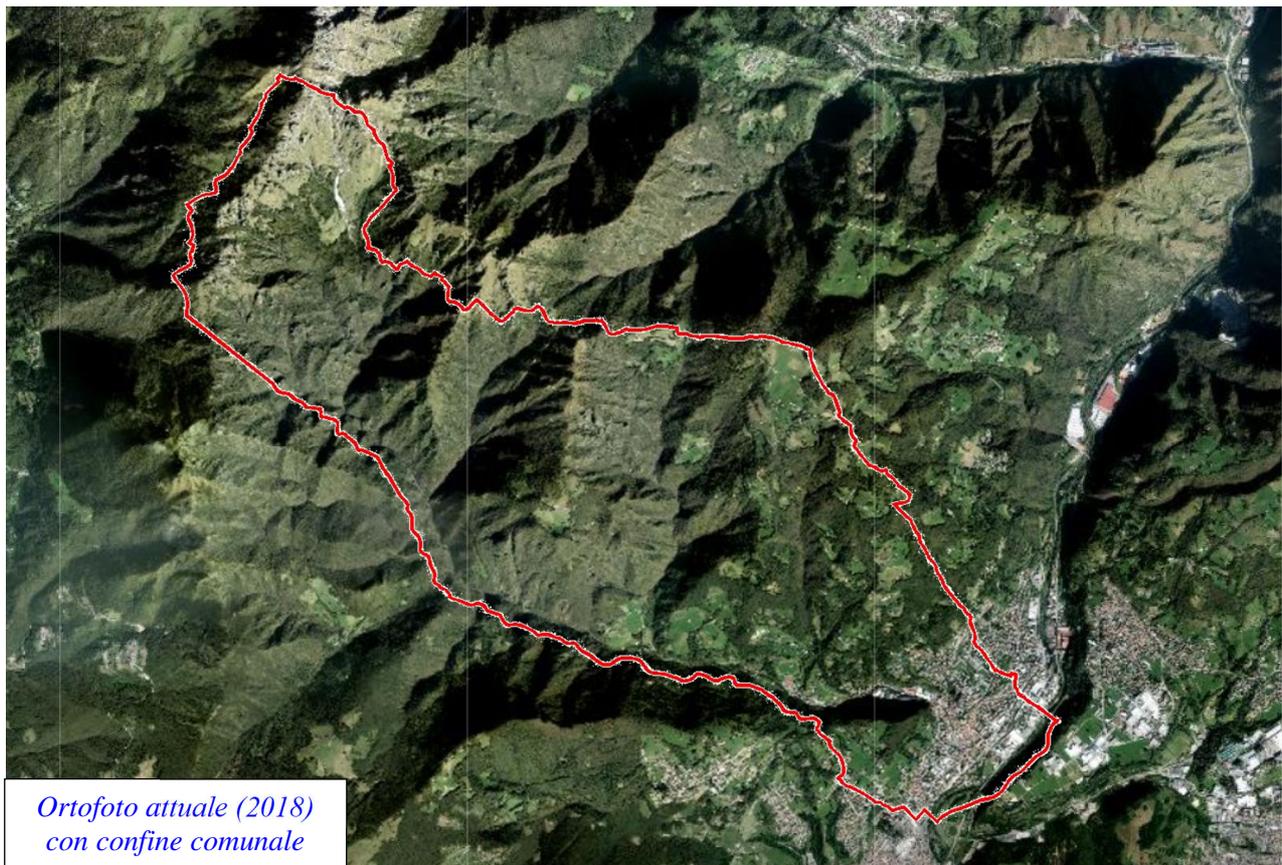
Anche l'assetto idrogeologico del territorio vertovese è strettamente collegato ai caratteri geostrutturale e geomorfologico; vi sono reti acquifere in roccia e i bacini di alimentazione delle acque sotterranee e i loro punti di recapito superficiali sono per questo condizionati dalla natura del substrato roccioso, dalla disposizione e dall'orientazione delle discontinuità.

Le sorgenti di Vertova sono numerose e talora anche di notevole entità (Sorgenti Borleda, Go-Merlezza, Corna Castello e Belò-Lacnè); esse sono ubicate per la maggior parte in prossimità della grossa faglia che sovrappone le rocce dolomitiche, permeabili per fessurazione, alle rocce marnose argillitiche praticamente impermeabili. [La presenza di sorgenti e del torrente Vertova ha reso nel tempo molto nota la zona si è sviluppata sempre più una fruizione turistica.](#)

Il regime pluviometrico dell'area, subcontinentale alpino, è caratterizzato da precipitazioni medie annue comprese tra [1550 e 1800 mm spostandosi dalle quote più basse alla parte alta del bacino del torrente Vertova.](#)



[La val Vertova con le pozze e i salti presso le sorgenti Borleda sono oggetto di rilevante fruizione turistica](#)



Evoluzione del centro abitato lungo le sponde del fiume Seio e del torrente Vertova negli ultimi 70 anni

4. CARTA LITOLOGICA

(tavola 1)

In questa carta le rocce ed i terreni vengono distinti in base alla loro natura chimico-fisica e al loro grado di suddivisione; viene inoltre indicata la posizione nello spazio delle loro principali discontinuità. Questi elementi sono la base anche per la comprensione dei caratteri geomorfologici ed idrogeologici dell'area e per la formulazione di valutazioni tecniche sulle sue attitudini urbanistiche.

Viene qui rappresentata la distribuzione superficiale delle formazioni rocciose, non solo seguendo i criteri scientifici correnti di classificazione litostratigrafica, ma anche effettuando, almeno in parte, raggruppamenti o suddivisioni ancor più particolareggiate, in funzione di locali caratteristiche dei litotipi. Per quanto riguarda i terreni granulari, che nel nostro caso rappresentano i supporti prevalentemente interessati dalle attività antropiche, in particolar modo dall'edilizia, nella carta litologica sono introdotte distinzioni in base ai processi che li hanno generati.

4.1. TERRENI DI COPERTURA

I terreni di copertura si possono distinguere in base ai fenomeni che hanno contribuito alla loro formazione in DEPOSITI ANTROPICI, connessi all'azione dell'uomo, e in DEPOSITI DI VERSANTE, DEPOSITI FLUVIALI E DEPOSITI FLUVIOGLACIALI, connessi ai vari processi naturali.

DEPOSITI ANTROPICI - in questa categoria sono stati inseriti:

-riporti antropici (r): sono rappresentati da materiali detritici grossolani, caotici e terrosi provenienti in prevalenza da scavi e demolizioni edili. Riporti consistenti di questi materiali sono diffusi lungo il basso corso del torrente Vertova e lungo la ex strada provinciale via Don B. Ferrari in prossimità dell'attraversamento del torrente Vertova [dove è stato realizzato a fine '800 il consistente riporto per l'attraversamento ferroviario della valle](#). Vanno inoltre segnalati i riporti di più piccola entità che hanno ricoperto in parte le valli dei Cereti e soprattutto quella dei Grumelli e quelli presenti a valle della località Clasi Basso (Salarem) e Clasi alto. [Anche lungo la sponda del Serio gran parte della nuova strada SS461 dal ponte presso il campo sportivo sino al confine con Colzate è in riporto fungendo da argine destro al fiume stesso in più punti.](#)



Riporto realizzato a Clasi alto (l'area nel 1975 e il suo livellamento attuale)



Riporto di via Don Ferrari e della ferrovia visto da via Pizzo (sopra) e da via don Ferrari durante i lavori di sistemazione della pista ciclopedonale (sotto): a) scavo, b) terre armate.



DEPOSITI DI VERSANTE

La formazione dei depositi di versante è essenzialmente legata alla disgregazione fisico-chimica operata sulle masse rocciose dagli agenti climatici e meteorici, all'azione della forza di gravità e al successivo rimaneggiamento dei materiali sciolti operato dalle acque piovane; in questa categoria sono stati distinti:

- coperture eluvio-colluviali (el) Quaternario: sono terreni prodotti dalla alterazione fisico-chimica in sito del substrato roccioso, soggetti inoltre ad un parziale rimaneggiamento ed a un limitato trasporto lungo i pendii da parte della forza di gravità e delle acque di scorrimento superficiale.

Questi terreni nel territorio vertovese sono composti da limi e argille sabbiose, derivate in particolar modo dall'alterazione di rocce argillitiche e calcareo-marnose, al di sopra delle quali essi costituiscono un orizzonte di suolo continuo ed intensamente colonizzato dalla vegetazione; questi terreni, ancor oggi interessati dalle tipiche attività agricole e zootecniche montane, sono presenti prevalentemente nel settore sudorientale dell'area studiata.

- Detriti di falda sciolti (dt) Quaternario: si tratta di sedimenti che si sono generati a causa della disgregazione fisica e chimica delle rocce e del lento agire della forza di gravità su versanti acclivi rupestri, ed accumulatisi ai piedi delle scarpate dove formano fasce e coni di detriti.

Questi terreni, grossolanamente granulari e scheletrici, sono costituiti da frammenti rocciosi spigolosi, sciolti e granulometricamente eterogenei; in alcuni casi presentano matrice sabbiosa abbondante. I pendii che formano sono generalmente poco stabili, in particolar modo alle quote più elevate, dove la colonizzazione vegetale è minore (Cascine Sedernello); mentre i terreni in superficie raggiungono un discreto grado di stabilizzazione alle quote inferiori (valle Masna e versante nordoccidentale del Monte Cloca). Lo spessore di questi sedimenti a causa del loro processo formativo è estremamente variabile, passando in certi casi da alcuni decimetri a circa una decina di metri.

- Detriti di falda cementati (dtc) Quaternario: sono depositi detritici più antichi dei precedenti, formati in origine con il medesimo processo evolutivo, ma che hanno subito successivamente una cementazione, completa o discontinua, da parte del calcare depositato dalle acque di infiltrazione. Nell'area rilevata questi litotipi sono piuttosto rari: essi raggiungono spessori notevoli (10÷15 m) solamente in corrispondenza del versante sinistro della valle Masna. Tali terreni, come verificato in altre zone del territorio della val Seriana sono connessi anche a particolari condizioni strutturali, quali ampie zone di frattura di anticlinale, faglie e/o superfici di sovrascorrimento.



Terreni eluvio colluviali a Cavlera (A), a Malvezza (B) e a valle di via San Patrizio (C); detriti sciolti presso Sedernello (D - foto aerea) e presso via Pendigia (E); detriti cementati presso Alguaret e Barisei (F).

DEPOSITI FLUVIALI

Di questi terreni, che sono connessi all'azione delle acque incanalate, fanno parte:

-alluvioni attuali (aa) Quaternario: costituiscono l'alveo attuale del fiume Serio e del torrente Vertova laddove non siano presenti affioramenti di roccia e/o conglomerato. Il loro spessore è generalmente ridotto da pochi decimetri a qualche metro, proprio per la presenza di frequenti affioramenti rocciosi. Il generale andamento rettilineo del Vertova favorisce la presenza di granulometrie grossolane (ghiaia e ciottoli con rare lingue sabbiose), mentre su alcune anse del fiume Serio sono presenti anche barre sabbioso-ghiaiose.

-alluvioni recenti (a) Quaternario: costituiscono una stretta fascia posta lungo la parte terminale del torrente Vertova e che si interdigita con le alluvioni del fiume Serio. Si tratta prevalentemente di sedimenti sciolti, di granulometria eterogenea (da ghiaie sabbiose a blocchi *con rara matrice limosa*). Il loro spessore in valle Vertova è piuttosto ridotto, come evidenziano i numerosi affioramenti rocciosi presenti nell'alveo del torrente, mentre aumentano significativamente di spessore lungo la piana *in sinistra* idrografica del fiume Serio.



Alluvioni attuali nel torrente Vertova: barra ghiaiosa ciottolosa presso il ponte San Carlo (A) e barra ghiaioso sabbiosa presso il ponte di IV Novembre/Largo Vittorio Veneto (B).



Alluvioni attuali del fiume Serio: barra ghiaiosa centrale e ghiaioso ciottolosa laterale presso la foce del torrente Vertova (C) e barra ghiaioso ciottolosa, presso l'ansa del Caseli del Lomaga e del ponte della pista ciclopedonale tra Casnigo e Vertova (D).

DEPOSITI FLUVIOGLACIALI

Sono terreni originatisi per l'azione combinata di acque aventi origine fluviale e di apparati glaciali. In questo gruppo sono stati distinti:

- Depositi fluvioglaciali terrazzati (fg), Quaternario: sono rappresentati da ciottoli e ghiaie con clasti in genere ben arrotondati, con tessiture embriciate e dotati talora anche di una abbondante frazione fine, variabile dalla sabbia all'argilla. Localmente vi sono intercalate lenti e tasche di ghiaie fini e sabbie (vedi stratigrafia **S4**) o di argille coesive e plastiche (vedi stratigrafia **S9**). Questi terreni costituiscono degli ampi "terrazzi" allo sbocco della val Vertova e lungo il corso del fiume Serio, dal quale sono stati e sono tuttora profondamente incisi e rimaneggiati. Solo allo sbocco della val Masna sono presenti terreni simili, ma di conoide antica (co) non più riattivabile.

- Depositi fluvioglaciali cementati (fgc) Quaternario: sono litotipi che hanno la stessa origine dei precedenti ma che presentano una diffusa cementazione ad opera di sostanze calcaree. Si tratta pertanto di conglomerati, organizzati in grossi banchi, ben cementati, intercalati a sedimenti sabbiosi sciolti. Essi sono diffusi lungo il versante orientale del monte della Cloca.



Terreni fluvioglaciali: ghiaie e ciottoli in matrice limoso debolmente argillosa presso località Forni Vecchi (A) o presso il terrazzo su cui sorge Polecc (B); limi sabbioso ghiaiosi con lenti di argilla grigia presso il cimitero del capoluogo (C); conglomerati cementati lungo la scarpata del fiume Serio sotto via don Ferrari (D) o al confine con Fiorano al Serio sulla mulattiera di Plodera (E).

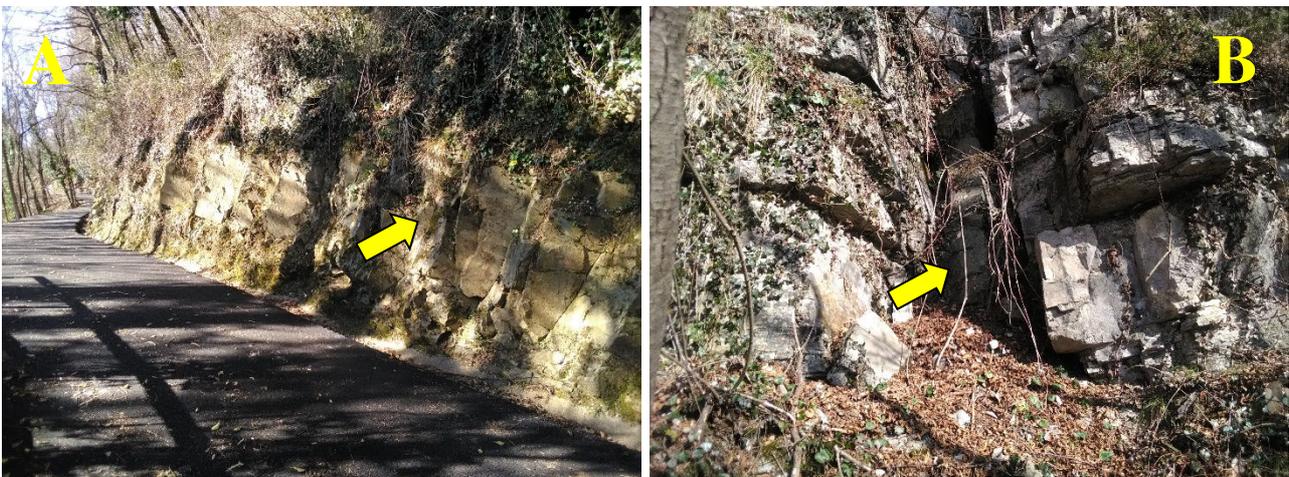
4.2. FORMAZIONI ROCCIOSE

Le rocce presenti nell'area studiata appartengono a formazioni sedimentarie triassiche e giurassiche, comprendenti in gran parte litotipi carbonatici; queste unità litostratigrafiche fanno parte della cosiddetta "copertura mesozoica delle Alpi Meridionali"; esse vengono di seguito elencate in ordine cronologico dalla più recente alla più antica:

- Filoni porfiritici	rocce vulcaniche verdastre
- Calcarea di Moltrasio	calcari marnosi con selce nera, stratificati
- Calcarea di Sedrina	calcari marnosi grigio-nerastri stratificati
- Dolomia a Conchodon	calcari grigio chiari massicci
- Calcarea di Zu	calcari, marne ed argilliti stratificati
- Argilliti di Riva di Solto	argilliti e marne argillose, fittamente laminate
- Calcarea di Zorzino	calcari marnosi nerastri stratificati
- Dolomie Zonate	dolomie debolmente calcaree, ben stratificate
- Dolomia Principale	dolomie grigio-rosate massicce

- Filoni porfiritici (K) Terziario: i filoni porfiritici sono stati rinvenuti solamente nel settore sudorientale dell'area rilevata; essi presentano colore verdastro e sono costituiti da rocce magmatiche di composizione plagioclasico-anfibolica, frequentemente e profondamente alterate. I filoni sono incassati in modo discordante nelle rocce circostanti per cui si può ritenere con sicurezza che essi si siano messi in posto dopo le formazioni sedimentarie **anche se talvolta sono concordi alla stratificazione**.

Lo spessore dei filoni non supera mai i due metri e questi corpi hanno orientazioni preferenziali Est-Ovest e NNE-SSO. Essi sono stati osservati sul versante sinistro della valle degli Uccelli, e trasversalmente al Canal di Fra ad una quota di circa 700 m s.l.m. **disposti concordemente alla stratificazione**. Da segnalare inoltre la presenza di porfiriti in via IV Novembre nel centro di Vertova, come risulta dalla stratigrafia **S5**, **ma anche in valle Masna lungo l'asse dell'antiforme nel Calcarea di Zu a valle delle plaghe di conglomerato cementato e delle aree fortemente fratturate**.



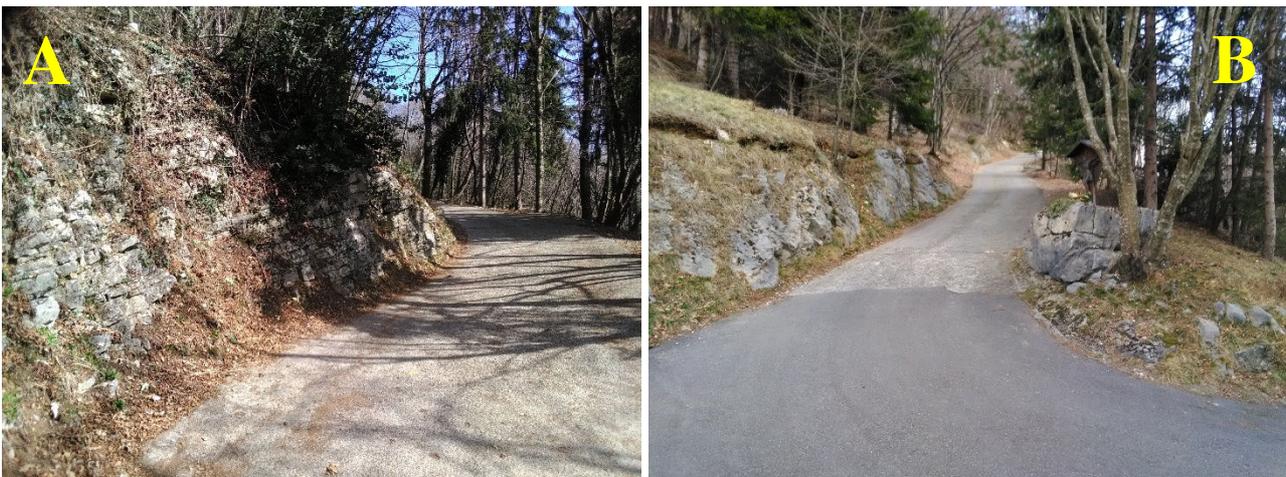
Porfiriti: filone concordante alla stratificazione del Calcarea di Zu presso la valle del Canal di Fra lungo la strada per Corna Marscia (A) e filone discordante perpendicolare alla stratificazione lungo fratture grosso modo E-W in valle Masna lungo il sentiero per Cornalascia a valle di Barisei (B).

- Calcarea di Moltrasio (MO) Carixiano-Sinemuriano (190-185 M.a.): tale unità è presente unicamente sulla sommità del monte Cedrina, presso la frazione di Orezzo, in territorio del Comune di Gazzaniga; qui essa è in diretto contatto con la sottostante formazione del Calcarea di Sedrina. L'unità è costituita da calcari marnosi nerastri stratificati, con interstrati marnosi scuri, ricchi di selce in noduli e straterelli.

- Calcarea di Sedrina (SD) Hettangiano (194-190 M.a.): questa formazione affiora in modo limitato sulle sommità del monte Poieto, **comuni di Gazzaniga e Aviatico**, dove raggiunge lo spessore di alcune decine di metri, e dei monti Cedrina e Cavlera, dove invece essa presenta lo spessore massimo di un centinaio di metri. Si tratta di calcari marnosi nerastri stratificati, alternati a marne nere, con presenza di selce nera quasi sempre in noduli. Nelle porzioni più calcaree della formazione sono ben sviluppate forme di carsismo superficiale (campi solcati). Sempre il Calcarea di Sedrina risulta in continuità stratigrafica con l'unità sottostante della Dolomia a Conchodon.

- Dolomia a Conchodon (DC) Retico Superiore (196-194 M.a.): l'unità affiora diffusamente sui monti Poieto, Cedrina e Cavlera, ove essa si può osservare in contatto, sia stratigrafico, sia tettonico (faglie orientate all'incirca Nord-Sud), con il sottostante Calcarea di Zu (settore del monte Cavlera).

La formazione della Dolomia a Conchodon è costituita da calcari di colore grigio chiaro a stratificazione massiccia, talora saccaroidi, interessati da evidenti fenomeni carsici superficiali. Il suo spessore massimo è valutabile nell'ordine dei cinquanta o sessanta metri.



Calcarea di Sedrina (A) e Dolomia a Conchodon (B) lungo la strada che da Paret sale verso Grom.

- Calcarea di Zu (ZU) Retico medio (198-196 M.a.): questa formazione affiora diffusamente in un'ampia fascia che si estende dal monte Poieto fino al monte Cavlera, e presenta uno spessore di circa quattrocento metri.

Essa è costituita da alternanze di argilliti marnose giallastre, marne e calcari marnosi scuri stratificati, con abbondanti resti fossili (coralli, gasteropodi ed alghe). Gli strati calcarei divengono man mano più abbondanti, fino a diventare esclusivi, verso il tetto della formazione.

Il Calcarea di Zu nella sua parte basale presenta forti analogie litologiche con la sottostante formazione dell'Argillite di Riva di Solto; diviene in tal modo difficile individuare tra le due a prima vista il limite formazionale esatto: il criterio seguito nel corso del rilevamento è stato quello di evidenziare la prevalenza della componente calcarea (a favore dello Zu) e viceversa.

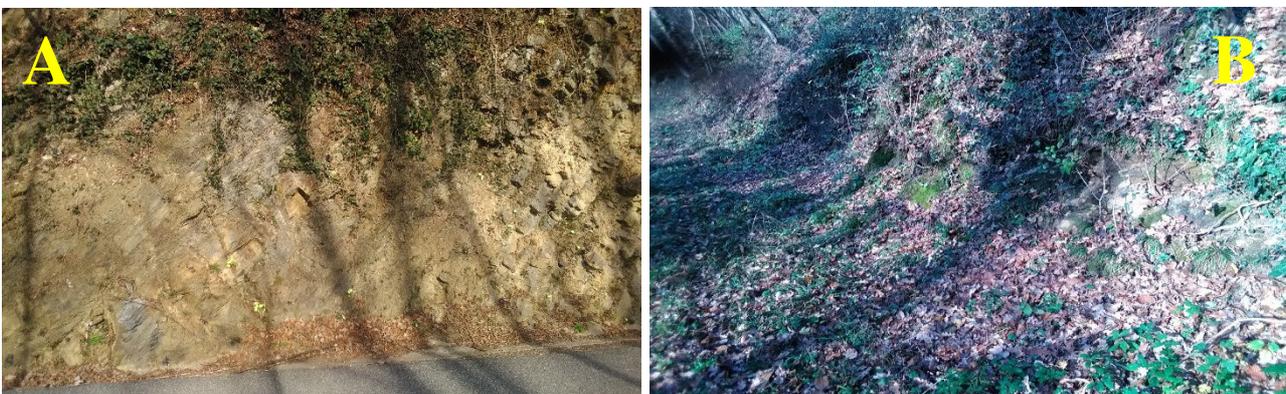


Vari affioramenti del Calcarea di Zu lungo strade, sentieri e torrenti.



Argillite di Riva di Solto (AR) Retico inferiore (200-198 M.a.): le rocce appartenenti a questa unità affiorano abbondantemente nel fondovalle vertovese, tra la confluenza della valle Lacnè-Chignola e quella della valle Masna. Qui la formazione ha una potenza di circa un centinaio di metri, che si riduce progressivamente, fino a contare solo qualche decina di metri, verso il settore orientale, nella zona di S. Patrizio in Comune di Colzate.

Si tratta di alternanze irregolari di argilliti nere sottili e fissili, argilliti marnose e calcari marnosi giallastri; questi ultimi divengono più frequenti o preponderanti nella parte sommi-tale della formazione. La stratificazione è generalmente fitta nelle parti argillitiche, mentre gli strati marnosi e calcarei possono raggiungere i trenta centimetri di spessore. Per le sue caratteristiche litologiche la “Argillite di Riva di Solto” costituisce un importante orizzonte impermeabile, svolgendo un ruolo idrogeologico primario nel dare origine alle principali sorgenti del territorio di Vertova.



Argillite di Riva di Solto in via degli Alpini (A) e sulla sponda sinistra della valle degli Uccelli presso via Netura (B).

- Calccare di Zorzino (CZ) Norico (210-200 M.a.): costituisce la quasi totalità del monte Cloca ed affiora irregolarmente tra le alluvioni attuali del fiume Serio, lungo il confine con il Comune di Casnigo. Trattasi di calcari marnosi neri ben stratificati, talora con interstrati marnosi. L'unità è eteropica (ovvero ha un graduale passaggio laterale, un'indentazione) con la "Dolomia Zonata" e mostra un progressivo aumento di spessore verso il settore orientale, verso il Sebino.



Calccare di Zorzino presso il ponte Martina via degli Alpini (A) e a SE della "Fabbrica dol Giass" (B).

- Dolomia Zonata (DZ) Norico (210-200 M.a.): questa formazione affiora in aree limitate presso la Tribuna Zatel, alla confluenza della valle Sterladecco nella Vertova, in località Cascine Sedernello e nella parte alta della val de Gru. Essa è rappresentata da dolomie debolmente calcaree ben stratificate, di colore grigio o grigio scuro, con interstrati argillitici. L'unità è eteropica con la parte superiore della formazione della Dolomia Principale.

- Dolomia Principale (DP) Norico (210-200 M.a.): occupa la maggior parte del territorio della val Vertova, affiorando ininterrottamente dalla valle Chignola al monte Alben, oltre che in una ristretta fascia appena a monte del capoluogo di Vertova. Risulta separata dalle precedenti unità dalla discontinuità del sovrascorrimento "Cima Cavlera-valle Chignola-Lacnè-Tribuna Zatel".

Le rocce che costituiscono questa formazione sono dolomie di colore rosa o grigio chiaro, organizzate in grossi banchi, abbondantemente fratturate e affette da fenomeni di dissoluzione carsica; esse conferiscono al paesaggio un tipico carattere rupestre. Lo spessore della Dolomia Principale è difficilmente valutabile nella zona, a causa delle complicazioni tettoniche che la coinvolgono, ma è comunque stimabile attorno al migliaio di metri.



Dolomia Principale nei pressi del bivacco Testa (A) e lungo il sentiero delle sorgenti Belò Lacnè (B) con tipici pinnacoli e forme turrette in ambito rupestre

SEGNI CONVENZIONALI

Nella carta litologica (tavola n.1), oltre alle campiture colorate e alle sigle che distinguono le diverse formazioni rocciose e i terreni granulari, vengono indicati mediante un'apposita simbologia le giaciture degli strati, le zone di fratturazione pervasiva delle masse rocciose (fasce cataclastiche) e le principali discontinuità e dislocazioni tettoniche (faglie e sovrascorrimenti).

Altri simboli segnalano le principali sorgenti, le località fossilifere e mineralogiche, le tracce delle sezioni geologiche e i punti nei quali si sono ricavate informazioni stratigrafiche e geotecniche di dettaglio, siano esse ottenute da scavi e/o prove in situ, siano esse ricavate da semplici osservazioni di scavi edili e sbancamenti naturali. Le stratigrafie ottenute da queste situazioni sono riportate graficamente nella tavola n.2 [per quanto riguarda quelle già inserite nello studio del 1996 e nella tavola 5 vengono riportate insieme alle caratteristiche geotecniche ed ambientali quelle relative agli ultimi venti anni di indagine attraverso la rappresentazione di scavi, prove geotecniche, sondaggi, prove sismiche. In ogni caso tutte](#) vengono descritte nel capitolo seguente.

5. SEZIONI GEOLOGICHE E STRATIGRAFIE

(tavola n.2)

Le sezioni geologiche sono degli spaccati del territorio costruite utilizzando come base i dati del rilevamento di superficie e dunque dalla carta litologica, con la quale permettono la visione tridimensionale della struttura geologica.

Le sezioni presentate in questo lavoro sono state scelte in modo da illustrare sia l'andamento del substrato roccioso e dei soprastanti terreni granulari, sia i principali lineamenti geomorfologici ed idrogeologici del territorio di Vertova. Le campiture e i simboli adottati sono gli stessi della carta litologica.

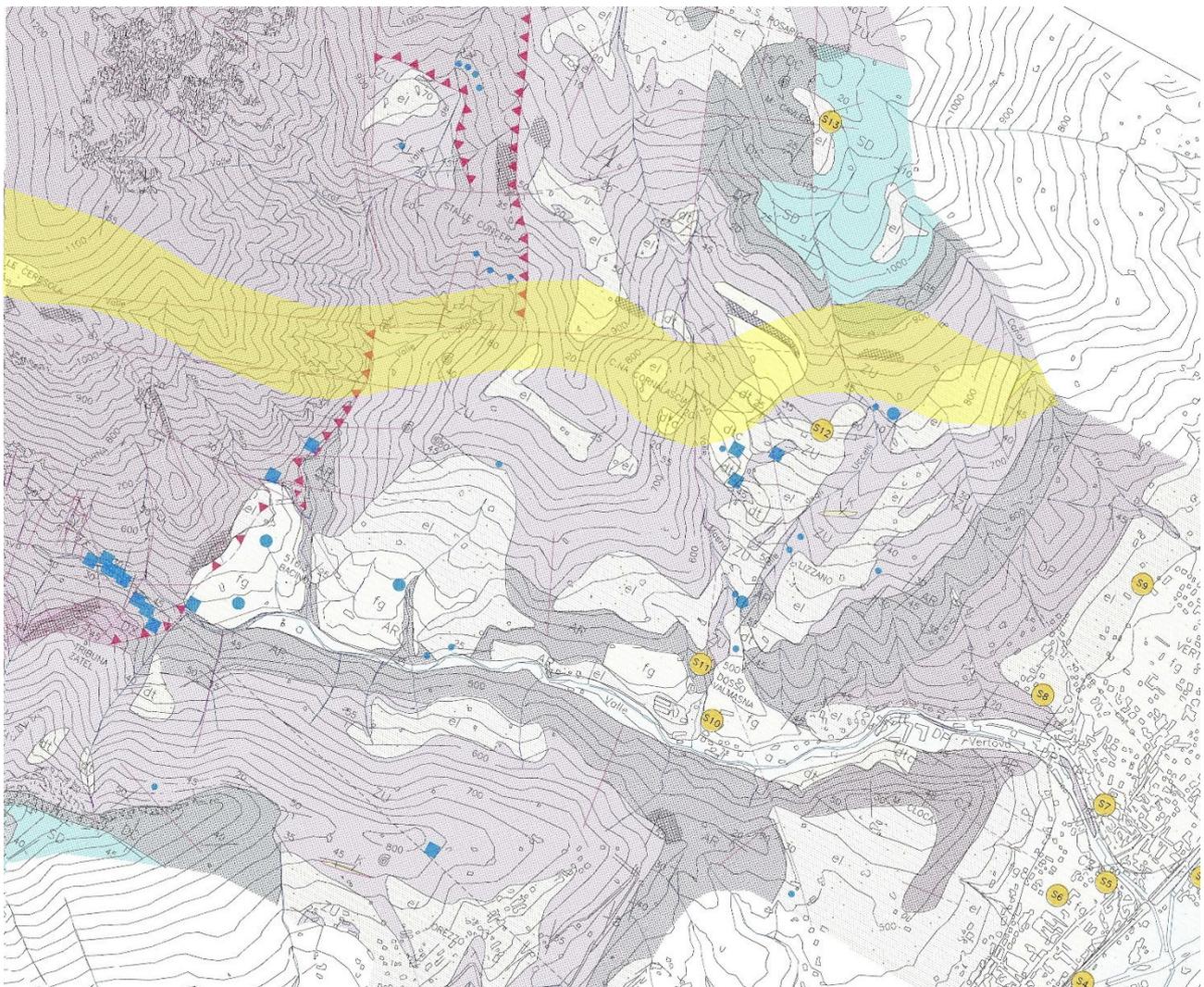
Le due sezioni geologiche, unitamente a quanto espresso dalla precedente carta litologica, confermano come tutta l'area considerata possa essere suddivisa in due zone ciascuna con propri caratteri peculiari, estremamente significativi.

Il limite tra le due aree è rappresentato dalla linea di sovrascorrimento precedentemente citata che corre dalla Cima Cavlera con direzione prevalente NNE-SSO verso Tribuna Zatel e per mezzo della quale si ha la sovrapposizione della potente massa dolomitica dell'Alben, più antica, sulle rocce marnose e argillitiche, plastiche ed impermeabili, della Argillite di Riva di Solto e del Calcare di Zu, più recenti.

Rispetto a quella linea, nel settore nordoccidentale è prevalente una tettonica rigida, che si esplica con una diffusa fessurazione delle masse rocciose e con l'evidenza di faglie importanti come quelle che qui chiamiamo "Sterladecco-Passo Bliben" e "Borleda-val Vertova", discontinuità entrambe con piano subverticale, parallele al sovrascorrimento e con sollevamento relativo dei blocchi a NordOvest. La continuità del sovrascorrimento è interrotta da alcune faglie verticali ad andamento Est-Ovest che mostrano trascorrenza destra (cioè un movimento relativo sul piano orizzontale dei blocchi alla loro destra). Tali faglie si osservano in vicinanza di Tribuna Zatel, e portano il sovrascorrimento a riaffiorare a Sud-Ovest nell'alta val de Gru, in territorio del Comune di Gazzaniga.

Il settore sudorientale (rispetto alla linea del sovrascorrimento) invece rivela una fratturazione delle masse rocciose molto minore e una prevalenza dello stile plicativo. È comunque da sottolineare un fascio di faglie subverticali ad andamento Nord-Sud e NNO-SSE, la più significativa delle quali è quella che corre dalla Madonna del S.S. Rosario alla valle Masna, alla Tribulina dei Gromei; esse portano un progressivo abbassamento relativo dei margini orientali.

Trasversalmente ai due blocchi si osserva una cerniera di anticlinale/faglia connessa alla variazione di inclinazione della stratificazione che è prevalentemente suborizzontale a Nord della cascina Barisei e di Alguaret e inclinata anche di 45° a Sud della stessa. Tale struttura è la medesima che sul versante opposto della val Masna da origine alla zona di Cornalascia e alla sella presente immediatamente a Sud di Cuncer che si prolunga anche oltre la successiva valle di Lacnè all'interno della depressione delle cascate Ceresola. Questo sistema strutturale è segnalato da ampie fasce di roccia fratturata e/o da settori con detrito cementato come avviene proprio per la zona soprastante Barisei e Alguaret.

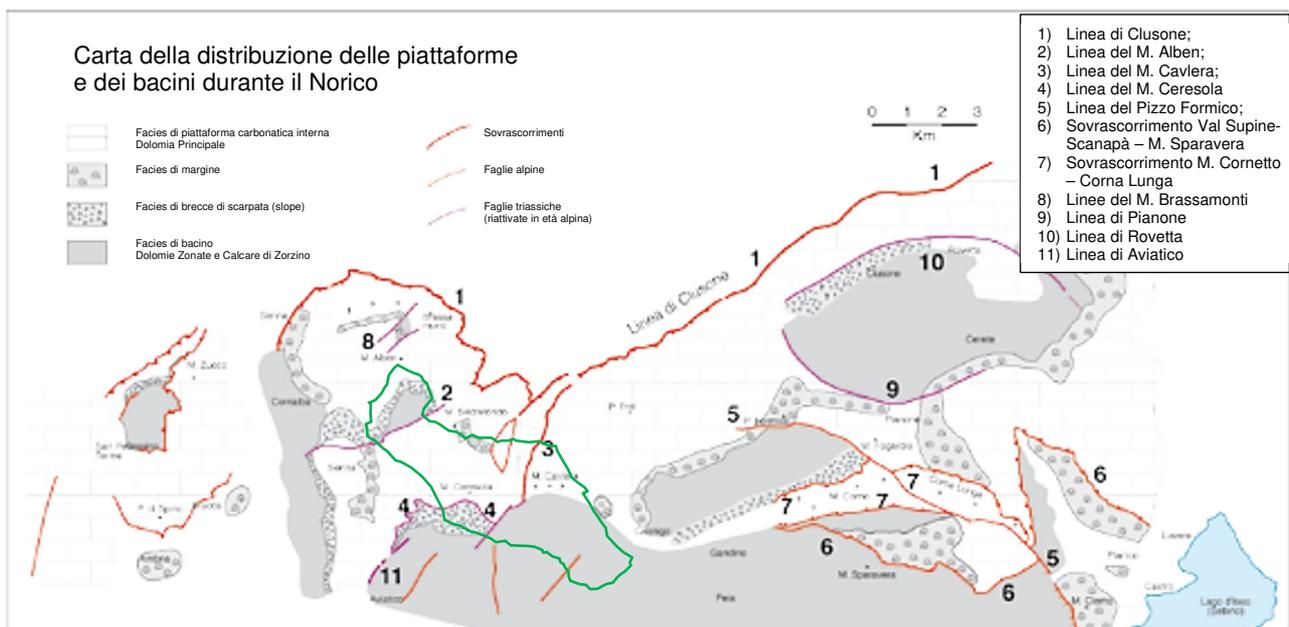


Mappa geologica a supporto dello studio geologico del PRG del 1996 con ubicazione della fascia di rocce fratturate e alterate in corrispondenza della piega faglia che da stalle Ceresola (Ovest) raggiunge la zona di Barisei e Alguaret (Est). Per la legenda si guardi la tavola 1.

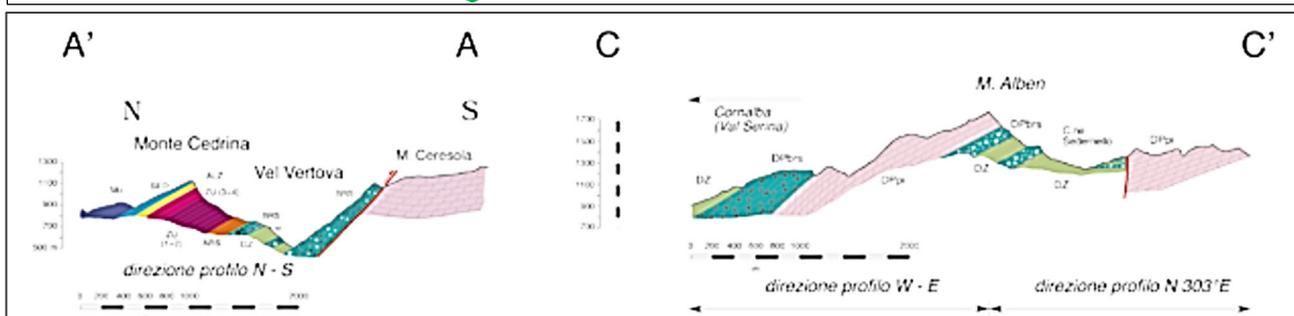
 cerniera di piega faglia

Da questa interpretazione tettonica si sono, avute grazie a studi più recenti, anche altre interpretazioni sulla base di maggiori dettagli stratigrafici o a studi di carattere strutturale che non alterano il rilievo originale del 1996 modificando unicamente il movimento dei blocchi in cui è suddivisa la val Vertova, anche se non risulta ancora completamente definito il quadro tettonico complessivo.

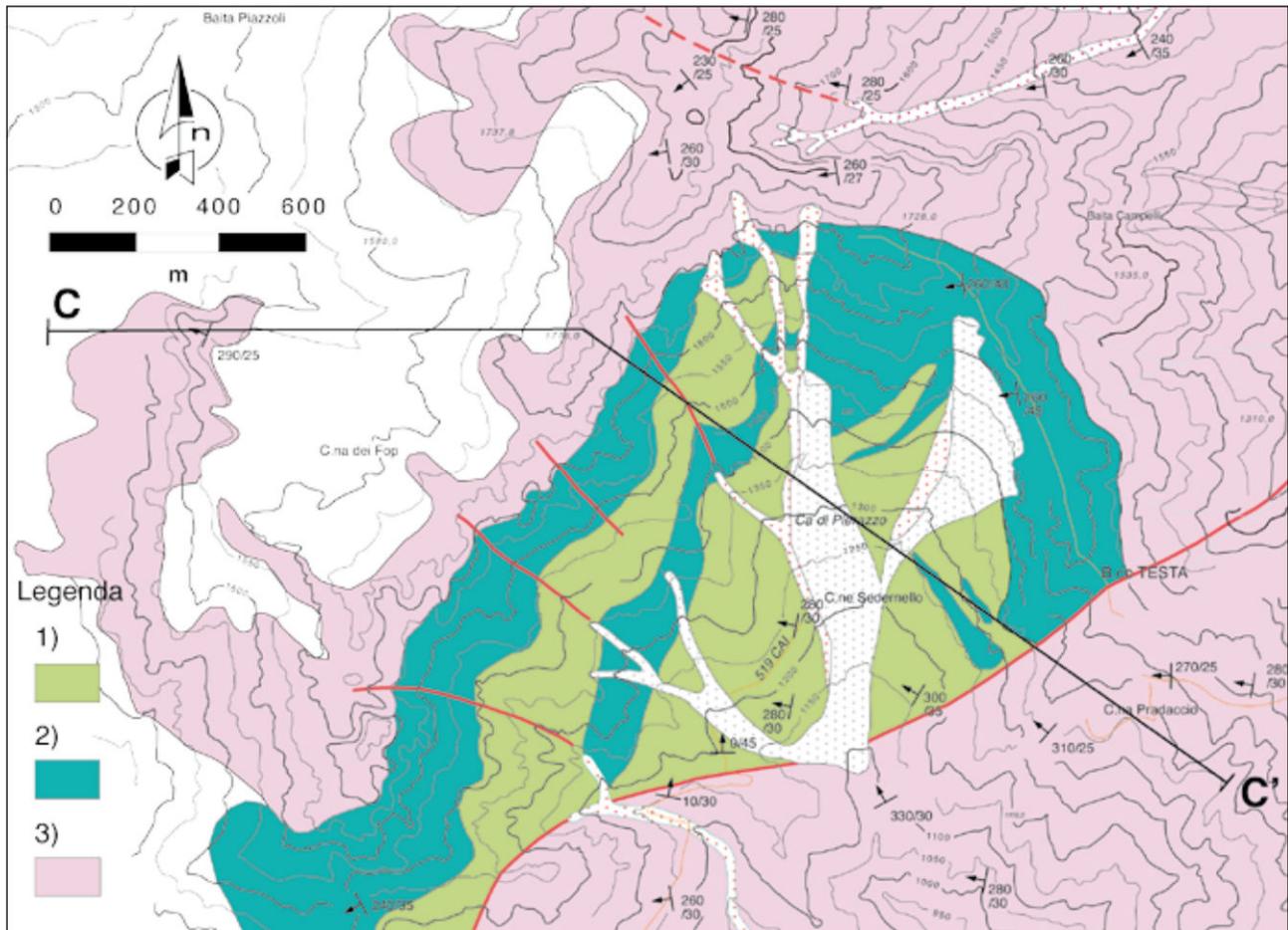
Lo schema proposto nella pubblicazione stratigrafica del norico da G. Trombetta nel 2013 (Paleogeografia del Triassico superiore delle Prealpi Bergamasche: nuovi dati del rifting norico nel Bacino Lombardo – G. Trombetta - in Quaderni del Museo di Storia Naturale di Ferrara – Vol. 1 - 2013 – pp.11-24) suddivide in modo ancor più dettagliato la Dolomia Principale e le Dolomie Zonate distinguendo differenti settori nell’alta val Vertova e in corrispondenza del monte Ceresola permettendo una ricostruzione simile a quella presentata, ma in cui la faglia con carattere di sovrascorrimento con direzione NE-SO che suddivide le due aree della val Vertova risulta essere una faglia normale con presenza di alto strutturale presso la medio alta Val Vertova ed abbassamento del settore orientale. Inoltre, mette in luce la morfologia strutturale del monte Ceresola e della sella che lo suddivide nella parte meridionale attraverso la presenza di una faglia di età norica con differente ambiente deposizionale tra il settore settentrionale (piattaforma carbonatica) e quello meridionale (facies di breccie di scarpata) così come quella dell’alta valle Vertova dove queste ultime facies e le Dolomie Zonate sono prevalenti.



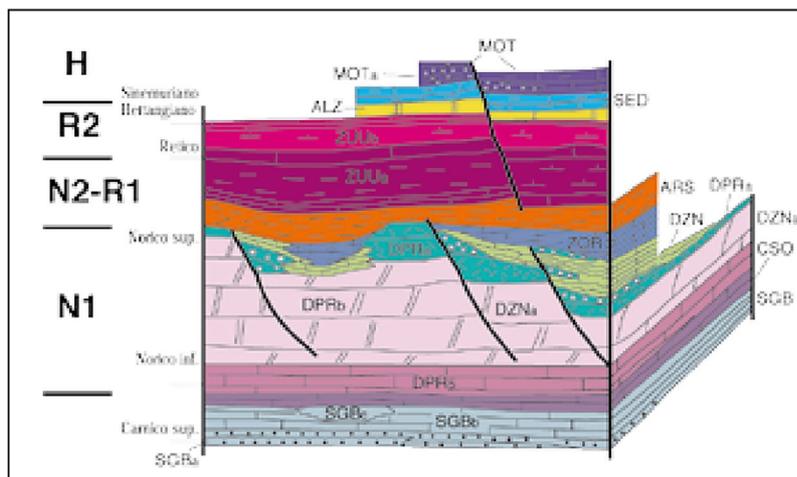
Estratto della Carta della distribuzione delle piattaforme e dei bacini del Norico (Fig. 3 della pubblicazione di G. Trombetta citata nel testo;  il confine comunale di Vertova



Sezione N-S (A-A') e W-E (C-C') della parte alta della val Vertova (estratto della fig. 6 del lavoro di G. Trombetta citato nel testo).

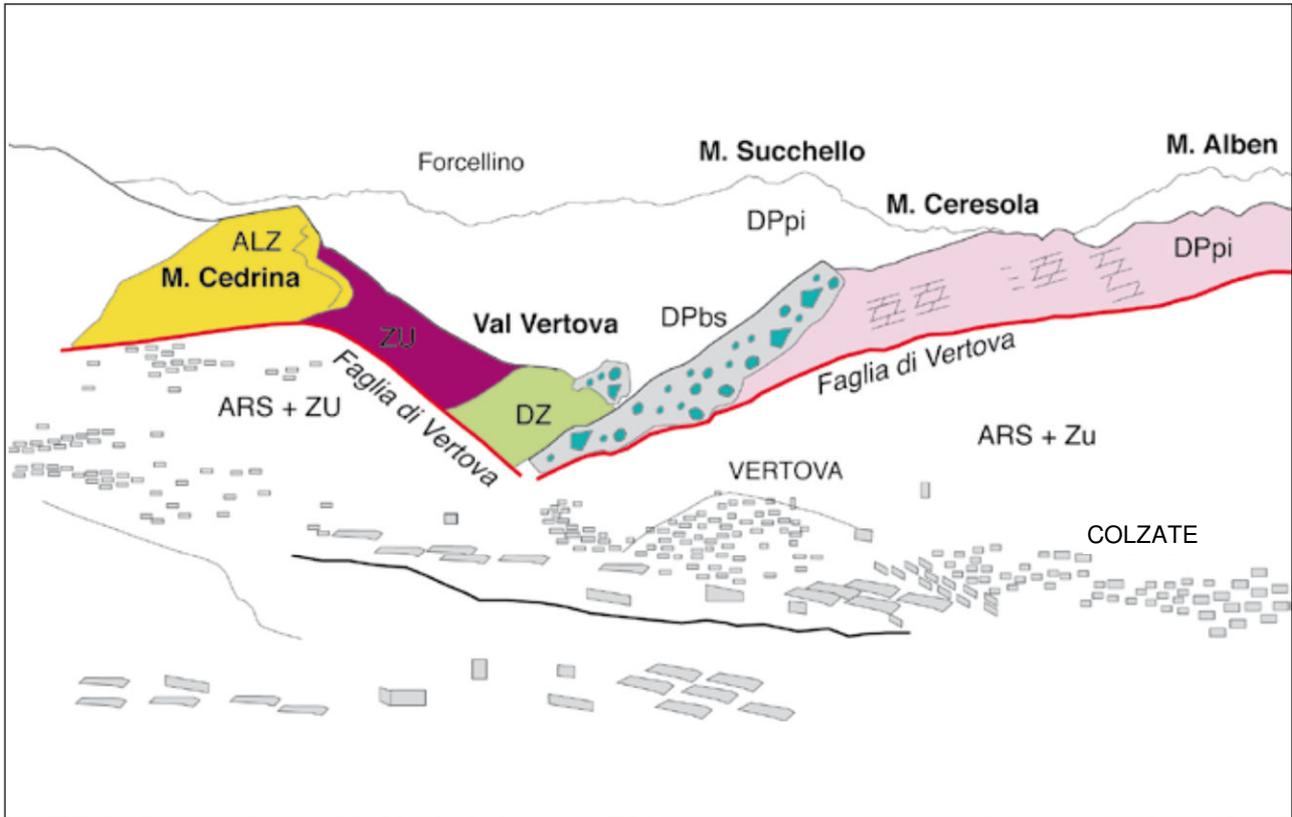


Estratto della fig. 7 del lavoro di G. Trombetta citato nel testo. Carta geologica semplificata del M. Alben. Notare la presenza della faglia a direzione WSW-ENE che controllava la subsidenza del bacino (growth-fault); lo spessore complessivo dei depositi di bacino supera i 600 m, mentre l'estensione è di circa 1,5 km. Si noti anche la progradazione delle facies di margine e di piattaforma interna sul bacino. Legenda: 1) Dolomie Zonate; 2) Dolomia Principale (facies di margine/slope); 3) Dolomia Principale (piattaforma interna).



Dal medesimo lavoro è stato possibile estrarre la carta geologica semplificata del M. Alben (parte alta della val Vertova) dove la suddivisione delle facies della Dolomia Principale e delle Dolomie Zonate sono ancora più accurate, come delle sezioni e delle panoramiche che illustrano la disposizione delle varie facies e uno schema stratigrafico. Quest'ultimo riassume nel dettaglio tutte le formazioni presenti nel territorio di Vertova.

Estratto della fig. 5 del lavoro di G. Trombetta citato nel testo. Schema dei rapporti stratigrafici delle formazioni affioranti nell'area studiata. SGB: Formazione di San Giovanni Bianco; CSO: Formazione di Castro Sebino; DPRc: Dolomia Principale (membro inf.); DPRb: Dolomia Principale (facies tipica); DPRa: Dolomia Principale (facies di piattaforma marginale); DZN: Dolomie Zonate; ZOR: Calcare di Zorzino; ARS: Argillite di Riva di Solto; ZUUa: Calcare di Zu (litozona sup.); ZUUb: Calcare di Zu (litozona inf.); ALZ: Formazione dell'Albenza; SED: Calcare di Sedrino; MOT: Calcare di Moltrasio (ridisegnato da Jadoul et al., 2012).



Estratto della fig. 12 del lavoro di G. Trombetta citato nel testo. Panoramica sulla Val Vertova: il versante nord (dx nella foto) è costituito dal M. Ceresola (Dolomia Principale e facies di slope della DP), mentre il versante sud culmina col M. Cedrina il cui versante conserva in successione regolare le Dolomie Zoneate, il Calccare di Zu, l'Argillite di Riva di Solto e la Formazione dell'Albenza. In secondo piano, la dorsale del M. Alben– M. Succhello.

Nella tavola delle sezioni geologiche vengono anche riportate quattordici colonnine stratigrafiche, la cui ubicazione sul terreno è riportata nelle carte litologica (tavola n.1) redatte già nel 1996. Queste stratigrafie sono tratte sia da indagini eseguite a scopo geotecnico, sia da osservazioni dirette di spaccati naturali del terreno o di sbancamenti in cantieri edili. A queste stratigrafie sono stati aggiunti con questa revisione altri ventotto punti di indagini geotecnica, geognostica e/o sismica di cui si riporta qui di seguito un elenco dei lavori da cui sono stati estratti con le coordinate in WGS84. La loro ubicazione è riportata sempre nella tavola 1, come anche nella tavola 6 dove sono presentate anche immagini, prove penetrometriche, sondaggi, prove sismiche che illustrano le caratteristiche dei primi metri di terreno/roccia del territorio.

INDAGINI E RELAZIONI GEOLOGICHE PER NUOVE STRATIGRAFIE							
LOCALITA'	GEOLOGO	DATI	PROVA	ANNO	COORDINATE WGS84		
					E	N	Z
via V Martiri 94	P.Locatelli	pozzetto/scavo	SA	2018	564361.8349	5073645.487	450.2
Castelù	A. Poloni	Penetrometrie e MASW	SB	2018	563105.1199	5073957.604	540.0
Netura	P.Locatelli		SC	2019	563860.7575	5075559.235	887.5
via V Martiri 84	P.Locatelli	pozzetto/scavo	SA	2019	564296.8069	5073654.135	451.5
Strada Bliben	D. Ravagnani S.Santambrogio	stazioni strutturali	SD	2014-2019	562746.5688	5076559.399	1190-1280
Strada cascina Plato	D. Ravagnani S.Santambrogio	scavo + HVSR	SE	2011	565499.6195	5074517.503	805.0
Castelù/inizio strada Val Vertova	A. Poloni	compatibilità		2017	563216.6036	5073804.815	475.6
Clasi alto	M.A. Ferracin	pozzetto/scavo	SF	2011-2015	564300.7301	5073927.505	587.0
Malvezza - strada val Vertova	S.Santambrogio	sismica - elettrica	SG	2019	563879.2737	5073721.739	468.5
via degli Alpini 26? (vicino a monumento)	E. Mosconi	sismica + scavi	SH	2015	565668.2398	5073753.029	525.0
via Pali	A. Poloni		S10	2016	564738.9921	5073494.185	450
Dasla	A. Poloni		SI	2015	563348.5427	5076452.755	1165.0
cascine Merelli e Paganessi - Ceresola	Studio GeoTer	stazioni strutturali	SJ	2014	562411.2001	5075200.164	1100
Verzeroli - Cavlera	S.Santambrogio	stazioni strutturali + HVSR	SK	2018	564937.7222	5075831.123	1160
via IV Novembre frana muro	S.Santambrogio	stratigrafia + HVSR idraulica	SL	2017	566095.7639	5072953.766	394
via mons. Zenone A. Testa	A. Poloni	DP + MASW	SM	2018	566121.2211	5074050.506	485
via degli Alpini - frana	S.Santambrogio	LINEE ELETTRICHE E scavo	SN	2019	565563.4862	5074192.603	675
Cavlera - Rinaldi	E. Mosconi	rilievo strutturale	SO	2018	565172.6859	5075548.661	1150
via Canale	E. Mosconi	DP + HVSR	SP	2020	566397.1439	5073028.629	396
scuola Media	TECNOINDAGINI	MASW	SQ	2018	565981.5782	5072788.878	406
scuola elementare	TECNOINDAGINI	MASW	SR	2018	566204.2576	5073046.434	400
via Cereti 45	Studio Geo360	HVSR	SS	2021	565831.2835	5073711.436	481
via Merelli 43	Studio Geo360	HVSR	ST	2022	566270.607	5073353.84	415
Pista Ciclopedonale	S.Santambrogio	DP + scavi + HVSR	SU	2019	566201.9376	5072917.915	397
via IV Novembre cedimento muro	S.Santambrogio	stratigrafia + HVSR idraulica	SV	2017	566064.6384	5072978.953	395
dissesto via Cereti	S.Santambrogio	indagini elettriche	SW	2015	565989.3524	5073629.004	450
Studio S.T.E.R. per canale idroelettrico	S.Santambrogio	HVSR + prove portata e idrogeologia	SX	2009	566235.6287	5072900.304	385-395
Via V Martiri dissesto in roccia	D. Ravagnani S.Santambrogio A. Poloni	rilievi strutturali	SY	1989 2014 2017	565564.1407	5073532.303	425-445
campo sportivo	D. Ravagnani S.Santambrogio	pozzetti geognostici	SZ	1998	566257.326	5072802.301	390
Posancli - Zucclini	D. Ravagnani S.Santambrogio	pozzetti geognostici stazione strutturale	SAA	2007	565330.5112	5074265.493	740-750

N.B.: in bianco studi puntuali; con campitura giallina studi su vaste aree

Qui di seguito si fornisce una breve descrizione delle prime, riportando per ciascuna, le profondità in metri dal piano campagna e ove possibile un riscontro fotografico.

La stratigrafia **S1**, ubicata su intaglio naturale della sponda destra del fiume Serio a quota 390 m s.l.m., mostra, al di sotto di venti centimetri di terra vegetale sabbiosa limosa brunastra, la presenza di terreno alluvionale costituito da grossi ciottoli eterogenei arrotondati (fino a 40 cm di diametro), in matrice sabbioso-limosa giallastra. Tra la copertura vegetale e il terreno ciottoloso sottostante può esserci, come si vede presso l'adiacente scarico fognario, un orizzonte sabbioso grigiastro spesso fino a un metro.

La stratigrafia **S2**, sita anch'essa in corrispondenza di un intaglio naturale della sponda destra del fiume Serio, a quota 388 m s.l.m., evidenzia fino alla profondità di 3,10 m un terreno alluvionale costituito da un conglomerato a clasti eterogenei grossolani, ben cementato, con livelli sabbioso-limosi incoerenti spessi pochi centimetri; il banco è inclinato verso Sud-Ovest di 15° e poggia in discordanza su roccia dolomitica grigiastra stratificata inclinata di 55° verso Sud-Est.

La stratigrafia **S3** è relativa ad uno scavo edile ubicato in via Don B. Ferrari, presso i Forni Vecchi, a quota 395 m s.l.m. Si sono qui osservati 0,60 m di materiale di riporto ghiaioso-sabbioso che ricopre un terreno alluvionale; quest'ultimo fino a 1,40 m dal piano campagna è formato da argille sabbiose di colore bruno, con ghiaia e ciottoli sparsi; al di sotto, fino al fondo dello scavo (2,60 m dal piano campagna), sono presenti grossi ciottoli e blocchi eterogenei arrotondati (fino a 90 cm di diametro), in matrice sabbiosa limosa.



Scavo stratigrafia S3

La stratigrafia **S4** rilevata da uno spaccato naturale in via Don B. Ferrari, a quota 382 m s.l.m., rivela per lo spessore di circa un metro la presenza di materiale di riporto grossolano che costituisce il sottofondo stradale e il vecchio sedime ferroviario. Al di sotto si possono osservare circa tre metri di terreno alluvionale costituito da ciottoli grossolani eterogenei, ben addensati e a contatto tra loro, oppure immersi in una matrice sabbioso limosa brunastra. Localmente si individuano lenti e/o livelli di sedimenti a granulometria minore, con ghiaie fini e sabbie.

La stratigrafia **S5**, rilevata da uno sbancamento edile in via IV Novembre a quota 395 m s.l.m., evidenzia venti centimetri di terreno eluviale sabbioso-argilloso che ricopre un substrato roccioso, costituito da calcari marnosi nerastri ben stratificati, inclinati verso Sud di circa 60°. Queste rocce appartengono alla formazione del Calcere di Zorzino; in esse si nota l'intrusione di un filone porfiriteo verdastro con piccoli fenocristalli bianchi e di circa due metri di spessore. La direzione della porfirite è quasi verso Est.



Scavo stratigrafia S5 con indicata la porfirite

La stratigrafia **S6** è stata ottenuta da uno sbancamento edile presso la Casa di Riposo di via S. Carlo, a quota 415 m s.l.m.; essa mostra, al di sotto di trenta centimetri di terreno di riporto ghiaioso-sabbioso, la presenza fino alla profondità di 1,60 m di un sedimento fluvioglaciale formato da ciottoli eterogenei subarrotondati, con ghiaia e sabbia argillosa. Sul lato occidentale della Casa di Riposo ed a monte della stessa, tali terreni raggiungono i sei/sette metri di spessore ed appoggiano su calcari

marnosi nerastrati della formazione del Calcere di Zorzino, organizzati in strati dello spessore variabile da pochi decimetri fino a un metro e immergenti a Sud di circa 65°.



La stratigrafia **S7** è relativa ad alcune indagini penetrometriche effettuate in via S. Lorenzo, a quota 410 m s.l.m., per la costruzione di autorimesse interrato. Le indagini hanno evidenziato in superficie due metri di materiale terroso di riporto con frammenti di laterizi; sotto vi sono circa due metri e mezzo di ghiaie e ciottoli fluvio-glaciali con limo e sabbia, appoggiati su un substrato roccioso (Dolomia Principale) immerso verso Sud ed inclinato di 15°.

La stratigrafia **S8** rilevata da uno sbancamento edile in via Divisione Trentina, a quota 453 m s.l.m., mostra, al di sotto di mezzo metro di terreno eluviale limoso argilloso rossastro, fino a 2,5 m dal piano campagna, un terreno fluvio-glaciale composto da ciottoli arrotondati eterogenei e una matrice argillosa-sabbiosa rossastra.



La stratigrafia **S9** riguarda uno sbancamento edile effettuato per l'ampliamento del cimitero comunale, a quota 450 m s.l.m.; essa mostra come, al di sotto di mezzo metro di materiale di riporto grossolano sabbioso-ghiaioso, vi sia dapprima un metro di terreno fluvio-glaciale sabbioso-limoso di colore rossiccio con poca ghiaia e qualche raro ciottolo, poi, fino alla profondità di 3,00 m, si trovino argille coesive plastiche con colori da grigi a bruno giallastri.



La stratigrafia **S10** realizzata presso lo sbocco della valle Masna nella valle Vertova, a quote 455 m s.l.m. caratterizza i terreni della conoide antica presente in quella zona ed è rappresentata da terreni ghiaioso spigolosi in matrice sabbiosa al di sotto di una sottile copertura di terreno coltivo.



La stratigrafia **S11** realizzata presso l'attraversamento di via Netura della val Masna, a quota 468 m s.l.m., e le stratigrafie **S13-S14**, ubicate nella zona del monte Cavlera alle quote 1.123 e 1.158 m s.l.m., riguardano terreni eluvio-colluviali. Esse evidenziano al di sotto di una copertura di terreno vegetale boschivo, sabbioso, brunastro e di spessore variabile, la presenza di sabbie debolmente limose con ghiaia e frammenti rocciosi calcarei marnosi sparsi, misti a minute scaglie nere marnoso-argillitiche.

La stratigrafia **S12**, presa nella zona del monte Cavlera a quota 806 m s.l.m., presso Rosc, da un intaglio naturale, evidenzia la presenza di due metri e mezzo di terreno colluviale rossastro argilloso-sabbioso con frammenti di roccia e ghiaia di natura calcarea.



Per le nuove stratigrafie viene riportata nella pagina seguente la descrizione sommaria fornita nei vari lavori da cui sono tratte le stesse attraverso una tabella; per le immagini si rimanda alle relazioni o alla tavola 6.

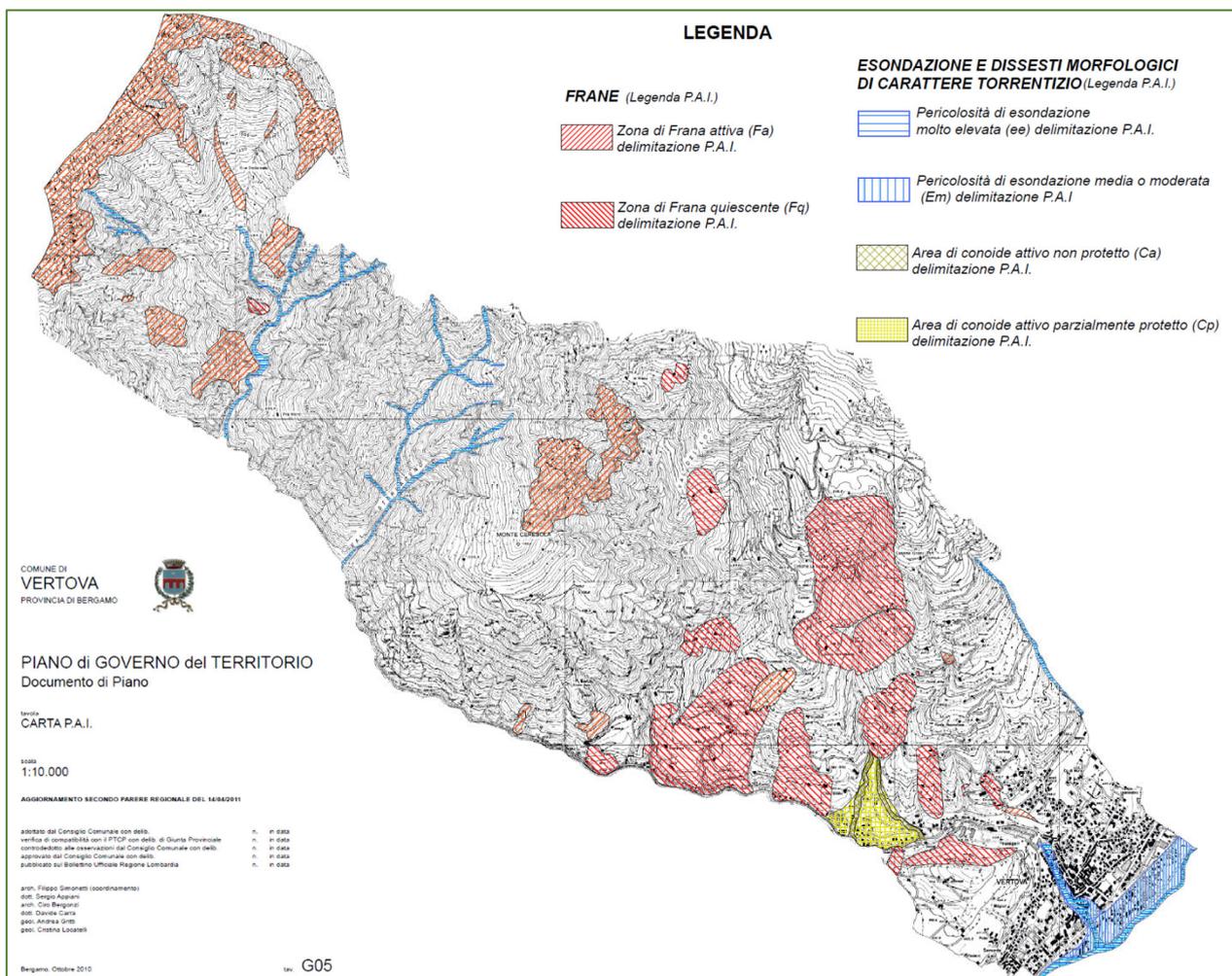
NUOVE STRATIGRAFIE					
PROVA	LOCALITA'	I orizzonte	II orizzonte	III orizzonte	sigla terreno
SA	via V Martiri 94 e 84	0-0.45 m strato di terreno coltivato	0.45-3.5/7 m ciottoli clasti e ghiaie in matrice limo sabbiosa argillosa		ec
SB	Castelù	0-0.5/0.8 m riporto eterogeneo poco addensato	0.5/0.8-1.5-2 m detriti di versante mediamente addensati	oltre 2 m roccia calcarea	ec/fg
SC	Netura	0-0.25 m strato di terreno coltivato	0.25-1.5/3 m ciottoli clasti e ghiaie in abbondante matrice fine costituita da limo, argilla e sabbia	da 1.5-3 m substrato lapideo (Calcarea di Zu)	ec
SD	Strada Bliben	0-0.1 m terreno coltivato	da 0/0.1 a 0.1/1.5 m detrito	da 0.1/1.5 m roccia calcarea	ec
SE	Strada cascina Plato	0-0.15 m terreno coltivato	0.15-2,0 m limo sabbioso debol. argilloso con clasti e ciottoli alla base	2-2.2 m calcari marnosi stratificati (Calcarea di Zu)	ec
SF	Clasi alto	0-0.3/0.6 riporto ghiaioso	da 0.3/0.6 m roccia con agilliti e calcari sottimente stratificati (Argillite Riva di Solto)		r
SG	Malvezza - strada val Vertova	0-2/5 m terreno detritico con argilla o materiale rimobilizzato da scavi	da 2/5 m rocce argillitiche con intersatratati calcarei o calcarea marnosi (Argillite di Riva di Solto)		ec
SH	via degli Alpini 26? (vicino a monumento)	0-0.3 m terreno coltivato	0.3 -0.3/1.5 m detrito o sabbia fine con cristalli di plagioclasio di alterazione di una porfirite	da 0.3 a 1.5 m porfirite o roccia dolomitica (Dolomia Principale?)	e _{DP}
S10	via Pali	detrito di conoide			clg
SI	Dasla	0-0.3 m terreno coltivato sabbioso	da 0.3 m roccia Calcarea di Zu		ec
SJ	cascine Merelli e Paganessi - Ceresola	0-0.2 m terreno coltivato	da 0/0.2 m roccia dolomitica		ec
SK	Verzeroli - Cavlera	0-0.1/0.6 m terreno coltivato sabbioso limoso	da 0.1/0.6 m roccia calcarea marnosa (Calcarea di Zu)		ec
SL	via IV Novembre frana muro	0-3 m riporto ghiaioso ciottoloso con matrice sabbioso limosa	da 3 m alluvioni ghiaioso ciottolose con matrice sabbiosa addensata		r/ar
SM	via mons. Zenone A. Testa	0-0.3 m terreno coltivato	0.3-0.3/0.7 riporto ghiaioso	da 0.3/0.7 limi argillosi eluvio colluviali con rara ghiaia	ec
SN	via degli Alpini - frana	0-3.0/3.5 m terreno di riporto limo sabbioso con ciottoli	da 3.0/3.5 roccia alterata con strati di calcarea marnoso e argilliti		ec/dt
SO	Cavlera - Rinaldi	0-0.3/1 m terreno coltivato e regolite	da 0.3/1 m substrato roccioso disgregato		ec
SP	via Canale	0-1.5 m terreni fini limo-argillosi	1.5-4.2/4.5 m ghiaie e ciottoli alluvionali in matrice limoso-sabbiosa debol. argillosa	da 4.2/4.5 m substrato roccioso	fg
SQ	scuola Media	0-2.8 m limo sabbioso	>2.8 m ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa		fg
SR	scuola elementare	0-1 m terreno coltivato	da 1 a 3,7 ghiaie in matrice limoso sabbiosa		fg
SS	via Cereti 45	0-1.2 m limi sabbiosi e coltivato	da 1.2 a 5 m ghiaie alterate in matrice limoso-sabbiosa	da 5,5 m substrato roccioso (Calcarea di Zorzino)	ec/fg
ST	via Merelli 43	0-0.8 m limo sabbioso	0.8-5.1 m ghiaie e ciottoli in matrice limo sabbiosa	da 5.1 m bedrock sismico (Dolomia)	fg
SU	Pista Ciclopedonale	0- 0.05 m terreno coltivato	0.05 - 0.4/0.6 m ghiaie in matrice limoso sabbiosa	0.4/0.6 - 1.2/1.6 m ciottoli e ghiaie in matrice sabbioso limosa	r/fg
SV	via IV Novembre cedimento muro	0-3 m riporto ghiaioso ciottoloso con matrice sabbioso limosa	3-6 m alluvioni ghiaioso ciottolose con matrice sabbiosa addensata	da 6 m roccia calcarea	r/fg
SW	dissesto via Cereti	0-2 m terreno di riporto	2-3.5 m livellamento ghiaioso		r
SX	Studio S.T.E.R. per canale idroelettrico	0-0.5 terreno coltivato e/o di riporto	0.5-3.5 terreni alluvionali con matrice sabbiosa debolm. Limosa		fg
SY	Via V Martiri dissesto in roccia	0-0.2 terreno coltivato	da 0.2 m roccia Calcarea di Zu		ec
SZ	campo sportivo	0-0.4 m riporto ghiaioso sabbiosa	0.4-2.0 m terreno ghiaioso ciottoloso con matrice bruno giallastra		r/fg
SAA	Posancli - Zucclini	0-0.2 m terreno coltivato sabbioso	da 0.2 m roccia Calcarea di Zu		ec

N.B.: in bianco studi puntuali; con campitura giallina studi su vaste aree

6. CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI PROCESSI GEOMORFICI IN ATTO (tavola 3)

Questa carta mette in evidenza i processi geologici ai quali sono dovute le forme attuali del territorio ed i fattori dinamici, fisici e fisico-chimici, che tuttora vi agiscono, determinandone l'evoluzione. La morfologia del territorio di Vertova è il risultato della combinazione di diversi fattori geologici endogeni (litologia, tettonica), di agenti del modellamento superficiale (antichi ghiacciai, acque libere e incanalate, forza di gravità) e di fattori climatici (precipitazioni, temperature, cicli di gelo e disgelo, umidità, ecc.) e comprendono, talvolta in modo preponderante, anche l'azione antropica.

La stesura di questa nuova carta, rispetto alla carta contenuta nello studio geologico a supporto del PRG di Vertova (GeoTer, 1996), non comporta sostanziali modificazioni, nonostante alcuni eventi piovosi particolarmente intensi abbiano colpito l'intera valle Seriana (2000 e 2002), ma con effetti che hanno interessato soprattutto il settore settentrionale della valle. L'aggiornamento riguarda soprattutto l'introduzione di simboli relativi ad eventi avvenuti in passato (ad esempio l'evento del 10 luglio 1972 che ha colpito la media valle Seriana) o determinati da studi e dalla normativa (dgr 11 dicembre 2001 n. 7/7365) che avevano portato alla redazione di carte tematiche sul dissesto soprattutto in aree esterne ai centri abitati per quanto riguarda gli ambiti franosi e in aree di esondazione che invece riguardavano il centro abitato di Vertova a causa dell'esondazione del torrente Vertova e in minor misura del fiume Serio. Tali elementi erano stati parzialmente riassunti nella Carta PAI (vedi tavola G05, A. GRITTI E C. LOCATELLI, 2010) del precedente studio geologico a supporto del PGT di Vertova che qui sinteticamente si ripropone.



Tuttavia, gli elementi rappresentati in quella carta sono stati in gran parte recepiti da documenti senza una valutazione sul terreno, ma ripresa acriticamente da documentazione redatta a scala molto più ampia (è il caso delle frane quiescenti della parte orientale del territorio vertovese o della conoide dei torrenti valle Masna e valle degli Uccelli) o individuati senza una valutazione coerente su tutto il territorio vertovese (come gran parte delle aree di esondazione delle aste tributarie della valle Vertova).

Inoltre, le aree di esondazione delle aste principali sono state valutate solo da un punto di vista geomorfologico e solo per la parte terminale del corso del torrente Vertova e per il fiume Serio (riprendendo in parte le carte di fattibilità del PRG di Vertova). Le stesse aree, per il fiume Serio, sono state modificate a seguito di studi di maggior dettaglio condotti dall'Autorità di Bacino del Po (*MWH, BININI, CCG, GEODES, R.A.T.I., 2004 – Studio di Fattibilità delle Sistemazione Idraulica: - del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po, - del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda, - del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda* – Autorità di Bacino del Po, Parma) e già realizzati all'epoca della redazione della cartografia PAI del 2011 e non presi in considerazione allora, ma recepiti successivamente dalle direttive riguardanti il Piano di Gestione Rischio Alluvioni dell'AdBPo (d.g.r. 19 giugno 2017 n. X/6738).

Per tale motivo come verrà illustrato nel capitolo relativo alla cartografia PAI-PGRA sono stati realizzati studi di dettaglio realizzati per gli ambiti di frana e di esondazione che verranno descritti sinteticamente in quel capitolo, mentre la cartografia geomorfologica qui presentata illustra tutti gli elementi che determinano anche in modo localizzato l'evoluzione dinamica del territorio sulla base di tutte le cartografie e studi disponibili valutati criticamente.

Tra i vari elementi consultati e definiti nell'allegato 1 della dgr 2616/2011 e nelle sue successive integrazioni (l'ultima è la dgr 18 luglio 2022 -XI/6702) si ricordano:

- il database dei dissesti contenuto nella pubblicazione *Inventario delle Frane e dei Dissesti Idrogeologici della Regione Lombardia –note illustrative (2002)*
- la *Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe* estratta dal progetto SIRVAL della Regione Lombardia (2002);
- la *Cartografia geomorfologica con legenda uniformata PAI del comune di Vertova* sulle carte disponibili presso il comune e presso il sito *Cartografia Regione Lombardia (2020)*;
- il *Catalogo Geo_IFFI delle frane e dei dissesti* fornito dal sito di ISPRA (2008);
- la *cartografia dei dati di movimento derivante da indagini satellitare con Permanent Scatterers della Regione Lombardia (2020)*
- *MWH, BININI, CCG, GEODES, R.A.T.I., 2004 – Studio di Fattibilità delle Sistemazione Idraulica: - del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po, - del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda, - del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda* – Autorità di Bacino del Po, Parma.

Nella carta geomorfologica sono stati evidenziati con campiture gli elementi che compongono il paesaggio fisico ([capitolo 5.1](#)) e mediante appositi simboli sono stati indicati i processi geomorfici in atto, quiescenti o potenziali, raggruppati in base alla loro tipologia generativa ([capitolo 5.2](#)).

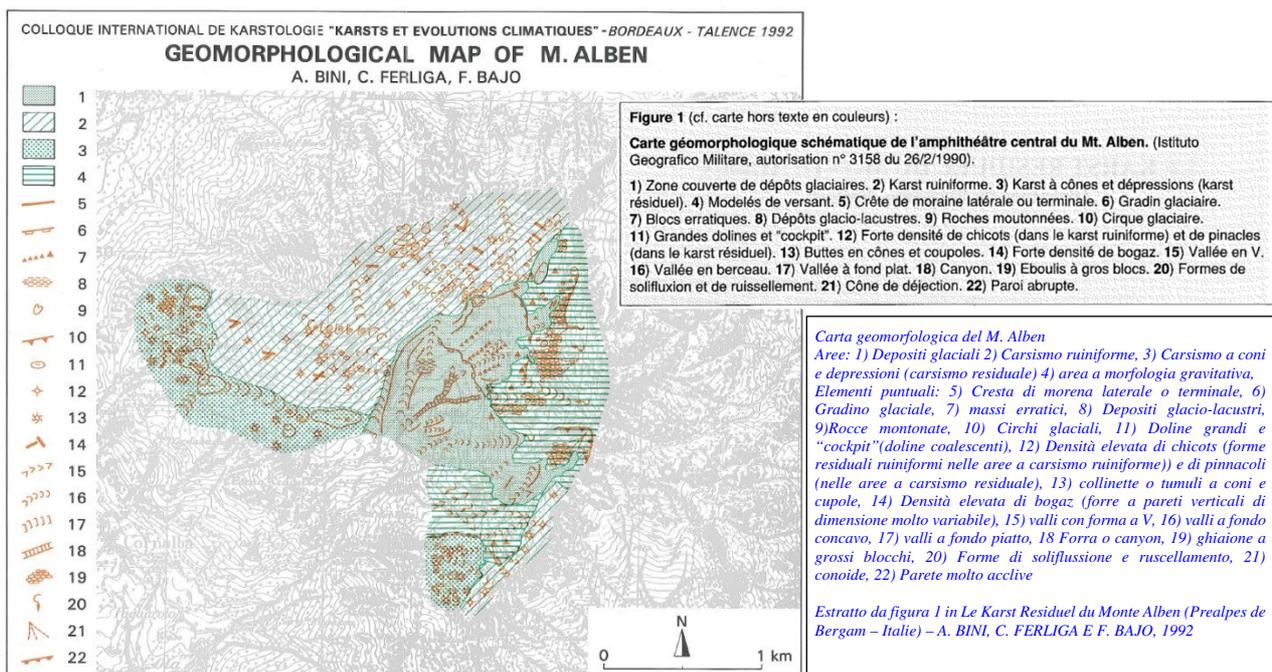
6.1. PAESAGGIO FISICO

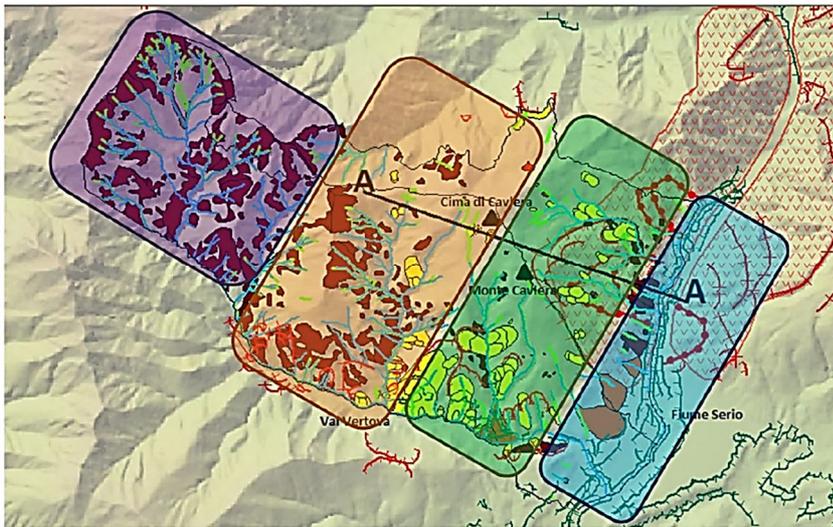
Le aree con analogo paesaggio fisico sono state riviste rispetto a quelle della cartografia del 1996 mantenendo quelle relative ai fenomeni connessi alla evoluzione antropica, ma differenziandole tra quelle soggette a riporti che hanno notevolmente modificato l'originaria morfologia del territorio (*aree con riporti significativi*) e le aree urbanizzate contraddistinte dagli agglomerati di case della stessa topografia non specificamente evidenziata, ma di cui si è trattato anche nell'evoluzione del territorio.

Le zone soggette alle acque di scorrimento sono state distinte tra quelle attualmente in evoluzione con erosione e deposito (*aree a prevalente morfologia delle acque superficiali*) e quelle connesse alla dinamica fluviale o fluvioglaciale di tipo deposizionale in cui non sono più attive forme con dinamica evolutiva se non lungo le sponde degli alvei (*area a morfologia fluviale recente e area a prevalente morfologia fluvioglaciale*). Oltre a queste sono state mantenute le aree connesse a deflusso delle acque, ma con direzione prevalentemente verticale e con dissoluzione di alcuni tipi di rocce (*aree a prevalentemente morfologia carsica*).

Le aree a prevalente morfologia strutturale e quelle a prevalente morfologia gravitativa sono state accorpate in un'unica area dal momento che l'assetto strutturale del territorio controlla sia l'evoluzione delle aree con caduta massi a causa dei sistemi di fratturazione presenti negli ammassi rocciosi rigidi (Dolomia Principale, Calcarea di Zorzino, Calcarea di Zu litozona superiore) nella parte più orientale del territorio vertovese (alta valle Vertova, valle Sterladecco, versante destro valle di Lacnè o le scarpate attorno al monte Clocca) sia l'evoluzione delle aree con frane di scivolamento connesse prevalentemente a locale orientazione sfavorevole della stratificazione o a rocce con comportamento prevalentemente plastico (argillite di Riva di Solto e Calcarea di Zu litozona inferiore) nella parte orientale del territorio vertovese (versante sinistro valle Vertova tra valle Lacnè, valle Masna e degli Uccelli e valle Cereti).

Tra le altre cose nell'alta val Vertova come anche nella valle Sterladecco e nella parte occidentale e settentrionale della valle di Lacnè oltre alla sovrapposizione dei caratteri strutturali (fratturazione dell'ammasso roccioso rigido) e dei caratteri gravitativi (caduta massi) occorrerebbe aggiungere anche la morfologia di tipo carsico connessa ai pinnacoli tipici di tale ambiente nelle rocce di natura carbonatica (, come rilevato anche nella zona circostante la conca dell'Alben e riportato in pubblicazioni scientifiche (*Le Karst Résiduel du Monte Alben (Prealpes de Bergam – Italie) – A. BINI, C. FERLIGA E F. BAJO*, in *KARSTS ET ÉVOLUTIONS CLIMATIQUES* edit by Jean-Noël Salomon, Richard Maire, presses Universitaires de Bordeaux, 1992) o come indicato anche in una recente tesi sulle deformazioni gravitative profonde di versante riguardante la zona di Prat Predù a Colzate (*Analisi e modellazione della struttura geologica della DGVP di Colzate-Vertova – P.COMELLA*, 2016, tesi con relatore prof. V. Francani e correlatrice dott. ing. P. Gattinoni del Politecnico di Milano non pubblicata).





*Estratto e modificato dalla fig. 19
Processi Geomorfolologici della tesi
citata nel testo*

*Area a prevalente
morfologia carsica*

*Area a prevalente
morfologia strutturale*

*Area a prevalente
morfologia gravitativa*

*Area a prevalente morfologia
fluviale, fluvioglaciale*

-Aree urbanizzate: si tratta di aree nelle quali l'Uomo è intervenuto con scavi, livellamenti, riporti, pavimentazioni ed edificazioni in genere, apportando preponderanti modifiche alla morfologia originaria del territorio. Questa area non è stata evidenziata con una particolare campitura, ma utilizzando la rappresentazione topografica originaria (case, strade, ecc.).

Tutta la zona subpianeggiante corrispondente al basso corso del torrente Vertova ed alla sua confluenza con il fiume Serio è caratterizzata da un'urbanizzazione fitta, tanto da mascherare cospicuamente la morfologia originaria.



La piana alluvionale e i terrazzi fluvioglaciali su cui sorge l'abitato di Vertova completamente urbanizzata, si notano anche l'ingresso della val Vertova con il monte Clocca e in primo piano il cimitero del capoluogo a valle di via Moracchio (Vertova) e via Aldo Moro (Colzate)

-Aree con riporti significativi (r): zone dove il deposito di terreni ha fortemente modificato l'originaria morfologia (tombamento di depressioni o impluvi secondari, terrapieni che hanno creato potenziale ostruzione al deflusso di piena).

Nel territorio vertovese tale area è concentrata soprattutto in corrispondenza di via don B. Ferrari dove la vecchia sede ferroviaria, poi ampliata come sede stradale, costituisce un rilevato alto mediamente cinque metri sulla piana alluvionale del torrente Vertova e trasversale al deflusso del torrente e dove nonostante la presenza del ponte ad arco si possono manifestare ostruzioni al normale deflusso dell'acqua torrentizia.

Altre aree di notevole importanza sono quelle della tombinatura della valle dei Grumelli, come anche quella presso Clasi alto; anche il riporto della strada statale SS671 tra il campo sportivo e il confine con Colzate rappresenta un elemento significativo di riporto che ha innalzato la quota dei terreni sulla sponda destra del fiume Serio rendendo fruibili l'area retrostante ad aree di tipo industriale.



Il terrapieno della strada statale SS671 presso il campo sportivo di Vertova dove l'ombra (nella foto aerea in alto) evidenzia la sua elevazione sulla sponda destra del fiume Serio che funge anche da protezione alle esondazioni nelle zone abitate (via Forni e campo sportivo vedi foto in basso) e/o industrializzate (via Canale).



-Aree a prevalente morfologia delle acque superficiali (AS): sono tutte quelle aree di diretta competenza di torrenti, ruscelli ed impluvi, alle quali possono essere associati fenomeni erosivi e cedimenti delle sponde, con formazione di ripide scarpate d'erosione e locali fenomeni di smottamento. **In tale area sono state inserite le zone soggette ad esondazione con tempo di ritorno secolare (torrente Vertova) e duecentennale (fiume Serio) ottenute da studi idraulici di dettaglio.**

Nel territorio esaminato i corsi d'acqua costituiscono un reticolo ben sviluppato, con aste che raggiungono il quarto grado di gerarchizzazione (torrente Vertova), e presente omogeneamente su tutta l'area del bacino idrografico.

I corsi d'acqua hanno carattere torrentizio, con alvei prevalentemente in roccia. In corrispondenza dell'attraversamento delle zone urbanizzate risultano soggetti ad una serie cospicua di interventi antropici, che hanno portato sovente alla loro canalizzazione e/o copertura, con parziali modifiche anche al loro percorso naturale (valle dei Cereti, valle dei Grumelli) **e alla realizzazione di numerosi ponti per l'attraversamento di via 5 Martiri sul fondovalle del Vertova come evidenziato nel recente Documento di Polizia Idraulica.**

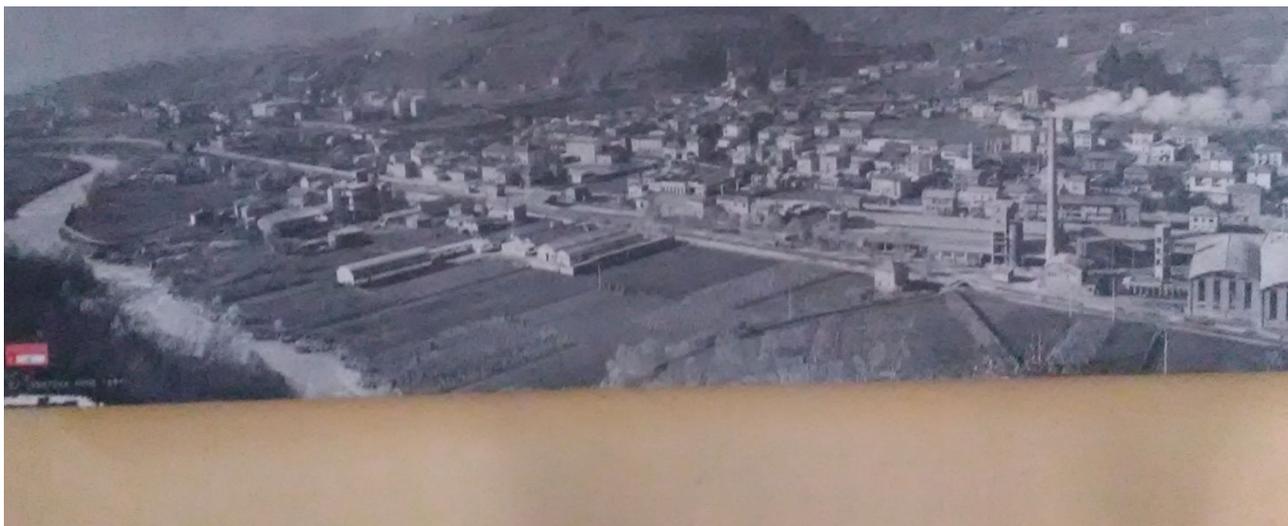


Ponti di via 5 Martiri sul torrente Lacnè (A) e sulla valle degli Uccelli (B) in aree di pertinenza delle acque superficiali

-Aree a prevalente morfologia fluviale recente (AR): sono le zone interessate nel corso degli ultimi secoli dal deflusso del fiume Serio e del torrente Vertova normalmente reincise dalle stesse aste fluviotorrentizie che non hanno rilevanza di diretta pertinenza dell'alveo del fiume Serio e del torrente Vertova, ma che potrebbero essere interessate da piene catastrofiche (vedi ad esempio evento del 1937 con franamento del terrazzo di Casnigo sulla sponda sinistra del fiume Serio di fronte all'attuale rotonda della SS671).

-Aree a prevalente morfologia fluvio-glaciale (FG): comprendono le zone debolmente terrazzate ed ondulate della piana del fiume Serio e alcuni settori subpianeggianti presenti lungo il versante sinistro della valle Vertova, sopraelevati rispetto alle piane alluvionale o agli alvei e non interessati da fenomeni gravitativi. Questi ambiti sono intensamente urbanizzati (Vertova capoluogo), tanto che la loro originaria morfologia è sovente mascherata o comunque variamente modificata dall'azione dell'Uomo. In generale si tratta di aree stabili.

-Aree a prevalente morfologia carsica (CA): sono settori caratterizzati da forme ondulate subpianeggianti, con depressioni di forma subcircolare (doline); in essi tali depressioni sottendono spesso la presenza di cavità sotterranee (carsismo ipogeo) per le quali si possono avere fenomeni di crollo. Queste aree corrispondono anche a punti preferenziali per l'infiltrazione delle acque superficiali. Esse sono circoscritte alle zone più alte della Cima Cavlera, del monte Cavlera e alla località Pianurè.



La piana alluvionale del Serio (morfologia fluviale recente) in sponda destra presso via Canali (anni '50)



Terrazzo fluvio-glaciale in corrispondenza di Magnot, Polecc e Plodera a monte di via XI Febbraio

-Aree con morfologia strutturale, gravitativa e carsica: nella cartografia sono rappresentate da aree senza campitura colorata ed occupano gran parte del versante sinistro della valle Vertova, dell'alta valle Vertova, delle pendici orientali del monte Cavlera e delle pendici del monte Clocca.

Come descritto in precedenza non è possibile attribuire un ambito morfologico prevalente nonostante la suddivisione effettuata anche nell'immagine descritta in precedenza dal momento che due o tre di questi ambiti possono coesistere contemporaneamente e per tale motivo sono descritti con maggior dettaglio dalle simbologie puntuali o lineari rappresentate su tale area complessivamente.

A livello generale sono caratterizzate da ambito prevalentemente strutturale e carsico l'alta Valle Vertova e le valli Sterladecco e Lacnè (versante occidentale) con forme turrite e rupestri tipiche della Dolomia Principale. Nel settore orientale del versante sinistro della valle Vertova, a Est della valle di Lacnè, sono più rappresentative le morfologie strutturali e gravitative anche a causa delle differenti rocce che caratterizzano tale area (Calcarea di Zu e Argillite di Riva di Solto in prevalenza) e per la presenza di superfici fortemente sfruttate dall'attività zootecnica.



Morfologia strutturale, gravitativa e carsica sul versante destro della val Masna guardando verso Dasla



Morfologia strutturale, gravitativa sul versante sinistro della Val Vertova tra Castelù, Cavlera e Pali

6.2. SEGNI CONVENZIONALI

I segni convenzionali sono raggruppati in funzione della loro principale tipologia generativa

PROCESSI GRAVITATIVI

- Aree PAI-PGRA a morfologia franosa: si tratta delle aree contenute nella tavola PAI del 2011 del precedente studio geologico, ma riviste in funzione dello studio di dettaglio realizzato appositamente per questo studio geologico a supporto del PGT (Comune di Vertova – *Studio geologico di approfondimento relativo alle frane inserite nella cartografia PAI nel settore orientale del comune di Vertova – STUDIO GEOTER, 2022*) a cui si rimanda e di cui si tratterà sinteticamente nel capitolo PAI-PGRA. Qui occorre solo ricordare che si tratta di elementi areali suddivisi in funzione della loro attività: frane attive (Fa), Frane quiescenti (Fq) e frane stabilizzate o relitte (Fs).

Le frane attive (Fa) sono confinate nell'alta val Vertova, sul versante orientale del monte Ceresola e nei pressi del II ponte della strada di accesso alle sorgenti della val Vertova e sono caratterizzate da caduta massi e non da un crollo completo dei vari settori individuati.

Le frane quiescenti (Fq) sono il risultato di alcuni interventi su frane attive in roccia come presso Castelù o della permanenza di altre frane in roccia in tale ambito come il versante settentrionale del Monte Clocca a monte di via Pendigia. Anche la frana di Pegnat indicata come attiva nel 2011 a seguito di uno studio di dettaglio effettuato nel 2000 non viene classificata come quiescente a causa dell'assenza di eventi che hanno interessato quest'area nell'arco degli ultimi vent'anni.

Le frane stabilizzate o relitte (Fs) corrispondono alle ampie aree considerate quiescenti nel precedente studio del 2011, ma riclassificate in funzione dello studio di dettaglio per l'assenza di fenomeni, per l'assenza di movimenti connessi ai dati di interferometria radar da satellite e per la stabilità verificata da specifiche analisi.

- Principali linee di crinale: con questo simbolo sono indicate le zone di crinale, che coincidono in pratica con gli spartiacque superficiali; esse corrispondono pertanto alle linee di delimitazione dei bacini idrografici.

- Orlo di scarpata morfologica: con questa simbologia si evidenziano i bruschi cambiamenti di pendenza dei versanti, dove di regola sono più efficaci l'azione della forza di gravità e l'erosione delle acque superficiali, talvolta favorite anche dalla fratturazione delle masse rocciose. Questi orli sono talvolta in arretramento e da essi si possono originare distacchi di blocchi. Essi sono numerosi in tutto il territorio di Vertova e più frequenti nel settore orientale dove talvolta coincidono con gli "orli di erosione in roccia" e con gli "orli di erosione in terreno". La stessa simbologia con dimensione più ridotta è stata utilizzata per indicare gli orli di scarpata corrispondenti al ciglio di antichi terrazzi fluviali e fluvioglaciali riconosciuti anche all'interno dell'area urbanizzata e considerati stabili.

- Decorticamento superficiale: si tratta di piccoli movimenti della coltre superficiale del terreno. Vengono segnalati un po' dovunque nell'ambito del territorio rilevato, accompagnando di preferenza le aree ad acclività maggiore. Frequentemente sono connessi all'attività zootecnica e corrispondono anche alle forme indicate comunemente come terrazzette da pascolo di origine antropica.

- Soliflusso: si tratta di un lento movimento gravitativo del terreno superficiale (del suolo), accentuato in quelli più argillosi, in presenza di acque e/o di sottostanti strati rocciosi disposti a franapoggio, su

pendii con sensibile inclinazione. Sono fenomeni in genere di modesta entità, presenti in special modo nelle aree boschive ad accentuata acclività, dove talvolta possono evolvere verso veri e propri smottamenti.

- Smottamento: rappresenta un movimento di masse di terra e/o parti molto disgregate del substrato roccioso, con traslazione improvvisa e veloce, in special modo in presenza di acque d'infiltrazione o ruscellanti. In tali ambiti rimangono di regola elementi di instabilità che richiedono attenzione. Nel caso di Vertova alcuni smottamenti sono stati osservati in particolare lungo il versante sinistro della bassa val Vertova e nel versante meridionale del monte Cavlera, lungo alcuni tratti dei numerosi intagli stradali ivi esistenti. Numerosi smottamenti si osservano frequentemente sul versante destro della val Vertova sui pendii sotto la strada sterrata che conduce in val de Gru. Generalmente si tratta di forme quiescenti o in parte stabilizzate anche con interventi antropici di regolarizzazione del terreno in ambito zootecnico per il riutilizzo delle aree oggetto di tali limitati dissesti.

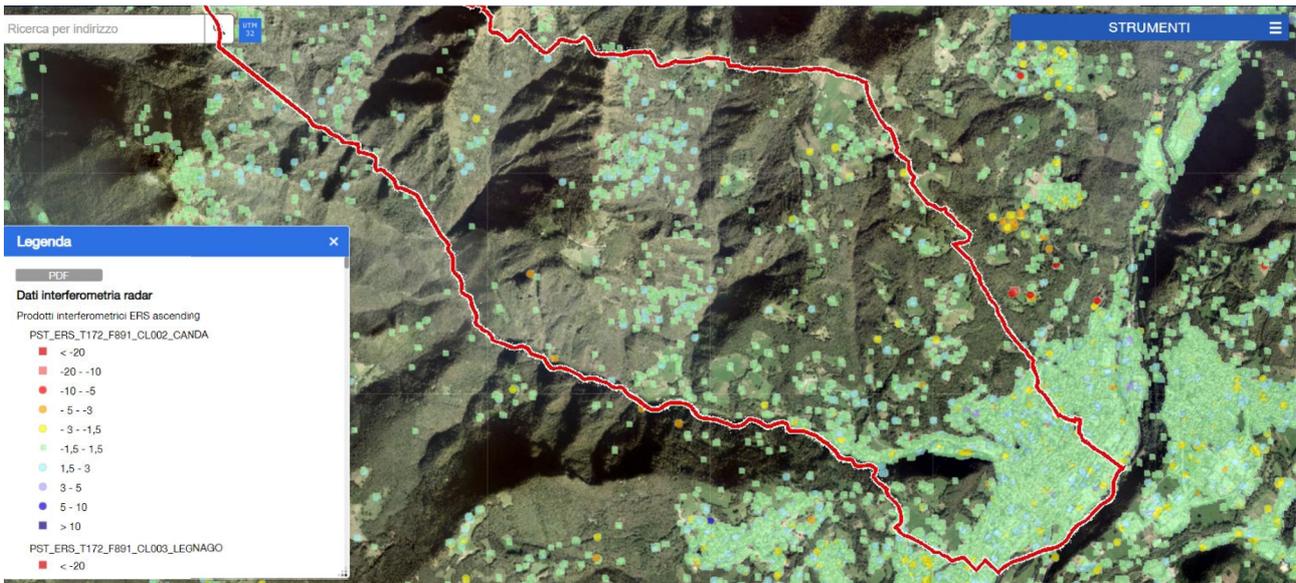
- Nicchia di frana attiva: si distingue dallo smottamento unicamente per le sue dimensioni maggiori (qualche decina di metri quadri) e per la profondità della superficie di scivolamento (limitate comunque a meno di un metro a parte qualche raro caso). Rispetto al 1996 molti di questi fenomeni sono stati stabilizzati o sono diventati quiescenti senza mostrare alcuna evoluzione e non ne sono segnalati di recenti sul territorio di Vertova. Sebbene non sia presente sul territorio di Vertova, è evidenziata per la sua pericolosità geologica quella sul versante destro della val Vertova che ha interrotto la strada della val da Gru poco ad Ovest della località Tribulina Zatel.

- Nicchia di frana quiescente: sono depressioni a forma arcuata, evidenti nei versanti, testimonianza di antichi episodi di frana o di smottamento (sempre di dimensioni molto contenute e non rappresentabili arealmente); essi, sebbene attualmente quiescenti, continuano a presentare elementi di instabilità che richiedono costante attenzione. Particolarmente evidenti sono i casi osservabili nella zona della bassa val Vertova tra Gromei e Liscia Bas connessi al substrato roccioso argillitico.

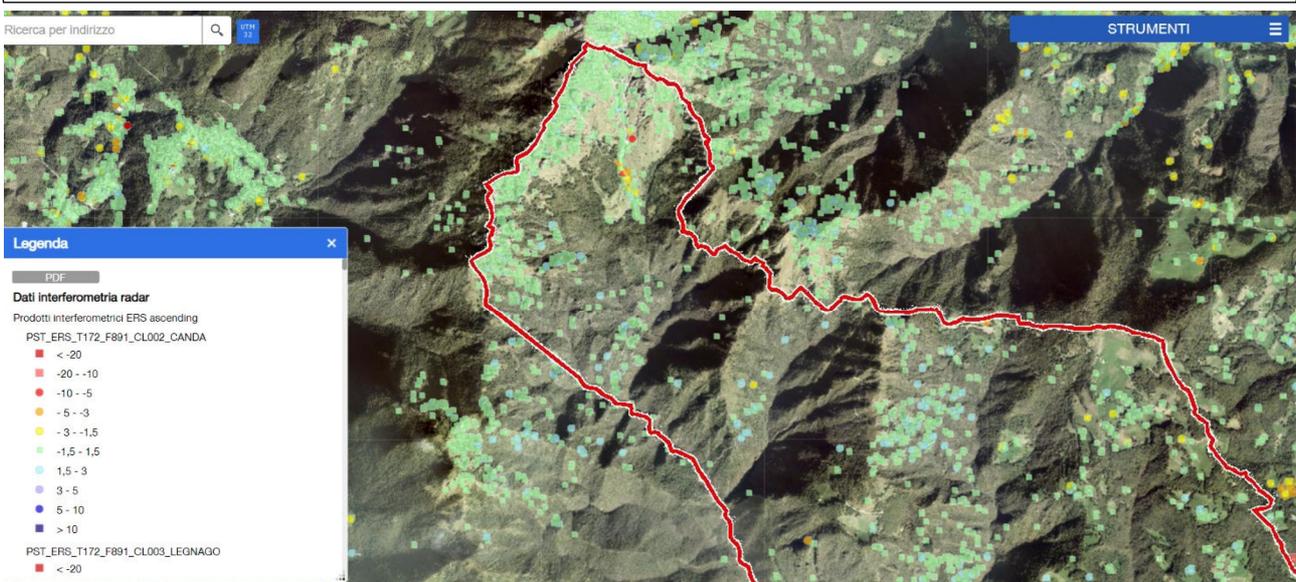
- frane luglio 1972: grazie alla pubblicazione del CNR-IRPI (*I dissesti prodotti dal nubifragio del 10 luglio 1972 nella Bassa Valle Seriana - M. Govi e G. Mortara - in: Eventi alluvionali e frane nell'Italia Settentrionale (periodo 1972-1974), CNR-IRPI, Torino 1983*) è stato possibile indicare nel territorio Vertovese i dissesti di limitate dimensioni, ma diffusi generatisi in occasione di un temporale particolarmente significativo con piogge che si ritiene abbiano raggiunto 79 mm/ora (tempo di ritorno pari 130 anni). Tra i vari fenomeni sono in particolare stati distinti sul territorio di Vertova i fenomeni di soil slip (eventualmente evolutisi in piccole colate) e le frane in terra, comunque, di dimensioni estremamente limitate.

Come ricordato anche nello studio di dettaglio precedentemente indicato per le aree PAI-PGRA a morfologia franosa, «la tipologia prevalente di frane che ha coinvolto il territorio di Vertova è quella che ha interessato “il livello più superficiale della coltre pedogenizzata, limitato all’orizzonte che contiene gli apparati radicali della copertura erbacea ed in parte arbustiva; lo spessore è di qualche decimetro”, fino ad un massimo di 0,5 m se interessa la copertura regolitica del substrato roccioso. “L’area denudata per il decorticamento è di modeste dimensioni ed in genere non supera i 10÷15 m²; la superficie di movimento è piana”. Per le colate sviluppatasi “non esiste accumulo di materiali, si osservano solo residui fangosi lungo una fascia stretta”, lunga qualche decina di metri, “nella quale i ciuffi d’erba risultano diffusamente ripiegati”. Tali superfici sono state ripristinate dall’attività agro-zootecnica, in alcuni casi con la realizzazione di tratti boscati. La profondità di distacco e gli spessori delle colate non sono mai tali da avere conseguenze sugli edifici o sulle loro fondazioni e per tale motivo non hanno qualifica ad essere inserite come frane nella cartografia PAI».

Utile per l'attribuzione dell'attività delle frane è la valutazione dei dati di interferometria radar da satellite disponibili sul sito di Regione Lombardia. Tali dati sono già stati discussi all'interno dello studio di dettaglio realizzato per le frane a cui si rimanda per una valutazione completa, qui di seguito vengono solo esposti i dati disponibili per il territorio di Vertova da cui si evince che solo il ghiaione vicino a Sedernello è caratterizzato da significativo movimento, come anche la zona di Prat Predù, ma in comune di Colzate. Oltre a questi due siti più evidenti si notano elementi puntuali isolati che possono rappresentare oscillazioni dei tetti nelle aree urbanizzate o elementi estremamente puntuali se dispersi sul versante, come quello poco a Sud di Pra Mort.



Immagini con i dati di interferometria radar da satellite del territorio di Vertova: in alto parte centro orientale del territorio con rari punti isolati e la zona di Prat Predù in comune di Colzate; in basso la parte centro occidentale con in evidenza il movimento del ghiaione di Sedernello



- Stacco di blocchi: con questo simbolo sono stati indicati i punti dove sono stati effettivamente osservati o dove sono possibili stacchi di blocchi isolati da pareti rocciose; questi fenomeni sono favoriti dalla accentuata fessurazione delle masse rocciose, dall'azione meccanica delle piante e dalla elevata inclinazione dei pendii.

Per la loro significatività si ricordano i casi a monte della località Malvezza, ove si sono registrati due casi di edifici colpiti da stacco di blocchi e dove sono state realizzati alcuni interventi di messa in sicurezza; altri episodi sono rappresentati dagli esempi delle località Castellone, Baita Cornalascia, dove nel primo caso sono stati realizzati interventi di messa in sicurezza con chiodature e disaggi. Altre località soggette a caduta massi sono comprese in tutto il settore caratterizzato da un'accentuata morfologia rupestre dei monti Cima Campelli, Ceresola e del passo di Bliben e sono in gran parte ricomprese nelle aree di frana attiva (Fa) indicate nella Carta dei dissesti PAI-PGRA come indicato in precedenza.

- Pinnacolo: si intendono le forme residuali che accompagnano in particolar modo le creste d'erosione. Esse rappresentano l'espressione morfologica più appariscente della parte alta del bacino idrografico del torrente Vertova a monte della località Lacnè. Possono essere oggetto di stacco di blocchi, ma costituiscono anche forme carsiche connesse all'assetto strutturale.

- Accatastamento di blocchi e blocchi isolati: si tratta di blocchi rocciosi accumulatisi in modo caotico ai piedi di pareti rocciose instabili. Particolarmente evidenti sono gli accumuli di blocchi a monte delle località Malvezza presso Pegnat e Baita Cornalascia, accumuli minori sono presenti a monte di via Pendigia.

- Scavernamento: si indicano quelle cavità naturali presenti in particolar modo nei banchi conglomeratici o di breccie; esse si originano a seguito dell'asportazione di livelli o di tasche di sedimenti fini incoerenti o meno coerenti. Alcune caverne si osservano lungo la strada che conduce sul monte Cavlera in corrispondenza della località Alguaret o a valle di Barisei.

- Orlo di erosione in roccia: sono fronti di scarpate lungo le quali le masse rocciose presentano un accentuato stato di instabilità per la presenza di diversi fattori, che possono agire singolarmente o in concomitanza tra loro, come la diffusa fessurazione, le azioni meccaniche dei cicli di gelo e disgelo e della vegetazione, la forza di gravità, le circolazioni d'acqua superficiali e/o in fessura, l'azione antropica. Quasi ovunque a questo fenomeno è associato il distacco di blocchi.

Particolarmente evidenti sono gli orli in erosione e le cenge rocciose presenti un po' ovunque in tutta l'alta valle Vertova; per la loro importanza si ricordano quelli appena a monte del Cotonificio Bustese e quelli presenti sul versante settentrionale del monte Cloca. Altre forme di più modesta entità e meno significative accompagnano sovente alcuni tratti degli intagli stradali secondari.

- Orlo di erosione in terreno: è un fenomeno con significato analogo al precedente, ma esso è impostato in terreno. Nel territorio di Vertova questi orli sono di preferenza collegati all'erosione delle acque incanalate. Particolarmente significativi sono quelli che contornano la valletta Magnot e la valletta appena a monte del bacino di via IX Febbraio. Altri casi riguardano alcuni tratti di strade secondarie.

- Cresta di erosione: è una forma che si origina in rocce carbonatiche per l'azione delle acque meteoriche e delle escursioni termiche specialmente ove esiste già un'originaria fratturazione molto spinta della roccia stessa; queste forme si osservano frequentemente nella Dolomia Principale nella zona del passo di Bliben e del monte Secretondo.

PROCESSI LEGATI ALL'AZIONE DELL'ACQUA

- Corso d'acqua superficiale: sulla base della ricostruzione del reticolo idrico minore e principale contenuti nel Documento di Polizia Idraulica sono indicati con apposita simbologia le aste distinguendone i tratti intubati (corso d'acqua superficiale intubato o sotto ponte); per la descrizione di questi reticoli si rimanda al Documento di Polizia Idraulica e alle mappe lì allegate. In questa sede occorre sottolineare che la distinzione dei tratti intubati o sotto ponte permette di individuare possibili occlusioni d'alveo. Tra i casi più evidenti vi sono la valle dei Cereti e le vallette nelle località Vallorcio, Gromei e Clasi Basso.

- Marmitta d'erosione: detta anche "marmitta dei giganti", è una cavità erosionale arrotondata che si forma all'interno degli alvei rocciosi, in particolari situazioni idrauliche, a causa del trascinarsi vorticoso di ciottoli sul fondo da parte della corrente. Queste pittoresche morfologie sono osservabili negli alvei del torrente Vertova, della val Chignola e della valle Sterladecco.

- Cascata: è un salto d'acqua che si osserva in corrispondenza di repentini dislivelli degli alvei; questi possono essere causati da differenti erodibilità del fondo roccioso, da diverso approfondimento dell'erosione glaciale (valli pensili) o da motivi strutturali (giacitura degli strati, faglie, ecc.). Nel territorio di Vertova alcune cascate si osservano lungo le valli principali (Vertova, Sterladecco, Chignola, Masna) e lungo alcuni impluvi secondari (Canal di Fra e valle dei Cereti).

- Sovralluvionamento: questo fenomeno si manifesta con accumuli anomali di sedimenti e detriti nel letto di fiumi e dei torrenti; ciò avviene a causa di un accentuato trasporto in massa di detriti durante le piene. Mutando significativamente la sezione degli alvei, il fenomeno pone il corso d'acqua a rischio di esondazione. Sovralluvionamenti sono presenti nel basso corso del torrente Vertova, in particolare alle confluenze degli impluvi e delle valli secondarie; **più rilevanti sono quelli presso il bacino di derivazione della Microidrolettrica poco a valle della confluenza con il torrente Lacnè.**

- Ruscellamento superficiale: insieme di solcature di piccola profondità nel terreno, dovuto allo scorrimento disordinato delle acque superficiali. È una forma d'erosione diffusa più o meno in tutti i tipi di terreni, ma diviene significativa in quelli più argillosi e impermeabili. Sono indicate con questo simbolo, come potenzialmente interessate dal fenomeno, anche tutte le depressioni dei versanti che formano impluvi attivi solo in concomitanza di forti piogge.

- Erosione lineare accelerata: è il prodotto dell'azione delle acque incanalate negli alvei con elevata pendenza o nei compluvi dei versanti scoscesi, dove esse scavano profonde incisioni. Con il procedere del fenomeno si attiva una vistosa instabilità delle sponde, che tendono a franare, mentre verso valle si ha un conseguente elevato trasporto solido che va a formare sovralluvionamenti ed ostruzioni degli alvei stessi. Sono presenti in tutti gli alvei e gli impluvi del territorio di Vertova.

- Orlo d'erosione fluviotorrentizia: questo simbolo marca il ciglio di alcune ripide sponde di alvei molto incisi; tali scarpate sono la conseguenza dell'approfondimento accelerato del livello di erosione dei torrenti stessi. Queste ripe in genere non sono del tutto stabili, più spesso sono soggette a fenomeni erosivi soprattutto in occasione di piene consistenti. Particolarmente incisi risultano i solchi torrentizi della valle Masna e della valle degli Uccelli.

- Forra: con questo termine sono distinti quei tratti in cui i corsi d'acqua scorrono in gole rocciose, strette e profonde. Forre sono presenti nell'alto corso del torrente Vertova, oltre che lungo alcuni tratti delle valli Sterladecco e Loc.

- Occlusione d'alveo: il simbolo indica i punti nei quali si verificano restringimenti più o meno accentuati degli alvei, per cause naturali o antropiche (discariche, riporti, edificazioni improprie, attraversamenti stradali). Nel territorio di Vertova queste situazioni sono abbastanza frequenti, in particolar modo alla confluenza degli affluenti in sponda sinistra della Vertova, in alcuni punti della valle dei Cereti, e nella valletta dei Gromei, **come anche presso gli attraversamenti stradali delle varie valli (val Masna lungo via Netura, valle dei Cereti presso via Cereti e via degli Alpini in corrispondenza delle vie trasversali)**. Vanno inoltre evidenziati alcuni restringimenti dell'alveo del torrente Vertova, in particolar modo quelli presenti in località Pendigia **nel tratto tombinato sotto l'Elettroscavina**, in corrispondenza della via IV Novembre **presso i ponti della Fabbrichetta e Mistri e presso il ponte di via Don B. Ferrari**.

- Punto di esondazione e percorso di deflusso: sono indicati i punti dove, in situazioni critiche di deflusso, si è verificata o si può verificare la fuoriuscita del corso d'acqua dal suo alveo a causa di occlusioni, e/o della presenza di tratti di sponda bassi **con l'individuazione del percorso del deflusso sino al suo reinserimento in alveo**.

Particolarmente significative a questo riguardo sono le aree del torrente Vertova **presso il ponte San Carlo, quello della fabbrichetta e quello di via Mistri** e alcuni punti attorno ai tratti coperti di alcuni alvei minori (valle dei Cereti) e alla loro confluenza nel Vertova.

- Esondazioni storiche: sono indicati i punti dove, sono noti superamenti delle sponde da parte delle acque torrentizie, anche grazie a notizie storiche reperite presso libri locali o da documentazione scientifica. Le esondazioni principali sono note presso via Fogeroli, una volta via Sottogera (1804, 1887) e via Pizzo (1887, 1947) in sponda sinistra del torrente Vertova presso il ponte San Carlo. Altre esondazioni note, anche recenti, riguardano il ponte della Fabbrichetta (1887) e soprattutto il ponte Mistri (2018), ma anche via 5 Martiri in corrispondenza delle immissioni dei tributari nell'alveo del torrente Vertova (val Masna, 1930; valle Lacnè 1972) o in zone poco rialzate della sponda del torrente principale (II maglio, 1939). Tra le più recenti si segnalano esondazioni in alcuni tratti della strada di accesso alle sorgenti della val Vertova con dissesti anche alla tubazione acquedottistica in corso di posa (1981) come le erosioni causate in alcuni punti della strada di accesso alle sorgenti Borleda tra cui la completa lesione del guado presso Pia dol Merel (2018).

- Erosione spondale: indica un fenomeno correlato alla dinamica dei corsi d'acqua superficiali e che riguarda le sponde, nei tratti dove maggiore è l'intensità della corrente. Sono individuate forme di erosione spondale lungo la sponda destra del fiume Serio presso la modesta ansa a valle di via don B. Ferrari anche in corrispondenza dello scarico di troppo pieno della fognatura e in alcuni punti della val Vertova soprattutto nei pressi delle vecchie derivazioni dismesse.

- Pozza: con questo simbolo sono stati cartografati alcuni piccoli bacini artificiali, di forma subcircolari, per la raccolta dell'acqua meteorica e adibiti all'abbeveramento del bestiame. **Sono diffuse nella zona di Cavlera come anche lungo le parti a quote più elevate delle valli minori che scendono da monte Secretondo**.

- Ristagno d'acqua: vengono segnalate le zone in cui i terreni sono di regola intrisi d'acqua per effetto della presenza di emergenze diffuse e/o per la loro bassa permeabilità. Al fenomeno in genere consegue uno scadimento della qualità geotecnica dei terreni e del loro grado di stabilità. Ristagni d'acqua sono presenti in particolar modo tra le località Campeï e Stalla Chignola, ed in prossimità e/o a valle delle località Scarpaco, Malvezza, Stalla Netura e **Scadasc**.

- Sorgente, sorgente minore e sorgente captata: è l'emergenza di acque sotterranee. Le caratteristiche delle sorgenti di Vertova sono descritte da un apposito studio particolareggiato; assieme alla tipologia degli acquiferi, esse vengono considerate nel capitolo dedicato all'idrogeologia. [Le sorgenti minori sono frequentemente effimere o con limitatissima portata.](#)

[PROCESSI CARSICI](#)

- Dolina: si tratta di una depressione superficiale a contorno subcircolare e sezione conica; corrisponde ad un inghiottitoio carsico. Viene generata dalla dissoluzione del calcare o della dolomia ad opera di acque di infiltrazione ricche di anidride carbonica disciolta, nel processo che origina circuiti sotterranei. Talvolta le doline presentano morfologie allungate, allineandosi lungo sistemi di fratture e/o faglie. Nel territorio di Vertova esse caratterizzano le aree carsiche del monte Cavlera e di Pianurì.

- Cavità carsica, grotta: si indicano grosse cavità naturali ipogee nelle rocce calcaree e dolomitiche; esse sono originate dal processo di dissoluzione carsica nei punti di maggiore infiltrazione delle acque in sottosuolo, facilitate da una forte fessurazione delle masse rocciose. Si osservano grotte a monte di Lacnè e della zona del passo di Bliben. Quelle cartografate in questo studio sono segnalate anche nel Catasto delle Grotte bergamasche edito a cura del Museo di Scienze Naturali di Bergamo.

- Carsismo superficiale: con questo simbolo si mettono in evidenza quelle aree dove il carsismo è diffusamente presente, pur non presentando la tipica formazione di doline. Si tratta di campi solcati (karren) ed altre forme di dissoluzione superficiale. Il fenomeno è diffuso nel settore del monte Cavlera ed un po' dovunque nelle masse dolomitiche dei monti Cerasola, Cima Campelli e Suchello.

- Inghiottitoio, perdita in alveo: si tratta di forme di carsismo ipogeo, di fessure a sviluppo verticale, che dalla superficie permettono il rapido ingresso delle acque in sottosuolo; esse sono riconducibili a quanto detto per le grotte. Sono riportate in carta quelle zone lungo l'alveo del torrente Vertova (località Sedernello ed a monte delle Sorgenti Borleda), nelle quali l'acqua si infiltra lungo fessura lasciando spesso asciutto o con portata assai ridotta il corso superficiale.

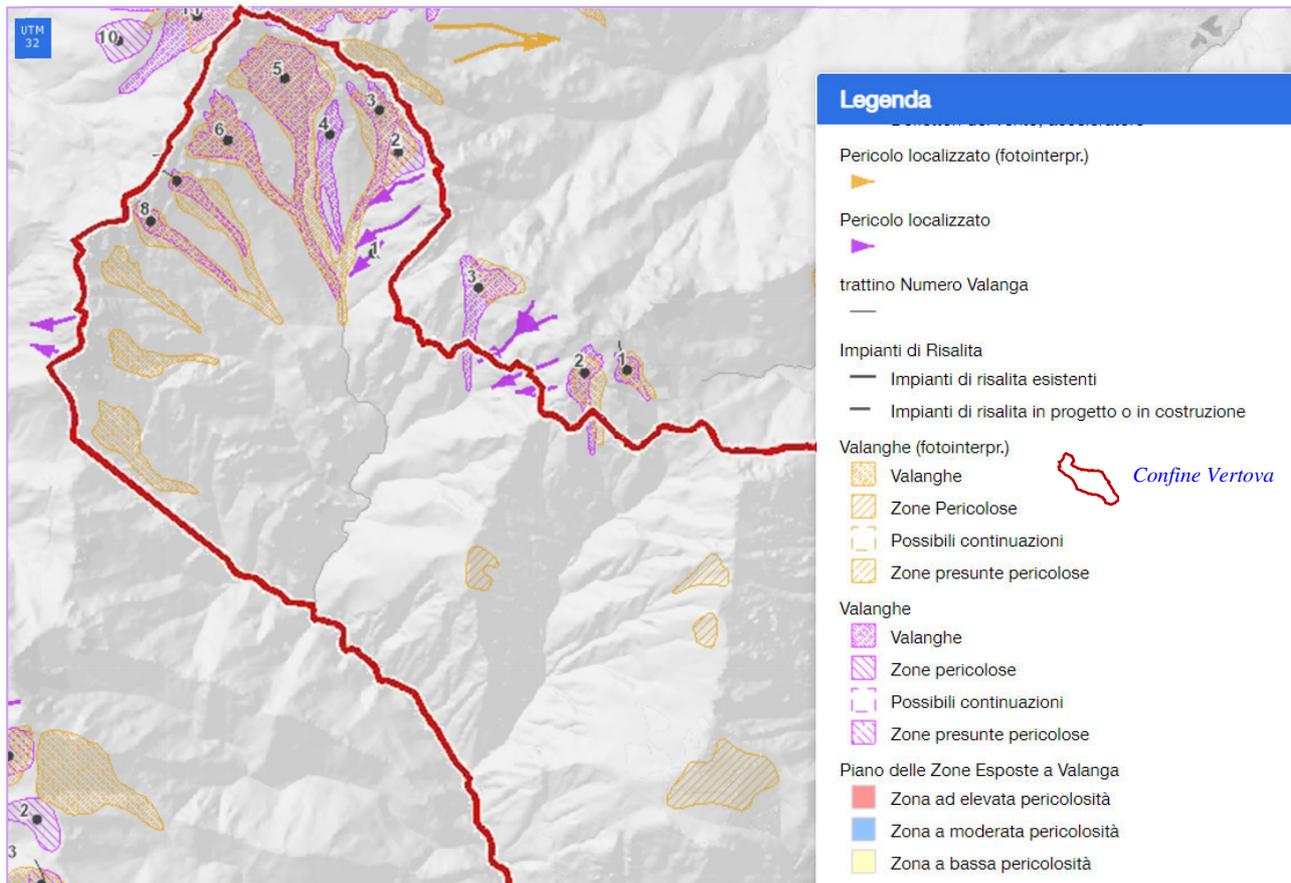
La presenza di forme carsiche superficiali (doline) e ipogee (grotte) impone cautele nell'uso del territorio, per l'estrema vulnerabilità delle acque che tramite questi circuiti vanno ad alimentare numerose sorgenti.

[PROCESSI NIVALI](#)

- Canale di valanga: si tratta dei percorsi preferenziali delle valanghe, generalmente coincidenti con impluvi o veri e propri corridoi scavati via via nel tempo dagli stessi movimenti nevosi. Si indicano anche fasce di terreno soggette a diffusi ed ampi movimenti nivali che possono riguardare interi versanti (area di Sedernello e del monte Suchello, valle del Belo).

- Aree PAI per valanga: si tratta dei dissesti valanghivi tratti dalla Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV) e scaricabili dal Geoportale di Regione Lombardia dal database SIRVAL. Vanno a ricoprire come superfici areali tutti i simboli indicati come canale di valanga. A causa della limitata quota anche nella CLPV sono poco estese le segnalazioni di valanghe. Tuttavia, nonostante la presenza di siti sia segnalati da persone che frequentano abitualmente queste località sia ottenuti da fotointerpretazione si è indicata unicamente la presenza delle valanghe realmente osservate tralasciando le altre anche a seguito della diminuzione delle precipitazioni nevose nel corso degli anni.

L'immagine seguente estratta dal Geoportale di Regione Lombardia e la tabella seguente riportano i nomi e le caratteristiche di tali valanghe che in precedenza non erano state indicate nella cartografia PAI.



COD_ISTAT	NOME COMUNE	numero valanghe	Denominazione località	Carta Tecnica Regionale	Note finali	Rilevatori	Testimoni	Data
16080	COLZATE	0001	MONTE SECRETONDO	C4c4	INTERESSA IL SENTIERO 530	ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000
16080	COLZATE	0002	MONTE SECRETONDO	C4c4	INTERESSA IL SENTIERO 530	ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000
16080	COLZATE	0003	EST CASCINA PRADACCIO	C4c4		ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000
16234	VERTOVA	0001	SEDERNELLO	C4c4	INTERESSA IL SENTIERO 527	ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000
16234	VERTOVA	0002		C4c4		ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000
16234	VERTOVA	0003	EST CIMA CAMPELLI	C4c4		ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000
16234	VERTOVA	0004	EST CIMA CAMPELLI	C4c4		ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000
16234	VERTOVA	0005	CIMA CAMPELLI	C4c4	SEMBRA NON AVER MAI INTERESSATO LA MALGA UBICATA IN SPONDA SINISTRA NELLA ZONA DI ACCUMULO, ANCHE SE A NOSTRO AVVISO E' IN UNA ZONA A RISCHIO	ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000
16234	VERTOVA	0006	CIMA CAMPELLI-CORNA BIANCA 1	C4c4		ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000
16234	VERTOVA	0007	CIMA CAMPELLI-CORNA BIANCA 2	C4c4		ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000
16234	VERTOVA	0008	CIMA CAMPELLI-CORNA BIANCA 3	C4c4		ROBERTO NEVINI	ROCCO ANGELINI	08/06/2000

COD_ISTAT	NOME COMUNE	numero valanghe	Caratteristiche topografiche al distacco	Configurazione del terreno	Fisionomia del sito valanghivo	Caratteristiche superficiali	Esposizione zona di distacco	Sistemi di difesa esistenti	Periodicità
16080	COLZATE	0001	Creste e pendii in quota	Versante aperto	Valanga	suolo liscio/roccia	Sud	Nessuna difesa	1 volta all'anno
16080	COLZATE	0002	Creste e pendii in quota	Versante aperto	Valanga	suolo liscio/roccia	Sud	Nessuna difesa	1 volta all'anno
16080	COLZATE	0003	Creste e pendii in quota	Versante imbutiforme	Valanga	roccia/prato pascolo	Sud	Nessuna difesa	1 volta all'anno
16234	VERTOVA	0001	Sotto il limite forestale	Canalone	Canalone localizzato	prato pascolo	Sud Ovest	Nessuna difesa	più volte all'anno
16234	VERTOVA	0002	Creste e pendii in quota	Versante aperto	Scaricamento parziale	roccia/prato pascolo	Ovest	Nessuna difesa	1 volta all'anno
16234	VERTOVA	0003	Creste e pendii in quota	Versante imbutiforme	Valanga	suolo liscio/roccia	Sud	Nessuna difesa	Irregolare
16234	VERTOVA	0004	Creste e pendii in quota	Versante imbutiforme	Valanga	suolo liscio/roccia	Sud	Nessuna difesa	più volte all'anno
16234	VERTOVA	0005	Creste e pendii in quota	Versante imbutiforme	Valanga	suolo liscio/roccia	Sud	Nessuna difesa	più volte all'anno
16234	VERTOVA	0006	Creste e pendii in quota	Versante imbutiforme	Valanga	suolo liscio/roccia	Sud Est	Nessuna difesa	più volte all'anno
16234	VERTOVA	0007	Creste e pendii in quota	Versante imbutiforme	Valanga	suolo liscio/roccia	Sud Est	Nessuna difesa	più volte all'anno
16234	VERTOVA	0008	Creste e pendii in quota	Versante imbutiforme	Valanga	suolo liscio/roccia	Sud Est	Nessuna difesa	Irregolare

Estratto Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe tra Vertova e Colzate e dati schede valanghe (SIRVAL, 2000)

ELEMENTI ANTROPICI

- **Canale artificiale:** opera idraulica che nel territorio vertovese ha particolare rilevanza, sia per la frequenza e l'ubicazione di tali strutture sia per le dimensioni che in qualche caso esse raggiungono. In carta sono evidenziati i tracciati dei principali canali.

Il canale più importante **deriva le acque del fiume Serio presso il ponte di Colzate**, attraversa l'area industriale di Vertova a partire dal confine con il comune di Colzate (via Giardino) fino alla confluenza nel Serio del torrente Vertova. Un altro canale si trova sulla sponda destra della valle Vertova nei territori di Gazzaniga e Fiorano al Serio; esso deriva le acque dello stesso torrente ad una quota di 466,6 m s.l.m. e termina alla centrale Microidroelettrica a valle della Tribulina dei Gromei. **Solo parte dell'opera di derivazione, della condotta forzata e la centralina sono in territorio di Vertova.**

L'altro canale che deriva il torrente Vertova è la "roggia degli edifici" che ha origine dalla "rosta" (derivazione) poco a valle del ponte della Fabbrichetta per poi defluire in sotterraneo sotto via IV Novembre e poi nell'ex area industriale del Bustese. Dopo aver attraversato Largo Vittorio Veneto raggiunge la piazza San Lorenzo in corrispondenza di un grande lavatoio dal quale poi l'acqua viene fatta restituita al torrente Vertova.

Numerose altre canalizzazioni e rogge attive nell'Ottocento sono poi state via via dismesse, come segnalato anche nel Documento Semplificato del Rischio Idraulico a cui si rimanda per una completa trattazione dei canali dismessi.

- **Cava abbandonata:** si tratta di piccole cave di ghiaia e sabbia presenti a valle della Tribulina dei Gromei, lungo la strada del monte Cavlera nei pressi della località Alguaret e di alcune cave di pietra calcarea presenti nelle località Baita Cornalascia e Corna Castello. **Sul versante destro della Val Vertova presso il confine con Fiorano al Serio in località Fabbrica dol Giass è presente un'altra cava di pietrame che veniva utilizzata come pietrisco per impermeabilizzazione con bitume delle tubazioni fognarie sino all'inizio del secolo XIX.**

- **Muri spondali, massicciate:** lungo gran parte del torrente Vertova come anche del fiume Serio sono diffuse opere di difesa spondale con muri di sostegno in calcestruzzo armato, eventualmente rivestiti con pietrame, con terre armate, con massicciate realizzati in tempi diversi e frequentemente con funzione anche di sostegno stradale. Tali muri proteggono alcune aree da possibili esondazioni del torrente e/o del fiume; tuttavia, lungo il fiume Serio il muro di protezione del campo sportivo presso il ponte di attraversamento del fiume della SS671 non ha altezza adeguata permettendo anche la fuoriuscita in destra idrografica presso la foce del torrente Vertova in Serio.

Allo stesso modo anche i muri spondali lungo il Vertova, o meglio la parte rilevata che funge anche da muro di delimitazione stradale, sono talvolta carenti di continuità per favorire lo smaltimento nel torrente delle acque che provengono dalle strade nelle aree limitrofe a quote più elevate di via S. Carlo (destra idrografica del Vertova) e di via Albertoni (sinistra idrografica). Attraverso tratti con ringhiere e/o con aperture nella muratura le acque possono non solo entrare nell'alveo in caso di piene di media entità, ma fuoriuscire dall'alveo soprattutto nei dintorni del ponte San Carlo tanto in sponda sinistra quanto in sponda destra anche se con maggior difficoltà e con minori volumi di esondazione su quest'ultimo lato. La funzionalità di tali opere è descritta nello studio per la ripermimetrazione delle aree soggette ad esondazione del torrente Vertova.

- Opere trasversali in alveo: con questo simbolo sono indicate le briglie e le soglie presenti soprattutto lungo il torrente Vertova in più punti. Anche lungo il fiume Serio (opera di presa che poi serve la sponda sinistra in corrispondenza della foce del Vertova) è presente un'altra opera di derivazione.

Frequentemente tali opere erano associate a canalizzazioni di derivazione, ora abbandonate e dismesse, come si osserva ad esempio per la roggia degli edifici.

- Alvei incanalati o regimati: questa simbologia è stata utilizzata per potere indicare opere di difesa spondale o trasversale all'interno di torrenti in cui alla scala 1:10.000 non sono distinguibili i singoli interventi. Questi interventi si concentrano prevalentemente in due settori: l'alveo della valle dei Cereti e gli impluvi che scendono dal versante orientale del monte Clocca alle spalle di via XI Febbraio.

- Consolidamento pendii, terre armate, palificate, etc.: con questo simbolo sono indicati gli interventi di difesa e consolidamento dei pendii in terra rappresentati prevalentemente da terre armate ed in minor misura da interventi di ingegneria naturalistica quali palificate con legno e sassi o grate camera e più raramente con interventi di minori dimensioni. Gli interventi principali di questo tipo sono lungo la strada per Cavlera (in corrispondenza di Albe e degli attraversamenti della Val Masna e della valle Cugnai). Interventi analoghi sono presenti lungo via 5 Martiri e lungo la nuova strada per Ceresola.

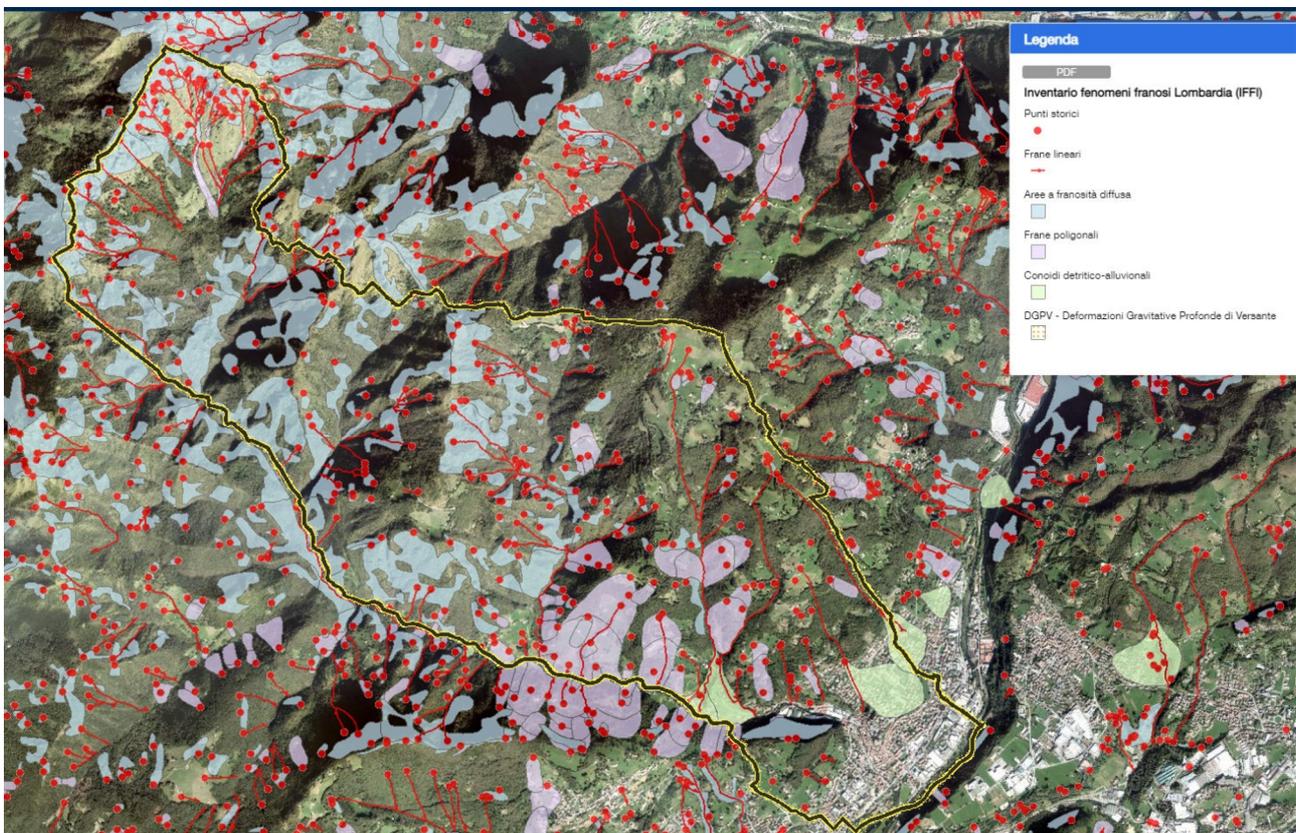
- Consolidamento pendii, drenaggi: con questo simbolo sono indicati gli interventi di drenaggio effettuati per ridurre la pressione dell'acqua all'interno di aree franose o potenzialmente franose come avvenuto a metà degli anni '70 presso il cimitero di Semonte e come realizzato presso il parcheggio del Santuario di Cavlera. Lungo via 5 Martiri presso il tratto tra Ruch di Naspei e la strada che sale a Malvezza sono stati realizzati interventi analoghi durante la sistemazione della strada nel 2020.

- Consolidamento pendii rocciosi – reti addossate, barriere e tomi paramassi: con questo simbolo sono indicati gli interventi di sistemazione di scarpate rocciose con la posa di reti addossate (soprattutto lungo la strada per Cavlera e le sue diramazioni in alcuni punti) o la realizzazione di opere di difesa passiva formate da barriere paramassi (Pegnat) o da tomi di trattenuta del materiale franato (strada per Cavlera a valle di Alguaret presso la cava di prestito di detrito cementato).

7. CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA P.A.I.-P.G.R.A. (tavola 4)

Lo studio geologico a supporto del PGT del 2010 (aggiornato poi al 2011) aveva come già detto nel precedente capitolo predisposto una cartografia PAI con individuazione di fenomeni franosi e di dissesti da conoide estratti prevalentemente dalla cartografia IFFI originaria di Regione Lombardia e/o dall'*Inventario delle Frane e dei Dissesti Idrogeologici* (Regione Lombardia, 2002).

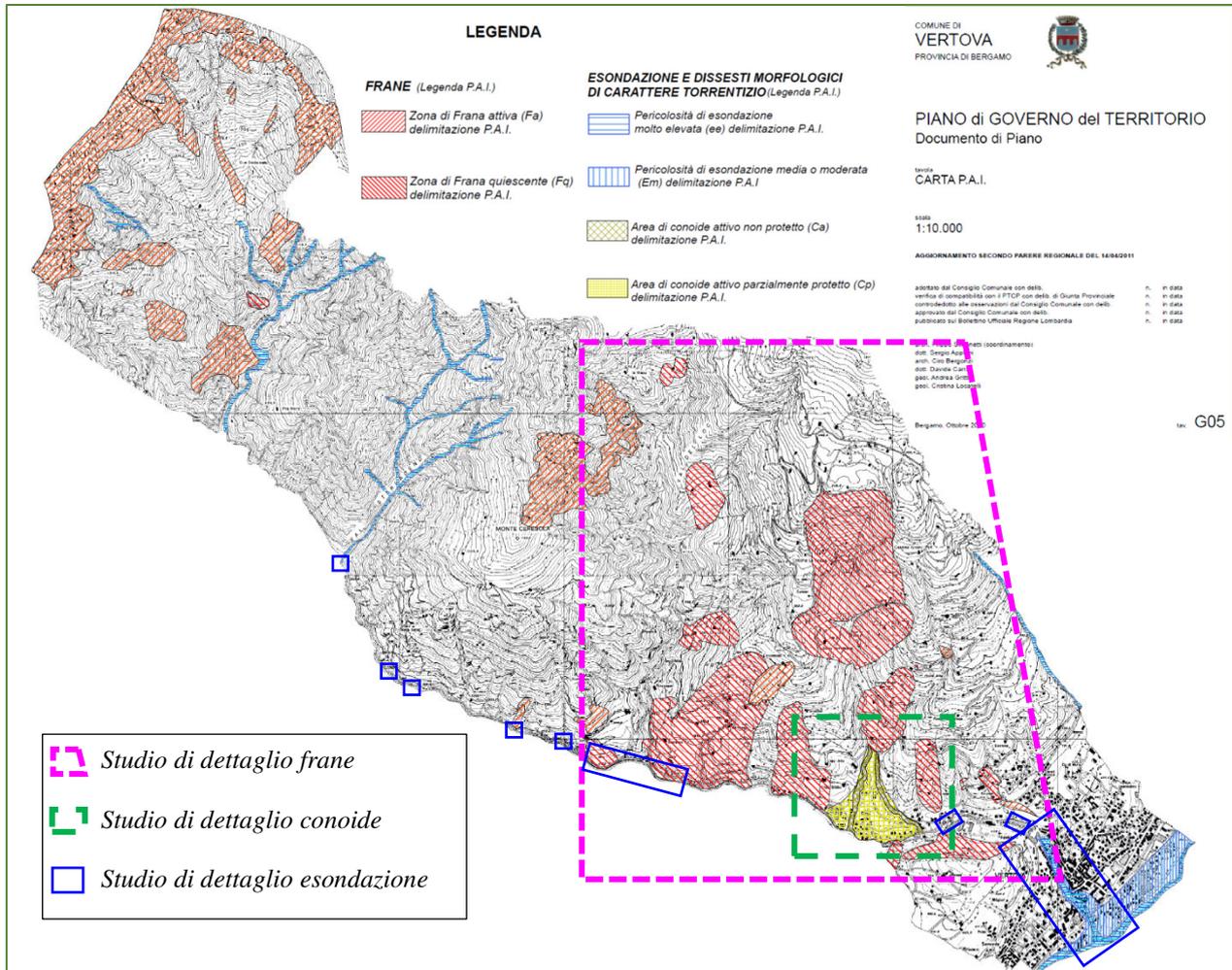
Per quanto riguarda i fenomeni di esondazione per l'asta del Serio e per il tratto terminale del torrente Vertova sono state riprese in parte le carte di fattibilità del PRG di Vertova per quanto riguarda gli elementi areali, estendendo tali ambiti anche alle parti più interne dell'alta val Vertova e in valle Sterladecco senza evidenziare né l'asta torrentizia del Vertova nel tratto mediano, né la gran parte delle aste torrentizie del versante sinistro della val Vertova come invece riportato nella cartografia IFFI.



Tutti questi elementi sono stati in gran parte recepiti senza una valutazione diretta sul terreno o attraverso studi di dettaglio, tanto che vi è un solo capitolo illustrativo di due pagine di tale carta nella precedente relazione geologica a supporto del PGT (*Relazione tecnica – A. GRITTI, C. LOCATELLI, 2011*) senza alcuna osservazione, se non quella che i dati derivano da «analisi di terreno e lettura critica della documentazione cartografica esistente (consistente sostanzialmente nelle tavole di PTCP, nella Cartografia Geoambientale e nell'*Inventario dei dissesti regionale I.F.F.*)» e dalla consultazione degli «archivi comunali e regionali (STER uffici locali di Bergamo)» (vedi pag. 29) senza alcuna spiegazione per le scelte operate o per le attività attribuite.

Ciò ha portato non solo ad una necessaria revisione dell'intero quadro PAI, ma anche a studi di dettaglio per quanto riguarda le aree a rischio R4 definite nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) che

integra lo stesso PAI prevedendo studi idraulici di dettaglio per le aree di esondazione e/o revisioni o studi di dettaglio per le conoidi in ragione della presenza di situazioni a rischio per l'edificato, soprattutto in assenza di studi precedenti e di valutazioni unicamente geomorfologiche (dgr X/6738 del 2017).



Per tale motivo sono stati realizzati tre studi di dettaglio rappresentati anche sulla Cartografia PAI Vigente:

Comune di Vertova – *Studio geologico di approfondimento relativo alle frane inserite nella cartografia PAI nel settore orientale del comune di Vertova* – STUDIO GEOTER, 2022 ();

Comune di Vertova – *Valutazione di dettaglio della conoide dei torrenti valle Masna e valle degli Uccelli ai fini di una ridelimitazione PAI-PGRA* – STUDIO GEOTER, 2022 ()

Comune di Vertova - *Studio idraulico di alcuni settori del torrente Vertova per la definizione della pericolosità PAI-PGRA* - Studio Geoter con la collaborazione di SAI Progetti, 2022 ().

Quest'ultimo studio oltre ad uno specifico studio di dettaglio raccoglie i risultati di varie relazioni idrauliche effettuate negli ultimi anni sul torrente Vertova con caratteristiche di valutazione e redazione secondo quanto specificato negli allegati della dgr 2616/2011.

A questi studi di dettaglio si rimanda per la trattazione completa, mentre qui di seguito se ne riportano le conclusioni prima di discutere delle parti restanti del territorio non interessate da questi studi di dettaglio.

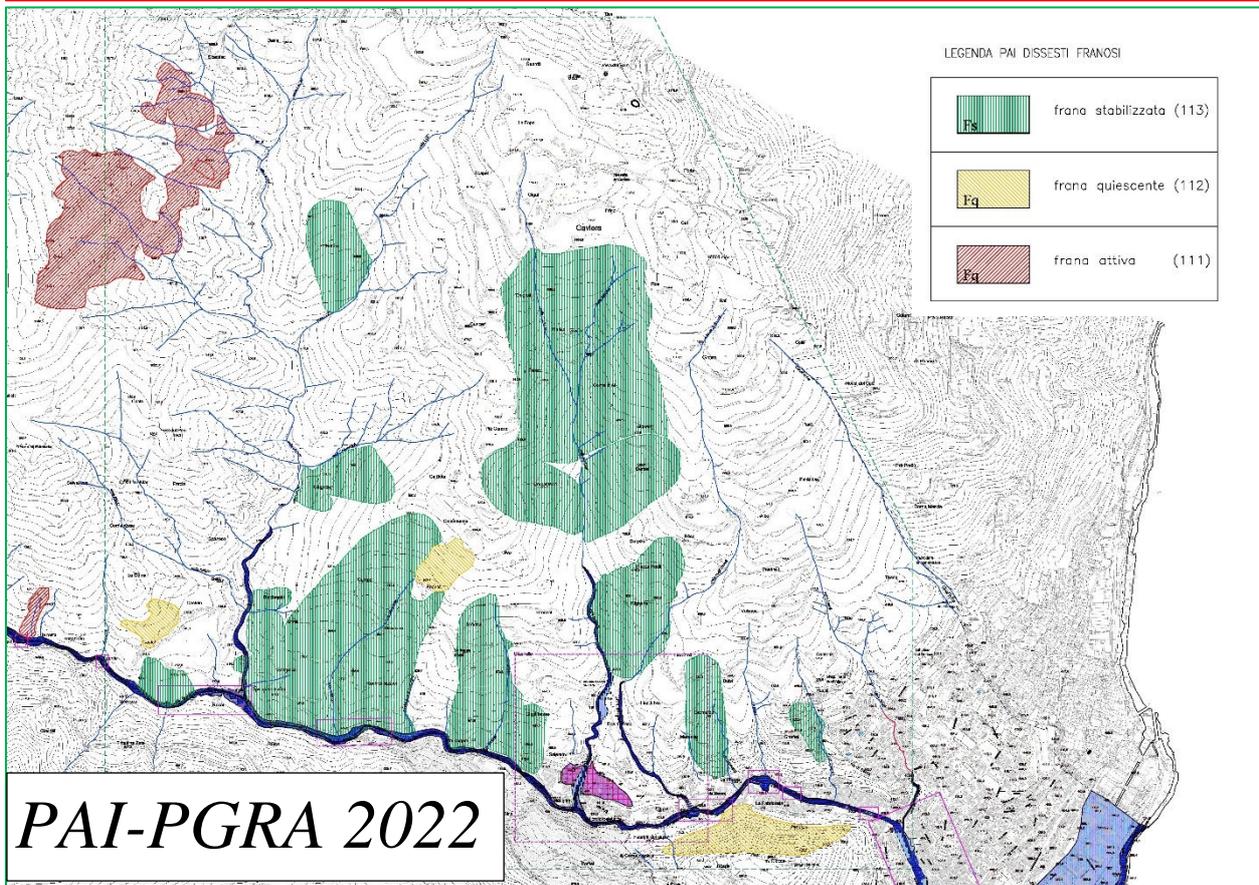
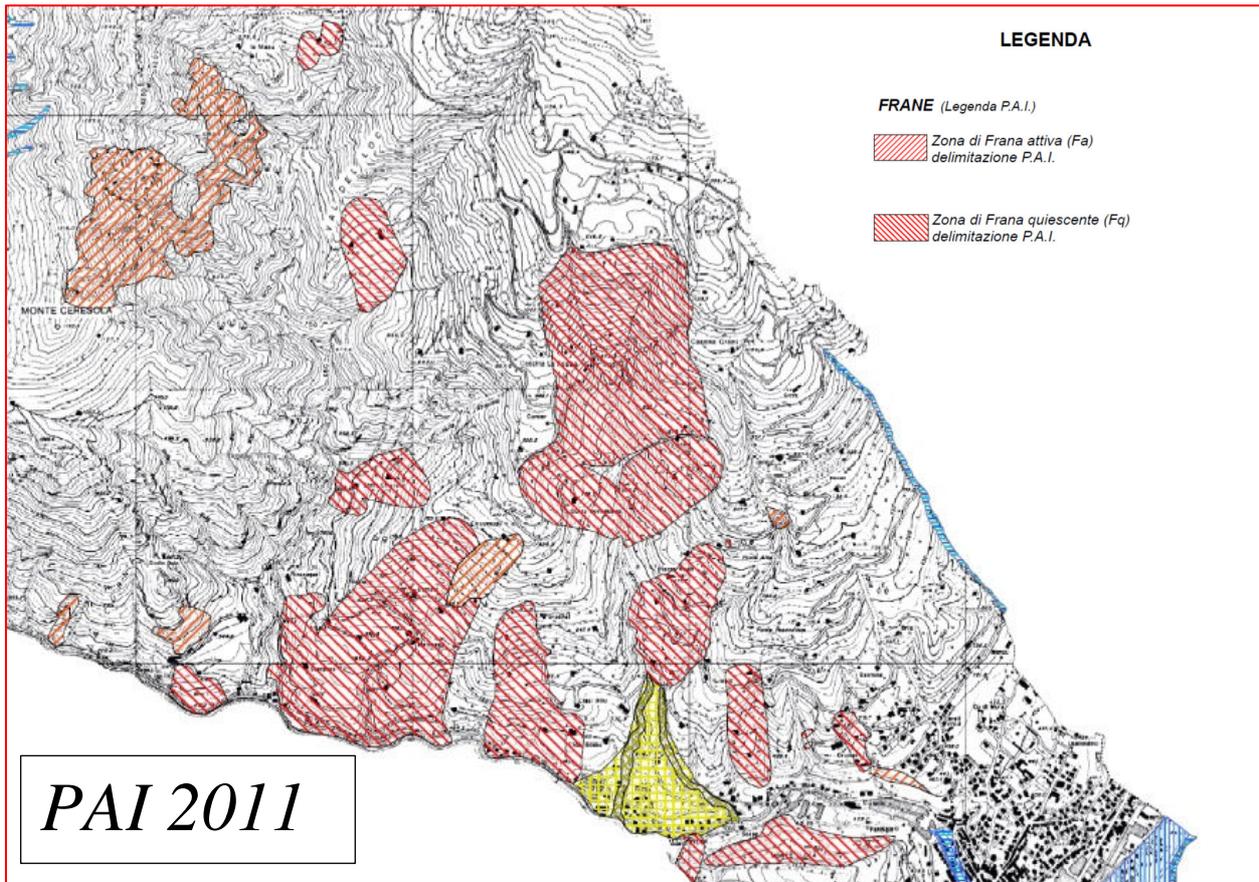
7.1. CARTOGRAFIA PAI RIGUARDANTE I DISSESTI FRANOSI

Lo studio di dettaglio citato in precedenza ha riguardato in prevalenza la parte orientale del territorio rivalutando l'effettiva presenza di alcuni areali indicati in frana ed effettuando una serie di analisi che è possibile riassumere in queste tematiche:

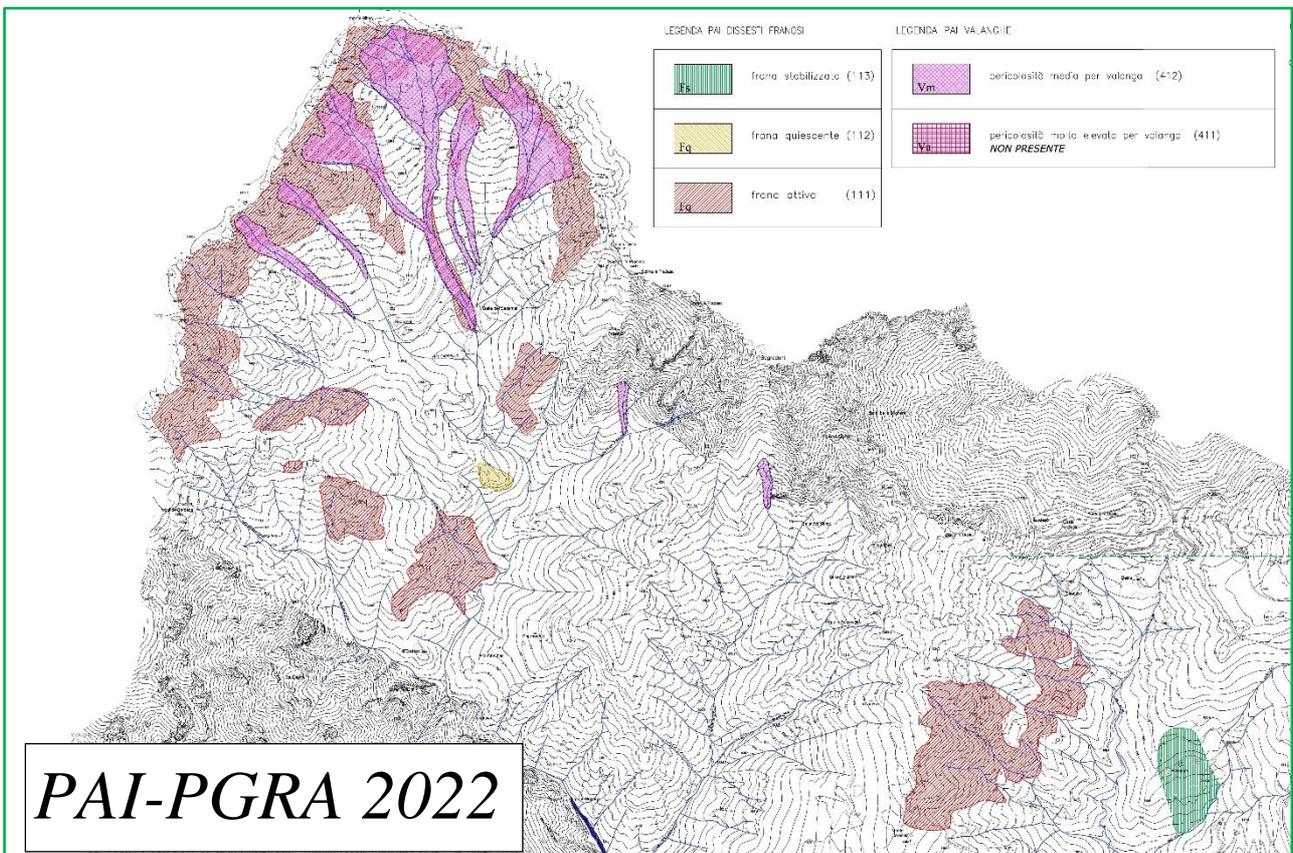
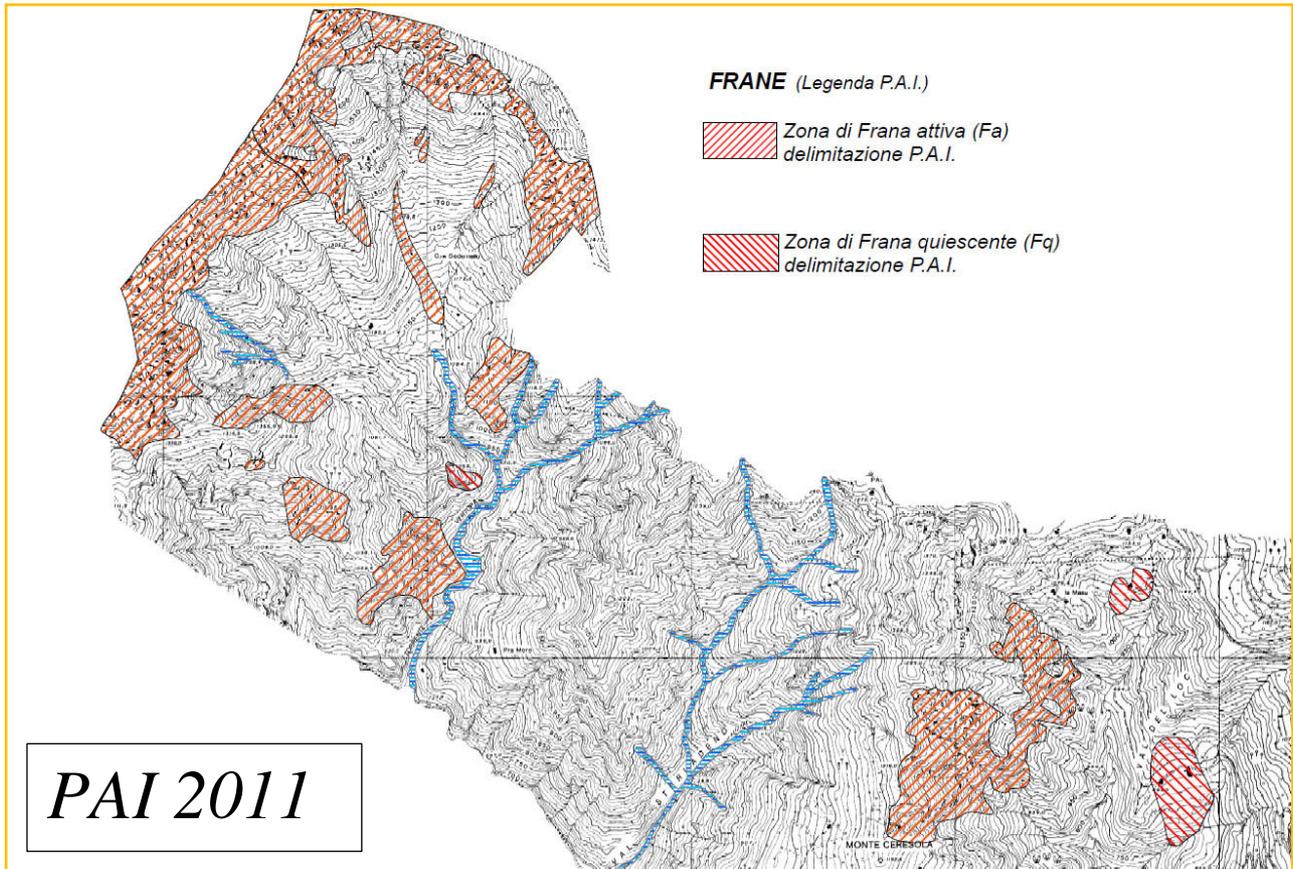
- *Analisi della documentazione tecnica pregressa o esistente:* documentazione disponibile presso l'ufficio tecnico comunale, UTR e la Comunità Montana relative a studi per dissesti e sistemazioni realizzate (tra queste si distinguono, in particolare, le frane di Pegnat, Netura, Rinciaquel, Castello, via Monte Grappa, Albe, i dissesti lungo la strada per Cavlera presso le valli Masna e Cugnai o nel tratto tra Falecc e Cuncer);
- *Analisi di materiale disponibile a livello regionale* quali il database dei dissesti di Regione Lombardia, la Carta Inventario delle Frane e dei Dissesti della stessa regione, la sequenza delle fotografie aeree dal 1955 ad oggi consultabili sul Geoportale regionale, il progetto IFFI (consultabile sul sito di ISPRA);
- *Analisi di documentazione storica locale o relativa a particolari eventi* come alcuni testi della Pro Loco di Vertova o lo studio del CNR-IRPI di Torino sull'evento del 10 luglio 1972 nella media valle Seriana;
- *Analisi dei dati di interferometria radar* disponibili sul Geoportale di Regione Lombardia al fine di valutare l'attività di alcuni dissesti, soprattutto quelli con maggior estensione areale;
- *Indagini geotecniche mediante prove penetrometriche e sismiche mediante misurazioni HVSR* per definire i parametri geotecnici e sismici e ricostruire le sezioni geologiche e geotecniche dei vari dissesti; a tale scopo sono anche stati utilizzati dati provenienti da lavori già effettuati da privati o dal comune in aree limitrofe o sulle stesse zone considerate in frana;
- *Verifiche di stabilità* lungo profili di cui sono state ricostruite le caratteristiche geologiche e geotecniche;
- *Rivalutazione dell'ubicazione dei corpi di frana, della loro estensione e della loro attività in funzione delle analisi, delle indagini e delle verifiche di stabilità effettuate* da cui emerge che la gran parte dei dissesti di maggiori dimensioni non sono quiescenti, ma relitti o non più riattivabili per le modificazioni avvenute rispetto al loro originario innesco;
- *Analisi con sistema GIS delle aree a differente pericolosità all'interno dei corpi di frana relitti così definiti per individuare le aree a differente pericolosità a cui attribuire una specifica fattibilità indipendentemente da altri fattori di pericolosità (ad esempio aste torrentizie o fenomeni di caduta massi).*

Da questo studio emerge come alcuni dei dissesti indicati in precedenza non siano frane e come la gran parte dei dissesti di maggior estensione siano in realtà frane relitte o non più riattivabili come originariamente erano state definite; per queste frane relitte è possibile definire specifiche pericolosità all'interno del perimetro. Nella pagina seguente vengono rappresentate a tale proposito la cartografia PAI per i dissesti franosi ora vigente (2011) e quella che invece deriva dallo studio di dettaglio effettuato (2022).

In tale contesto occorre evidenziare che non sono state analizzate e/o modificate aree soggette a caduta massi se non quelle ove sono stati realizzati interventi (frana di Castelù) o che non esistono in quanto tali (area franosa di via Monte Grappa e frana della cava dismessa presso la Fabbrica dol Giass), mentre tutte le aree indicate come frana attiva nel settore occidentale del bacino idrogeologico Vertovese (in particolare il versante sinistro) non sono state oggetto di studio anche se occorre rilevare che le loro dimensioni sono spesso sovrabbondanti rispetto allo specifico dissesto e che la loro attività potrebbe, attraverso studi di dettaglio di tali aree, essere molto più articolata e confacente alla realtà dei luoghi e non ad una sommaria valutazione generalistica. In tale contesto, l'ampliamento ulteriore delle aree presso il confine nella zona orientale della valle, come richiesto dal parere regionale non è né opportuno né reale poiché le zone di vetta, rupestri, ma pianeggianti, sono qui avulse da dissesti franosi per stacco di blocchi che interessa invece i versanti; inoltre, il confine non rappresenta dovunque lo spartiacque.



Confronto carta PAI 2011 vigente e Carta PAI-PGRA 2022 per quanto riguarda i dissesti franosi nel settore orientale del territorio di Vertova oggetto dello studio di dettaglio presentato

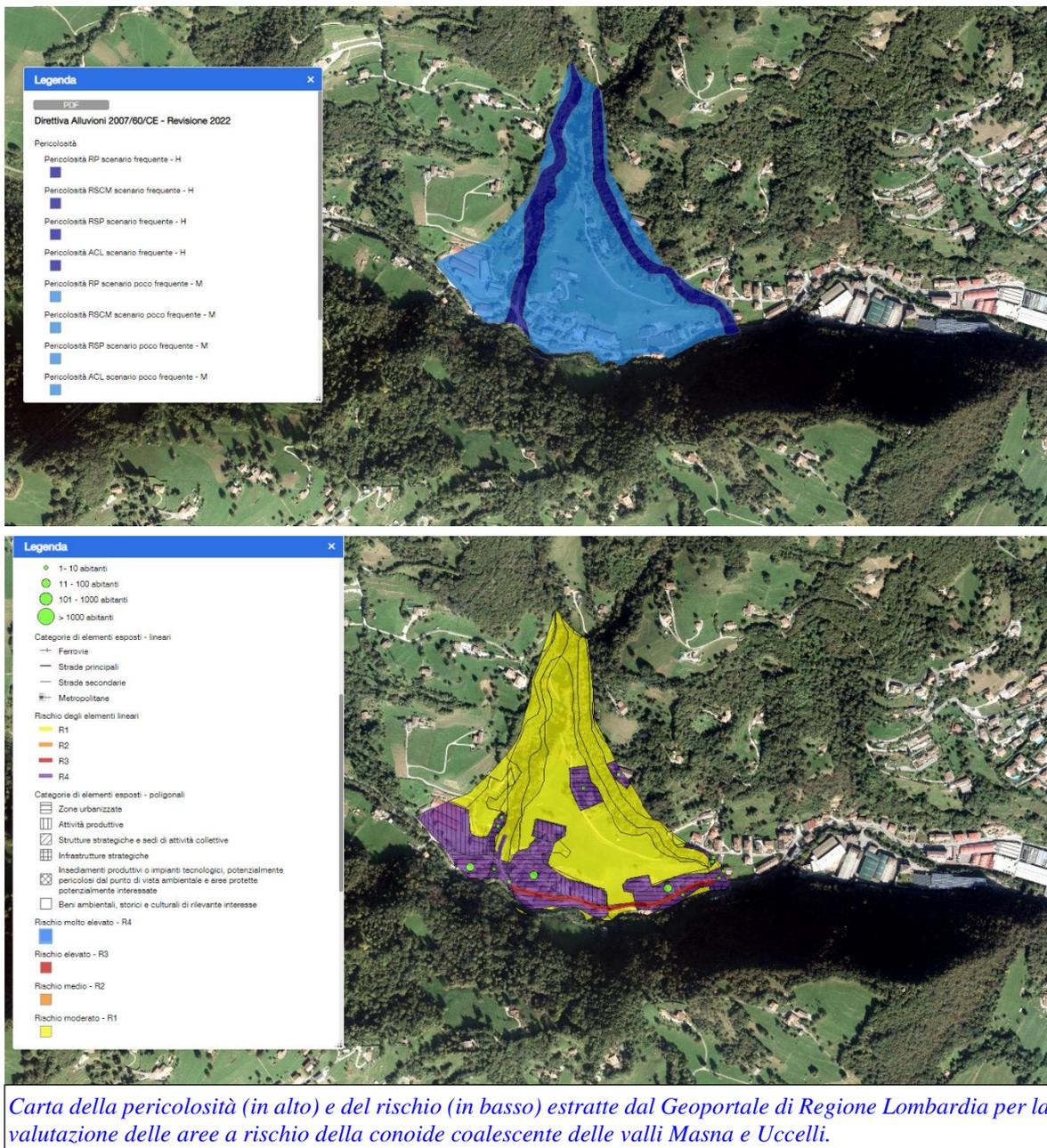


Confronto carta PAI 2011 vigente e Carta PAI-PGRA 2022 per quanto riguarda i dissesti franosi nel settore occidentale del territorio vertovese dove non sono stati effettuati studi di dettaglio, ma sono state riprese le aree a pericolosità media valanghiva (Vm)

7.2. CARTOGRAFIA PAI-PGRA STUDI DI DETTAGLIO IDRAULICI

La dgr X/6738 del 2017 con l'aggiornamento delle aree esondabili, le normative di utilizzo di tali aree e la definizione di ulteriori pericolosità connesse alla fuoriuscita di acqua dall'alveo di qualsiasi torrente ha reso necessarie verifiche puntuali delle aree che a causa della pericolosità di esondazione e delle tipologie di strutture coinvolte risultassero in classe R4 di rischio. Nel comune di Vertova ciò vale per l'ambito della conoide dei torrenti Masna e Uccelli e per una parte del tratto terminale del torrente Vertova all'interno del centro abitato, anche se eventi recenti, informazioni recuperate sul posto dalle persone che vivono sul territorio e analisi idrauliche condotte nel corso degli ultimi anni hanno permesso di identificare altre aree che possono essere soggette ad esondazione non identificate sulle mappe attuali lungo il torrente Vertova.

Lo studio di dettaglio effettuato per valutare il rischio da conoide è stato condotto secondo i criteri dell'allegato 2 ed in particolare al punto 2.2.4. per valutare l'effettiva pericolosità individuata con la direttiva alluvioni (aree a rischio R4 lungo la parte distale della conoide e nella parte mediana).



Carta della pericolosità (in alto) e del rischio (in basso) estratte dal Geoportale di Regione Lombardia per la valutazione delle aree a rischio della conoide coalescente delle valli Masna e Uccelli.

Lo studio di dettaglio già citato in precedenza (Comune di Vertova – *Valutazione di dettaglio della conoide dei torrenti valle Masna e valle degli Uccelli ai fini di una ridelimitazione PAI-PGRA – STUDIO GEOTER, 2022*) ha riguardato quindi tutta la conoide e i bacini che la alimentano valutando l'effettivo sviluppo della conoide attraverso una serie di analisi che è possibile riassumere così:

- *Analisi della morfologia e della topografia dell'area in funzione della rappresentazione della conoide*; da tale analisi emerge una non corretta rappresentazione perimetrale della conoide con alcuni margini, come quello orientale verso Liscià che interessano unicamente affioramenti rocciosi;

- *Analisi della documentazione tecnica pregressa o esistente* : documentazione disponibile presso l'ufficio tecnico comunale, presso UTR, presso la Comunità Montana relative a studi che abbiano in qualche modo interessato la conoide; compresa l'analisi della documentazione della Carta Inventario delle Frane e dei Dissesti di Regione Lombardia, da cui ha avuto origine la segnalazione della conoide; dalla documentazione non sono emersi dati riguardanti dissesti e/o esondazioni su di essa, ma solo piccoli interventi di sistemazione delle scarpate in corrispondenza dell'intaglio stradale della strada per Cavlera presso gli attraversamenti della valle Masna e della sua ramificazione valle Cugnai come anche della valle degli Uccelli come anche per la sistemazione dell'accesso di via Pali da Ovest.

- *Analisi di documentazione storica locale o relativa a particolari eventi* come alcuni testi della Pro Loco di Vertova o lo studio del CNR-IRPI di Torino riguardante l'evento alluvionale del luglio 1972 nella media valle Seriana; da questi documenti non emergono segnalazioni particolari relative al trasporto solido, ma solo la presenza di alcuni modesti tipo soil slip che hanno interessato in alcuni punti la conoide come attualmente definita; da racconti degli abitanti del posto è emerso solo che talvolta (1981 e anche in anni più recenti) l'acqua del torrente Masna e quella della valle degli Uccelli superano i ponti di via 5 Martiri reinserendosi nel torrente Vertova immediatamente a valle dei ponti con una modestissima quantità di frazione limoso sabbiosa fluidificata nella portata di deflusso dei torrenti.

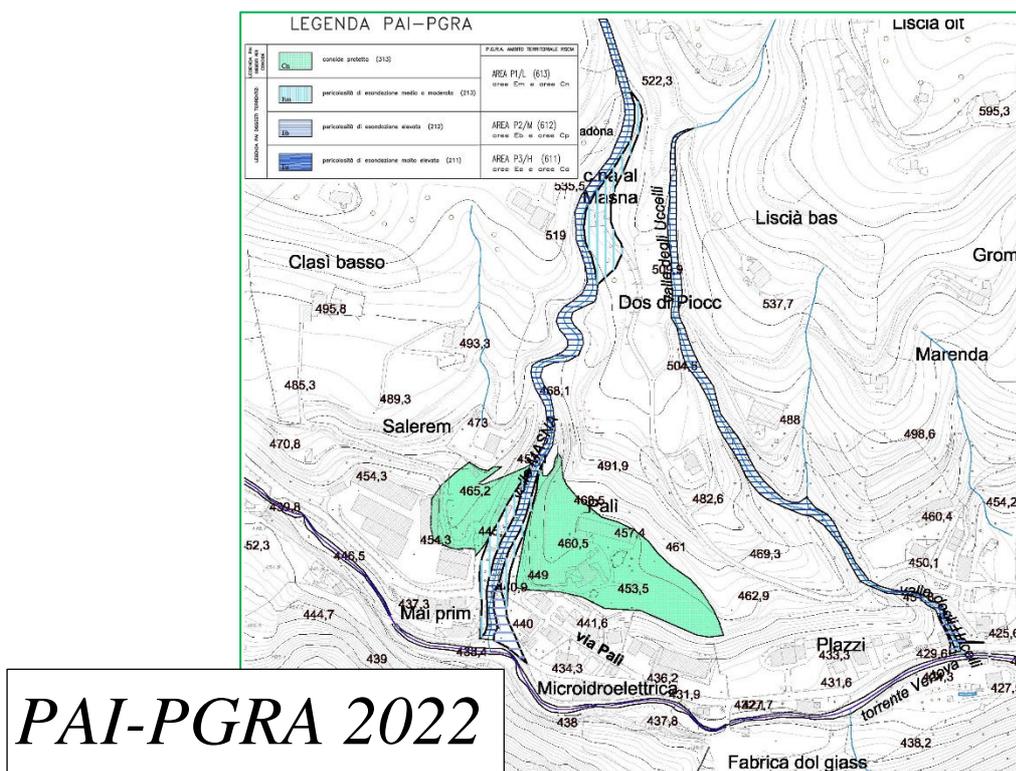
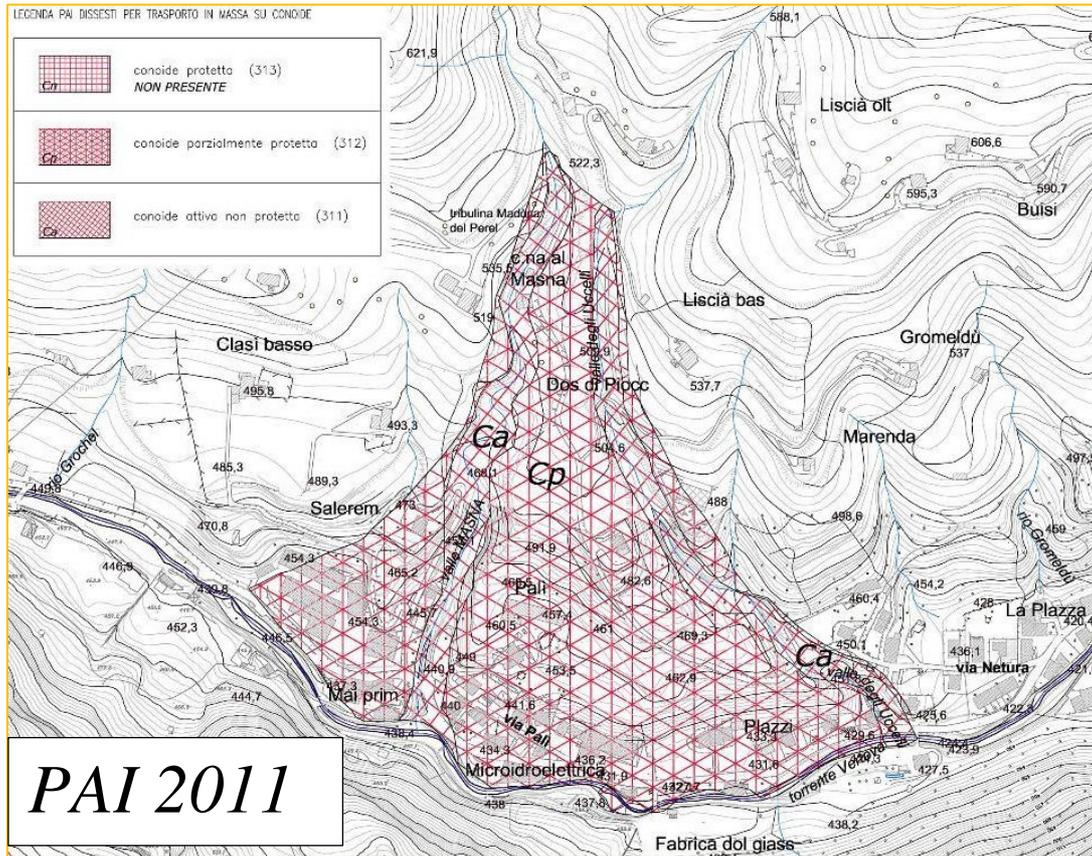
- *Analisi delle foto aeree tra il 1955 e oggi* (Geoportale Regione Lombardia) da cui non emergono segni di dissesti, né la morfologia della conoide così come attualmente definita, ma solo la progressiva urbanizzazione dell'area, soprattutto nella cosiddetta parte distale della conoide, quella oggetto di analisi per rischio R4 che in gran parte è invece competenza di terreni alluvionali relativi al torrente Vertova.

- *Analisi della cartografia geologica storica e di dettaglio* a scala di conoide e a scala di bacino che alimenta il torrente individuando prevalentemente affioramenti rocciosi del Calcere di Zu e nella parte più vicina alla conoide di Argillite di Riva di Solto senza però delineare un chiaro apparato di conoide anche perché vengono chiaramente indicate terrazzamenti e orli di scarpata non riconducibili alla morfologia di una conoide, ma appunto a terrazzamenti fluvioglaciali. Tra l'altro in corrispondenza dei supposti collettori della conoide il torrente Masna è caratterizzato da percorso meandriforme inforato all'interno dell'ammasso roccioso e con salti in roccia lungo l'alveo, mentre l'alveo del torrente della valle degli Uccelli alterna tratti in roccia a tratti con materiale grossolano ghiaioso ciottoloso connesso più a dissesti delle sponde rocciose che affiorano lungo quasi tutto il tratto in cui dovrebbe essere descritto invece il collettore all'interno di ghiaie e detriti. La presenza di detriti è stata identificata solo sulla sponda sinistra della valle Masna poco a monte dell'accesso da Ovest di via Pali. La presenza di affioramenti rocciosi affioranti o subaffioranti lungo tutto il corso della valle degli Uccelli, anche nel suo tratto terminale, porta ad escludere che tale valle sia interessata o sia stata interessata da morfologia di conoide.

- *Valutazione semiquantitativa della pericolosità con il metodo di Aulitzky (1908) che determina basse condizioni di pericolosità e tipologia di trasporto torrentizia con poco materiale ghiaioso.*

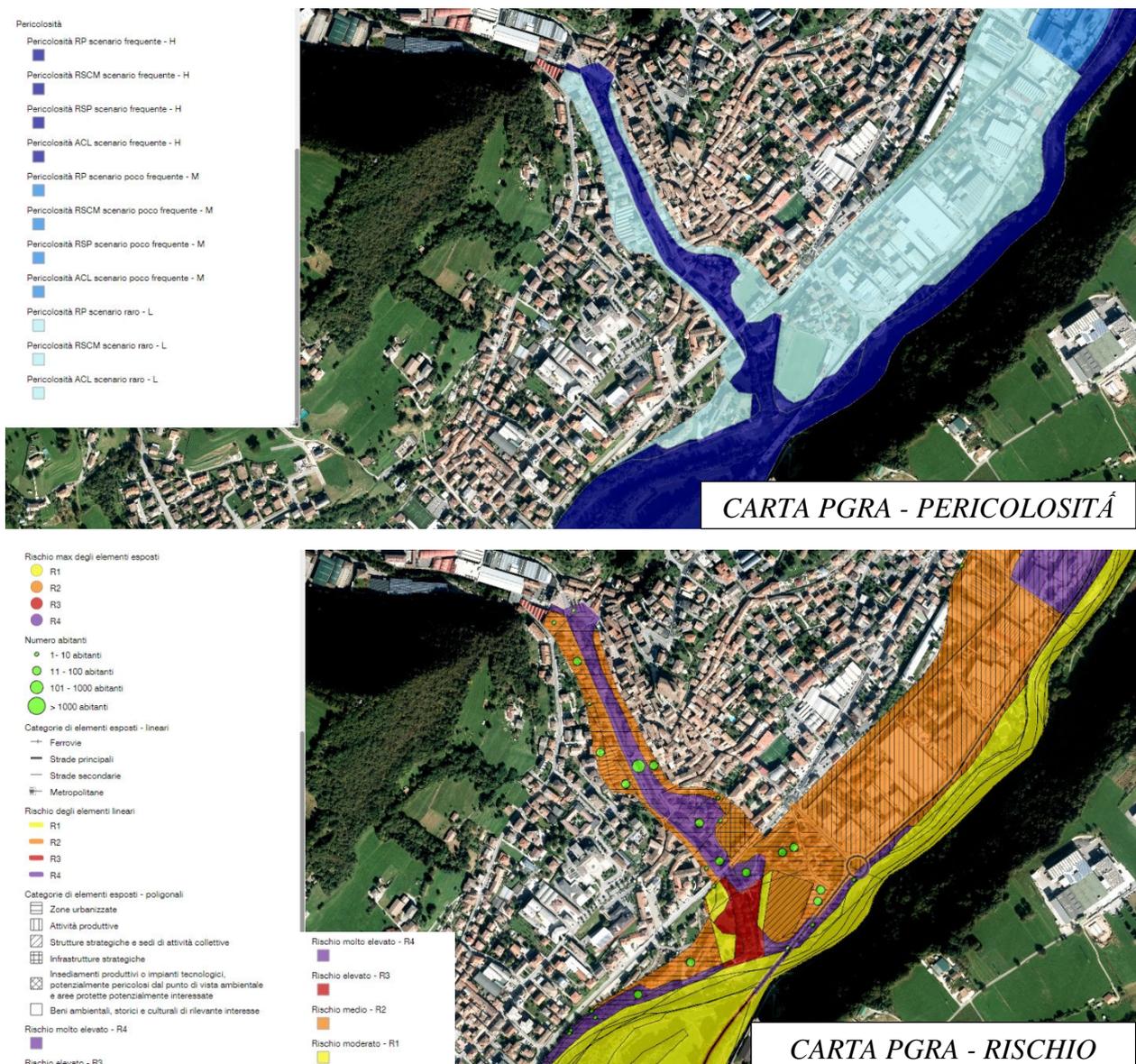
- *Valutazione della magnitudo di trasporto solido per la valle Masna con le metodologie proposte nei "Criteri" regionali che portano a stime realistiche in cui i valori massimi sono compresi tra 1300 e 2000 m³, valori pur apprezzabili, ma molto bassi se si considerano i normali contributi delle conoidi alpine.*

Da tale analisi viene rivista completamente l'ambito di conoide come è possibile osservare dal raffronto qui di seguito riportato. Alcune verifiche idrauliche sull'asta della val Masna confermano la possibilità di esondazione presso il ponte di via Netura sino alla cascina Masna e l'esondazione presso l'attraversamento di via 5 Martiri adottando classi di pericolosità relative all'esondazione torrentizia.



Lo studio di dettaglio relativo ad alcuni tratti della valle Vertova ed in particolare per l'area del centro abitato e di due ponti di attraversamento del torrente (ponte della Fabbrichetta e ponte Mistri) ha portato ad una limitata revisione della precedente cartografia PAI di queste aree, mettendo in evidenza che i settori individuati già solo da un punto di vista geomorfologico all'interno del centro abitato erano già piuttosto definiti grazie alle notizie storiche esistenti (Comune di Vertova - *Studio idraulico di alcuni settori del torrente Vertova per la definizione della pericolosità PAI-PGRA - Studio Geoter con la collaborazione di SAI Progetti, 2022*).

Originariamente lo studio era stato effettuato per le condizioni di rischio R4 del tratto terminale dell'alveo del torrente Vertova a cui successivamente sono state aggiunte varie porzioni di studio effettuate nell'arco degli ultimi anni come indicato nella figura riportata nell'introduzione di questo capitolo.



Anche in questo studio sono state effettuate indagini dal punto di vista storico per valutare le effettive interferenze del centro abitato e delle infrastrutture con la dinamica del torrente Vertova, riscontrando che in molti casi ciò che risulta dalle analisi idrologiche e idrauliche è molto simile a quanto verificatosi nell'arco di almeno due secoli di storia.

Gli studi in questo caso sono comunque stati condotti per verifiche idrauliche ed hanno coinvolto, come richiesto dai “Criteri” della dgr 2616/2011 allegato 4, anche un ingegnere idraulico (ing. E. Zucchelli dello studio SAI Progetti di Bergamo). Le analisi condotte in questo caso si possono così riassumere:

- *Studi idraulici precedenti ricompresi nelle valutazioni idrauliche del torrente Vertova:* si tratta di studi idraulici per i quali sono state condotte verifiche idrauliche che vengono in parte riutilizzati con l’individuazione delle aree di esondazione in funzione delle caratteristiche dell’allegato 4 della dgr 2616/2011. In questo caso non è stato possibile reperire dati relativi a relazioni idrauliche per ponti e attraversamenti della valle presso UTR perché giudicati non adeguati dallo stesso ente.

- *Rilievi topografici di dettaglio:* per il centro abitato di Vertova è stato utilizzato uno specifico rilievo con drone appoggiato anche a target di identificazione con rilievi da terra appositamente commissionato dal comune a una ditta specializzata dopo aver cercato di utilizzare i rilievi LIDAR messi a disposizione dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e da Regione Lombardia che risultano molto carenti nella definizione delle sponde come evidenziato anche all’interno della relazione illustrativa. Per gli altri settori sono stati effettuati rilievi di dettaglio effettuati con rilievi topografici tradizionali (ponte della Fabbrichetta e ponte Mistri) sempre affidati al medesimo studio di topografia. Gli studi idraulici precedentemente realizzati e qui utilizzati a compendio della definizione della pericolosità del torrente Vertova sono stati effettuati per la maggior parte con rilievi topografici tradizionali (rilievo della zona di Roset-Lacnè, rilievo dei guadi e degli attraversamenti della strada di servizio alle sorgenti della val Vertova), mediante sezioni di dettaglio a distanza adeguata per lo studio lungo l’asta; piccole porzioni di rilievo con drone sono state possibili in situazioni di particolare assenza di vegetazione (studio idraulico per la messa in sicurezza del I Lotto degli interventi di messa in sicurezza di via 5 Martiri).

- *Analisi idrologiche:* la determinazione della pioggia critica è stata condotta attraverso opportune valutazioni geologiche e sull’uso del suolo dell’intero bacino idrogeologico comparando fra loro differenti metodologie di valutazione del regime idrologico (SCS-CN o percentuale) sulla base delle direttive dell’AdBPO, anche a partire da uno studio precedentemente effettuato per l’innesto del nuovo alveo della valle Cereti sotto Largo Vittorio Veneto nel torrente Vertova (GEA, 2005).

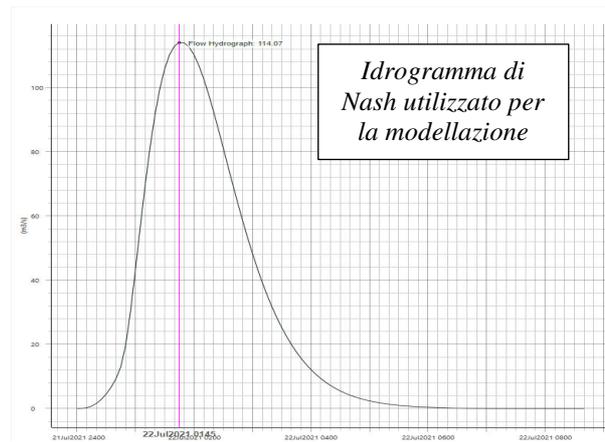
Per la determinazione del *tempo di corrivazione* si è preferito utilizzare il valore medio ottenuto dalla formulazione classica di Giandotti (1934), frequentemente utilizzato per i bacini italiani, e da quella analoga con le correzioni introdotte da Aronica e Paltrinieri (1954) che porta a valori coincidenti a quelli disponibili con SIBCA estraibili dal Geoportale di Regione Lombardia.

Per la valutazione delle piogge critiche sono stati esaminati sia i dati delle direttive AdBPO, sia quelli di ARPA utilizzando poi quelli più conservativi per la scelta della *curva di possibilità climatica* utilizzando tempo di ritorno pari a 100 anni, inserendo in ogni caso la valutazione del *coefficiente di ragguaglio* date le dimensioni di quasi 20 km² del bacino (procedura Wallingford).

Il *coefficiente di deflusso* valutato sulla base delle caratteristiche di uso del suolo e della permeabilità superficiale del terreno/roccia all’interno del bacino idrologico sono stati comparati e valutati facendo riferimento anche a quelli disponibili con SIBCA. A tale proposito occorre ricordare che l’analisi geologica del bacino ha portato a considerare ininfluyente o poco rappresentativo il trasporto solido anche per la presenza del piccolo bacino di laminazione della derivazione dell’impianto idroelettrico della Microidroelettrica poco a valle di Lacnè, come anche quelli delle vecchie traverse presenti più all’interno nella valle (zona secondo ponte a monte delle sorgenti Go e zona Pia del Merel).

- *Analisi della portata di massima piena:* la determinazione della portata di piena centennale è stata condotta attraverso la ricostruzione dello *ietogramma Chicago* specifico per quel bacino e definendo l’*idrogramma di piena* in funzione di differenti metodologie (invaso lineare, Nash e onda cinematica).

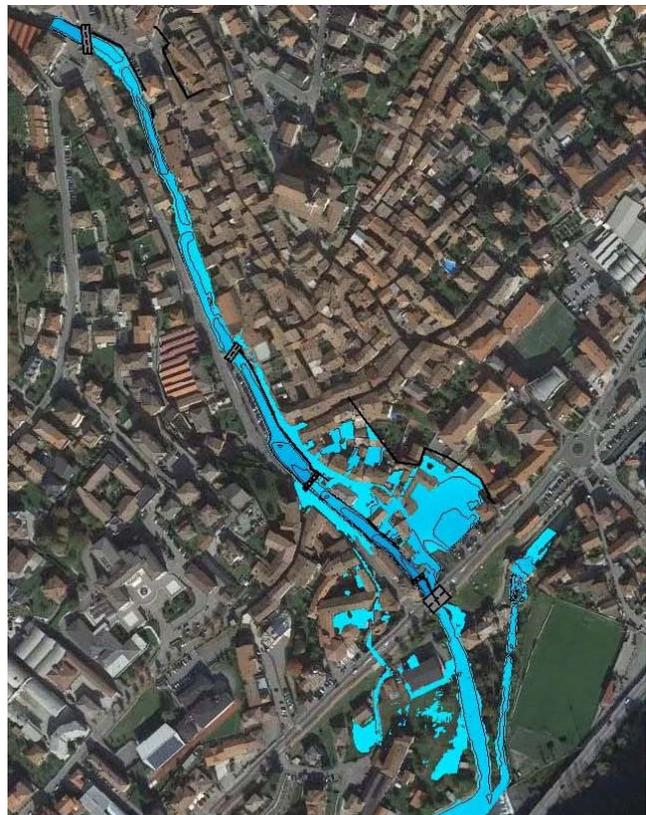
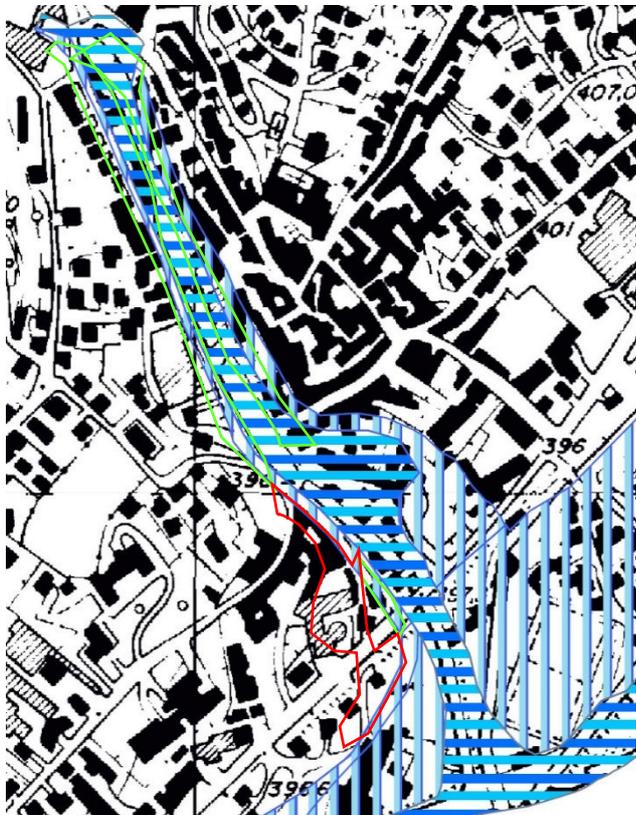
Gli idrogrammi sono poi stati confrontati con quanto è attualmente disponibile dal misuratore di portata posizionato poco a valle di Lacnè su una soglia del torrente Vertova prediligendo le valutazioni emerse con la metodologia di Nash. In ogni caso le simulazioni preliminari sono state effettuate con idrogramma di Nash e con quello dell'invaso lineare per differenti valori del coefficiente di deflusso verificando che la modellazione con Idrogramma di Nash e coefficiente di deflusso $c = 0,370$ è quella più attendibile. La portata T100 è di $114 \text{ m}^3/\text{s}$.



- Modellazione idraulica centro abitato di Vertova:

qui è stata utilizzata una modellazione con il software HEC-RAS bidimensionale grazie all'estremo dettaglio del rilievo topografico in 3D anche per l'accuratezza della valutazione delle possibili esondazioni. La topografia tridimensionale è stata integrata anche con l'individuazione delle principali strutture idrauliche presenti nell'area (ponti, sponde, traverse o soglie) e la modellazione ha reso necessaria la valutazione della rugosità in funzione del valore medio su tutto l'alveo utilizzando un'analisi su tutte le sezioni di verifica.

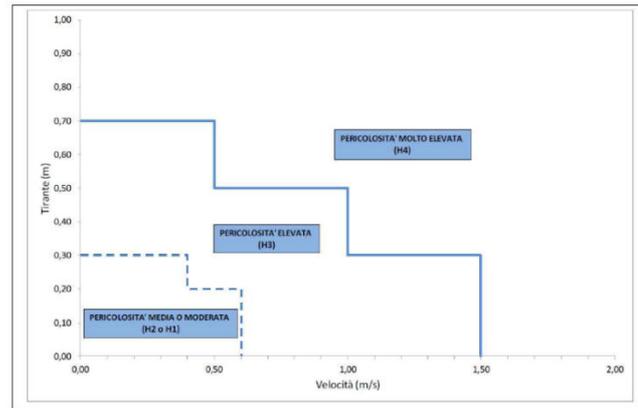
I risultati della modellazione portano ad escludere l'esondazione in aree precedentemente individuate come tali in particolare l'area lungo via IV Novembre tra il ponte di Largo Vittorio Veneto e la zona del ponte San Carlo, come anche l'area in sinistra idrografica in posizione opposta a quella descritta, ma introduce la possibilità di esondazione nella zona di via Mistri.



Confronto tra la rappresentazione PAI-PGRA del torrente Vertova attuale e l'esondazione che emerge dalla modellazione idraulica. In verde aree non soggette ad esondazione; in rosso aree esondabili per la modellazione

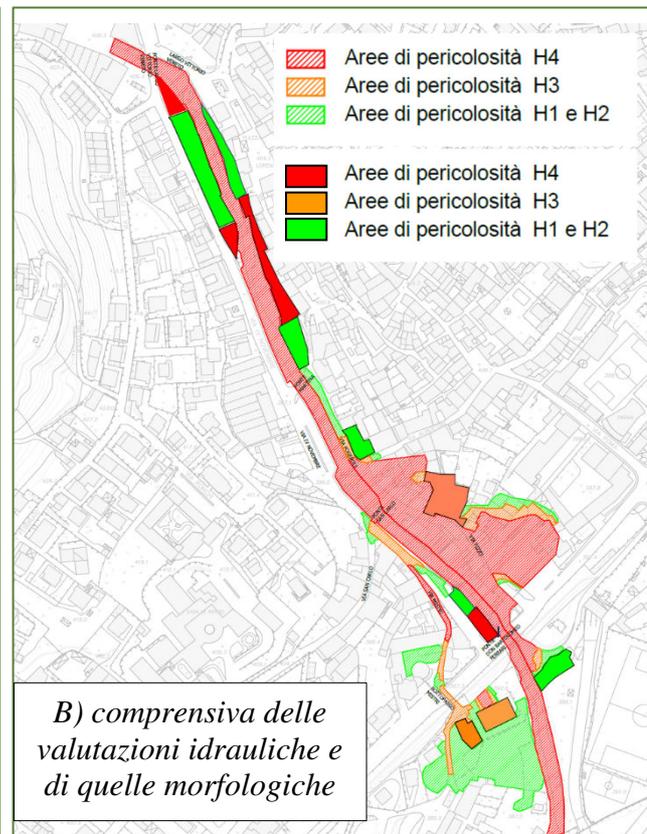
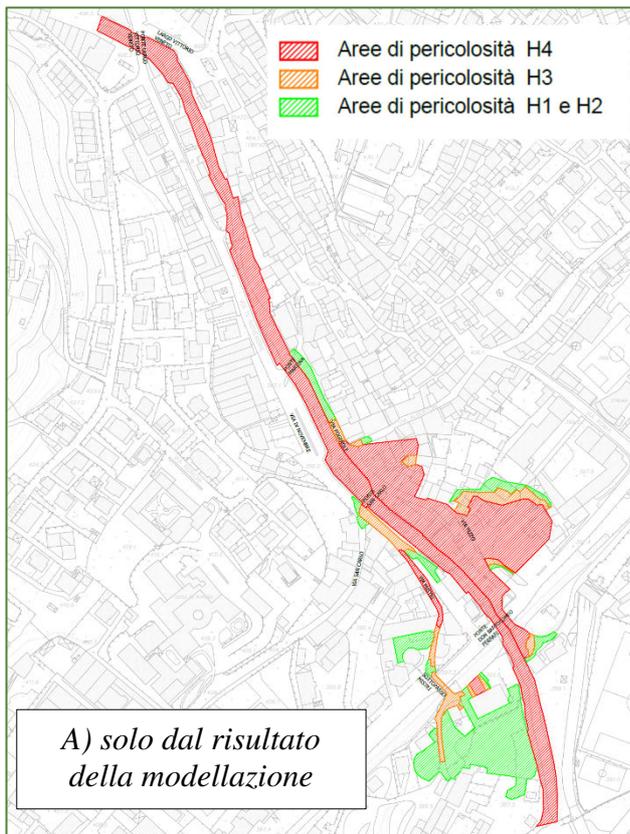
A tale proposito è utile all'interno della relazione di dettaglio osservare la ricostruzione fotografica della modellazione dell'esondazione che ben illustra le altezze dei tiranti idrici e le aree che possono essere interessate da tale esondazione.

Dal confronto tra tiranti idrici e velocità di deflusso, si ottengono le classi di pericolosità in funzione del diagramma riportato nell'allegato 4 e qui a lato.



Gli edifici nella modellazione sono stati considerati come elementi chiusi e questo porta ad un innalzamento del tirante idrico delle esondazioni e alla non comprensione degli edifici stessi dotati in ogni caso di aperture verso il torrente o nelle zone di esondazione (finestre, porte, bocche di lupo, etc.). Per questo successivamente all'analisi idraulica è stata effettuata una verifica delle quote effettivamente raggiunte dall'esondazione per determinare quali degli edifici fossero effettivamente coinvolti nell'esondazione stessa.

Ciò ha portato ad una valutazione complessiva della pericolosità di esondazione come illustrato nelle immagini seguenti.

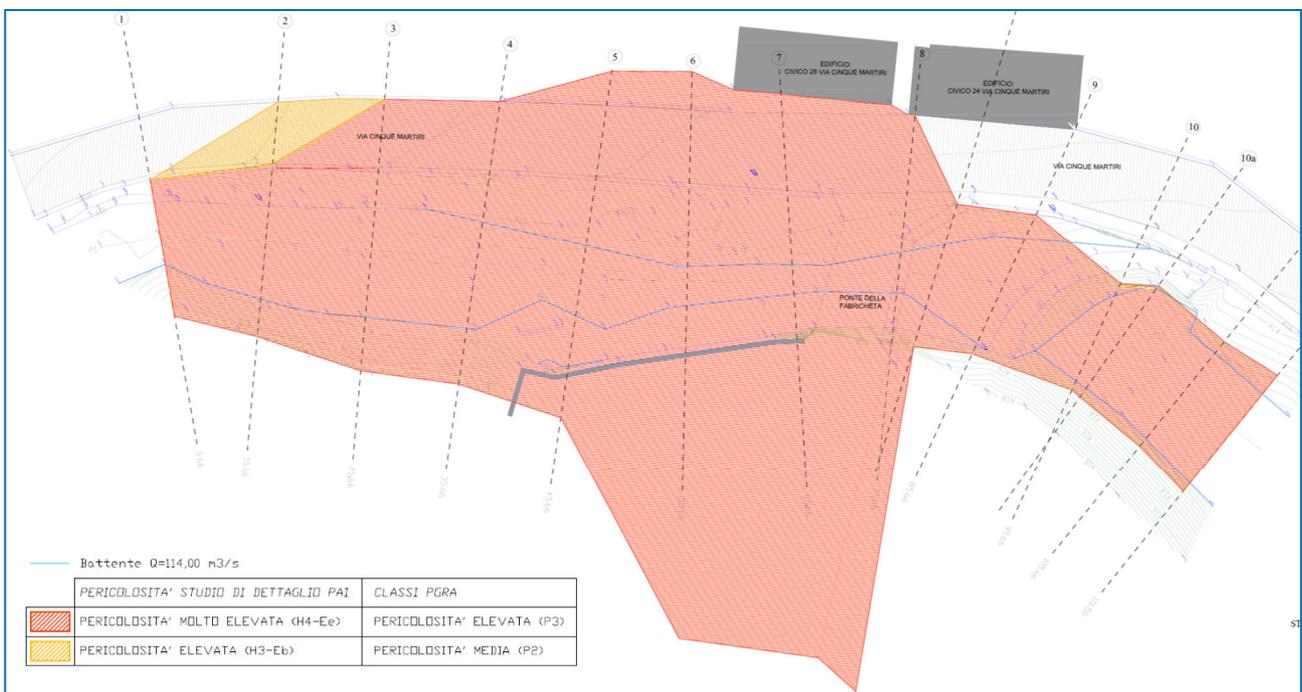


Rappresentazione della pericolosità di esondazione del torrente Vertova

Da tali pericolosità viene poi ottenuta la definizione delle aree a differente pericolosità di esondazione PAI e PGRA riportate nella tavola 4.

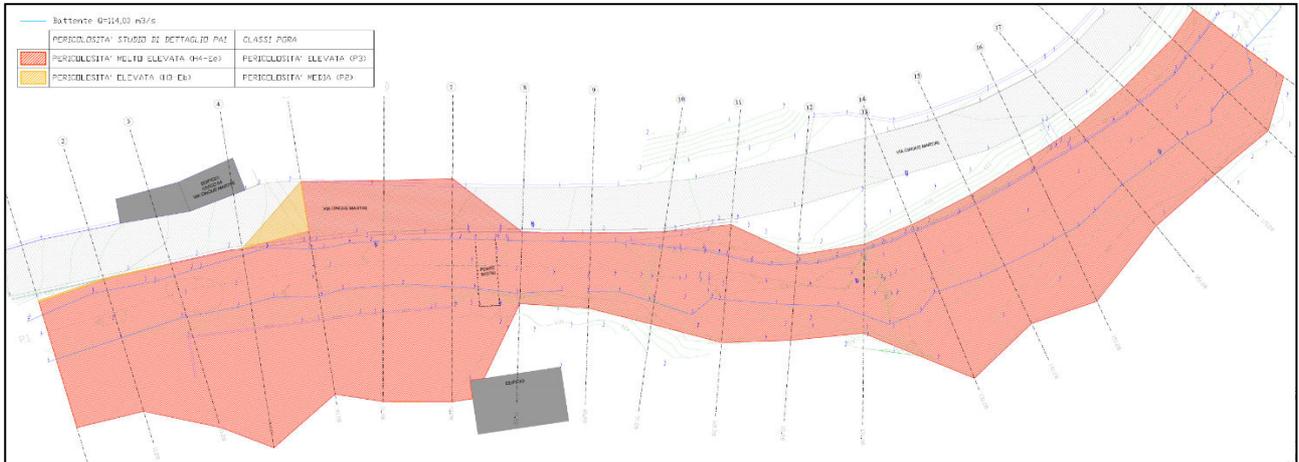
- *Modellazione idraulica dei ponti della Fabbrichetta e Mistri*: la modellazione è sempre stata condotta con HEC-RAS, sulla base di un classico rilievo eseguito a sezioni per entrambe i ponti (12 per il ponte della Fabbrichetta e 20 per il ponte Mistri). Pur essendo lievemente inferiore la dimensione del bacino idrografico del torrente Vertova (non è presente la valle dei Cereti) è stato utilizzato il medesimo valore di portata dell'analisi all'interno del centro abitato ($Q_{100} = 104 \text{ m}^3/\text{s}$). Data la certezza dell'insufficienza idraulica dei due ponti (in particolare il ponte Mistri è stato più volte scavalcato dall'onda di piena) è stata condotta un'analisi in regime di moto vario valutando l'esonazione dovuta all'insufficienza idraulica.

I risultati per il ponte della Fabbrichetta indicano che l'esonazione interessa un tratto di via 5 Martiri a monte del ponte e parte del piazzale in destra idrografica oltre il ponte senza interessare edifici. L'acqua rientra poi in alveo che si approfondisce appena oltre la traversa di derivazione della roggia degli Edifici.



*Estratto tavola 6
 zonazione pericolosità
 con legenda PAI-PGRA
 presso il ponte della
 Fabbrichetta e rende-
 ring fotografico*

I risultati per il ponte Mistri indicano che l'esondazione interessa un tratto di via 5 Martiri a monte del ponte e parte del piazzale in destra idrografica oltre il ponte lambendo l'edificio lì presente con altezze idriche considerevoli. L'acqua rientra in alveo oltre il ponte e tende a esondare in sponda destra senza coinvolgere nulla.



Estratto tavola 12 zonazione pericolosità e legenda PAI-PGRA ponte Mistri



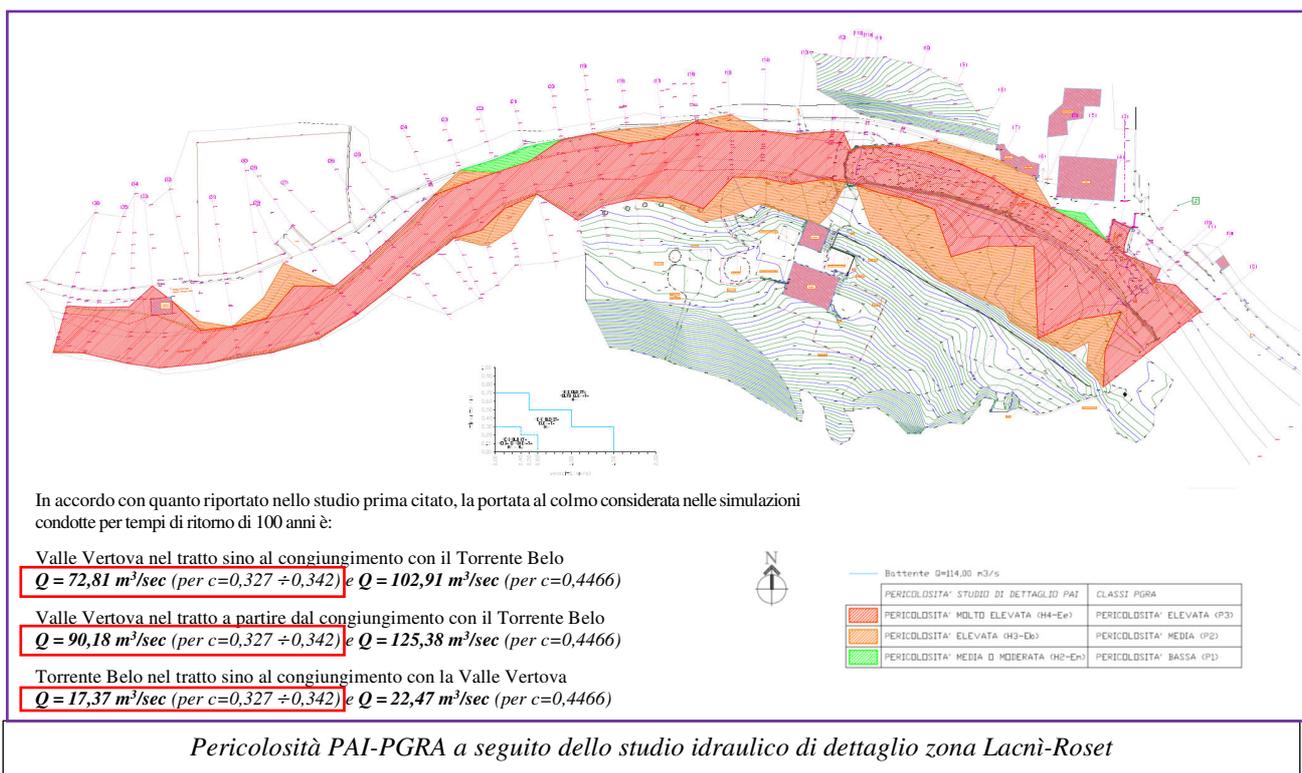
zona di esondazione presso il ponte Mistri che interessa in parte via 5 Martiri (sx idrografica) e il piazzale del civico 52 (dx idrografica)

Anche in questo caso da tali pericolosità viene poi ottenuta la definizione delle aree a differente pericolosità di esondazione PAI e PGRA riportate nella tavola 4.

- *Modellazione idraulica ponte di Lacnè e tratto di via 5 Martiri di fronte a Roset*: la modellazione è sempre stata condotta con HEC-RAS, sulla base di un classico rilievo eseguito a sezioni (oltre 40 per un tratto di circa 350 m di alveo) tra la sbarra di accesso alla strada di servizio per le sorgenti della val Vertova e un centinaio di metri a valle della confluenza torrente Lacnè-torrente Vertova. Il lavoro era stato eseguito per la verifica della situazione idraulica di via 5 Martiri in occasione della messa in sicurezza di alcuni tratti di quella strada (Comune di Vertova - *Opere di messa in sicurezza tratto via 5 Martiri Lotto 2 – Relazione di compatibilità idraulica per le opere di progetto del II Lotto rispetto al torrente Vertova - STUDIO GEOTER (DOTT. GEOL. SERGIO SANTAMBROGIO) E SAI PROGETTI (ING. EZIO ZUCHELLI, 2020)*) e qui è stato utilizzato per definire le pericolosità delle aree esondabili.

Tutto quanto definito in precedenza per l'analisi idrologica e l'analisi della portata di massima piena è stato utilizzato anche in tale ambito utilizzando unicamente il valore di portata di picco e non un idrogramma di piena. Dal momento che in questo tratto vi è anche la confluenza della valle del Lacnè nel torrente Vertova sono state utilizzate portate differenti a monte della confluenza con il torrente Lacnè ($Q_{100} = 72,81 \text{ m}^3/\text{s}$) e a valle della stessa confluenza ($Q_{100} = 90,18 \text{ m}^3/\text{s}$).

I risultati indicano che l'esondazione interessa in più punti, con differenti gradi di pericolosità, via V Martiri sino alla zona della ex-centrale di Lacnè, ma con espansione soprattutto in destra idrografica nella zona di Roset in comune di Gazzaniga.



Anche in questo caso da tali pericolosità viene poi ottenuta la definizione delle aree a differente pericolosità di esondazione PAI e PGRA riportate nella tavola 4.

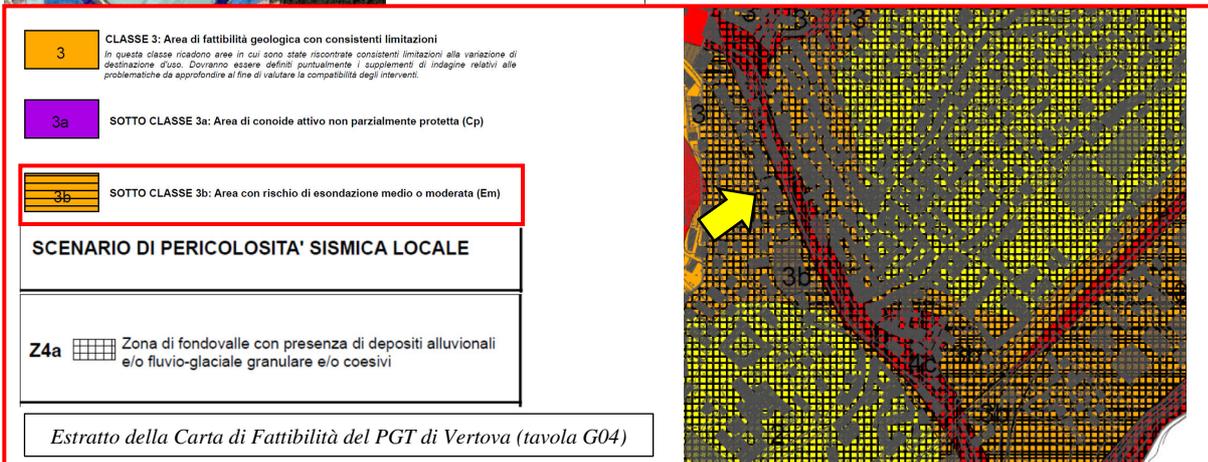
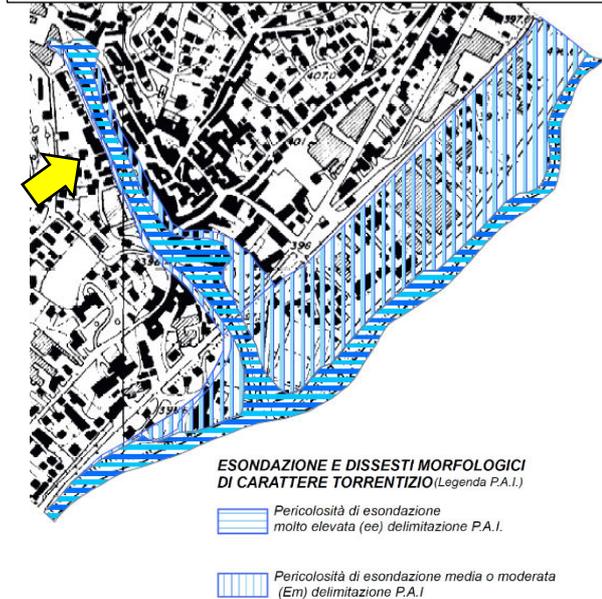
7.3. CARTOGRAFIA PAI-PGRA FIUME SERIO

L'attuale cartografia PAI riguardante il fiume Serio sullo studio geologico a supporto del PGT del 2011 (tavola G05 – Carta PAI - dello studio geologico a supporto del PGT di Vertova) è identico a quello relativo alla valutazione del Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM) riportato nella cartografia PGRA del Geoportale di Regione Lombardia, perché ripreso dallo studio di PGT effettuato nel 2011. Il PGRA nel 2011 non era ancora stato definito e di conseguenza non esisteva la distinzione tra Reticolo Secondario Collinare e Montano, a cui appartengono il torrente Vertova e i suoi tributari con le loro diramazioni, e Reticolo Principale (RP), a cui invece appartiene il fiume Serio. Di conseguenza nel territorio di Vertova si ha un'unica rappresentazione delle fasce indistinte: pericolosità per esondazione molto elevata "Ee" e media o moderata "Em" che divengono, con l'entrata in vigore della direttiva riguardante il PGRA, rispettivamente pericolosità P3 e P1.

Si evidenzia però come i due perimetri non siano coerenti fra loro in particolare, per la sponda destra del torrente presso via IV Novembre. La differenza è dovuta ad una non corretta rappresentazione nella tavola G05 del PGT dal momento che nella carta di Fattibilità delle azioni di Piano è evidente l'indicazione 3b coincidente con quanto indicato sulla Carta PGRA per il lato di via IV Novembre.



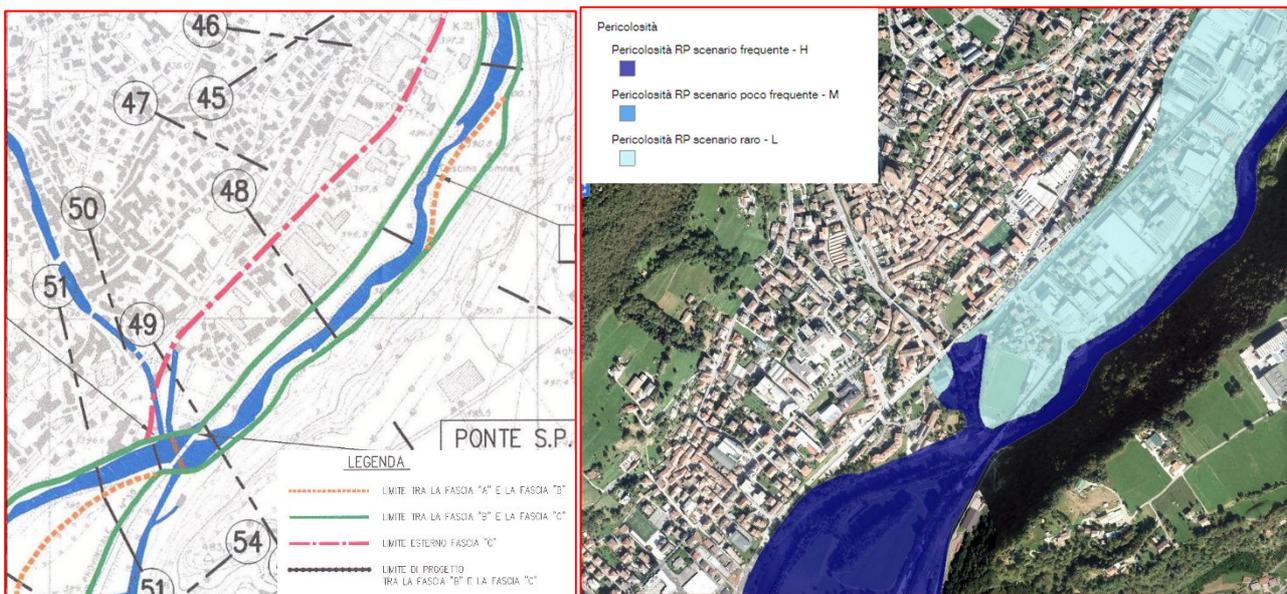
Estratto del PGRA per Reticolo Secondario Collinare e Montano (a lato) e della Carta PAI del PGT di Vertova (tavola G05) per la zona di confluente fiume Serio torrente Vertova (qui sotto).



Tale incongruenza non ha allo stato attuale nessun interesse poiché il nuovo studio di dettaglio sul torrente Vertova ha ripermetrato le aree di pericolosità del torrente come descritto in precedenza e come riportato nella tavola 4.

Per quanto riguarda il fiume Serio occorre invece segnalare che già dal 1999 era a disposizione uno studio idraulico per la perimetrazione del fiume Serio a monte di Nembro (Regione Lombardia - *Studio e perimetrazione delle aree a rischio idraulico del fiume Serio in vari comuni a monte di Nembro -BG-DIZETA INGEGNERIA, 1999*) in cui veniva proposta una prima valutazione delle fasce PAI per il reticolo principale, mai adottata, ma utilizzata per alcuni studi a livello comunale dopo la perimetrazione originaria del PAI del 1999. In tale documento è evidente per il territorio di Vertova l'identica delimitazione delle fasce A e B (piena duecentennale) in corrispondenza della SS671 (allora SP35) con la fascia C (piena cinquecentennale) che raggiungeva praticamente il canale idroelettrico lungo via Canali per chiudersi presso la foce del Vertova.

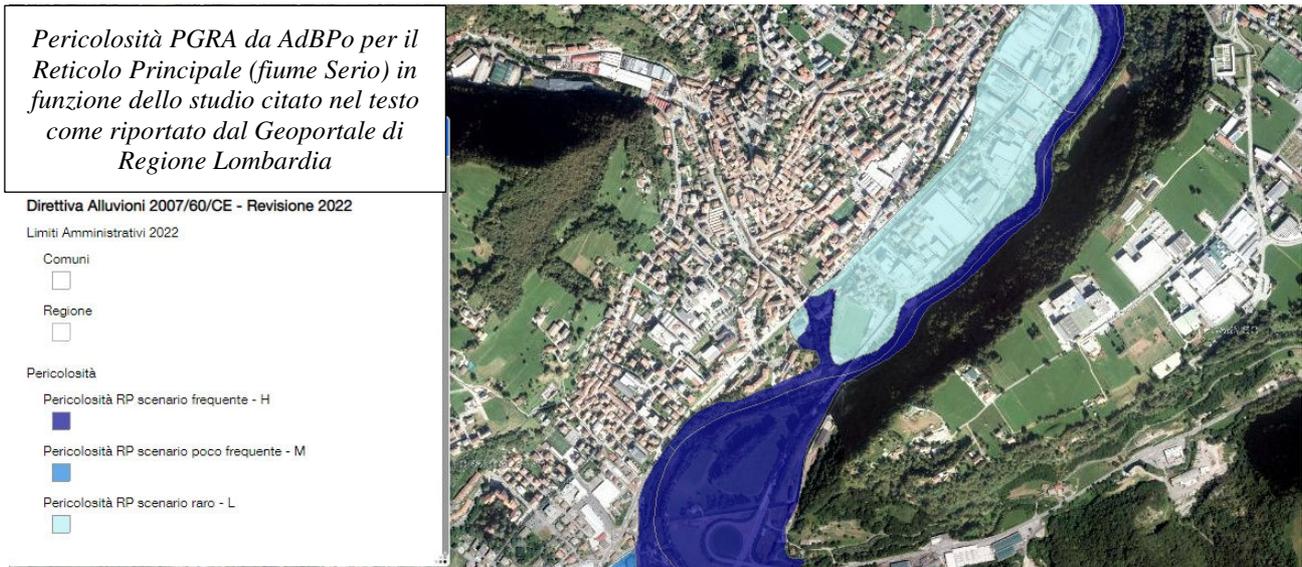
Tale situazione è lievemente peggiorativa rispetto alla situazione proposta nel Geoportale di Regione Lombardia, ma faceva riferimento ad uno studio in cui sono state successivamente riviste le portate e soprattutto una topografia di maggior dettaglio dal momento che lo studio del 1999 si rifaceva alla CTR di Regione Lombardia del 1981.



Confronto tra il primo studio sull'asta del fiume Serio realizzato dallo studio DIZETA, 1999 per Regione Lombardia (a sinistra) e l'attuale perimetrazione del Reticolo Principale (RP) contenuta nel PGRA (a destra).

Successivamente è stato realizzato dall'Autorità di Bacino del Po uno specifico studio per il reticolo principale (MWH, BININI, CCG, GEODES, R.A.T.I., 2004 – *Studio di Fattibilità delle Sistemazione Idraulica: - del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po, - del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda, - del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda* – Autorità di Bacino del Po, Parma).

Tale studio costituisce la base di riferimento per la definizione delle aree PGRA presenti sul Geoportale di Regione Lombardia per il fiume Serio - Reticolo Principale (RP), ma non è ancora stato adottato per le modifiche delle fasce PAI-PSFF dello stesso fiume.



Le portate utilizzate per la redazione del PGRA in ambito di Reticolo Principale (RP) come il fiume Serio riguardano periodi di ritorno indicati dalla seguente tabella, in cui sono messe a confronto con le portate definite per la delimitazione delle fasce A, B e C del PAI o del PSFF. Le delimitazioni PAI-PSFF o PGRA per il fiume Serio devono in ogni caso fare riferimento a periodi di ritorno di 200 anni.

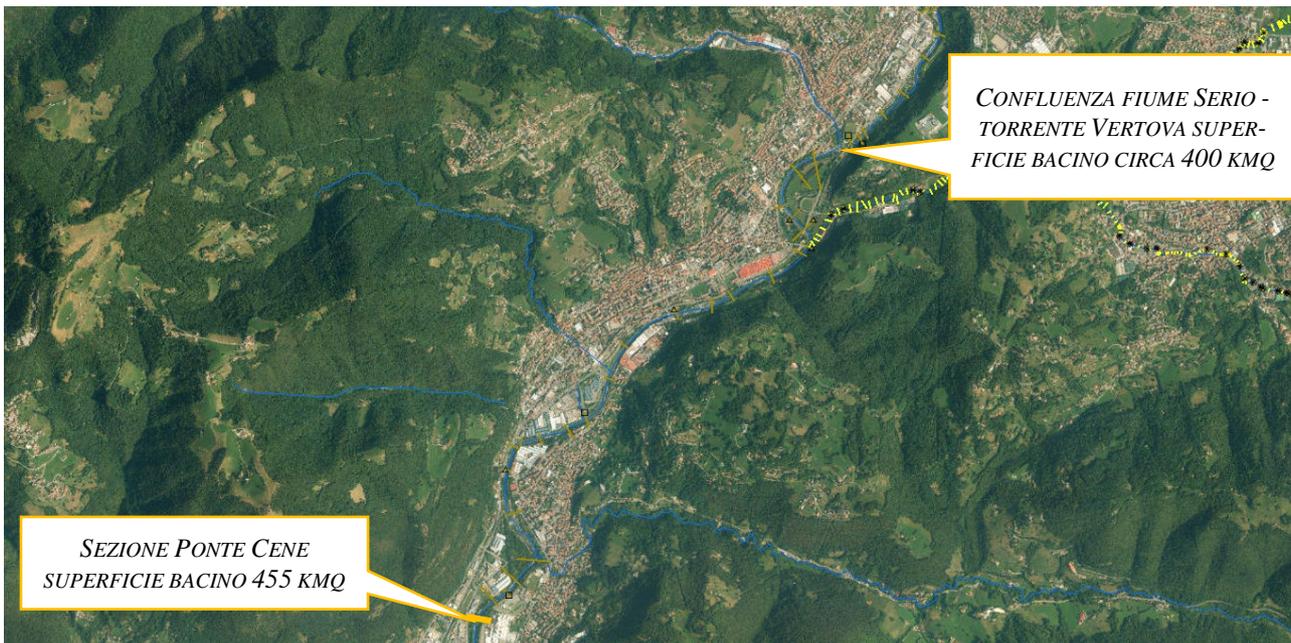
Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato		PAI FASCE FLUVIALI	TR (anni)	Note	
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)				
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	FASCIA A	200 anni (80%)	- si assume come delimitazione convenzionale della fascia la porzione ove defluisce almeno l'80% di tale portata. All'esterno di tale fascia la velocità della corrente deve essere minore o uguale a 0.4 m/s (criterio prevalente nei corsi d'acqua mono o pluricursali); - limite esterno delle forme fluviali potenzialmente attive per la portata con TR di 200 anni (criterio prevalente nei corsi d'acqua ramificati)	
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp				
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn				
<i>Confronto definizione della perimetrazione delle aree PGRA e delle aree PAI -PSFF</i>								
						FASCIA B	200 anni	- il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata
						FASCIA C	500 anni	- si assume come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni

La sezione di riferimento di Ponte Cene, ubicata pochi chilometri a valle della confluenza Vertova in Serio, costituisce la sezione più rappresentativa per il confronto tra le portate PGRA e quelle PAI. Ciò è dovuto al fatto che in tale sezione è presente un misuratore di portata storico per il fiume Serio e pertanto sono disponibili valutazioni certe della portata con analisi statistiche. Inoltre, l'area sottesa a quella sezione del bacino idrografico del fiume Serio (455 km²) è di poco superiore a quello di quella sezione di chiusura presso il confine meridionale del fiume Serio nel territorio di Vertova (circa 400 km²).

Le portate di riferimento sono contenute nella tabella seguente, da cui si evince che se le pericolosità P3 e P2 sono coincidenti per il fiume Serio nel territorio vertovese (vedi figura precedente), anche la pericolosità PAI o PSFF è la medesima (se le aree PGRA per TR20 e TR200 sono identiche, allora anche le aree 80%TR200 e TR200 sono coincidenti come evidenziato dai valori di portata riportati nella tabella).

Inoltre, risultano identiche anche le fasce relative a portate con tempi di ritorno pari a 500 anni (vedi figura nella pagina precedente) dal momento che è identico il tempo di ritorno.

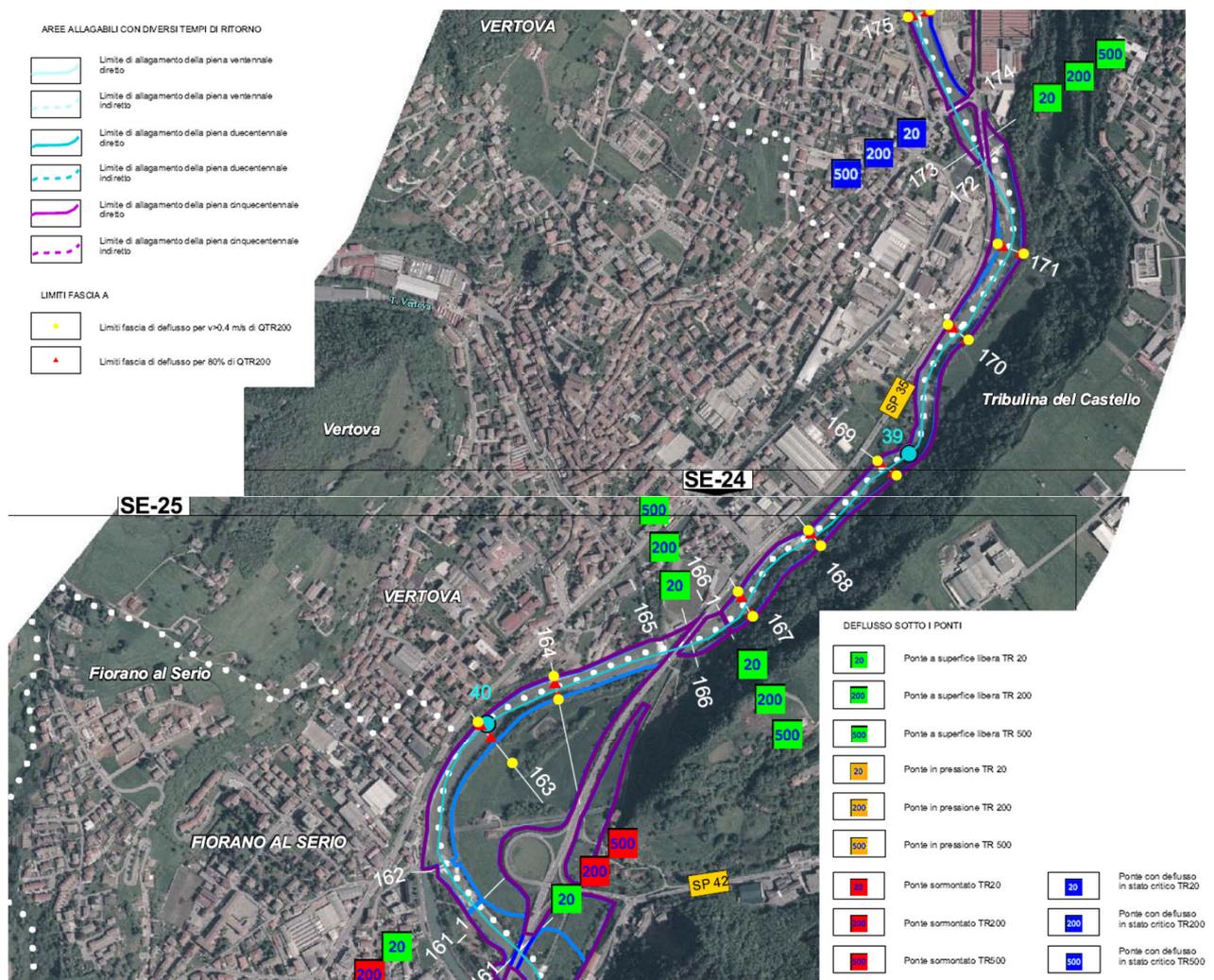
Sezione di riferimento a PONTE CENE (area bacino pari a 455 km ²)					
PORTATA PGRA			PORTATA PAI – PSFF da PORTATA PGRA		
PERICOLOSITA'	TEMPO DI RITORNO	PORTATA (m ³ /s)	PERICOLOSITA'	TEMPO DI RITORNO	PORTATA (m ³ /s)
P3 o H	TR 20	430	Fascia A o Ee	80% TR 200	584 (tra 430 e 730)
P2 o M	TR 200	730	Fascia B o Eb	TR 200	730 (= a 730)
P1 o L	TR 500	870	Fascia C o Em	TR 500	870 (= a 870)



Le nuove fasce del fiume Serio (RP) vanno quindi a ridefinire la pericolosità PAI-PGRA per il comune di Vertova sostituendo la precedente valutazione delle zone RSCM o del PAI per esondazione da integrare con quelle del torrente Vertova le cui aree sono state ridelimitate con lo studio di dettaglio proposto ed eliminando la sovrapposizione di due ambiti (RP e RSCM) per quanto riguarda il fiume Serio.

Esaminando nel dettaglio le fasce relative al fiume Serio definite dal nuovo studio si osservano tuttavia alcune anomalie relative alla topografia per le quali occorrerebbe un ulteriore studio di dettaglio, che secondo le direttive di Regione Lombardia dovrebbe essere in capo al comune per la definizione delle aree a rischio R4. Tuttavia non se ne vede la ragione poiché la topografia utilizzata per lo studio fatto redigere dall'AdBPO su sezioni di dettaglio (da quello che risulta dallo studio precedentemente indicato del 2004) era già quella odierna dal momento che non sono intervenute sostanziali modifiche della superficie topografica in quel settore dopo la realizzazione della strada SS671 (allora SP35) all'inizio degli anni '70 sul lato vertovese, a parte la realizzazione della rotonda della SP671 per l'accesso diretto a Vertova (progetto dotato di studio idraulico conforme) o al limite la zona di via Mistri 12 con un nuovo edificio artigianale alla fine del secolo scorso (presente nelle ortofoto del 2003 antecedenti lo studio idraulico dell'AdBPO e con progetto accompagnato da relazione idraulica compatibile con l'esondazione del torrente Vertova).

Tra l'altro se si fa riferimento al seguente estratto della cartografia delle aree allagabili (elaborato 3.3.2.2/2/1c), contenuto nello studio del 2005, ed in particolare alle planimetrie SE24 e SE25 che interessano il territorio di Vertova si nota che la piena con qualsiasi tempo di ritorno (20, 200, 500) è sempre contenuta all'interno dell'alveo. Il ponte della SS671 (SP35 nell'immagine) sul fiume Serio presso la foce del Vertova non è elemento di criticità idraulica, mentre lo è il ponte di Colzate e si vedono chiaramente zone di esondazione in destra idrografica a Nord, prima del ponte di Colzate, e a Sud, in località Rasga del Re presso lo svincolo della SS671 (allora SP35), zone entrambe in territorio di Casnigo; non sono segnalate esondazioni sul territorio di Vertova. Tra l'altro sulla mappa sono anche indicati i possibili limiti, della fascia A del PSFF: prendendo i valori dove la velocità di deflusso è $<0,4$ m/s per Q_{TR200} i limiti fascia A e quelli della piena cinquecentennale corrispondono esattamente.



Limiti esondazione da studio AdBPo del 2004 in cui rispetto a quanto indicato nella cartografia PGRA del GeoPortale si nota come la sponda destra del fiume Serio contenga anche la piena cinquecentennale e dove il limite tra la fascia A e la fascia B (non ancora ufficialmente deliberati come fasce) sono praticamente coincidenti.

Rispetto a tale mappa successivamente sono state implementate alcune sezioni di verifica, soprattutto in corrispondenza di immissioni di tributari importanti (vedi valle Vertova) o di salti di fondo significativi (traverse di derivazione). Grazie a questi nuovi elementi sono state compilate tabelle sui profili di piena del fiume Serio con le quote raggiunte dalla piena per ogni sezione (vedi tabelle seguenti estratte dal Progetto esecutivo delle attività per la redazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione -AdBPo, 2016).

Tab. 4.5: portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino dell'Adda (Adda, Mera, Brembo, Serio)

Bacino	Corso d'acqua	Sezione			Superficie	Q20	Q200	Q500	Idrometro	
		Progr. (km)	Cod.	Denomin.	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	Denominazione	
Adda	Serio	29.555	221	Parre	-	290	480	580		
Adda	Serio	44.973	148	ponte Cene	455	430	730	870	Serio a Ponte Cene	
Adda	Serio	54.640	110	Alzano Lombardo	551	450	760	910		
Adda	Serio	61.657	97	Seriate	-	460	770	930		
Adda	Serio	82.423	66	Romano di Lombardia	717	460	770	920		
Adda	Serio	86.600	59	Mozzanica	-	460	770	920	Serio a Mozzanica	
Adda	Serio	107.617	25	Crema	1034	420	720	870	Serio a Crema	
Adda	Serio	119.768	006_1	Montodine (confl. in Adda)	1078	410	680	820	Serio a Montodine	

Tab. 5.13: profili di piena per il fiume Serio

(Le lettere "m" e "v" tra parentesi indicano che la sezione è in corrispondenza di un'opera di attraversamento o di un'opera trasversale e pertanto è ripetuta, nel nome e nella progressiva, per indicarne il livello rispettivamente a monte e a valle) *modificata con l'aggiunta di note e delle quote di sponda (anche del salto o di intradosso o di derivazione) delle sezioni di verifica; in verde verifica soddisfatta, in arancio verifica non adeguata per almeno una delle portate. Evidenziate in giallo le sezioni che riguardano il territorio di Vertova*

Sez.	Progr. (km)	T = 20 anni	T = 200 anni	T = 500 anni	NOTE	Quota sponda sinistra (m s.l.m.)	Quota sponda destra (m s.l.m.)	Quota salto, Intradosso ponte o opere derivazione (m s.l.m.)	
		Quota idrica (m s.l.m.)	Quota idrica (m s.l.m.)	Quota idrica (m s.l.m.)					
175	39.531	398.24	399.66	400.32		400.304	403.546		
174 (m)	39.725	398.13	399.65	400.35	ponte Colzate	401.165	401.51	399.9465	399.7645
174 (v)	39.725	396.02	396.5	396.72	ponte Colzate	401.165	401.51	399.9465	399.7645
173 (m)	39.84	395.37	395.7	395.84	ponte SS671 (SP35) Colzate - Casnigo	401.5	399.4	400.18	397.94
173 (v)	39.84	395.48	395.82	395.96	ponte SS671 (SP35) Colzate - Casnigo	401.5	399.4	400.18	397.94
172 (m)	39.848	395.43	395.8	395.96	traversa derivazione dx Colzate	396.81	396.81	392.79	392.82
172 (v)	39.848	394.32	394.71	394.88	traversa derivazione dx Colzate	396.81	396.81	392.79	392.82
172_2	39.855	393.41	393.79	393.95					
172_3	39.858	392.59	392.94	393.1					
172_v	39.859	392.59	392.95	393.11					
172_11	39.917	394.75	395.82	396.24					
172_12	39.974	394.55	395.56	395.94					
171	40.032	393.72	394.76	395.07		398.94	397.705	394.7509	sforo
170	40.225	392.95	393.89	394.3		395.589	394.894		
169	40.541	391.61	392.55	392.99		398.006	393.747		
168	40.752	390.02	390.77	391.19		391.299	393.641		
167	40.94	389.59	390.8	391.36		389.331	393.306		
166_1 (m)	40.994	389.37	390.5	391.01	ponte ciclopedonale Casnigo-Vertova	392.9	391.37	391.99	391.82
166_1 (v)	40.994	389.24	390.3	390.79	ponte ciclopedonale Casnigo-Vertova	392.9	391.37	391.99	391.82
166 (m)	41.091	388.89	390.03	390.56	ponte SS671 (SP35) Vertova - Casnigo	393.17	394.23	392.33 - 391.90	392.64 - 391.90
166 (v)	41.091	388.64	389.86	390.39	ponte SS671 (SP35) Vertova - Casnigo	393.17	394.23	392.33 - 391.91	392.64 - 391.91
165 (m)	41.122	388.11	389.03	389.42	traversa derivazione sx	388.22	389.77		salto
165 (v)	41.122	384.06	384.65	384.94	traversa derivazione sx	388.22	389.77		salto
165_v	41.125	384.06	384.66	384.94	traversa derivazione sx	388.22	389.77		salto
165_11	41.179	386.14	385.4	385.68	foce Vertova				
165_12	41.234	386.09	386.18	386.59	foce Vertova				
165_13	41.288	386.08	386.09	386.53					
164	41.343	385.42	386.22	386.64		386.903	393.063	385.378	
163	41.502	385.05	386.03	386.46	sfioratore fognatura via Maffei	385.269	395.053		
162 (m)	41.792	384.2	384.67	384.98	traversa Fiorano al Serio	383.68	383.84	383.99	387.31
162 (v)	41.792	381.76	383.92	384.93	traversa Fiorano al Serio	383.68	383.84	383.99	387.31
162_v	41.794	381.76	383.92	384.93		383.68	383.84	383.99	387.31
161_1 (m)	41.892	381.57	383.83	384.8		382.77	383.1	382.26	381.81
161_1 (v)	41.892	381.52	383.75	384.73		382.77	383.1	382.26	381.81
161 (m)	42.007	381.61	383.84	384.82	ponte SS671 (SP35) Casnigo-Fiorano al Serio	384.76	382.91	382.79 - 382	382.18 - 382
161 (v)	42.007	381.59	383.8	384.79	ponte SS671 (SP35) Casnigo-Fiorano al Serio	384.76	382.91	382.79 - 383	382.18 - 383

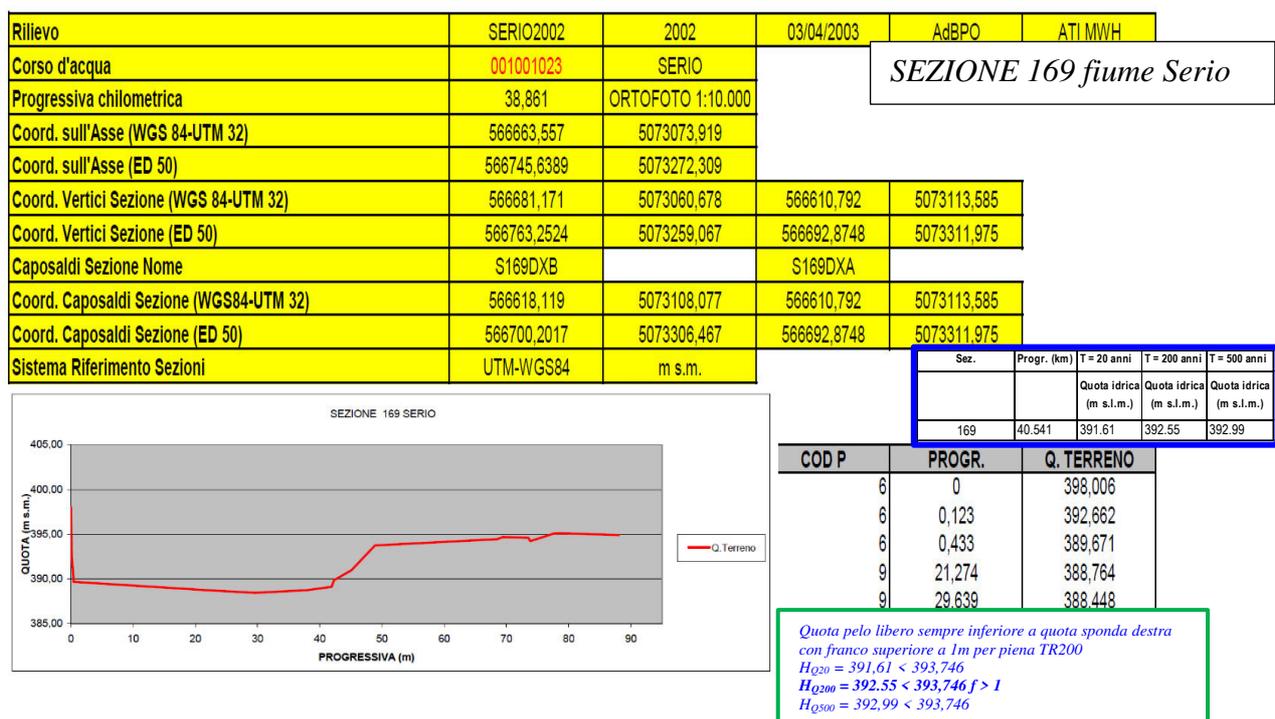
Se si introducono i valori di massima piena specifici per quella sezione nella sezione topografica di riferimento si può controllare la veridicità delle mappe rappresentate nella pagina precedente ed identificare le zone di esondazione (vedi esempio delle tre sezioni qui di seguito: SE169 poco a valle dell'isola di Lomaghe dove non si ha esondazione in destra idrografica con garanzia del franco idraulico, SE 166 presso il ponte della SS671 tra Casnigo e Vertova dove non si ha esondazione in base al profilo disponibile ed il franco è garantito, SE 165 sulla briglia di derivazione appena a monte della confluenza con il torrente Vertova — dove si ha esondazione in sponda sinistra verso Casnigo, mentre in sponda destra non vi è un franco adeguato per Q_{TR200}).

Dall'esame di tutte le sezioni (vedi tabella nella pagina precedente) emerge che non si ha mai esondazione in sponda destra tra il ponte di Colzate e il ponte di Fiorano al Serio, ma solo officiosità idraulica sotto il ponte di Colzate.

Oltre a questa valutazione, per l'individuazione delle aree esondabili PGRA, come si evince dalla documentazione per la redazione del PGRA, è stata effettuata la ricostruzione di un dtm dalla topografia esistente, da rilievi lidar o con drone, da cui è stata costruita una mappa di soggiacenza elaborata "tramite l'intersezione GIS fra il DEM liquido (superficie interpolante i livelli di piena alle diverse sezioni) e il DTM realizzato con tecnica laser scanner e con passo pari a circa 1 m".

Come indicato nelle relazioni a supporto dello studio del PGRA dell'AdBPO (si veda il loro sito istituzionale) "la delimitazione delle aree allagabili per l'evento di scarsa probabilità (P1 o L n.d.r.), rappresenta l'inviluppo di diversi scenari di allagamento riconducibili sia a fenomeni estremi, sia a pericolosità idraulica residuale conseguente a rotture arginali e tiene conto, inoltre, degli allagamenti storici". Dal momento che non vi sono sezioni con superamento della quota in sponda idrografica destra (anche se mancano i dettagli delle sezioni non valutate nella tabella precedente) risulta che l'allagamento in sponda destra sia solo dovuto a rotture arginali (o meglio a deflussi lungo il canale derivatore) o ad allagamenti storici (come avvenuto in parte nel 1937 con la frana del terrazzo di Casnigo).

Il risultato finale è la mappa di PGRA presente sul sito di Regione Lombardia e riportata nella tavola 19 della prima mappatura del 2013, tuttora valida ed utilizzata anche nelle mappature del 2021.



Rilievo	SERIO 2002	2002	03/04/2003	AdBPO	ATI MWH
Corso d'acqua	001001023	SERIO			
Progressiva chilometrica	39.410514	ORTOFOTO 1:10.000			
Caposaldo sezione nome	S166SX				
Coord. Caposaldo (WGS 84-UTM 32)	566240,947	5072693,012			
Coord. Caposaldo (ED50)	566323,0405	5072891,399			
Coord. Intersezione Asse Fluviale (WGS 84-UTM 32)	566262,375	5072719,356			
Coord. Intersezione Asse Fluviale (ED50)	566344,4679	5072917,743			
Coord. Asse Spalle Manufatto (SX-DX) (WGS 84-UTM 32)			566314,037	5072782,869	
Coord. Asse Spalle Manufatto (SX-DX) (ED50)			566396,1294	5072981,257	
Sistema Riferimento Rilievo Manufatto	UTM-WGS	m s.m.			
Strumentazione	GPS	STAZ. TOTALE	ECOSCAND		
Toil. altimetrica punti (cm)	± 30				
Larghezza impalcato (m)	9,60				
Angolo rispetto direzione principale di deflusso (°)	145,539				
Larghezza plinto (m)	3,73				
Forma plinto	PRISMATICA				
Larghezza pila (m)	1,83				
Forma pila	CIRCOLARE				

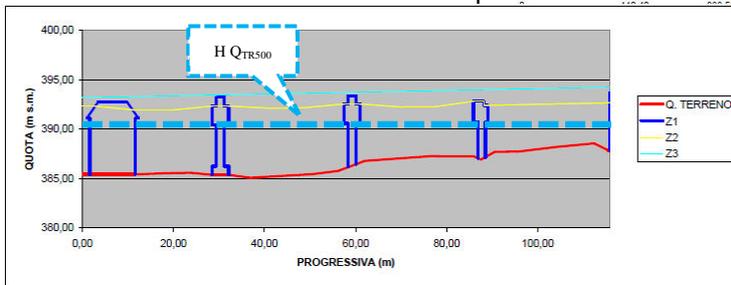
SEZIONE 166 fiume Serio

Dati Rilievo		Sezione			Sub	COD P	PROGR.	Q. TERRENO
		166				30	0,00	385,43
Sez.	Progr. (km)	T = 20 anni	T = 200 anni	T = 500 anni		30	11,67	385,43
		Quota idrica (m s.l.m.)	Quota idrica (m s.l.m.)	Quota idrica (m s.l.m.)		30	18,45	385,53
166 (m)	41.091	388,89	390,03	390,56		30	23,85	385,58
166 (v)	41.091	388,64	389,86	390,39		2	28,45	385,38
						2	32,13	385,38
						2	36,93	385,08
						2	50,58	385,44
						2	56,18	385,78
						2	59,28	386,30
						2	62,00	386,78
						2	76,54	387,26
						2	85,95	387,23
						2	87,56	386,91
						2	90,56	387,71
						2	95,76	387,73
						2	103,95	388,19

COD P	PROGR.	Z1
62	1,67	385,43
62	1,67	391,12
62	1,06	391,12
62	3,47	392,72
62	9,87	392,72
62	12,28	391,12
62	11,67	391,12
62	11,67	385,43
44	28,45	385,38
44	28,45	386,23
44	29,40	386,23
44	29,40	390,44
45	28,45	390,44
45	28,45	392,33
45	29,40	392,33
45	29,40	393,22
45	31,23	393,22
45	31,23	392,33
45	32,18	392,33
45	32,18	390,44
45	31,23	390,44
44	31,23	386,23
44	32,18	386,23
44	32,18	385,35
44	58,42	386,17
45	58,42	390,57
45	57,47	390,57
45	57,47	392,53
45	58,42	392,53
45	58,42	393,36
45	60,10	393,36
45	60,10	392,53
45	61,05	392,53
45	61,05	390,57
45	60,10	390,57

COD P	PROGR.	Z2
47	0,00	392,33
47	2,76	392,33
47	11,67	391,90
47	19,54	391,90
47	28,45	392,33
47	32,18	392,33
47	40,95	392,11
47	48,48	392,14
47	57,47	392,53
47	61,05	392,53
47	69,88	392,23
47	77,41	392,26
47	85,90	392,81
47	88,21	392,81
47	88,21	392,38
47	115,83	392,64

COD P	PROGR.	Z3
1	0,00	393,17
49	101,68	394,09
49	115,83	394,23



Quota pelo libero sempre inferiore a base impalcato ponte
 Con franco superiore a 1m per piena TR200
 $H_{Q20} = 388,89 < 391,90$
 $H_{Q200} = 390,03 < 391,90 f > 1$
 $H_{Q500} = 390,56 < 391,90$

Rilievo	SERIO2002	2002	03/04/2003	AdBPO	ATI MWH
Corso d'acqua	001001023	SERIO			
Progressiva chilometrica	39.442	ORTOFOTO 1:10.000			
Caposaldo sezione nome	S165DX				
Coord. Caposaldo (WGS 84-UTM 32)	566223,274	5072731,737			
Coord. Caposaldo (ED50)	566305,3678	5072930,125			
Coord. Intersezione Asse Fluviale (WGS 84-UTM 32)	566232,089	5072710,434			
Coord. Intersezione Asse Fluviale (ED50)	566314,1822	5072906,622			
Coord. Asse Spalle Manufatto (SX-DX) (WGS 84-UTM 32)					
Coord. Asse Spalle Manufatto (SX-DX) (ED50)					
Sistema Riferimento Rilievo Manufatto	UTM-WGS	m s.m.			
Strumentazione	GPS	STAZ. TOTALE	ECOSCAND		
Toil. altimetrica punti (cm)	± 30				
Larghezza impalcato (m)					
Angolo rispetto direzione principale di deflusso (°)	83,935				
Larghezza plinto (m)					
Forma plinto					
Larghezza pila (m)					
Forma pila					

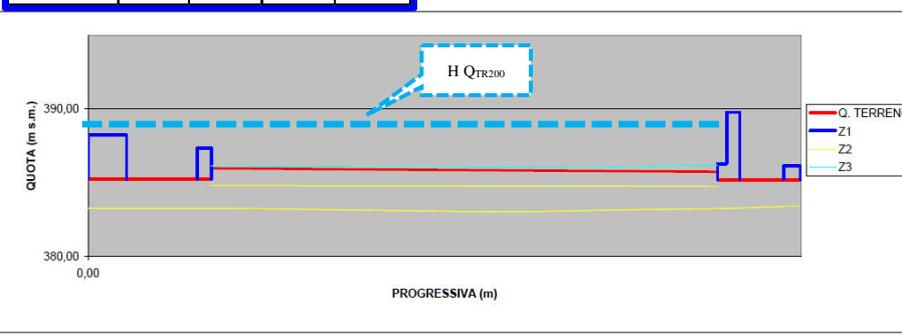
SEZIONE 165 fiume Serio

Dati Rilievo		Sezione			Sub	COD P	PROGR.	Q. TERRENO
		165				20	0,00	385,23
Sez.	Progr. (km)	T = 20 anni	T = 200 anni	T = 500 anni		20	7,93	385,23
		Quota idrica (m s.l.m.)	Quota idrica (m s.l.m.)	Quota idrica (m s.l.m.)		30	7,03	385,08
165 (m)	41.122	388,11	389,03	389,42		30	28,08	385,83
165 (v)	41.122	384,06	384,65	384,94		30	40,52	385,73
165_V	41.125	384,06	384,66	384,94		20	40,52	385,20
165_11	41.179	386,14	385,4	385,68		20	45,84	385,20
165_12	41.234	386,09	386,18	386,59				
165_13	41.288	386,08	386,09	386,53				

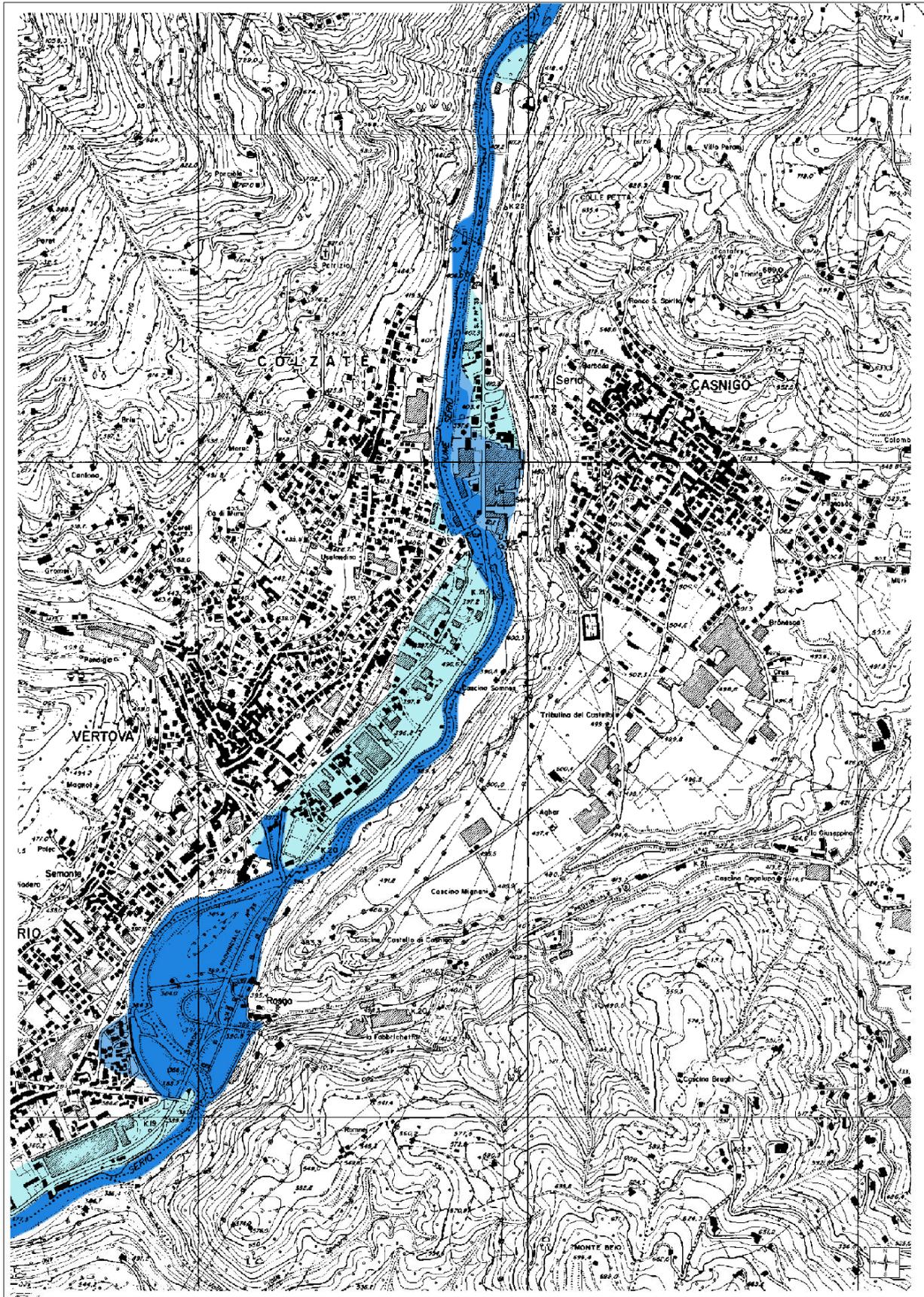
COD P	PROGR.	Z1
62	0,00	385,23
62	0,00	388,22
62	2,48	388,22
62	2,48	385,23
62	7,04	385,23
62	7,04	387,35
62	7,93	387,35
62	7,93	385,23
62	40,52	385,20
62	40,52	386,28
62	41,11	386,28
62	41,11	388,77
62	41,96	388,77
62	41,96	385,20
62	44,77	385,20
62	44,77	386,15
62	45,84	386,15
62	45,84	385,20

COD P	PROGR.	salto quota
SALTO QUOTA		
66	7,93	384,81
66	30,01	384,76
66	40,52	384,76
LINEA DI FONDO		
32	0,00	383,28
32	9,48	383,28
32	25,95	383,04
32	34,19	383,16
32	40,23	383,24
32	41,96	383,28
32	44,77	383,40
32	45,84	383,40

COD P	PROGR.	sfioro monte
61	7,93	386,14
61	16,79	386,11
33	32,84	386,04
1	38,94	386,19
61	40,52	386,18



Quota pelo libero inferiore a testa muro in sponda destra ma con franco inferiore a 1m per piena TR200
 $H_{Q20} = 388,11 < 389,77$
 $H_{Q200} = 389,03 < 389,77 f > 1$
 $H_{Q500} = 389,42 < 389,77$



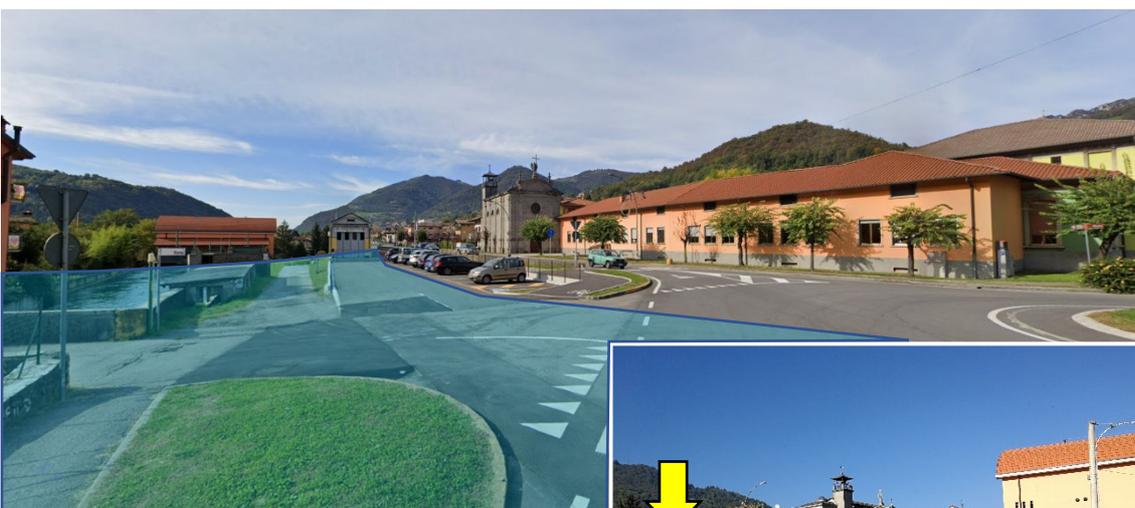
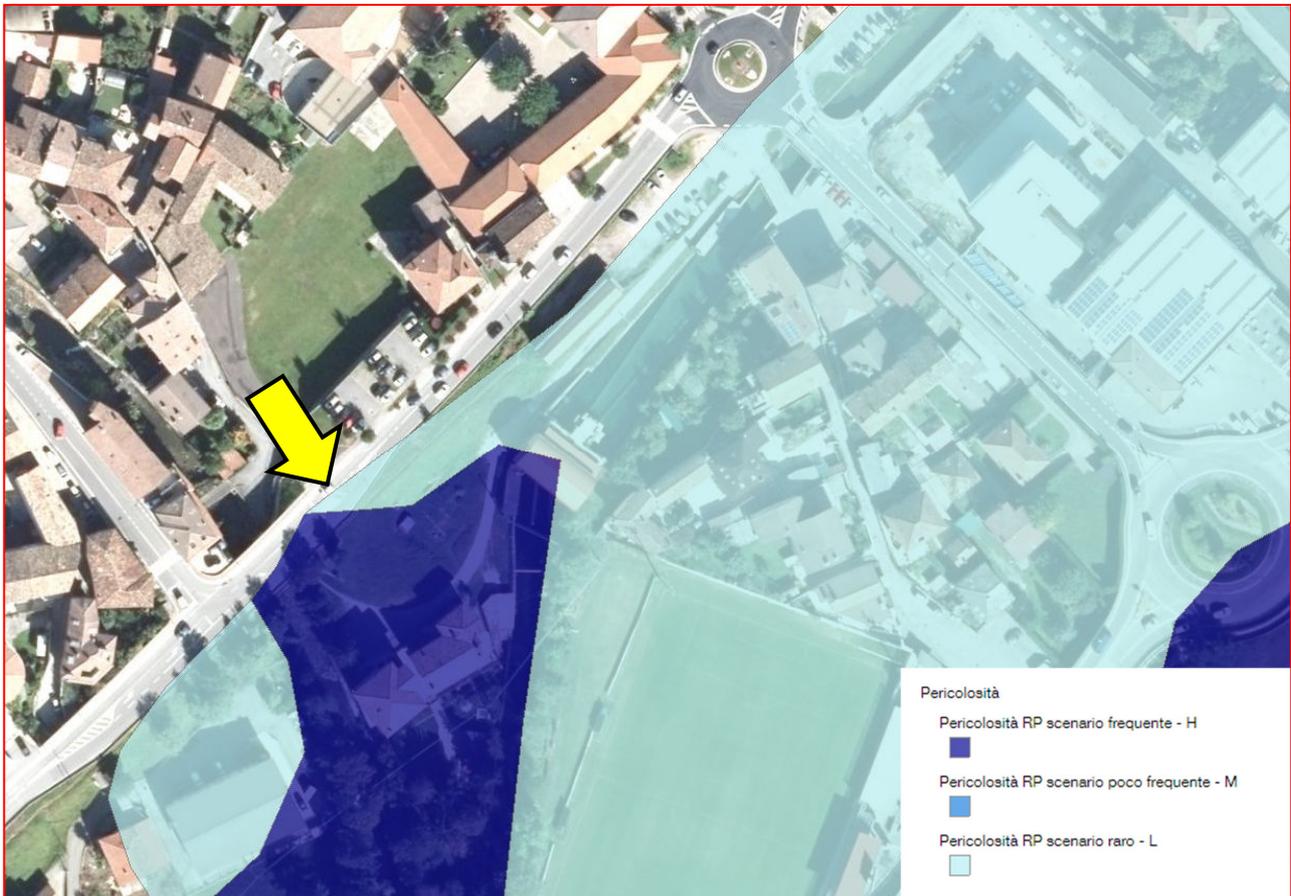
DIRETTIVA 2007/60/CE VALUTAZIONE E GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONE	MAPPE DELLE AREE INONDABILI	BACINO: ADDA	FIUME: SERIO	1:10.000	TAV. 19
--	-----------------------------	--------------	--------------	----------	---------

In ogni caso dall'analisi della mappa PGRA per il Reticolo Principale del fiume Serio nel territorio di Vertova si evidenziano alcuni tratti che necessitano di un controllo e di una verifica da parte di chi ha messo a disposizione tale strumento:

- La delimitazione della fascia RP di scenario raro dal confine con il comune di Colzate rimane al bordo dell'opificio della DOMADE (Forni nuovi) attualmente demolito per la realizzazione di edifici residenziali e commerciali all'esterno della fascia e poi corre correttamente lungo il bordo del canale idroelettrico, comprendendo anche il parcheggio collocato a monte del canale stesso alle spalle dell'ex tracciato della ferrovia ed interessando anche u tratto della ciclopedonale lì ubicata. Questo spostamento di circa 12 dal canale (limite utilizzato in precedenza anche dal punto di vista geomorfologico per un netto salto di circa 1-2 m tra il terrazzo su cui sorge la DOMADE demolita e il tratto antistante come anche tra il lato di monte del canale (parcheggio) ed il lato di valle (via Canali) non ha giustificazione perché vorrebbe indicare una risalita della corrente a quote più elevate rispetto a quella di monte.



- Tale delimitazione ha ricaduto anche nel tratto più a valle presso la rotonda di via B. Ferrari perché l'acqua invece di defluire verso la centrale idroelettrica del canale derivatore che ha inizio a Colzate risalirebbe per lo meno in parte sul terrapieno della ex-ferrovia ora via B. Ferrari sino alla confluenza con il Vertova dove parte dell' esondazione è sopra il ponte del torrente Vertova, non solo in classe P1, ma anche in classe P3.



La rotonda di via B. Ferrari e la strada che scende a lato della centrale idroelettrica verso Pra del Foj con l'indicazione di dove viene indicata l'esondazione in modo errato nel PGRA

- La delimitazione della zona P1 presso via Mistri 12 in corrispondenza del capannone in destra idrografica del Vertova e immediatamente a valle del terrapieno di via B. Ferrari, come anche di tutta la zona P3 (e P2) indicata presso la foce del Vertova, necessita anch'essa di una valutazione più corretta. Si tratterebbe di una risalita del fiume Serio controcorrente lungo il canale di scarico della centrale idroelettrica e della successiva esondazione verso Prato del Foj e verso la sponda idrografica destra del torrente Vertova in modo del tutto anomalo o che per lo meno richiede una giustificazione da parte dell'estensore dello studio. L'esondazione sembra essere stata delimitata in funzione delle sezioni di dettaglio che però non sono disponibili sul Geoportale di Regione Lombardia a differenza delle altre descritte in precedenza.



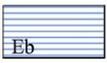
Per tutte queste situazioni indicate la topografia è, come già detto rimasta praticamente inalterata per lo meno dalla costruzione della strada SS671 (allora SP35) e pertanto tali situazioni devono essere giustificate e/o corrette da chi ha effettuato lo studio e non dal comune una volta evidenziate tali anomalie.

Di conseguenza le fasce individuate per il Reticolo Principale (fiume Serio) come attualmente delimitate vengono utilizzate per sostituire le fasce precedentemente indicate per il Reticolo Secondario Collinare e Montano che integrate con lo studio di dettaglio del torrente Vertova determinano le situazioni PGRA individuate nella tavola 4 di cui si riporta un estratto qui di seguito.



LEGENDA PAI DISSESTI TORRENTIZI

P.G.R.A. AMBITO TERRITORIALE RSCM

elementi areali		pericolosità di esondazione media o moderata (213)
		pericolosità di esondazione elevata (212)
		pericolosità di esondazione molto elevata (211)
elementi lineari		pericolosità di esondazione media o moderata (216) NON PRESENTE
		pericolosità di esondazione elevata (215)
		pericolosità di esondazione molto elevata (214)

	AREA P1/L (613) aree Em e aree Cn
	AREA P2/M (612) aree Eb e aree Cp
	AREA P3/H (611) aree Ee e aree Ca

7.4. CARTOGRAFIA PAI-PGRA COMPLESSIVA

Gli studi di dettaglio prima illustrati e l'utilizzo della cartografia PGRA per il Reticolo Principale permettono di definire il nuovo assetto PGRA del territorio Vertovese, ma per completare il quadro dell'intero territorio occorre analizzare ancora il reticolo secondario.

L'intero territorio vertovese a parte il fiume Serio, il torrente Vertova e i tributari principali nella media valle (valle dei Cereti, valle degli Uccelli, valle Masna e valle Lacnè), questi ultimi nell'ultima parte del loro tracciato verso la confluenza con l'asta principale del Vertova, sono caratterizzati da impluvi in cui l'alveo ha dimensione superiore a 2 metri e per essi nello studio di definizione del Reticolo Idraulico (Documento di Polizia Idraulica) è stata assegnata una area di sponda, cioè una fascia all'interno della quale è distinguibile il deflusso superficiale con una determinata larghezza.

Gli altri torrenti, compresa la valle Sterladecco, come tutti gli impluvi minori sono invece caratterizzati da dimensioni più ridotte, spesso alla sola incisione dell'alveo all'interno del fondo roccioso con limitato trasporto solido e incisione, tanto che non sono soggetti ad esondazione, ma a prevalente azione erosiva o di semplice deflusso.

In tali condizioni è possibile attribuire loro unicamente elementi lineari e dal momento che per la gran parte sono privi di regimazione alla maggior parte di essi è stata assegnata la pericolosità più elevata (*pericolosità lineare di esondazione molto elevata – Ee*).

Le seguenti fotografie relative ad alcuni di questi alvei permettono di verificare queste loro caratteristiche.



Dimensione di alcuni torrenti cui è stata assegnata pericolosità lineare di esondazione molto elevata: A) valle Canal di Fra presso Corna Marscia, B) rio Grochel lungo via 5 Martiri, C) rio Grochel a Clasi Alto



*Dimensione di alcuni torrenti cui è stata assegnata pericolosità lineare di esondazione molto elevata:
A) valle Cugnai presso Gigat, B) valle degli Uccelli presso Rosc, C) rio Boisi su via degli Alpini, D) impluvio tributario valle Loc, E) valle Loc presso Netura*



Per il solo torrente Canal di Fra, che corre lungo il confine con Colzate, come espresso dal parere di Regione Lombardia, viene ripristinata l'area identificata già come esondazione molto elevata (Ee) nella cartografia PAI vigente.

È stata invece assegnata pericolosità di esondazione lineare elevata (Eb) solo a quegli impluvi di piccola dimensione interessati anche solo in modo marginalmente da interventi di sistemazione, inalveamento o opere di regimazione. Si tratta solo di tre impluvi di cui uno è il tratto di valle dei Cereti tra via degli Alpini e via Cadelora e gli altri due sono i piccoli impluvi presso Magnot.

Con la definizione di tutti gli impluvi e della loro pericolosità di esondazione (lineare o areale) e dell'unica conoide individuata in val Masna viene quindi rappresentata la cartografia PAI-PGRA nella sua globalità, comprensiva delle aree franose e di quelle valanghive nella tavola 4.



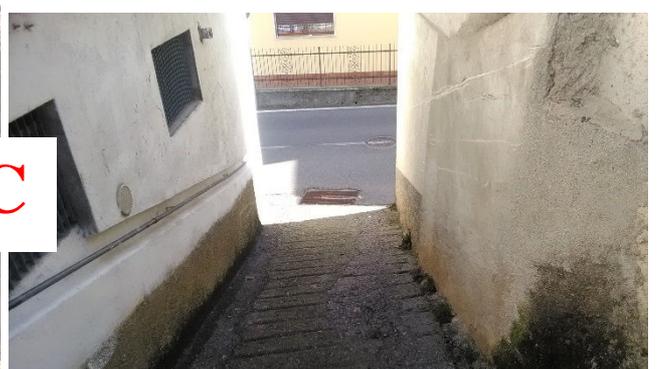
A



pericolosità esondazione lineare elevata (Eb): in alto (A) il torrente Cereti nel tratto canalizzato tra via Cadelora e via degli Alpini, in basso i due impluvi presso Magnot (B a sud di Magnot, C a NO di Magnot).



B



C

8. CARTA IDROGEOLOGICA

(tavola 5)

Nella carta idrogeologica viene data una valutazione di massima della permeabilità superficiale delle diverse unità litologiche, distinguendo i terreni, per i quali la permeabilità è di tipo primario, dalle rocce, caratterizzate invece in certi casi da permeabilità secondaria.

Per permeabilità primaria si intende quella dovuta alla porosità presente tra granulo e granulo del sedimento, del quale essa rappresenta una caratteristica originaria; mentre la permeabilità secondaria è connessa alla eventuale presenza di discontinuità createsi nelle masse rocciose (fratture e/o giunti di stratificazione). Le rocce compatte, infatti, di per sé sono dotate di una permeabilità così bassa da poter essere considerate praticamente impermeabili.

Sono cartografate le seguenti unità idrogeologiche:

- Terreni (vp') e rocce (VP) con permeabilità da elevata a buona ($K > 10^{-2}$ cm/sec): vengono compresi in questa classe le alluvioni presenti lungo l'alveo e nella piana alluvionale del fiume Serio; tali terreni sono sedi di acquiferi di una certa importanza, come dimostrano alcuni pozzi ivi presenti e utilizzati a scopo industriale. Rientrano in questa categoria anche la sottile striscia di alluvioni esistenti lungo il basso corso del torrente Vertova e le falde di detriti presenti in località Sedernello e sul versante settentrionale del monte Cedrina.

Per le rocce si considera che rientrino nella classe di elevata permeabilità le masse di dolomia e di dolomia calcarea pervasivamente fratturate e carsificate, appartenenti alla formazione della Dolomia Principale, dove esse sono affette dai disturbi indotti delle principali linee di dislocazione strutturale.

- Terreni (p') e rocce (P) con permeabilità da buona a media ($10^{-2} < K < 10^{-4}$ cm/sec): fanno parte di questa categoria i terreni fluvioglaciali terrazzati (anche di conoide relitta), sedimenti in genere ben addensati e con matrice fine, presenti lungo il versante sinistro della val Vertova.

Le rocce incluse in questa classe di permeabilità sono i conglomerati dei detriti di falda cementati, che si trovano prevalentemente sul versante sinistro della val Masna e la fascia di depositi fluvioglaciali cementati presente sul fianco orientale del monte Cloca.

Anche i calcari dolomitici e le dolomie fratturate e solo localmente carsificate appartenenti alle formazioni della Dolomia Principale e della Dolomia a Conchodon, che costituiscono i massicci del monte Ceresola, del Suchello, della Cima Campelli, oltre che le parti sommitali del monte Cavlera e della Cima Cavlera, sono classificate come dotate di permeabilità secondaria media. Una simile estesa fascia di rocce dolomitiche analoghe si rileva anche subito a monte del capoluogo di Vertova; *queste rocce in superficie possono essere ricoperte da terreni eluvio-colluviali poco permeabili, ma presentano caratteristiche di alterazione ad organi geologici con spessori di tali coltri superficiali variabili da punto a punto.*

- Rocce (S) con permeabilità da media a scarsa ($10^{-4} < K < 10^{-6}$ cm/sec): si tratta dei calcari e dei calcari marnosi poco fratturati, appartenenti alle formazioni del Calcarea di Moltrasio, del Calcarea di Sedrina, del Calcarea di Zu (parte sommitale prevalentemente calcarea) del Calcarea di Zorzino e della Dolomia Zonata. Queste rocce costituiscono la maggior parte del versante meridionale della Cima Cavlera e la dorsale monte Cloca-Cedrina-Poieto.

- Terreni ($w^?$) e rocce (W) impermeabili ($K < 10^{-6}$ cm/sec): rientrano in questa classe tutti i terreni impermeabilizzati dall'urbanizzazione e presenti lungo la bassa valle Vertova e nel centro abitato principale. Questi terreni in realtà a poca profondità dalla superficie presentano medie o buone caratteristiche di permeabilità, tuttavia l'indicazione esprime una valutazione riguardo alla densità dell'urbanizzazione che impedisce di fatto l'infiltrazione in sottosuolo con un aumento delle portate di pioggia all'interno dei sistemi di raccolta, siano essi di acqua stradali o fognari con ripercussioni sia sugli impianti di depurazione, sia sulle portate e sui volumi che afferiscono ai torrenti principali come descritto anche nel Documento Semplificato del Rischio Idraulico.

Le masse rocciose impermeabili sono invece rappresentate dalla formazione dell'Argillite di Riva di Solto e dalla parte inferiore del Calcare di Zu (più marnosa e argillitica).

Le caratteristiche di permeabilità di terreno e rocce hanno influenza sul tema dell'invarianza idraulica ed idrogeologica e costituiscono un tema specifico affrontato e normato all'interno del già richiamato Documento Semplificato del Rischio Idraulico.

SIMBOLOGIA

Nella carta idrogeologica sono evidenziati mediante simboli i principali elementi che determinano la circolazione delle acque superficiali e sotterranee, le zone di alimentazione e di recapito degli acquiferi, le captazioni e le fasce di rispetto delle sorgenti. In particolare, con il tratto di colore rosso sono rappresentate le faglie e le fratture e le fasce cataclastiche che maggiormente suddividono i corpi rocciosi e ne determinano una significativa permeabilità secondaria, mentre con il tratto di colore verde sono indicate le strutture tettoniche impermeabili.

Anche le giaciture degli strati sono importanti ai fini idrogeologici, poiché anche queste superfici di discontinuità del corpo roccioso sono vie preferenziali per l'infiltrazione sotterranea delle acque, dunque in questa carta vengono giustamente poste in risalto.

Con apposita simbologia sono indicate anche le sorgenti distinguendole in cinque differenti tipologia a seconda della loro captazione e della loro dimensione con ovvio significato: sorgente minore libera, sorgente principale non captata (alcune venute d'acqua del gruppo Borleda), sorgente captata ad uso acquedottistico (gruppi Borleda, Go-Merlezza, Belò-Lacnè, Piazza Rivolta in comune di Vertova e sorgenti Canal di Fra in comune di Colzate), sorgente captata ad uso privato (numerose e sparse nell'ambiente collinare), captazione abbandonata (alcune sorgenti presso località Castelù). Per tener conto di una adeguata protezione dei principali gruppi di sorgenti ad uso acquedottistico, data la presenza anche di venute minori non captate negli immediati intorni di queste sorgenti sono state individuate delle aree con emergenza idrica diffusa. Delle sorgenti si parlerà più diffusamente in apposito capitolo.

Con frecce di colore blu si indicano le direzioni presunte dei flussi idrici sotterranei in roccia. Si noti come gli scorrimenti idrici sotterranei siano diretti verso Sud o SudEst nel settore nordoccidentale, e vadano a confluire verso il sovrascorrimento Cima Cavlera-valle Chignola-Lacnè-Tribuna Zatel seguendo i principali sistemi di discontinuità. Nel settore orientale invece i flussi sotterranei sono rivolti in genere verso NordOvest ovvero lungo la direzione di immersione prevalente degli strati rocciosi.

Frecce di colore nero indicano le direzioni presunte dei flussi idrici sotterranei nelle coltri superficiali: esse sono controllate in generale dall'andamento della superficie di contatto con il substrato roccioso.

Per quanto riguarda la piana fluviale e fluvioglaciale del fiume Serio la ricostruzione dei deflussi idrici sotterranei è identificabile grazie anche alla ricostruzione delle isopieze (linee a uguale quota della superficie piezometrica del livello della falda) realizzata nello studio predisposto per il rinnovo della concessione della derivazione idroelettrica del fiume Serio dell'impianto che ha le opere di presa presso il ponte di Colzate, centrale idroelettrica poco a SE della rotonda di via don B. Ferrari e rilascio presso la foce del Vertova (S.T.E.R. – Piano di settore delle risorse idriche della Provincia di Bergamo – Rinnovo della concessione di derivazione delle acque ad uso idroelettrico – Impianto Idroelettrico di Colzate-Vertova – *Studio Idrogeologico per il miglioramento dell'indice di livello conoscitivo – GEOTER, 2009*).

In alcune aree i simboli di carsismo superficiale, dolina, grotta ed inghiottitoio sottolineano i punti preferenziali di infiltrazione delle acque superficiali e quindi di alimentazione degli acquiferi.

Le direzioni di flusso e le aree che fungono da serbatoio delle acque sotterranee possono delineare anche comparti idrogeologicamente differenti rispetto ai limiti delineati dagli spartiacque superficiali, che invece caratterizzano prevalentemente aspetti idraulici superficiali a cui sono connessi anche simboli come i ristagni d'acqua e le pozze d'acqua, tipici di zone con terreni argillosi o poco permeabili.

Sempre in relazione ai bacini idrografici superficiali sono state inoltre riportate la rete idrografica superficiale, con i tratti nei quali rimane intubata e, con apposita simbologia la traccia dei canali artificiali superficiali e sotterranei.

Per la valutazione della portata dei canali idroelettrici sono stati posizionati misuratori di portata per la verifica delle effettive quantità derivate; in particolare sono dotati di tale strumentazione sia il canale idroelettrico dell'impianto Colzate Vertova direttamente sul territorio di Vertova, sulla sponda destra del canale poco a Nord del parcheggio circostante la vecchia stazione ferroviaria, sia il canale della Microidroelettrica presso l'opera di presa.



Misuratori di portata dei canali ad uso idroelettrico: A) canale di derivazione del fiume Serio – impianto di Colzate-Vertova (STER, ora ENERVERT S.p.A); B) impianto di derivazione del torrente Vertova – impianto Microidroelettrica)

A seguito della deviazione del tratto finale della valle dei Cereti sotto Largo Vittorio Veneto è stato posizionato un misuratore di portata presso l'imbocco del tratto tombinato con registratore nei piani cantinati delle autorimesse. Tale strumentazione, più che la registrazione delle portate ha la funzione

di fornire un allarme in caso di superamento di determinate portate del torrente, valutate all'interno dello studio idraulico a supporto della progettazione della deviazione dell'alveo (Nuovo Modulo s.r.l. – *Studio geologico e idraulico con verifica di compatibilità dell'intervento ed individuazione delle eventuali opere di mitigazione – Progetto Definitivo – STUDIO GEA, 2005*)

Recentemente (2021), dopo la riscoperta di un vecchio misuratore di portata del torrente Vertova presso una traversa ubicata qualche decina di metri a valle della località ex centrale di Lacnì, mai utilizzato da metà degli anni '90 ad oggi, è stato riattivato anche quel misuratore di portata sul torrente Vertova dotandolo anche di stazione pluviometrica nelle immediate vicinanze per la valutazione delle piogge e delle portate di piena anche a scopi di Protezione Civile. Un resoconto della valutazione delle portate lo si ritrova anche nello studio idraulico di dettaglio del torrente Vertova.



Misuratore di portata del torrente Vertova con la soglia di misurazione e la cabina con la strumentazione di registrazione in continuo.

Nella carta idrogeologica altri simboli in tratto blu riguardano la rete idrica comunale, rappresentano i bacini di acqua potabile funzionanti ed abbandonati e le principali aduttrici degli acquedotti.

I rari pozzi presenti sulla piana fluvioglaciale e alluvionale del fiume Serio, che hanno permesso la ricostruzione delle isopieze, sono stati distinti tra pozzi antincendio e ad uso domestico e pozzi utilizzati a scopo industriale sulla base delle caratteristiche estratte dal sito della Provincia di Bergamo,

Nella stessa tavola sono stati evidenziati inoltre i principali collettori fognari, l'ubicazione degli scarichi fognari liberi e quella degli sfioratori di piena osservati durante il rilevamento.

Con apposito contorno e mediante una retinatura sono indicate le “zone di rispetto” delle sorgenti ai sensi del D.lgs. 11 maggio 1999, n.152, integrato dal D.lgs. 18 agosto 2000, n.258, all'art. 21 commi 1, 3, 4 e 7 e con riferimento alla D.G.R. 6/15137 del 27 giugno 1996 al capitolo 2.2 dell'allegato e alla D.G.R. 10 aprile 2003, n. 7/12693, All.1, cap.2, individuando in linea generale dei settori di cerchio del raggio minimo di duecento metri, tenendo conto delle possibili direzioni di flusso, che si estendono idrogeologicamente a monte dell'opera di presa e che sono delimitati a valle dall'isoipsa passante per la captazione. Lo stesso testo normativo di anzi citato prevede la delimitazione attorno alle captazioni di una “zona di tutela assoluta” avente un raggio di dieci metri. Queste ultime due rappresentazioni, di carattere normativo e vincolistico sono ripresi anche nella Carta dei Vincoli.

L'ultima categoria di simboli riguarda le opere di difesa idraulica e le strutture affini, già descritte nell'ambito della cartografia geomorfologica e costituite da muri spondali e massicciate, opere trasversali in alveo (briglie, soglie, traverse), alvei incanalati e/o regimati e ponti o guadi.

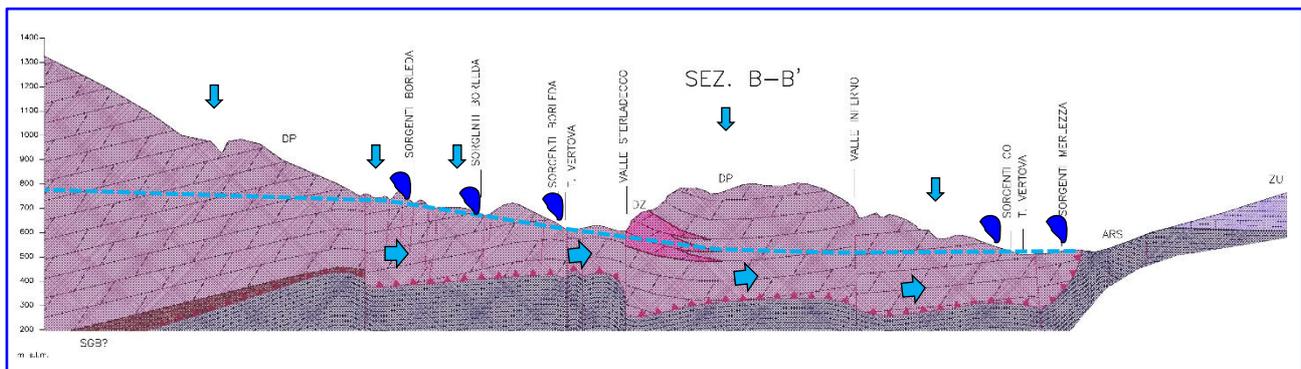
8.1 RISORSE IDRICHE DI VERTOVA E SEZIONI IDROGEOLOGICHE

La struttura idrogeologica del territorio esaminato, che comprende tutto il bacino idrografico del torrente Vertova, risulta strettamente collegata alle litologie ed all'assetto strutturale precedentemente descritti. Anche dal punto di vista idrogeologico l'area rilevata può essere suddivisa in due zone, con caratteristiche tra loro molto diverse, sia in termini di tipologie idrogeologiche, sia in termini di importanza pratica.

La zona a Nord-Ovest della linea Cavlera - valle Chignola -Lacnè -Tribuna Zatel, comprende **tre** aree sorgentizie molto importanti: quella delle sorgenti Borleda, quella che raggruppa le sorgenti Go, Merlezza e Corna Castello e **quella delle sorgenti Belò Lacnè**. Queste emergenze d'acqua rappresentano i punti di recapito di circuiti idrici sotterranei impostati nella fitta rete di fessure che caratterizza la grande massa di Dolomia Principale e la loro venuta a giorno è sicuramente legata a elementi strutturali (sovrascorrimento e faglie) e litostratigrafici (letto di argilliti impermeabili sottostante). Il tema, molto frequente nelle Alpi Meridionali calcaree, è quello di un massiccio fessurato e carsificato (acquifero) delimitato alla base e lateralmente da rocce impermeabili (argilliti).

Queste scaturigini d'acqua sono captate per alimentare gli acquedotti comunali: **Borleda e Go Merlezza per i comuni di Vertova e di Colzate, Belò-Lacnè prevalentemente per i comuni di Gazzaniga e Fiorano al Serio**. Le sorgenti che alimentano il comune di Vertova sono state oggetto di un particolare studio idrogeologico (*Comune di Vertova – Studio per la definizione delle aree di salvaguardia delle sorgenti della Valle Vertova – ESPERTO AMBIENTALE F. OLIVARI E DOTT. GEOL. D. RAVAGNANI, 1990*). In quell'anno le sorgenti sono state osservate periodicamente, ne sono state misurate le portate e le loro acque sono state analizzate per numerosi parametri chimici e fisici. Anche nel 1996 le stesse sorgenti sono state esaminate attentamente allo scopo di stendere un progetto di ricerca di nuove acque sotterranee (*Comune di Vertova – Progetto di ricerca di acque sotterranee per uso potabile mediante perforazione di pozzi nella Valle Vertova – GEOTER, 1996*).

Le sorgenti del gruppo Go-Merlezza (compresa la sorgente Corna Castello, generalmente descritta con tali sorgenti) sono collocate presso il lineamento tettonico che separa la Dolomia Principale ad Ovest, dalle Argilliti di Solto ad Est. Nonostante la recente letteratura scientifica identifichi tale struttura come una faglia normale con immersione verso ESE, la descrizione effettuata puntualmente per la scheda della sorgente Corna Castello (piccola galleria di circa 4-5 m di lunghezza) indica che lessa sgorga *“al contatto tra la Dolomia Principale fratturata (al di sopra) e le Argilliti di Riva di Solto (al di sotto); questo contatto è di natura tettonica (sovrascorrimento) e presenta direzione S60E, con immersione di 35° verso NE e la sezione geologica, effettuata per lo studio del 1990 identifica chiaramente tale struttura.*



Sezione litologica lungo la valle Vertova con schema idrogeologico delle emergenze idriche



Le sorgenti Go lungo la val Vertova e la sorgente Corna Castello

Le sorgenti Borleda rappresentano anche loro a venuta a giorno del medesimo acquifero in posizione più rilevata per la presenza di faglie con direzione NNE-SSO che dislocano l'ammasso roccioso dolomitico, come la faglia della valle Sterladecco. Oltre alla venuta a giorno della falda le venute d'acqua sono chiaramente lungo sistemi di frattura che per le sorgenti Borleda hanno quasi sempre direzione NNE-SSO o E-O; talvolta emergono in corrispondenza dell'intersezione di questi due sistemi di fratture. La loro interpretazione idrogeologica è ancora analoga a quella delle sorgenti Go Merlezza o Corna Castello, tanto che nella sezione litologica e idrogeologica precedente i due gruppi di sorgente sono entrambe presenti.



Opere di presa e interni di una delle sorgenti Borleda

Le sorgenti Belò Lacnè, sfruttate prevalentemente dai comuni di Gazzaniga e Fiorano al Serio sono quelle che all'inizio del secolo erano derivate per la produzione di energia elettrica presso la centrale di Lacnè di cui esistono ancor oggi le vestigia (oltre all'edificio della ex centrale trasformata in Circolo, sono ancora evidenti sul pendio le selle su cui poggiava la condotta forzata e le strutture del canale di derivazione e del bacino di carico). Esse intercettano deflussi all'interno dell'ammasso roccioso dolomitico lungo fratture con direzione E-O presenti sul versante destro della valle Lacnè a pochi metri dalla quota dell'alveo che invece è caratterizzato prevalentemente da Argilliti. Si tratta quindi di sorgenti che emergono in condizioni analoghe a quella delle sorgenti dei due gruppi descritti in precedenza, ma a quote leggermente più elevate. Questa loro caratteristica fa sì che in caso di scarsità di pioggia siano le prime a subire sensibili variazioni di portata, come avvenuto anche durante questo anno.



Alcuni bottini di presa delle sorgenti Belò - Lacnì

La tabella che segue riassume le principali misurazioni compiute sulle sorgenti della valle Vertova sfruttate dal comune di Vertova, con pochissimi dati qualitativi per le sorgenti Belò- Lacnì.

Gruppo di sorgenti	temperat. (°C)	pH	portata minima (l/sec)	portata media (l/sec)	portata massima (l/sec)	Portata schemi UNIACQUE	conducib. (µS/cm)
Borleda	8,0-9,5	7,76-8,15	22	30	36,5	28	258-319
Go*	10,2-12,0	7,62-7,80	5	6,6	7,5	6	363-404
Merlezza	11-12	7,53-7,78	1,4	1,6	1,9	7	373-434
Corna Castello	11,5-12	7,64-7,72	12	12	12	10	340-402
Belò-Lacnì				>10			

* mancano i dati della sorgente Go N.3

La portata complessiva media emunta (escluse le sorgenti Belò-Lacnì) è quindi di circa 50 l/s per quanto dichiarato anche da UNIACQUE e tale portata è più che adeguata anche per l'eventuale minimo sviluppo previsto in località Uccellandina. Da un calcolo approssimativo, posto pari a 220-240 l/g per abitante il consumo medio di acqua giornaliera, per una popolazione a Vertova di circa 4800 abitanti si ha un quantitativo massimo di circa 1150 mc/g ampiamente disponibili con le portate prima indicate sia in caso di valori medi (4320 mc/g) sia in caso di valori minimi (3350 mc/g), tanto che parte delle acque vengono condivise con i comuni confinanti.

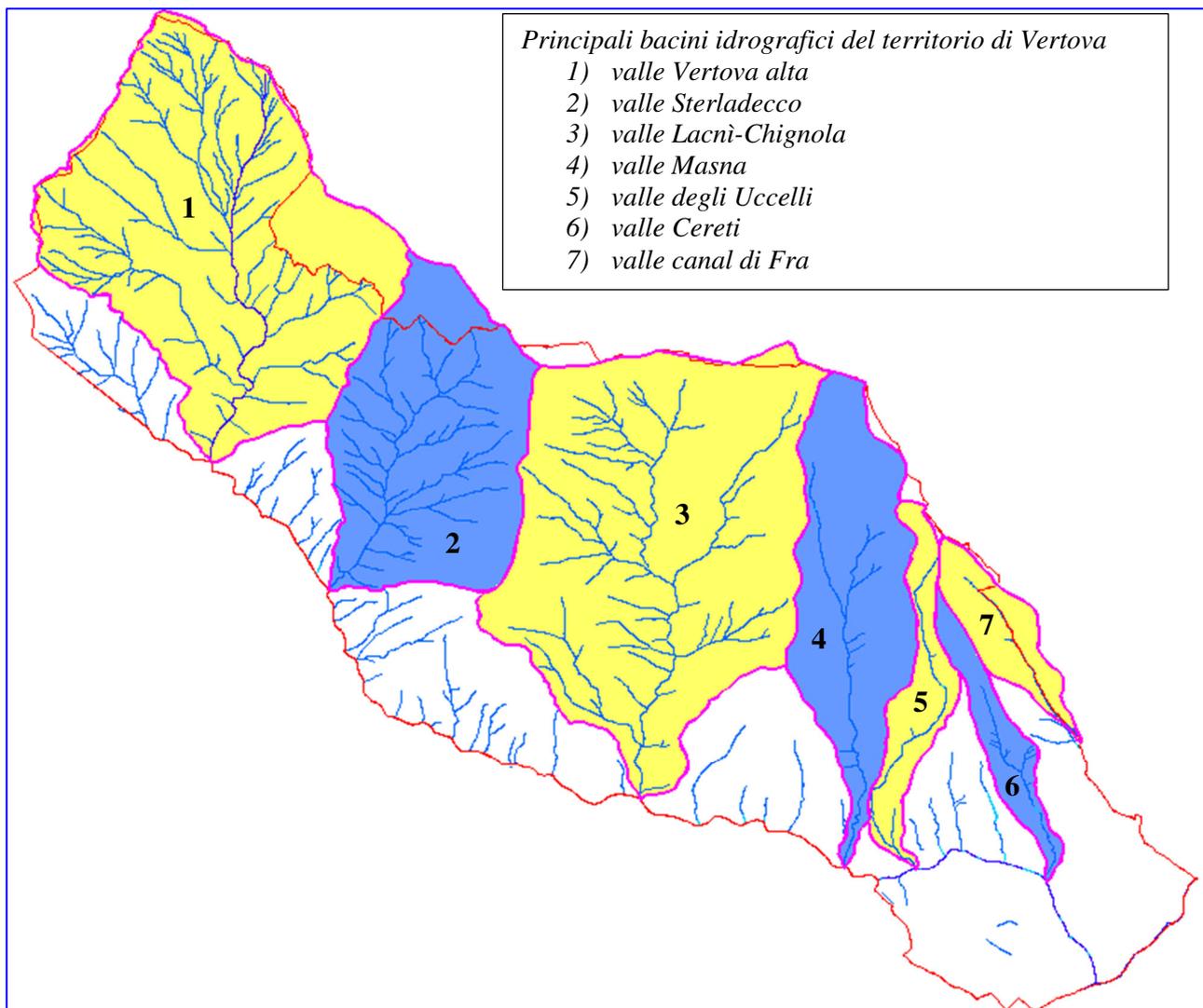
Nel settore ad oriente della linea Cavlera - valle Chignola - Lacnì -Tribuna Zatel (Cavlera, valle Masna, valle degli Uccelli), le strutture idrogeologiche sono di importanza pratica molto subordinata. L'area è qui dominata dalla prevalenza di rocce poco permeabili (calcarei marnosi) o impermeabili (argilliti), con fitte deformazioni di tipo plicativo e con ridotta fessurazione. In un contesto simile, con la presenza anche di abbondante suolo argilloso, si ha scarsa possibilità di infiltrazione delle acque e nessuna formazione di acquiferi significativi.

In questo settore inoltre manca a monte un bacino di raccolta significativo e le circolazioni idriche sono sparse e poco profonde: minuscole sorgenti sono legate a piccoli corpi ghiaiosi morenici o detritici. Queste vengono talora utilizzate con piccole prese per alimentare acquedotti privati o abbeveratoi. Le uniche sorgenti utilizzate dagli acquedotti comunali, ma con seri problemi sotto l'aspetto microbiologico, sono quelle di Piazza Rivolta, **tanto che le stesse sono state staccate dalla rete o vengono utilizzate solo in caso di estrema siccità o di particolari interventi sulle altre reti.**

8.2 BACINI IDROGRAFICI PRINCIPALI

Il territorio di Vertova è caratterizzato da una parte del bacino idrografico della valle Vertova e dai bacini suoi tributari in sinistra idrografica (valle Sterladecco, valle Lacnè, valle Masna, valle degli Uccelli, valle dei Cereti). Inoltre, condivide parte del bacino della valle dei Frati (canal di Fra) con il confinante comune di Colzate.

La maggior parte di questi bacini (Vertova, valle Masna, valle degli Uccelli e valle dei Cereti) sono già stati descritti all'interno degli studi di dettaglio effettuati. Qui di seguito si fornisce una descrizione sintetica alla luce oltre che di questi studi dei dati disponibili attraverso il Geoportale di Regione Lombardia (dati SIBCA) o di alcuni allegati del precedente studio di definizione del Reticolo Idrico Minore (GEA, 2005).

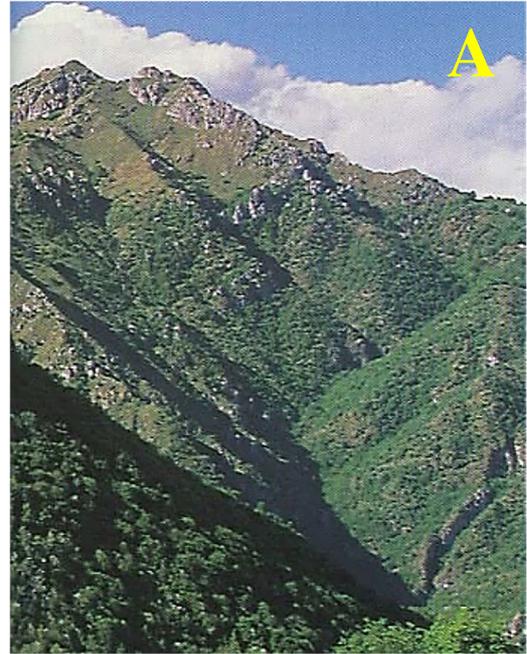


Valle Vertova alta

Si tratta della porzione a quote più elevate della valle Vertova con andamento prevalentemente N-S anche se diffusamente ramificato. In tale area sono prevalenti gli aspetti rupestri alternati a quelli delle colate detritiche soprattutto ai margini della conca di Sedernello.

Valle Sterladecco

Si tratta del primo grande tributario in sinistra idrografica del torrente Vertova con reticolo ramificato lungo la valle Sterladecco e le tributarie aste delle valli Val Mandra e valle Blimen. Ha una superficie di circa 1,9 km² interamente all'interno dell'ammasso dolomitico sia esso costituito da dolomia principale o dolomie zonate. Il bacino è caratterizzato da forme rupestri con aree considerate in frana attiva per presenza di tratti di scarpata o pendio con inclinazione superiore a 45°, ciò nonostante il trasporto solido è alquanto limitato dal momento che non è presente nessuna conoide alla confluenza con il torrente Vertova presso Pia del Merel. La portata di massima piena stimata con il metodo di Anselmo (equivalente frequentemente a tempi di ritorno centennali) è pari a 13,82 m³/s. L'area è attraversata unicamente da sentieri che dal fondovalle del Vertova permettono l'accesso al versante occidentale del monte Ceresola e presso la testata della valle al passo Bliben dove sono presenti alcune cascate (ristrutturate) sparse. La scarsa accessibilità ha favorito la crescita di un bosco rigoglioso senza fruizione da parte dell'uomo se non per attività turistiche a parte la zona di Ceresola e della testata del bacino (Bliben) dove una volta erano sviluppate le tipiche attività agricole di montagna o la zootecnica ormai quasi completamente abbandonate.



A) la valle Sterladecco vista dalla val da Gru; B) la parte alta della valle Sterladecco con Bliben e la baita dol Vanoi; C) vista del versante sinistro verso Ceresola dal sentiero per bivacco Testa

Valle Lacnì

Si tratta della valle tributaria in sinistra idrografica del Vertova di maggiori dimensioni. Ha un'estensione di oltre 3,7 km² anche in questo caso impostati gran parte in rocce dolomitiche. Presso la confluenza con il torrente Vertova in zona Lacnì-Castelù si osserva il passaggio della faglia/sovrascorrimento che taglia in senso NE-SO la valle differenziando notevolmente i settori con aspetto rupestre con prati magri e bosco non molto sviluppato in corrispondenza delle rocce dolomitiche e aree prative coltivate o boschi cedui anche fitte sulle rocce argillitiche o calcareo marnose ben stratificate. La valle è ricca di sorgenti anche capate ad uso acquedottistico (sorgenti Belò-Lacnì) nel suo basso corso in corrispondenza del contatto tettonico prima indicato. L'abbondanza di acqua ha favorito sia l'attività agricola-zootecnica, sia lo sfruttamento dell'acqua per produzione di energia elettrica alla fine dell'800 con la derivazione delle acque del torrente e di quelle sorgentizie che ora hanno lasciato il posto all'utilizzo acquedottistico. La portata secolare è di circa 35 m³/s e

la presenza presso la confluenza dell'edificio della ex centrale idroelettrica e soprattutto di un tratto tombinato rende possibile l'esondazione del torrente come avvenuto in alcune occasioni del secolo scorso (ad esempio 1972). L'abbandono della cura del bosco soprattutto lungo le sponde e la caduta nell'alveo di tronchi di varie dimensioni possono rappresentare un elemento di pericolo per l'area dell'edificio ex centrale.



A) l'alta valle di Lacnè con Dasla sul crinale e Netura in primo piano; B) la parte bassa della valle presso Castellù verso il crinale del monte Ceresola; C) l'asta torrentizia sul guado per Castellù (briglia sullo sfondo); D) il ponte di via 5 Martiri e il tratto tombinato presso lo sbocco nel torrente Vertova in adiacenza al vecchio edificio della centrale idroelettrica



Valle Masna e Valle Uccelli

Queste due valli sono state ampiamente descritte nello studio di dettaglio per la ripermimetrazione della conoide creata dalle due valli (Comune di Vertova – *Studio geologico di approfondimento relativo alle frane inserite nella cartografia PAI nel settore orientale del comune di Vertova – Studio Geoter, 2022*) a cui si rimanda per una completa trattazione.



Valle Masna e valle Uccelli che si delineano dal monte Cavlera verso il torrente Vertova all'interno di rocce calcareo marnose ed argillitiche.

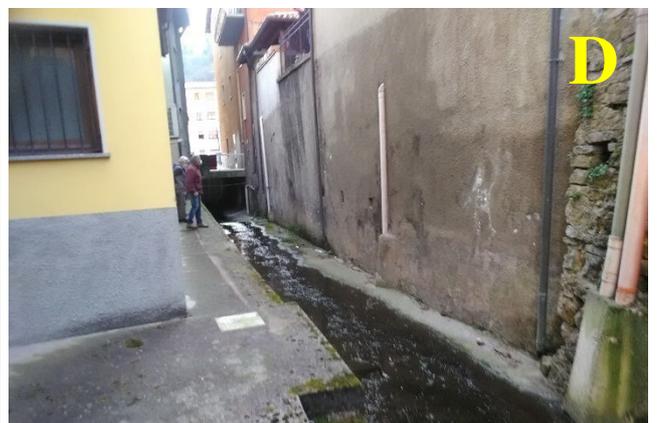
Valle dei Cereti

La valle dei Cereti è l'ultima valle tributaria di sinistra della val Vertova di una certa importanza che confluisce nel torrente principale in corrispondenza di Largo Vittorio Veneto dove ha subito una deviazione all'inizio di questo secolo a seguito della realizzazione di autorimesse interrato che ha visto una complessa procedura di valutazione e sistemazione (Nuovo Modulo s.r.l. – *Studio geologico e idraulico con verifica di compatibilità dell'intervento ed individuazione delle eventuali opere di mitigazione* – STUDIO GEA, 2005).

Il bacino ha dimensioni ridotte rispetto a quelli presenti più a monte ($A = 0,311 \text{ km}^2$) con portate stimate con tempi di ritorno monosecolari di $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Nella porzione a quote più elevate è caratterizzato da diffusa copertura boschiva, mentre il tratto inferiore è stato oggetto di numerosi interventi di regimazione con la creazione anche di tratti tombinati in concomitanza dello sviluppo urbanistico degli anni '60 e successivi tanto che gran parte di esso tra via degli Alpini e via Cadelora è confinato all'interno di tratti cementati di larghezza di circa un metro anche se in forte pendenza. Anche nel tratto terminale presso Largo Vittorio Veneto è tuttora confinato in un tratto tombinato che ha visto lo spostamento della sua sede naturale con un raccordo meno perpendicolare con il torrente Vertova.

Il bacino necessita di una corretta e persistente manutenzione ordinaria soprattutto per il taglio della vegetazione, per la pulizia costante delle griglie presenti a monte dei tratti tombinati. Come manutenzione straordinaria occorrerà intervenire per la sistemazione di quei manufatti fatiscenti o lesionati come presso il ponte di via Cadelora.

Qui di seguito si riportano alcune immagini dei tratti regimati o intubati rimandando al Documento di Polizia Idraulica per una visione più completa.



A e B) la valle dei Cereti tombinata o confinata entro sponde ristrette e cementate dove transita anche la fognatura; C) il ponte di via Cadelora con alcuni manufatti in alveo lesionati; D) l'imbocco del tratto tombinato sotto Largo Vittorio Veneto.

Valle canal di Fra

Il bacino idrografico della valle Canal di Fra appartiene nella zona a quote elevate, in corrispondenza della testata del bacino, ai comuni di Vertova e di Colzate, raggiungendo le pendici sudorientali del monte Cavlera presso la località Grom. L'asta segna praticamente il confine tra i due comuni sino a via San Patrizio (o mulattiera di San Patrizio) mentre da qui in poi l'alveo scorre unicamente in territorio di Colzate sino alla sua confluenza nel fiume Serio con lunghi tratti tombinati dalla zona del municipio e la confluenza in Serio.

Il bacino ha estensione limitata ($A = 0,53 \text{ km}^2$), con portata centennale valutata in $6,9 \text{ m}^3/\text{s}$, ma con un elevato indice di Melton (0,98) che comporta una elevata predisposizione al trasporto solido tanto che tale torrente è l'unico appartenente al territorio di Vertova ad essere dotato di una conoide di dimensioni rilevanti. Occorre segnalare che tale trasporto solido è in parte in connessione alla DGVP di Colzate che interessa la zona di Prà Predù e della Corna Marscia, anche se l'alveo in quelle zone ha dimensioni poco significative (inferiori a 1,5 m di larghezza). All'interno del bacino vi sono anche sorgenti che alimentano i deflussi come le sorgenti Canal di Fra captate dal comune di Colzate e alcune sorgenti minori ad uso privato (Teade). Studi idraulici per il tratto tombinato, che non riguardano il territorio vertovese, sono stati realizzati anche per la manutenzione del tratto tombinato.

La parte del bacino che grava sul territorio di Vertova è caratterizzata dalle formazioni bacinali retiche a partire dal Calcere di Zu sino al Calcere di Zorzino con una fascia di Argilliti di Riva di Solto in corrispondenza della quale si notano le sorgenti e alcuni dissesti di minore entità.



A) vista della parte a quote medio elevate della valle Canal di Fra dal terrazzo di Casnigo; B) uno dei bottini di presa delle sorgenti Canal di Fra; C) l'alveo presso la strada per Corna Marscia; D) l'alveo a monte del ponte di via San Patrizio.

8.3 OSSERVAZIONI CLIMATOLOGICHE

Il clima è l'effetto della combinazione tra gli eventi meteorologici e l'orografia del territorio, in funzione di una precisa collocazione geografica. Questo è influenzato in modo diretto dalla temperatura e umidità dell'aria, dalla radiazione solare e nuvolosità, dalle precipitazioni, dalla pressione atmosferica e le sue variazioni, ed infine dal regime dei venti.

Localmente si possono instaurare condizioni climatiche anche nettamente diverse rispetto a quelle delle aree limitrofe; queste ultime possono essere legate a particolari condizioni topografiche o geomorfologiche, a fattori idrologici e vegetazionali o alla presenza di manufatti che possono aver indotto una modificazione locale dei processi di evapotraspirazione e di condensazione al suolo.

Il primo livello d'indagine per caratterizzare il clima di una data area consiste nell'attribuire alla zona di appartenenza un tipo di clima fra quelli in cui è suddiviso il territorio nazionale. In prima istanza vengono perciò utilizzate le medie annue e mensili della temperatura atmosferica, delle precipitazioni e dell'umidità relativa.

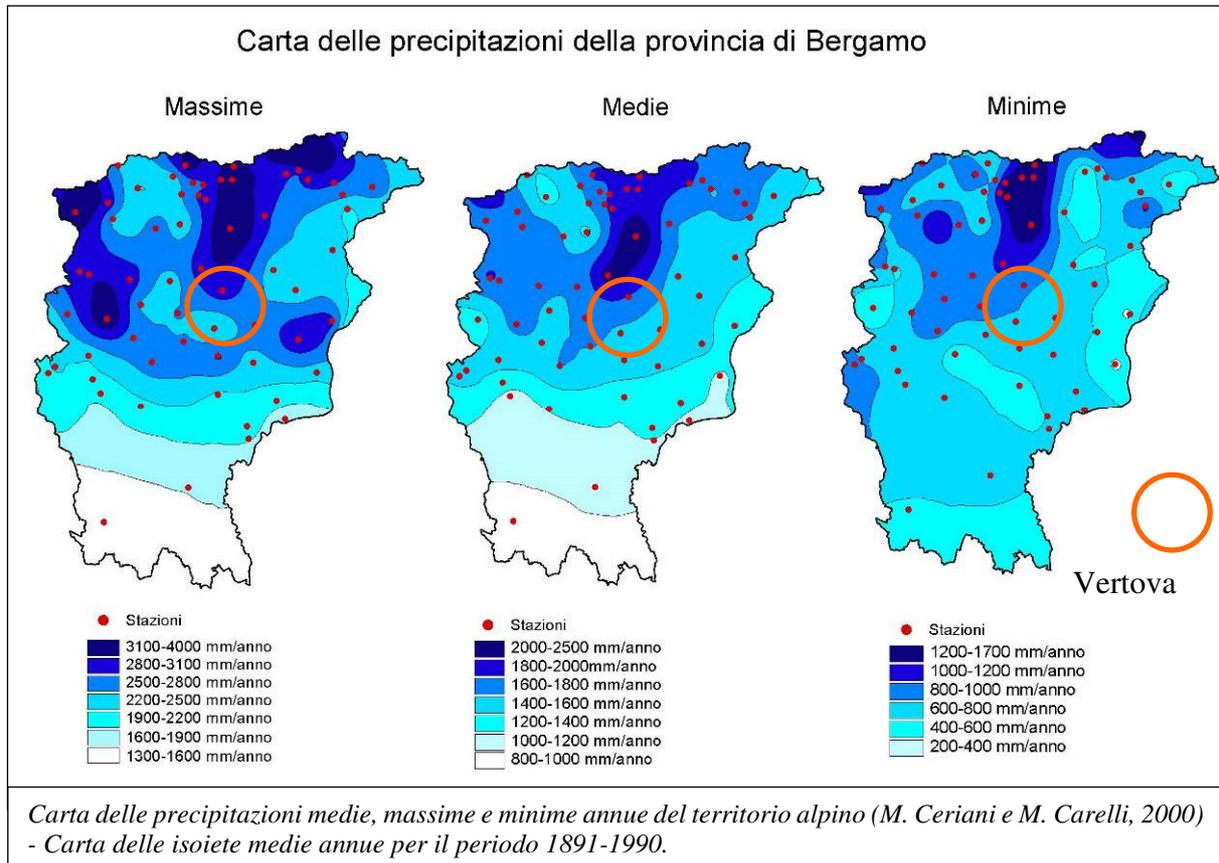
Le principali fonti di dati sono le statistiche ufficiali del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici (Magistrato per il Po, Parma), utilizzate per la piovosità, la temperatura atmosferica e il vento per il periodo 1921-1973; la "Carta delle precipitazioni massime, medie e minime annue del territorio Alpino" della Regione Lombardia registrate nel periodo 1891-1990 (CERIANI M. & CARELLI M., 2000); lo studio climatico allegato al progetto di "Cartografia Geoambientale" di Regione Lombardia (Relazione sugli aspetti climatici – Comunità Montana Valle Seriana, 1993). Dati più recenti (2003) sono riportati nell'ormai vecchio Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale" (P.T.C.P.) della Provincia di Bergamo e all'interno del volume "Centri abitati instabili della Provincia di Bergamo" (Regione Lombardia, 2006) ed elaborazioni statistiche sulle precipitazioni di massima intensità possono essere reperiti presso l'Autorità di Bacino del Po o presso ARPA Lombardia.

A questi dati occorre aggiungere quelli disponibili dalle stazioni di ARPA Lombardia che per il territorio della media valle Seriana permettono di ottenere dati dalle stazioni meteorologiche di Casnigo e di ponte Cene anche se attive da pochi anni, come anche alcuni dati disponibili presso il Centro Meteorologico Lombardo o anche da siti on line (Meteoblu, 3BMeteo, etc.). Inoltre, da settembre 2021 sono disponibili i dati pluviometrici di Vertova grazie alla stazione pluviometrica fatta installare dall'amministrazione comunale presso la zona di Lacnè in concomitanza con la messa in funzione di un misuratore di portata del torrente Vertova; tale strumentazione oltre a fornire i dati pluviometrici e di portata del torrente è stata installata con lo scopo di fornire dati locali e puntuali per la valutazione di sistemi di allertamento riguardo precipitazioni che possano determinare onde di piena del torrente Vertova, che come confermato dagli studi di dettaglio effettuati può causare situazioni di pericolo per alcune parti del centro abitato e problematiche alla fruibilità della strada della valle Vertova ormai divenuta da alcuni anni meta di importanti flussi turistici soprattutto nel periodo estivo.

PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE

Le precipitazioni considerano sia gli apporti liquidi (pioggia), sia quelli solidi (neve e grandine); questi ultimi sono trasformati in millimetri di pioggia equivalente utilizzando relazioni note oppure sono trasformate in pioggia direttamente da opportuni strumenti riscaldati. La pioggia è il tipo di precipitazione più frequente ed è considerata secondo due differenti aspetti: come quantità (precipitazioni mensili ed annuali medie) e intensità (distribuzione delle precipitazioni di breve durata e forte intensità).

Dalla “Carta delle precipitazioni massime, medie e minime annue del territorio Alpino” della Regione Lombardia si osserva che il territorio di Vertova ha precipitazione media annua compresa tra 1550 e 1800 mm/anno ed i giorni piovosi sono mediamente un centinaio. I valori massimi di precipitazione annua sono compresi tra 2400 e 2700 mm/anno, mentre i minimi sono comprese tra 750 e 900 mm/anno. I valori massimi giornalieri di pioggia, valutati per un periodo di ritorno di cinquant’anni, sono compresi tra 170 e 180 mm e i giorni complessivi di pioggia annua sono circa 150.

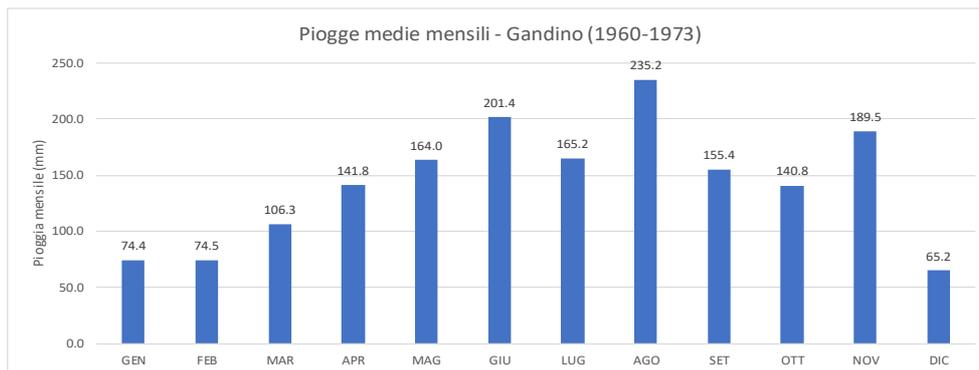


Tali dati confermano quelli che in precedenza si potevano ricavare interpolando i dati delle vicine stazioni di Albino (media annua di 1.384 mm nel periodo di osservazione 1970-1995), di Gandino (1.725 mm nel periodo 1960-1973) e di Costa Serina (1.657 mm nel periodo 1921-1970), come anche nella Carta delle Isoiete Medie Annue del bacino del Serio, pubblicata dal Servizio Idrografico Italiano per il periodo 1921-1950, dove l’area di Vertova viene a cadere all’incirca in posizione intermedia tra le isoiete 1500-1750 mm. In genere l’area presenta un minimo di piovosità nelle stagioni invernali ed un massimo nel periodo primaverile-estivo.

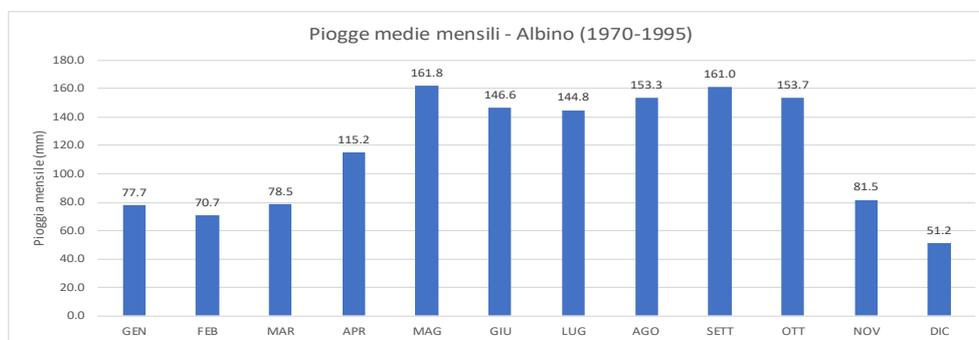
Piovosità media mensile alla stazione di Costa Serina nel periodo 1921-1970

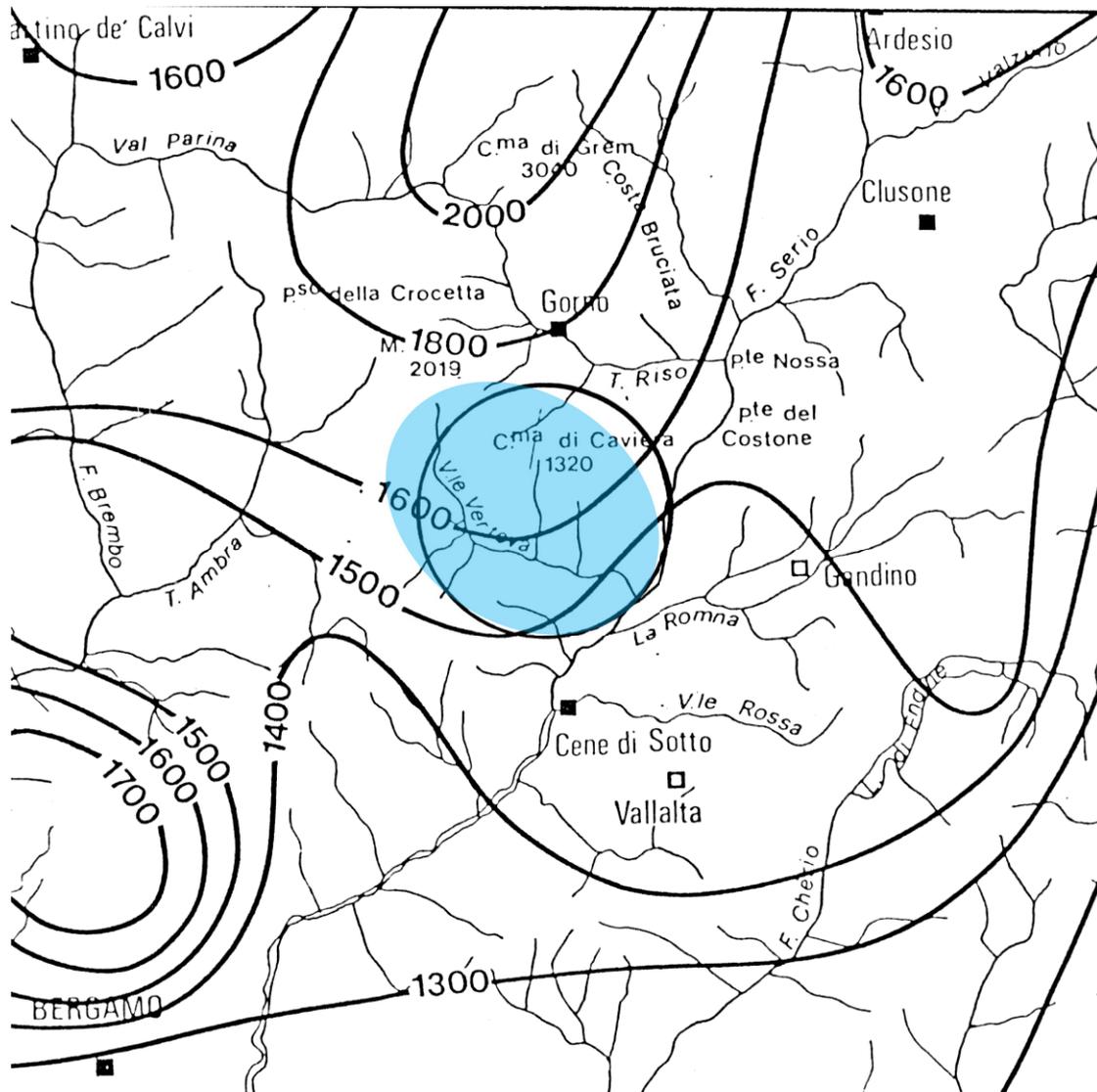
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT
MAX	202	260	381	372	442	326	297	422	331	671	627	278	2524
MED	65	71	111	162	195	171	151	164	140	162	171	94	1657
MIN	0	0	0	0	66	56	33	13	17	0	7	0	879

PIOGGIA GANDINO 1960-1973													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOT
1960	111	78	74.8	78.4	81.8	271	131	222	366	389	227.2	135.8	2166
1962	92.6	29.6	93.4	144.8	167.6	114.8	101	27.8	67	104.6	132.6	34.6	1110
1963	75.8	<i>41</i>	118.8	167	193.8	184.6	158.4	508.8	161.4	80	324	78.8	2110
1964	10	75.3	187.8	160.8	92.8	178	93	150	<i>3.8</i>	297.2	81.4	89	1419
1965	71.6	<i>14.2</i>	32.8	60.4	245.4	169.8	141.7	329.2	417.8	44.2	168.4	49.4	1745
1966	34	80.2	24.2	249.4	150.2	28.4	237.2	261.2	105.6	349.8	227.9	39.8	1788
1967	<i>10</i>	90.6	101.2	142.8	129.8	172.8	151.6	201.8	178.8	98	250.4	22	1550
1968	<i>13</i>	212.8	71	112.2	212.2	332.4	210	392.8	123	125	224.4	22	2051
1969	66.4	58.2	120.2	59	133.2	116.6	130.2	281.2	112.6	23	161.6	9	1271
1970	119	48.4	127.6	166	169.8	161	154.8	250	80.4	54.8	347.6	<i>43.2</i>	1723
1971	211.8	<i>15.8</i>	160.4	104	299.2	334.8	119.4	118.2	68.6	21	242	53.4	1749
1972	91.4	170	163.8	233	180.6	284.4	235.6	130.8	161.8	105.6	<i>35.2</i>	136.8	1929
1973	61	54.2	-	165.8	75.8	269.2	283.6	183.2	173.2	138	41	133.7	1579
MEDIA	74.4	74.5	106.3	141.8	164.0	201.4	165.2	235.2	155.4	140.8	189.5	65.2	1706.9



PIOGGIA ALBINO 1970-1995													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SETT	OTT	NOV	DIC	TOT
1970	172	30	123	71	146	104	65	228	34	7	52	12	1039
1971	98	37	28	55	206	204	118	119	71	-	163	35	1136
1972	74	89	98	82	175	221	277	66	121	88	26	60	1377
1973	76	9	2	87	41	151	253	96	194	95	29	32	1063
1974	41	112	61	68	75	-	-	-	-	-	-	9	365
1975	76	<i>30</i>	52	27	191	95	64	229	283	140	166	51	1404
1976	19	17	<i>12</i>	27	63	85	161	290	306	344	192	59	1575
1977	125	155	172	95	312	177	336	329	98	219	40	17	2075
1978	108	124	43	160	116	94	123	152	7	53	23	60	1063
1979	124	226	214	198	42	139	<i>33</i>	146	241	254	84	121	1821
1980	124	<i>0</i>	106	22	155	239	89	74	27	383	71	9	1235
1981	59	2	90	94	286	64	348	136	375	89	<i>1</i>	73	1542
1982	2	2	86	27	173	160	143	223	41	142	82	86	1182
1983	<i>1</i>	5	32	81	266	69	86	171	52	37	5	37	891
1984	<i>11</i>	50	137	125	298	201	28	278	212	145	126	86	1705
1985	132	3	162	67	154	124	79	78	46	33	115	70	1064
1986	163	315	107	267	145	160	69	118	97	8	58	8	1515
1987	31	177	58	101	247	160	131	162	69	227	85	29	1477
1988	168	-	-	-	-	-	-	-	-	256	15	43	481
1989	<i>4</i>	136	54	372	100	199	216	101	218	22	59	35	1514
1990	57	<i>18</i>	24	251	176	77	37	122	22	179	140	73	1171
1991	59	22	79	74	116	152	148	5	126	141	126	2	1049
1992	42	<i>40</i>	83	227	137	308	221	119	277	223	53	172	1906
1993	2	8	71	115	121	138	119	188	459	358	96	33	1707
1994	187	57	14	87	123	<i>51</i>	186	97	328	92	150	69	1341
1995	64	104	55	101	182	-	-	-	-	-	-	-	-
MEDIA	77.7	70.7	78.5	115.2	161.8	146.6	144.8	153.3	161.0	153.7	81.5	51.2	1307.9





Stralcio della carta delle isoiete medie annue del periodo 1921-1950

Per quanto riguarda le precipitazioni solide (neve e grandine) non esistono dati specifici per il territorio di Vertova. A livello quantitativo queste sono già state comprese nei valori di precipitazione precedentemente citati, mentre a livello qualitativo è possibile affermare che le precipitazioni nevose hanno raggiunto e possono superare mm 100 annui, con permanenza al suolo anche di oltre due mesi per le aree esposte meno all'irraggiamento solare o per quelle alle quote più elevate (versanti del monte Alben e delle cime circostanti la conca di Sedernello). Grandinate, anche violente, si verificano sporadicamente nei mesi estivi a seguito di turbolenze atmosferiche.

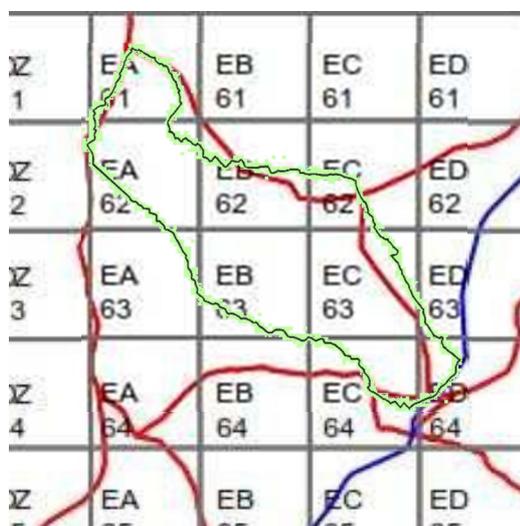
-----00000000000000-----

Le precipitazioni utili alla definizione delle portate di fiumi e torrenti, come anche per il dimensionamento di eventuali vasche di laminazione per l'invarianza idraulica sono principalmente tratte da due strumenti diffusi e disponibili anche in rete; essi permettono di valutare le curve di possibilità pluviometrica con differenti tempi di ritorno. Questi dati si possono calcolare da specifici file dell'Autorità di Bacino del Po

(AdBPo) contenuti nelle Direttiva sulle Piene di Progetto da assumere per le Progettazioni e le Verifiche di Compatibilità Idraulica o si possono ottenere dal sito ARPA di Regione Lombardia.

Sul sito dell'Autorità di Bacino del Po (AdBPo.it) è possibile scaricare i file per la valutazione della piena di progetto e più in generale per valutazioni idrologiche. Sono disponibili l'allegato 3 "Distribuzione spaziale delle piogge intense" – Celle del reticolo chilometrico di riferimento scala 1:250.000 e l'allegato 3 "Distribuzione spaziale delle piogge intense" - Parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200, 500 anni di cui si riportano due estratti relativi al territorio di Vertova.

Il reticolo di riferimento in questo caso ha maglia pari a 2 km ed i valori "a" e "n" permettono di definire immediatamente la curva di possibilità pluviometrica. Qualora l'area sia contenuta in più riquadri occorre effettuare una media ponderata dei valori rispetto all'area effettivamente coperta.

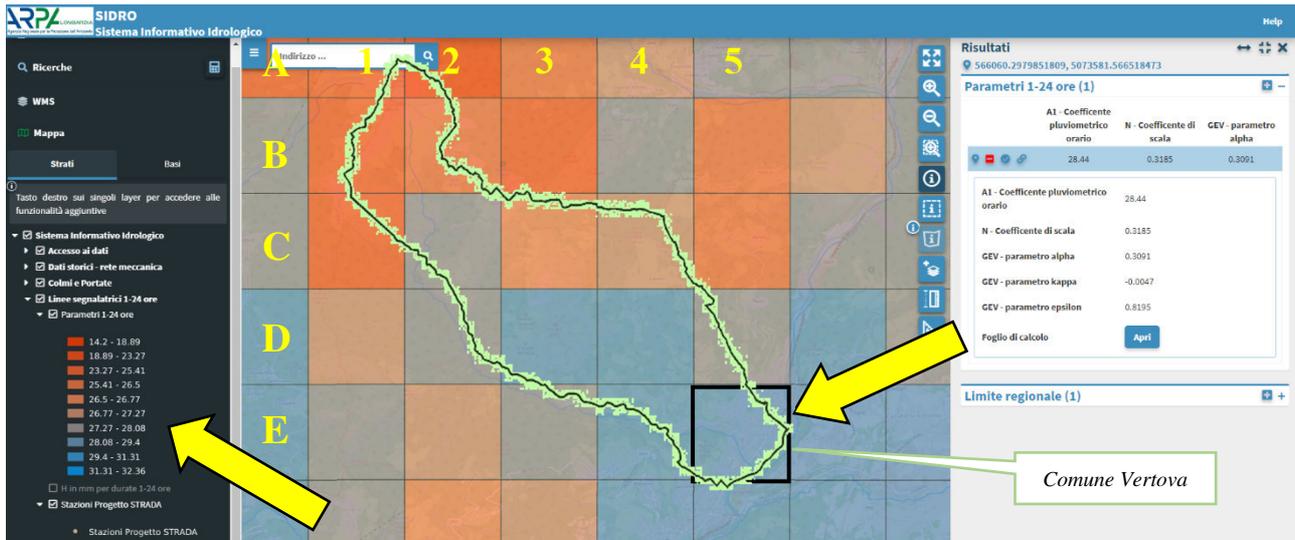


Griglia celle AdBPo per il comune di Vertova con maglia quadrata di due chilometri e confine del comune di riferimento (in rosso sono individuati i principali bacini, in blu il fiume Serio); in basso scheda con i parametri "a" e "n" della curva di possibilità pluviometrica delle varie celle.

Cella	Coordinate Est UTM cella di calcolo	Coordinate Nord UTM cella di calcolo	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
EA61	561000.00000	5079000.00000	58.55	0.331	74.21	0.326	80.91	0.325	89.76	0.323
DZ62	559000.00000	5077000.00000	57.20	0.319	72.49	0.314	79.02	0.312	87.66	0.31
EA62	561000.00000	5077000.00000	58.47	0.321	74.20	0.316	80.93	0.314	89.82	0.312
EB62	563000.00000	5077000.00000	59.63	0.322	75.80	0.318	82.71	0.316	91.83	0.315
EC62	565000.00000	5077000.00000	60.09	0.324	76.45	0.320	83.45	0.319	92.68	0.318
EA63	561000.00000	5075000.00000	57.85	0.311	73.48	0.306	80.17	0.304	89.00	0.302
EB63	563000.00000	5075000.00000	58.58	0.313	74.48	0.308	81.28	0.307	90.26	0.305
EC63	565000.00000	5075000.00000	58.79	0.316	74.79	0.311	81.64	0.310	90.67	0.308
ED63	567000.00000	5075000.00000	58.32	0.319	74.20	0.315	81.00	0.314	89.95	0.313
EB64	563000.00000	5073000.00000	57.44	0.305	73.06	0.299	79.74	0.297	88.55	0.295
EC64	565000.00000	5073000.00000	57.56	0.307	73.23	0.302	79.94	0.301	88.77	0.299
ED64	567000.00000	5073000.00000	57.21	0.311	72.79	0.306	79.46	0.305	88.23	0.303

Sul sito regionale di ARPA Lombardia (<https://idro.arpalombardia.it/it/map/sidro/> e https://idro.arpalombardia.it/manual/dati_link.html) è disponibile un apposito servizio che permette di visualizzare e/o scaricare ed utilizzare i dati delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (periodo 1997-2011). Anche i dati che si ricavano da ARPA Lombardia sono ritenuti molto affidabili; essi permettono, mediante la determinazione di alcuni parametri caratteristici definiti da un apposito studio regionale con elaborazione statistica GEV, la definizione delle curve di possibilità pluviometrica con diversi tempi di ritorno e di determinare la quantità di pioggia specifica per periodi di ritorno compresi tra 5 e 500 anni e per piogge di durata compresa tra 1 e 24 ore.

Il territorio di Vertova è contenuto all'interno di 18 riquadri di 500 m di lato (vedi immagine qui sotto), per ciascuno dei quali sono stati definiti i parametri caratteristici dell'elaborazione statistica utilizzata (da scaricare dal sito) che è possibile individuare in funzione del punto specifico da utilizzare; qualora l'area sia contenuta in più riquadri occorre effettuare una media ponderata dei valori rispetto all'area effettivamente coperta. Tali parametri inseriti all'interno di un foglio di calcolo (LLSP.xls) fornito nello stesso sito permettono di calcolare la pioggia con differenti tempi di ritorno ed utilizzare quella più confacente allo studio specifico.



Griglia celle ARPA per il comune di Vertova con maglia quadrata (2,25 km²) in cui è rappresentato il parametro A1 (coefficiente pluviometrico orario) e una parte della scheda con i parametri del riquadro; qui sotto i valori di alcune delle celle a titolo di esempio

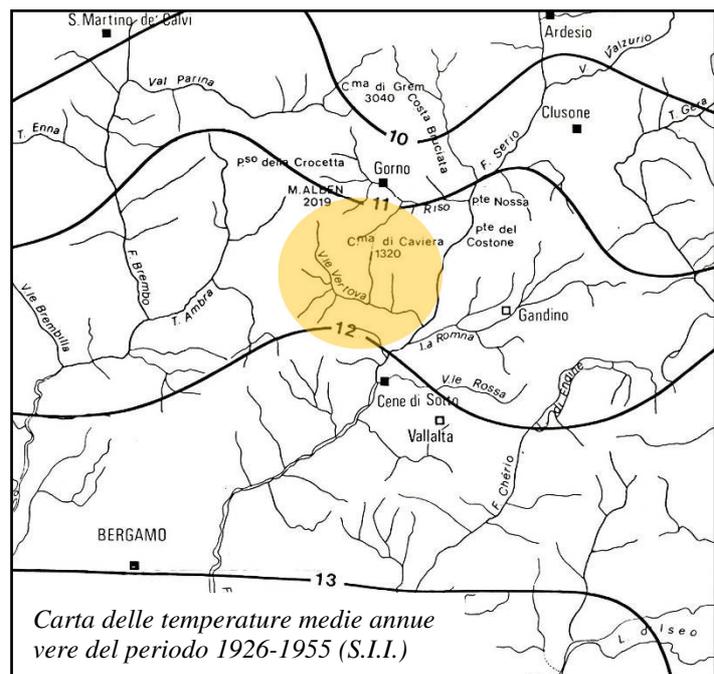
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	C5
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	25.23	26.29	24.58	25.1	27.89	26.72	26.98	27	27.51	28.47	28.22	27.75
N - Coefficiente di scala	0.3876	0.3665	0.3976	0.3912	0.337	0.3578	0.3512	0.357	0.3448	0.3238	0.3258	0.339
GEV - parametro alpha	0.3268	0.3241	0.3271	0.3283	0.3175	0.3219	0.3195	0.3231	0.3188	0.3131	0.3119	0.3137
GEV - parametro kappa	-0.0299	-0.0194	-0.0325	-0.0284	-0.0146	-0.0194	-0.0155	-0.0103	-0.0063	-0.0132	-0.0103	-0.0119
GEV - parametro epsilon	0.7997	0.805	0.7984	0.7992	0.8112	0.8066	0.8094	0.8092	0.813	0.8144	0.8157	0.8141

Queste ultime elaborazioni sulla valutazione delle precipitazioni sono a tutt'oggi le più efficaci nonostante i cambiamenti climatici in atto stiano portando a una variazione del regime delle precipitazioni, con un minor numero di giorni piovosi e un maggior numero di eventi di precipitazioni intense, che potrebbero agire aumentando la frequenza e intensità degli eventi idrogeologici pericolosi.

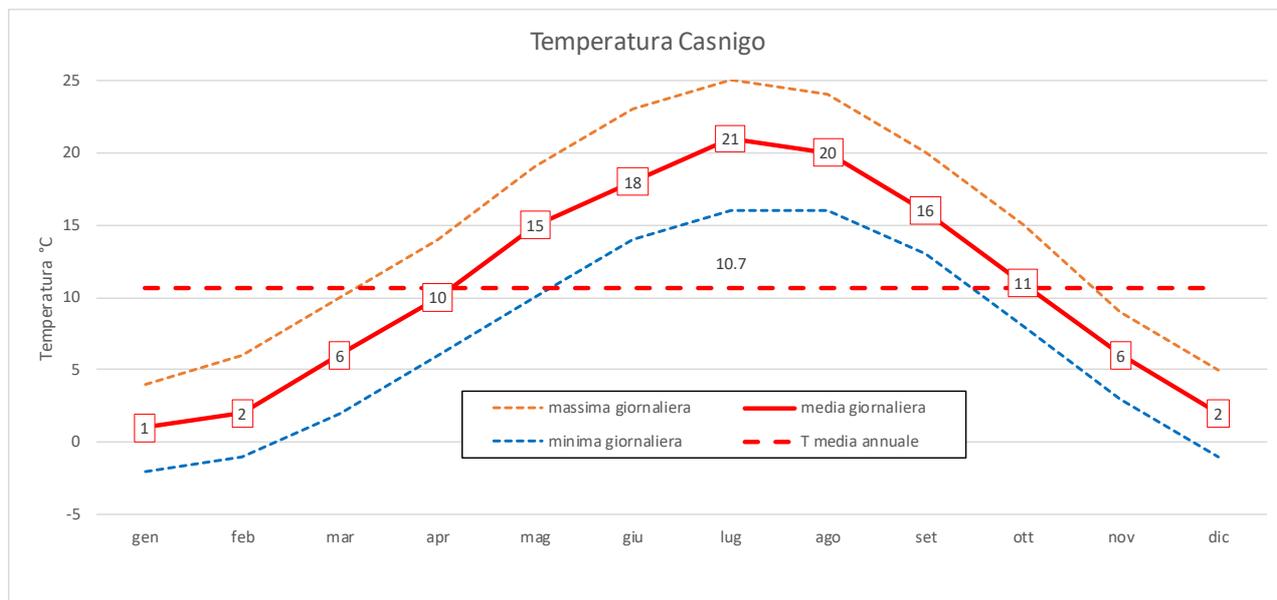
TEMPERATURA ATMOSFERICA

I dati utilizzati per lo studio della temperatura atmosferica provengono sia da serie storiche pubblicate dal Servizio Idrografico Italiano, come elaborati cartografici o come tabulati, sia da registrazioni effettuate da diversi enti, disponibili anche su internet.

I dati storici disponibili per il Comune di Vertova sono quelli interpolati dalle stazioni termometriche di Gorno e Cene. Sulla base di questi e di altri dati provenienti da diverse stazioni in provincia di Bergamo, fu realizzata la carta delle isoterme per il periodo 1926÷1955 dal S.I.I. da cui emerge che la temperatura media a Vertova è compresa tra 11° e 12°C. Il clima della maggior parte dell'area risulta quindi essere subcontinentale.



Questi valori sono anche confermati dall'andamento delle temperature estratte dal sito di ARPA per la stazione di Casnigo la più vicina all'area di Vertova di cui sono disponibili dati dal 2004 ad oggi (media giornaliera 10,7°C) riportati nel diagramma e nella tabella seguente. Il valore lievemente inferiore è anche dovuto alla quota della stazione di misura lievemente più elevata rispetto a quella di Vertova.



Temperature	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Massima media	4	6	10	14	19	23	25	24	20	15	9	5
Media	1	2	6	10	15	18	21	20	16	11	6	2
Minima media	-2	-1	2	6	10	14	16	16	13	8	3	-1

La temperatura giornaliera massima è di oltre 21 °C. Il mese più caldo dell'anno a Casnigo è luglio, con una temperatura media massima di 25 °C e minima di 16 °C; la temperatura minima è di -2°C ed il mese più freddo dell'anno a Casnigo è gennaio, con una temperatura media minima di -2 °C. Orientativamente i giorni di gelo sono mediamente circa 60 in un anno, mentre solo 4 sono i giorni in cui la temperatura rimane sempre sotto 0°C.

VENTO

La formazione di venti e/o di altri spostamenti di masse d'aria è dovuta in genere alla differenza di temperatura atmosferica tra aree diverse, che corrisponde a variazioni di densità dell'aria e diversa pressione atmosferica. Si attivano così movimenti d'aria da zone ad alta pressione verso zone a pressione più bassa; questi avvengono sia a grande scala, interessando vaste aree continentali, sia a piccola scala, a causa di locali differenze bariche che generano "brezze", cioè venti legati a situazioni climatiche stagionali o giornaliere.

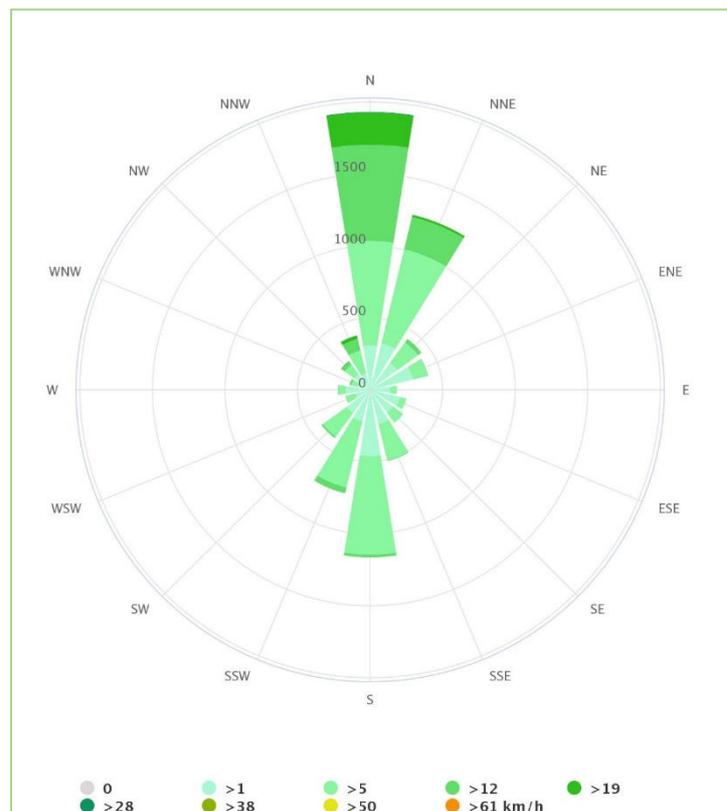
Le brezze giornaliere, dipendenti dall'orografia locale, si attivano a motivo del più rapida escursione termica dei rilievi per irradiazione solare e del conseguente riscaldamento dell'aria che li sovrasta, a parità di altitudine, rispetto a quella che sovrasta la pianura o il fondovalle. Durante il giorno sulle vette e sui pendii l'aria si riscalda maggiormente rispetto all'atmosfera libera alla stessa quota; si genera in tal modo un gradiente termico-barico diretto verso la montagna, che provoca uno

spostamento d'aria nella stessa direzione. Durante la notte il gradiente si inverte e pertanto anche le correnti locali mutano la loro direzione (“brezza di valle” e “brezza di monte”).

Analogamente avviene per le brezze stagionali, fra inverno ed estate: in inverno l'aria in prossimità di vette e di pendii ha mediamente una temperatura inferiore a quella dell'atmosfera libera ed il gradiente termico-barico, e di conseguenza le brezze che ne derivano hanno direzione dai monti verso la pianura, mentre nel periodo estivo la direzione si inverte.

Entro la valle esistono due sistemi di vento, i quali combinandosi fra loro assicurano un completo scambio di calore: la brezza che percorre la valle longitudinalmente in tutta la sua lunghezza, dalla testata alla pianura e viceversa (brezza di valle e di monte, detta anche brezza longitudinale) e un sistema di venti che spirano in senso trasversale alla valle, dal fondo verso le vette e in direzione contraria (brezze di pendio, dette anche trasversali). Anche quest'ultimo sistema di venti trae origine dal forte divario termico che esiste fra la pianura (o il fondovalle) e la montagna, ma trovano un'ulteriore fonte di energia nel calore fornito dai versanti vallivi fortemente riscaldati. Le brezze di pendio hanno appunto l'importante funzione di apportare l'aria riscaldata lungo i fianchi della montagna verso il centro della valle. Ne consegue che la circolazione trasversale, assicurando questo costante scambio di calore, agisce in modo tale che la temperatura del fondovalle tende continuamente ad aumentare durante il giorno e a diminuire durante la notte, quando le condizioni di riscaldamento si invertono; in altri termini, essa accentua l'escursione termica del fondovalle e in tal modo contribuisce a creare una differenza di temperatura più marcata fra la valle e la montagna. È da sottolineare come in una valle orientata nord-sud il vento di pendio si afferma con identico vigore su entrambi i versanti vallivi, mentre nei casi in cui la valle è allungata nel senso dei paralleli risulta ben sviluppato soltanto il vento di pendio relativo al versante più soleggiato.

La stazione di Casnigo è decentrata rispetto alla valle Vertova e registra prevalentemente venti con direzione lungo l'asse della valle Seriana.



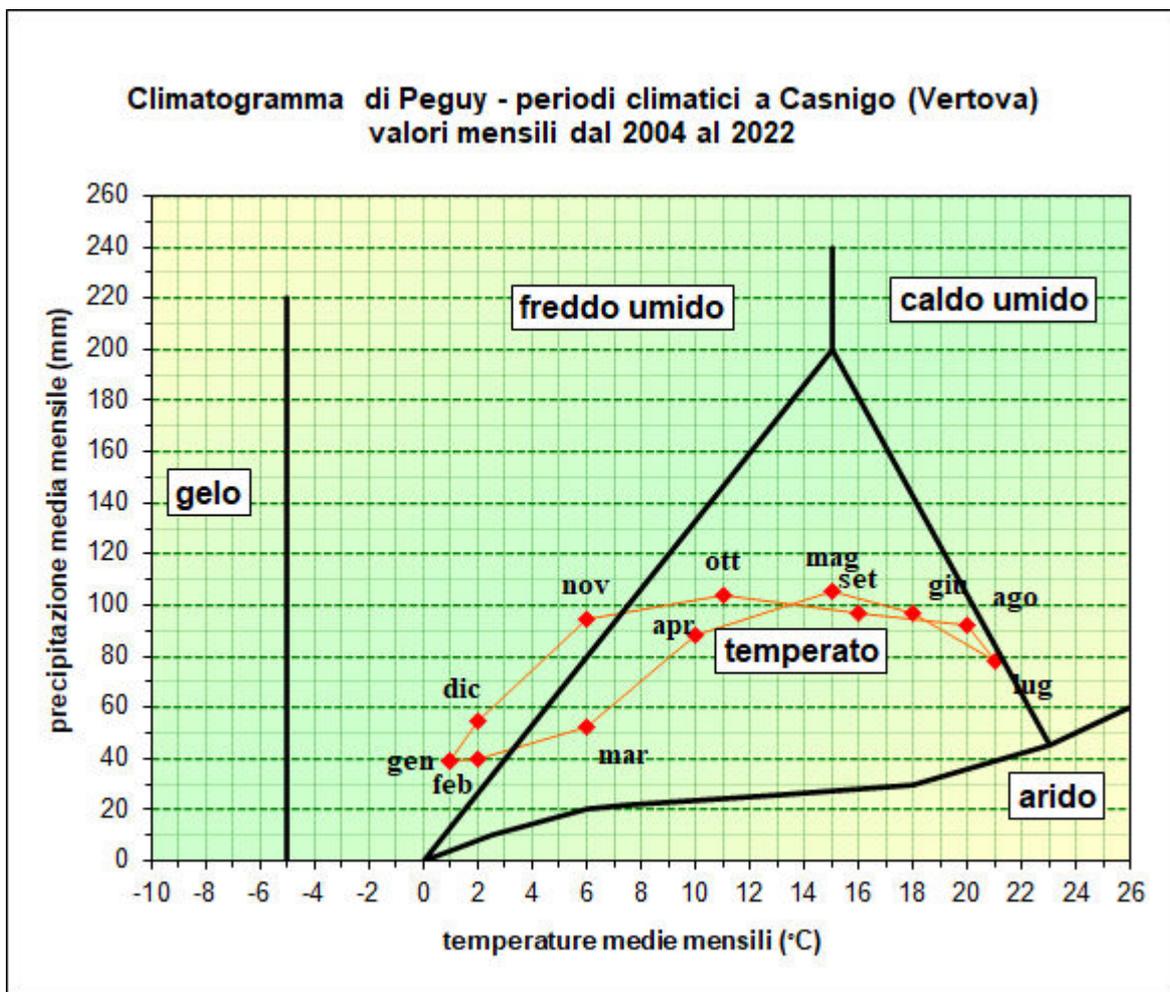
-----000000O000000-----

I dati meteorologici disponibili, soprattutto quelli pluviometrici, permettono dunque di definire con sufficiente chiarezza anche il regime climatico dell'area: essa si situa in un regime pluviometrico di tipo “prealpino con influssi continentali”.

Il regime termico di Vertova è tipico di un clima “mesotermico umido” o “temperato subcontinentale” (Koppen), che risente di una certa continentalità, con le seguenti caratteristiche:

- temperatura media annua compresa tra 10° e 14,4°C;
- media della temperatura del mese più freddo compresa tra -1° e 3,9°C;
- da 1 a 3 mesi con temperatura media maggiore o uguale a 20°C;
- escursione termica annua superiore a 19°C

Mediante l'incrocio dei dati pluviometrici e di quelli termometrici ci si può introdurre in altre classificazioni climatiche come quella di Peguy. Il climatogramma di Peguy per i valori di Gorno e per quelli di Pontenossa indica un clima generalmente umido, passante repentinamente da mesi freddi a mesi caldi, con rarissimi mesi temperati.



Climatogrammi di Peguy per Casnigo (Vertova)

9. CARTA LITOTECNICA E DELLE PROCEDURE AMBIENTALI

(tavola 6)

In questa carta sono rappresentati i terreni e le rocce secondo i loro caratteri geotecnici di massima. In particolare, le terre sono qui classificate sulla base del loro angolo di attrito interno, della loro coesione e della loro capacità portante (o carico ammissibile), mentre per classificare le masse rocciose si adotta l'indice RQD, (DEERE, 1967), definito mediante la valutazione del grado di suddivisione (fratturazione) superficiale degli ammassi rocciosi. Questa carta è stata realizzata per l'intero territorio comunale.

Per ciascuna categoria è indicato un intervallo entro il quale tali parametri possono variare, piuttosto che un valore fisso, come si coglie dalle diverse indagini geotecniche eseguite sul territorio comunale. Va comunque precisato che, vista la notevole eterogeneità dei terreni premolesi, si tratta di valori di orientamento, come necessario per gli scopi di programmazione di questo lavoro, che non può quindi esimere i Soggetti tenuti a farlo, nei casi previsti dalla legge, dall'eseguire gli accertamenti e le prove geotecniche. La normativa di riferimento è il DM. 17 gennaio 2018 ed eventualmente per quanto riguarda la componente di geotecnica sismica anche la dgr 5001/2016.

Sono stati qui distinti:

- Riporti e terrapieni (1): materiali di composizione varia provenienti da scavi e demolizioni edili. Comprendono materiali con caratteristiche geotecniche variabili in funzione della loro granulometria e del grado di compattazione subito. Questi materiali costituiscono il terrapieno stradale di via Don B. Ferrari in prossimità dell'attraversamento del torrente Vertova, [ma anche quello della SS671](#); sono inoltre presenti lungo il basso corso dello stesso torrente Vertova ed a valle della località Clasi Basso.

Angolo di attrito = $25^{\circ} \div 30^{\circ}$; coesione = $0 \div 1,5$ t/mq; $Qa = 0,5 \div 1,5$ Kg/cmq

- Detriti di falda sciolti ed alluvioni fluviali recenti ed attuali (2): sono costituiti da frammenti rocciosi, spigolosi, sciolti e a granulometria eterogenea, in alcuni casi con matrice sabbiosa (detriti di falda) e da ghiaie sabbiose e blocchi sciolti arrotondati (alluvioni). Il drenaggio di questi terreni è da buono a molto buono. I loro caratteri geotecnici sono buoni, anche se l'ubicazione dei detriti di falda su versanti ad elevata pendenza li rende instabili, soggetti come sono ad un continuo accumulo e movimento verso valle.

Detriti di falda sono presenti alla base delle pareti della Cima Campelli (Cascina Sedernello) e del monte Cloca e, per brevi tratti, lungo il versante meridionale del monte Cavlera; i terreni alluvionali si individuano invece lungo l'alveo, nella piana del Serio e nel basso corso del torrente Vertova. Le alluvioni recenti rivestono un ruolo significativo ai fini pratici in quanto sono state oggetto di un'intensa urbanizzazione.

Angolo di attrito = $30^{\circ} \div 35^{\circ}$; coesione = 0 t/mq; $Qa = 1 \div 2$ Kg/cmq

- Depositi fluvioglaciali sciolti (3): sono rappresentati da ciottoli e ghiaia, in genere ben arrotondati, con tessitura embriicata in una abbondante frazione fine, che può variare dalla sabbia all'argilla. Localmente, disposte casualmente, si possono avere delle lenti di ghiaie fini e di sabbie o di argille plastiche.

Sono questi i terreni naturali che presentano i caratteri geotecnici più scadenti, poiché possono avere un'elevata quantità di argilla; il loro drenaggio è da medio a scarso. Essi sono presenti alle quote inferiori sulla sponda sinistra della bassa val Vertova e occupano la maggior parte della zona subpianeggiante e terrazzata dove sorge il centro di Vertova.

Angolo di attrito = $23^{\circ}\div 30^{\circ}$; coesione = $0\div 3$ t/mq; $Qa = 0,5\div 1,5$ Kg/cmq

- Detriti di falda e depositi fluvioglaciali cementati (4): corrispondono a brecce e ghiaie eterogenee cementate da calcare, organizzate in banchi (conglomerato), con subordinati livelli arenacei poco o punto cementati; i clasti sono spigolosi nel caso dei detriti di falda, subarrotondati e con qualche blocco, nel caso dei sedimenti fluvioglaciali.

Questi materiali hanno un buon drenaggio; nei livelli debolmente cementati si può avere la formazione di cavità, soprattutto in corrispondenza di intagli verticali esposti (naturali o artificiali che siano). Questi terreni sono diffusi sul versante sinistro della valle Masna e su quello orientale del monte Cloca.

Angolo di attrito = $30^{\circ}\div 35^{\circ}$; $RQD = 30\div 70\%$; $Qa = 1,8\div 3$ Kg/cmq

- Dolomie e calcari dolomitici massicci o in grossi banchi (5): queste rocce presentano bancature e fratture a spaziatura metrica. Del gruppo fanno parte le formazioni della Dolomia Principale e della Dolomia a Conchodon; la prima costituisce tutto il settore dell'alta val Vertova e comprende i massicci del monte Cerasola, della Cima Campelli e della zona del passo Bliben; la seconda costituisce la parte sommitale del monte Cavlera.

$RQD = 70-100\%$

- Calcari, calcari marnosi e calcari dolomitici a stratificazione da media a sottile; rocce porfiriche (6): a differenza delle rocce della classe precedente, queste si presentano molto ben stratificate, con spaziatura tra le superfici di strato da media a sottile. Esse hanno comunque caratteristiche geomeccaniche buone. Fanno parte di questa classe il Calcare di Zorzino, la Dolomia Zonata, il Calcare di Sedrina e i filoni porfirifici.

Queste rocce affiorano sul versante meridionale del monte Cavlera (Calcario di Sedrina e filoni porfirifici), sulla maggior parte del monte Cloca (Calcario di Zorzino) e sono presenti nell'area delle sorgenti Borleda e della Cascina Sedernello (Dolomia Zonata).

$RQD = 40-100\%$

- Alternanze di calcari marnosi con argilliti a stratificazione sottile (7): comprendono litotipi in molti casi analoghi ai precedenti, ma con stratificazione molto fitta, ai quali si aggiungono e divengono talora prevalenti livelli di argilliti. Rientrano in questa classe le rocce della formazione del Calcario di Zu, che costituiscono gran parte del versante meridionale del monte Cavlera.

$RQD = 40-70\%$

- Argilliti e calcari marnosi sottilmente stratificati; rocce diffusamente e profondamente fratturate (8): rientrano in questa categoria le rocce sottilmente stratificate e fessili; esse appartengono alla formazione dell'Argillite di Riva di Solto e sono cospicuamente presenti nel fondovalle della val

Vertova, in una fascia praticamente continua che si estende dalla valle Chignola fino alla zona di S. Patrizio in Comune di Colzate.

In questa classe sono comprese anche le rocce pervasivamente fratturate (cataclasate) che si trovano lungo le principali zone di discontinuità strutturale.

$RQD = 0-50\%$

SIMBOLOGIA

In carta, mediante appositi simboli, sono rappresentate anche le principali disgiunzioni tettoniche (sovrascorrimenti, faglie e fratture), la giacitura principale degli strati e l'ubicazione dei sondaggi e delle colonnine stratigrafiche descritti nel presente studio e riportate nella tavola 2.

Sono indicati anche i punti oggetto di indagini dirette, eseguite da diversi Professionisti per valutare l'attitudine di un terreno all'edificabilità, riportando in particolare sondaggi e prove penetrometriche, indagini geofisiche (indagini elettriche, stendimenti geoelettrici e sismici) e i rilievi strutturali di dettaglio.

9.1 PROCEDURE AMBIENTALI

Con l'avvento della Legge 152/2006, compresa tutta una serie di normative ad essa collegate, in particolare quelle che riguardano le rocce e terre da scavo (D.P.R. 120/2017) e le attività che riguardano il recupero ai fini urbanistici ad uso commerciale o residenziale di vecchie aree industriali dismesse, sono diventate sempre più diffuse e specifiche attività di tipo ambientale atte a valutare se all'interno dei terreni o delle acque di falda si siano avute contaminazioni da parte delle lavorazioni effettuate in quei contesti produttivi che possono determinare o meno concentrazioni di elementi di vario tipo (ad esempio metalli, BTEX, Idrocarburi pesanti o leggeri, componenti gassose volatili, amianto, etc.) con il superamento di valori prestabiliti per aree di tipo industriale o per aree di tipo residenziale (tabella A e B del dlgs 152/2006).

Nel contesto di aree con riporti di dubbia provenienza o di rigenerazioni urbane di aree industriali devono essere condotte Indagini Ambientale Preliminari per la caratterizzazione del sito e l'individuazione di eventuali superamenti di soglia per le quali si rendano successivamente necessarie analisi di rischio o attività di vera e propria bonifica che possano determinare l'effettivo utilizzo di tali aree e per quale tipo di intervento urbanistico.

Di valutazioni ambientali è stata oggetto in particolare la realizzazione della rotonda di accesso a Vertova della strada statale SS461 (allora strada provinciale SP35) nel 2008 per il ritrovamento di terreni di riporto durante le fasi di scavo su cui si è resa necessaria una indagine sulla qualità dei terreni (Provincia di Bergamo - Area III Viabilità – Servizio Progettazione Opere di Viabilità – S.P. ex S.S. n.671 della valle Seriana – Lavori di sistemazione dello svincolo in territorio di Vertova – Risultati Indagine sulla qualità del materiale di riporto e terreno rinvenuti durante le operazioni di scavo. Verifica dell'assenza di contaminazione verso le matrici ambientali suolo e acque sotterranee – CONSULENZE AMBIENTALI, maggio 2008) assimilabile come caratterizzazione ai sensi dell'art.242

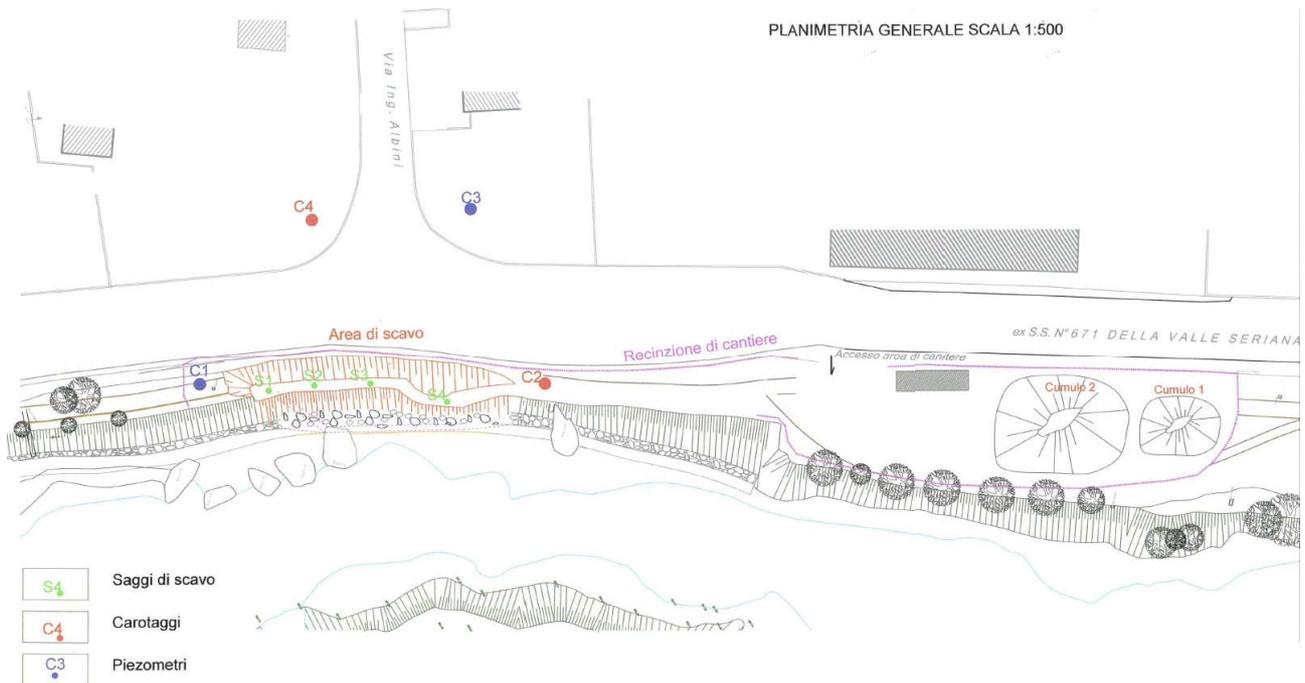
del D.Lgs. 152/2006. Analoga caratterizzazione sarà oggetto di particolari interventi, ad esempio, come la demolizione degli impianti dei “Forni Nuovi” (pano integrato ex DO.MA.DE).

Lo studio effettuato presso la rotatoria della SS671 ha portato dapprima al riconoscimento del modello geologico con la presenza di materiale di riporto di differente natura connesso alle vecchie lavorazioni “dell’industria per la produzione di calce e (forse) cemento, di cui rimangono tuttora visibili alcune strutture industriali in prossimità della ex stazione ferroviaria”. Tale riporto è stato riconosciuto appartenere a varie tipologie di rifiuto (CER 010413, CER 060314 e CER 100908) che possono essere *destinati, anche con procedura semplificata, a sottofondi o recupero in cemeniteria*. Il fatto che tali materiali siano miscelati al terreno naturale, come riconosciuto attraverso le indagini condotte, ha portato a considerarli come terreno contaminato in base al Titolo V del DLgs 152/2006.



Materiali di scavo e tabella con le indagini condotte.

Indagini di caratterizzazione del cumulo di materiale interrato		
Indagine	quantità	obbiettivo
Saggi di scavo	4	Verifica dell'estensione verticale dell'ammasso, prelevare campioni medi distribuiti lungo il fronte di affioramento
Analisi dei cumuli	2	Verifica analitica, previa vagliatura e quartatura dei due cumuli già presenti nell'area di cantiere
Indagini di caratterizzazione del terreno sottostante l'ammasso		
Indagine	quantità	obbiettivo
Carotaggi	4	Realizzati perimetralmente alla zona di affioramento per definirne i limiti e per prelevare campioni di terreno naturale al di sotto dell'ammasso
Indagini di caratterizzazione delle acque di falda		
Indagine	quantità	obbiettivo
Piezometri	2	Ubicati a monte e valle rispetto all'ammasso, finalizzati alla verifica di eventuali percolazioni nell'acquifero



Le conclusioni del rapporto indicano che, nonostante la presenza di questi terreni contaminati con valori di alcuni parametri oltre i limiti della tabella 1 dell'allegato V alla parte IV del DLgs 152/2006 colonna B, per le matrici naturali del terreno sottostante, come anche per le acque sotterranee *non vi è stato in passato e non è in atto attualmente alcun rilascio di sostanze pericolose verso le matrici ambientali potenzialmente esposte, anche alla luce dei test di cessione.*

Punto d'indagine	Quota di rinvenimento del rifiuto misto a demolizione e terreno naturale.	Spessore m	note
S1	Da 0 a -3.0 m	3.0 m	Attualmente non c'è più rifiuto.
S2	Da 0 a -4.0 m	4.0 m	Presenza di rifiuto rosso nello strato più superficiale
S3	Da 0 a -6.0 m	> 6.0 m	Presenza prevalente rifiuto nero
S4	Da 0 a -6.0 m	> 6.0 m	Presenza prevalente rifiuto bianco.
C1	Non rilevato	0	
C2	Da -4.0 a -5.0 m	1.0 m	Da 0 a -4.0 m presenza di materiale di riporto non riconducibile a rifiuti
C3	Da -2.0 a -2.5 m	0.5 m	Da 0 a -4.0 m presenza di materiale di riporto non riconducibile a rifiuti
C4	Non rilevato	0	

RICOSTRUZIONE DELLE LINEE DI DEFLUSSO SOTTERRANEO				
Piezometro	Profondità m	Soggiacenza da p.c. m	Quota assoluta m sim	Quota assoluta falda m sim
PzC1	10	-7.25	395.3 m	388.05 m
PzC3	10	-8.05	394.0 m	385.95 m

Il materiale depositato costituito da terreno naturale, materiali inerti e rifiuti industriali interessa uno spessore variabile tra i 2 e i 6 metri, presenta una contaminazione da metalli che portano mediamente al superamento dei limiti di riferimento per lo Zinco e l'Arsenico. Tuttavia la presenza di questi metalli non ha per ora comportato una contaminazione significativa del terreno sottostante.

Gli strati di terreno sotto il materiale di riporto rispettano tutti i parametri in tutti i campioni esaminati.

I valori sono tutti rispettati anche per il cumulo 1 e per il sondaggio S1.

Si ha quindi una seconda conferma che il materiale non rilascia inquinanti in quantità tali da alterare la qualità del flusso delle acque sotterranee.

Distribuzione dell'area inquinata e valutazioni sulla falda

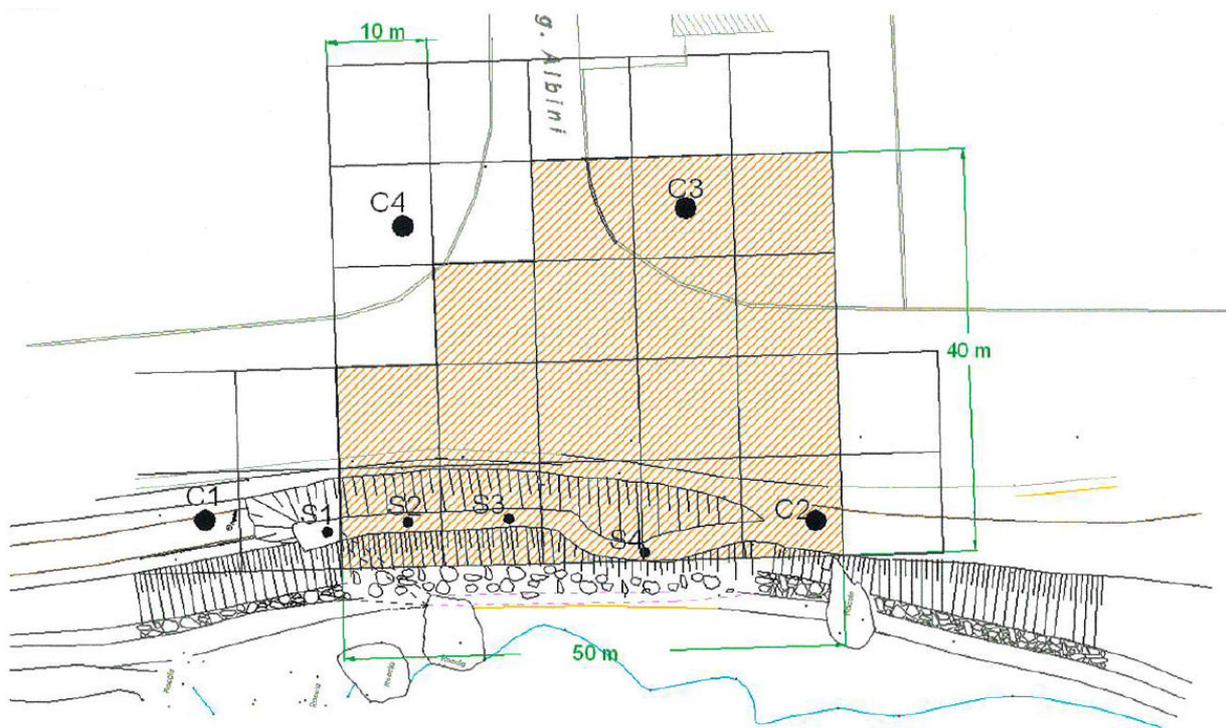
Attraverso una successiva analisi di rischio, valida per una destinazione d'uso assimilabile ad area industriale (Provincia di Bergamo - Area III Viabilità – Servizio Progettazione Opere di Viabilità – S.P. ex S.S. n.671 della valle Seriana – Progetto di messa in sicurezza definitiva del materiale di riporto e terreno rinvenuti durante i lavori di scavo lavori di sistemazione dello svincolo in comune di Vertova S.P. n. ex SS 671 della valle Seriana – Analisi del Rischio - All. 2 parte IV titolo V D.Lgs. 152/2006 CONSULENZE AMBIENTALI, giugno 2008), è stato presentato il progetto di messa in sicurezza dell'area (Provincia di Bergamo - Area III Viabilità – Servizio Progettazione Opere di Viabilità – S.P. ex S.S. n.671 della valle Seriana – Lavori di sistemazione dello svincolo in comune di Vertova – Progetto di messa in sicurezza permanente del materiale contaminato rinvenuto durante le operazioni di scavo - CONSULENZE

AMBIENTALI, giugno 2008). Entrambe i documenti sono approvati con determina del responsabile dell'unità operativa di Vertova (determina n.163 (422) dell'11/08/2008).

La chiusura dei lavori di messa in sicurezza è stata successivamente verificata attraverso specifico Certificato di Regolare Esecuzione (CRE) e dalla determina di approvazione dello stesso.

L'utilizzo di quest'area è quindi conseguente ad una analisi di rischio effettuata su una specifica perimetrazione (vedi pagina seguente e tavola 6) e nel caso debba essere effettuata una variazione di destinazione d'uso è necessaria la revisione dell'analisi e l'eventuale procedura di bonifica.

Questa tipologia di procedura è da tenere in considerazione come riferimento in tutti i casi in cui si dovessero verificare o i superamenti di soglia per ambiti con destinazione urbanistica industriale o commerciale.



Planimetria dell'analisi di rischio ripresa nella cartografia della tavola 6

10. CARTA DEI VINCOLI

(tavola 7)

Questa carta tematica viene quasi completamente rivista rispetto a quella realizzata nel precedente studio geologico a supporto del PGT (A. GRITTI E C. LOCATELLI, 2010) per le variazioni introdotte con il nuovo Documento di Polizia Idraulica, con l'aggiornamento degli studi PAI e PGRA proposti all'interno di questo studio geologico e ad esso allegati e con la revisione delle acque ad uso idropotabile presenti sul territorio di Vertova o nei comuni confinanti.

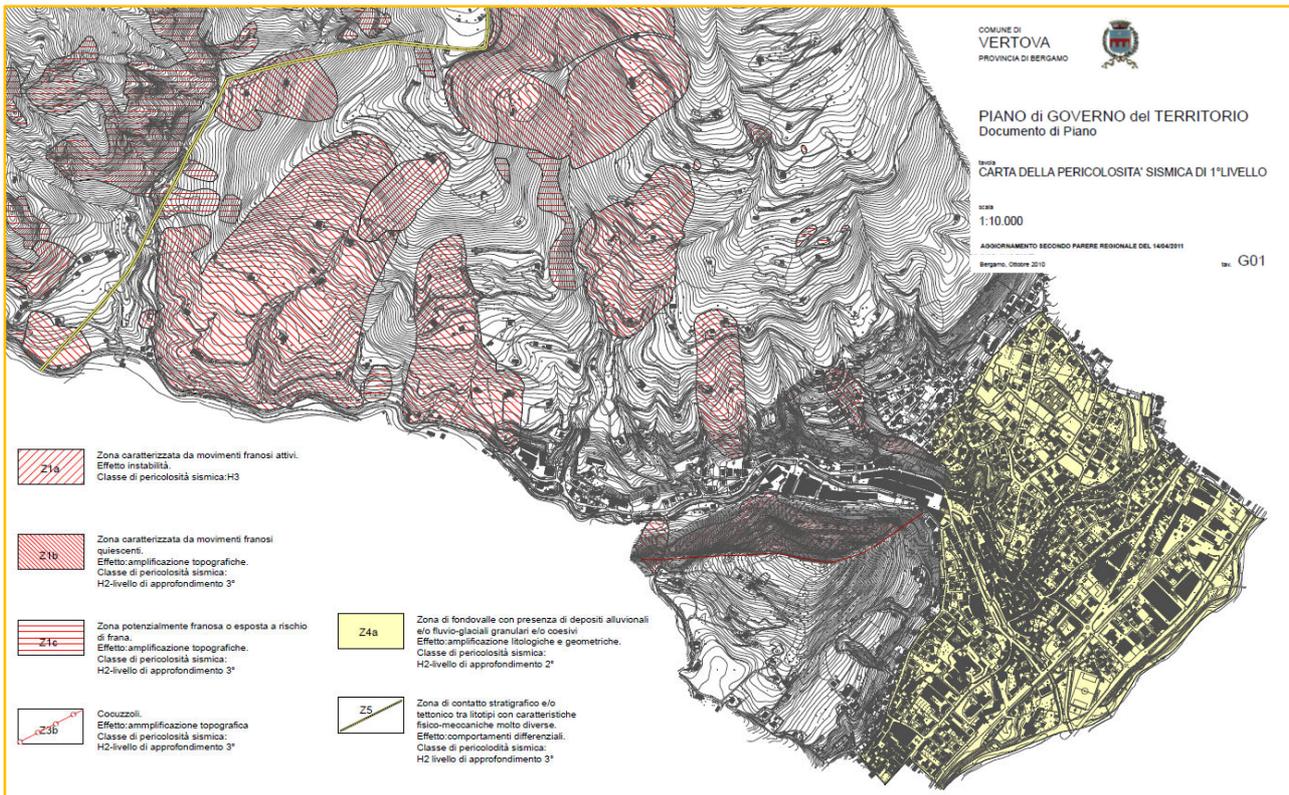
Secondo i *Criteri* attuativi della l.r. 12/05, questo elaborato deve riportare i vincoli di natura geologica che riguardano il territorio comunale, contenuti nei Piani e nella normativa sovraordinata all'atto della compilazione del presente lavoro, con particolare riferimento a:

- il ***Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I.-P.G.R.A.*** qui proposto in aggiornamento a quello vigente, come definito nella relativa carta allegata a questa relazione e dagli studi di dettaglio prodotti. Entro queste perimetrazioni sono in vigore le norme di cui all'art.9 delle N.d.A. del P.A.I., approvate in via definitiva con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, n.18/2001 del 26 maggio 2001 e successivi aggiornamenti e quelle della d.g.r. X/6738 del 19 giugno 2017 relative al Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).
- i ***reticoli idrici principale e minore*** definiti con il *Nuovo Documento di Polizia Idraulica del 2022 sulla base della D.G.R. 14 dicembre 2020 n. XI/4037 e DGR 15 dicembre 2021 n. XI/5714 e della L.R. n.4 del 15 marzo 2016*. Viene indicata anche la conseguente perimetrazione delle fasce di rispetto di ampiezza dieci metri dal ciglio superiore della sponda stabile o dal piede dell'argine, ai sensi del R.D. n.532 del 1904. Tale studio modifica lo studio di definizione effettuato dalla Comunità Montana Valle Seriana nel 2005 (studio GEA), anche per il Comune di Vertova.
- le ***sorgenti captate, i pozzi e le loro fasce di rispetto*** ai sensi del D.lgs. 11 maggio 1999, n.152, integrato dal D.lgs. 18 agosto 2000, n.258, all'art. 21 commi 1, 3, 4 e 7 e con riferimento alla D.G.R. 10 aprile 2003, n. 7/12693, All.1, cap.2, individuando in linea generale dei settori di cerchio del raggio minimo di duecento metri (criterio geometrico), tenendo conto delle possibili direzioni di flusso, e riprendendo in parte le indicazioni del precedente studio geologico aggiornate e corrette. Sorgenti e fasce di rispetto sono indicate sulla base di nuove valutazioni di dettaglio sull'ubicazione delle sorgenti della val Vertova e sulle sorgenti effettivamente sfruttate ad uso idropotabile. A tale proposito si segnala anche che le zone di rispetto delle sorgenti canal di Fra ubicate in comune di Colzate presso il confine con Vertova ricadono in parte sul territorio comunale vertovese.
- Non sono presenti sul territorio di Vertova ***vincoli derivanti dal PTR.***

11. CARTA DEGLI SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA (tavola 8)

11.1. PREMESSA

Nello studio geologico a supporto del PGT redatto nel 2010 era già stata realizzata sia una carta degli scenari di pericolosità sismica di I Livello (tav. G01) realizzata secondo i criteri qui di seguito descritti.



Estratto della tavola G01 dello studio geologico a supporto del PGT del 2010-2011

Le analisi allora effettuate a supporto della definizione della Carta dei Dissesti PAI e “l’analisi della mole di dati geotecnici e stratigrafici disponibili opportunamente elaborati, e dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologica, ecc. dello studio geologico a supporto del PRG), hanno consentito di redigere un’apposita cartografia (a scala 1: 5.000), rappresentata dalla Carta di Pericolosità sismica di 1° Livello”... (omissis).

Dal punto di vista degli scenari di pericolosità sismica locale, per il territorio comunale di Vertova, sono stati considerati gli scenari riportati nella tabella seguente, in grado di rappresentare tutte le possibili condizioni potenzialmente in grado di determinare fenomeni di amplificazione, riconosciute sul territorio.

Sigla	Scenario pericolosità sismica locale	Effetti	Ambiti di applicazione
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	Amplificazioni topografiche	Culminazioni di cresta nella parte più elevata del territorio
Z4a	zone di fondovalle/pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	Area di fondovalle, in fregio al lago, con presenza di sedimenti alluvionali prevalentemente granulari
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltilio-lacustre		Area con presenza di sedimenti alluvionali/detritici da porre in relazione a conoidi alluvionali
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)		Aree con presenza di coltri moreniche lungo i versanti

Un'analisi preventiva al disciplinare di incarico aveva messo in luce riguardo a tale cartografia più incongruenze:

- a) la tavola era rappresentata in scala 1:10.000 e non 1:5.000 come dichiarato in relazione;
- b) degli scenari Z4a, Z4b e Z4c dichiarati in relazione era rappresentato solo lo scenario Z4a relativo solo alle alluvioni del fiume Serio e non a quelle del Vertova; nella relazione invece si descrivono gli scenari Z4a (depositi alluvionali/detritici) e Z4b (Depositi di versante -depositi eluvio/colluviali) non adeguatamente distinti.
- c) per quanto riguarda gli scenari Z1 relativi ai dissesti franosi erano stati indicate le aree ricadenti in frana attiva nel PAI (scenario Z1a) e in frana quiescente (scenario Z1b) inserendo anche ampie superfici con l'indicazione di zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana (scenario Z1c) indicando per lo scenario Z1a effetti dovuti all'instabilità e per le altre due categorie effetti di tipo topografico. In questo caso oltre all'erronea attribuzione degli effetti vi è anche una estrema diffusione delle aree con scenario Z1c che non trovano riscontro nella cartografia prodotta.
- d) lo scenario Z5 viene attribuito nella cartografia ad un lineamento tettonico che però risulta essere completamente spostato rispetto a quello indicato nelle mappe geologiche (circa 100 m verso Est)

Inoltre, allo studio di I Livello era stato affiancato anche uno studio di II Livello attribuendo a Vertova la zona sismica 3 (allora il comune era in zona sismica 4) con una descrizione introduttiva dello studio di II Livello per il territorio di Vertova che era chiaramente non corretta e attribuibile ad altri lavori effettuati dagli autori dello studio geologico. Le valutazioni degli effetti solo per le aree Z4a erano poi state redatte attraverso stime e non attraverso indagini o misure dirette con una non adeguata valutazione delle caratteristiche sismiche e degli spessori dei terreni coinvolti.

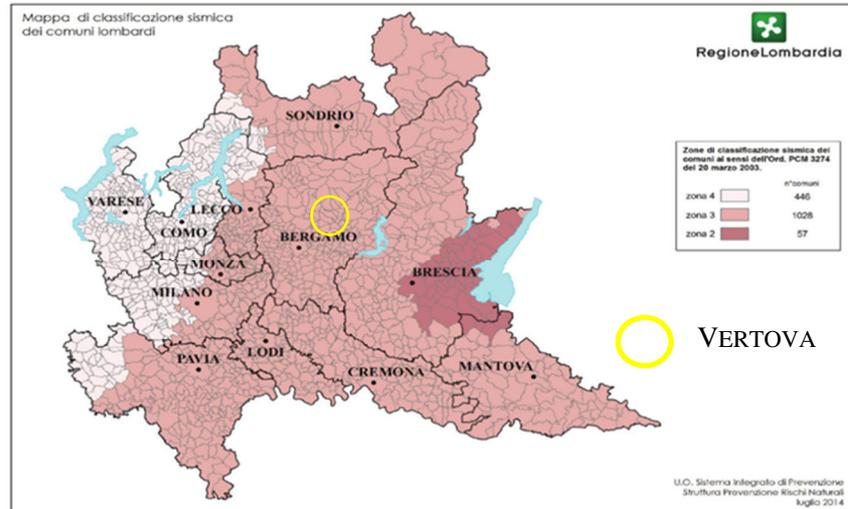
Queste valutazioni sommarie indicano la completa assenza di controllo da parte degli enti predisposti (Provincia di Bergamo o Regione Lombardia) su questa componente dello studio che ha determinato nel caso specifico valutazioni non correttamente adeguate in molte delle relazioni geologiche consultate che ad essa fanno riferimento e che ha portato ad una completa rivalutazione dell'aspetto sismico all'interno del territorio di Vertova.

Pertanto, viene proposto un nuovo studio di I Livello per il territorio di Vertova individuando degli scenari specificati nella tabella 1 dell'allegato 5 della dgr 2616/2011 quelli effettivamente presenti sul territorio di Vertova e ricavati dalla carta litologica e dalla nuova carta PAI-PGRA a seguito degli studi di dettaglio effettuati. Risulta invece da rivedere lo studio di II Livello che in "ZONA 3" sismica deve essere effettuato per tutti gli ambiti individuati ed interferenti con il centro abitato come effetti morfologici per amplificazione topografica (Z3) ed effetti litologici con amplificazioni litologiche e geometriche (Z4).

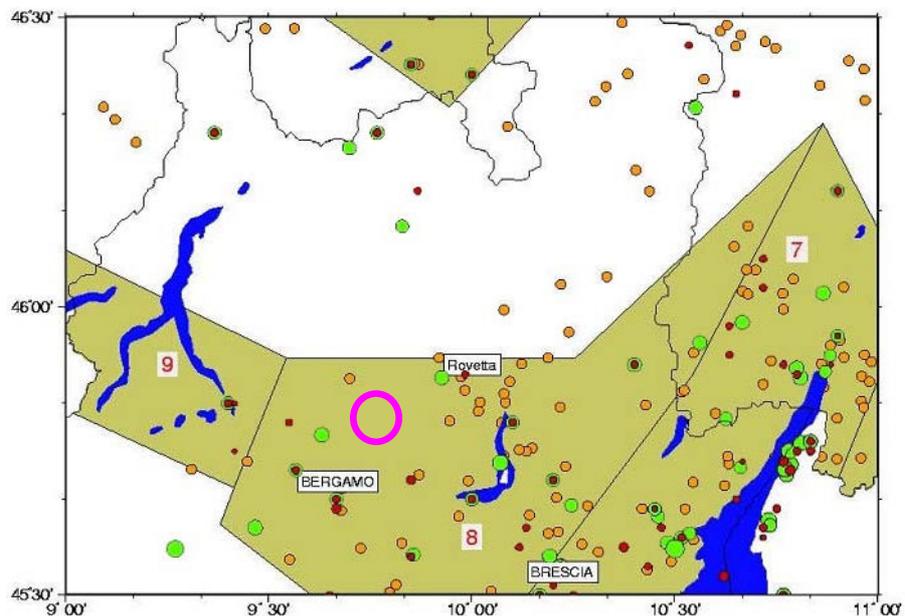
11.2. NUOVO STUDIO GEOLOGICO SISMICO DEL TERRITORIO DI VERTOVA

La più recente classificazione sismica nazionale (recepita da Regione Lombardia con D.G.R. n. X/2129, 11 luglio 2014, e pubblicata sul BURL n.29 S.O. del 16 luglio 2014) ha classificato il territorio della provincia di Bergamo come **ZONA SISMICA 3**, innalzando il grado di pericolosità sismica per il comune di Vertova ed apportando novità per gli accertamenti da eseguire nell'ambito sismico degli studi geologici a supporto del P.G.T.

In questo caso i *Criteri* regionali più aggiornati (D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616) non modificano gli adempimenti per la redazione della carta sismica di I livello limitandosi a un chiarimento per gli scenari di pericolosità sismica nei casi di terreni con scadenti caratteri geotecnici (classe Z2), casi che non sono presenti in territorio vertovese.



Da un punto di vista sismotettonico, il settore centrale del “Sudalpino” è sintetizzato da SCANDONE ET AL. (1990) e MELETTI ET AL. (2000) che, nel contesto nazionale, dividono il territorio lombardo in tre zone (7, 8 e 9) omogenee a riguardo delle strutture tettoniche. Il settore che comprende Vertova (zona sismogenetica 8) è indicato come “zona di interazione tra la piastra adriatica e la piastra europea” e mostra un trend di sforzo principale con asse orientato NNW-SSE e prevalente meccanismo di rottura transpressivo tipico del sovrascorrimento.

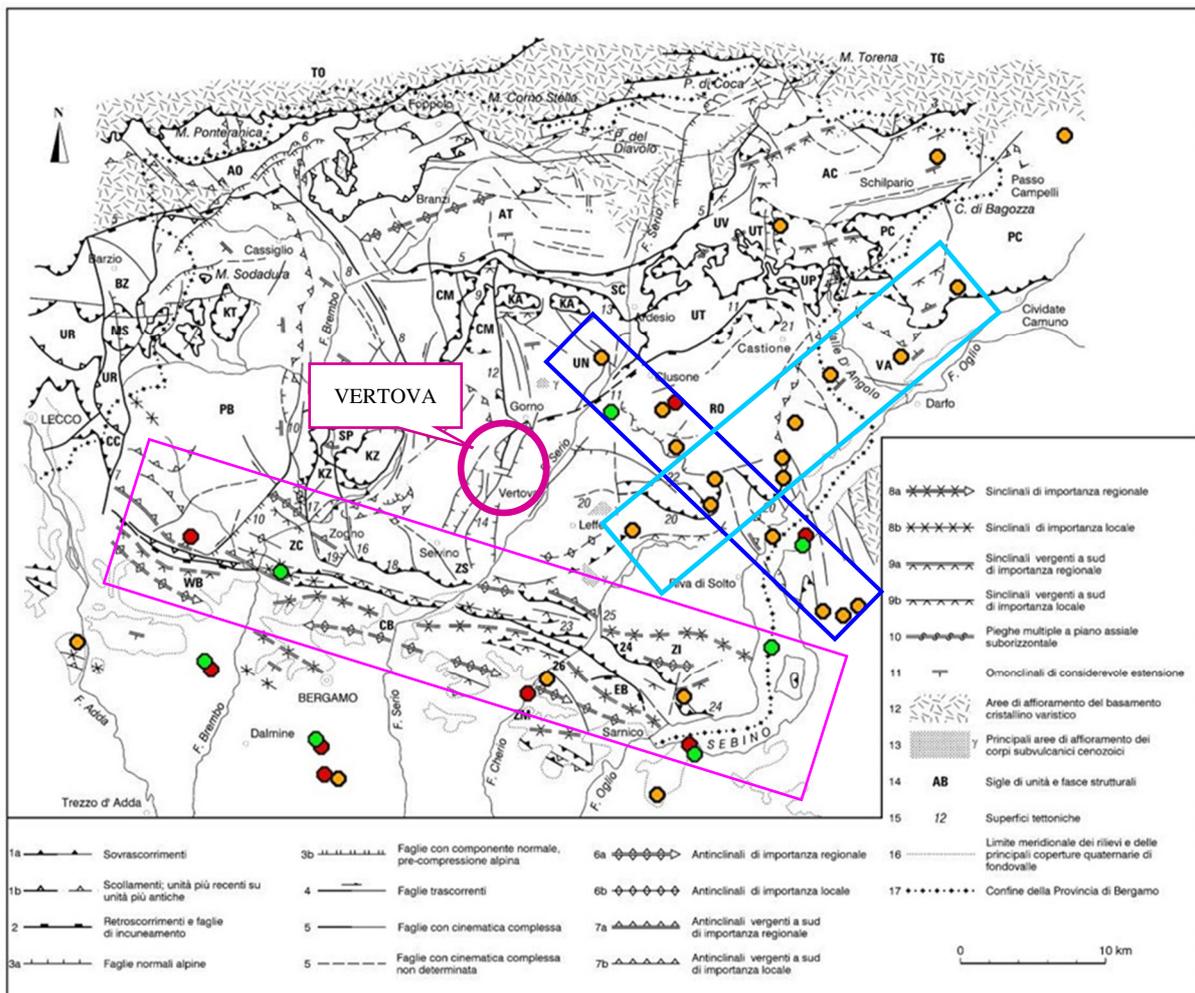


Zonazione sismogenetica (da SCANDONE & AL. 1990, aggiornata): sismicità strumentale 1990-1999 (in arancio, Catalogo ISC - International Seismological Center); sismicità storica (in rosso dal Catalogo NT4.1.1 di CAMASSI & STUCCHI, 1997) e in verde dal CPTI - Catalogo Parametrico Terremoti Italiani;

 Territorio di Vertova

L'attività sismotettonica recente e storica (Catalogo N.T.4.1.1 e Catalogo C.P.T.I.) mostra una densità rilevante nel settore compreso tra il lago di Garda e Bergamo, per un'ampiezza di circa mezzo grado di latitudine. In particolare, si nota una concentrazione rilevante di eventi sismici lungo la valle Borlezza, la bassa Valcamonica e la fascia pedemontana; ciò lascia supporre la presenza di deformazioni attive di una certa entità. L'allineamento della fascia pedemontana indica la presenza di una serie in direzione WNW-ESE, che corrisponde al sistema di pieghe-faglie e sovrascorrimenti presso il passaggio pianura-collina a cui sono associati altri fenomeni sismici.

In Vertova, dove a memoria d'uomo non si ricordano danni collegabili ad eventi sismici, non è registrato alcun epicentro sismico. Anche le pubblicazioni storiche non riportano segnalazioni di terremoti.



Sullo schema geostrutturale della provincia di Bergamo la sismicità strumentale 1990-1999 dal Catalogo ISC (in **arancio**) e la sismicità storica dal Catalogo NT4.1.1 (in **rosso**) e dal CPTI (in **verde**). I riquadri **blu** e **azzurro** evidenziano gli allineamenti di maggior densità della valle Borlezza e sul fronte del "sovrascorrimento di Bossico", quello **magenta** segna la fascia pedemontana. In corrispondenza del territorio di Vertova dove è evidenziata una struttura con faglie distensive non vi sono evidenze di sismicità.

11.3. INDAGINE SISMICA DI 1° LIVELLO (TAVOLA 8)

Lo studio sismico di **primo livello**, propedeutico ai successivi approfondimenti, consiste nell'analisi dei dati contenuti nella cartografia di base del presente studio geologico (carte litostrutturale, geomorfologica e geomorfologica con legenda uniformata P.A.I.-P.G.R.A.) e nella conseguente stesura di una "Carta degli scenari di pericolosità sismica". Quest'ultima contiene le perimetrazioni areali e gli elementi lineari che rappresentano diverse "situazioni tipo" in grado di determinare effetti di amplificazione sismica locale, come indica la tabella a lato, aggiornata ai Criteri più recenti (Allegato 5 della D.G.R. 2616/2011).

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide dellizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Rispetto a queste categorie il territorio di Vertova non contempla gli scenari "Z1c" (zone potenzialmente franose), quelli "Z2" (terreni soggetti a cedimenti e liquefazioni), gli scenari "Z4c" (zone morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi) e "Z4d" (zone con presenza di argille residuali e terre rosse).

ZONA Z1:

in questa vasta categoria rientrano tutte le **aree in frana**, attive o quiescenti, individuate secondo i criteri P.A.I. nello studio di dettaglio presentato. In tali aree un sisma potrebbe generare o riattivare forme di instabilità, sia in modo diretto, imprimendo un'accelerazione alle singole particelle, sia indirettamente, aumentando la pressione dell'acqua nei pori (pressione neutra) per quello che riguarda le aree su terreni. Come indicato nello studio di dettaglio le aree in frana stabilizzata non sono suscettibili di amplificazione sismica tanto che i fattori di sicurezza ottenuti dalle verifiche sono superiori ai valori di riferimento normativi; per questo motivo non sono inserite come scenari Z1c.

Aree in frana attiva o quiescente (rispettivamente zona Z1a e zona Z1b) sono state individuate prevalentemente in zone ove sono possibili cadute massi che interessano soprattutto le aree a quote più elevate del bacino idrogeologico della val Vertova.

ZONA Z3:

I cigli delle scarpate alte più di dieci metri (Z3a), insieme ai pinnacoli e alle creste rocciose (Z3b), sono suscettibili ad **amplificazioni** di tipo "topografico", cioè legate alla particolare morfologia e alle aspre irregolarità del terreno, che determinano una specie di focalizzazione delle onde sismiche, per fenomeni di riflessione e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello difratto. In questa carta sono riportati, oltre ai crinali che segnano gli spartiacque superficiali, gli orli delle scarpate morfologiche in corrispondenza di scarpate rocciose acclivi (Scadasc, Cornalascia, zona Ovest di Cuncer, Barisei). Alcuni elementi connessi ad aree edificate sono stati oggetto di analisi di II Livello.

I terrazzi fluvioglaciali e/o i vecchi terrazzi alluvionali in territorio di Vertova sono collocati in terreni il cui effetto di amplificazione litologica è preponderante a quello di scarpata che peraltro non è in roccia; per tale motivo non vengono indicati come appartenenti a questi scenari sismici. Anche i numerosi pinnacoli presenti nelle parti a quote più elevate del territorio vertovese sono indicati solo se connessi alle creste come elementi delle creste stesse e non isolati singolarmente generalmente per le loro esigue dimensioni.

ZONA Z4:

In questa ampia categoria rientrano tutti quei terreni, di varia origine, che possono generare affetti di **amplificazione** di tipo “litologico” (legate alle proprietà meccaniche del materiale che costituisce il deposito stesso) e/o geometrico (legate alla forma e geometria del corpo sedimentario - lenti, eteropie ed interdigitazioni, ecc.). Queste condizioni possono provocare amplificazioni locali, fenomeni di risonanza tra l’onda sismica incidente e il moto sismico proprio del terreno e fenomeni di doppia risonanza tra il periodo fondamentale del moto sismico incidente e quello del terreno e le eventuali sovrastrutture presenti.

Aree di fondovalle con presenza di terreni alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi, classificabili come Z4a, si ritrovano lungo l’alveo del fiume Serio e della parte terminale della valle Vertova, oltre che i terrazzi morfologici di origine alluvionale e fluvioglaciale su cui sorge quasi tutto l’abitato di Vertova. Lo spessore degli stessi terreni è generalmente superiore alla decina di metri nella piana del fiume Serio, mentre si riduce a pochi metri sul fondovalle del Vertova, soprattutto nella zona tra la valle Masna e la zona di Pendigia dove l’alveo del torrente è in roccia.

I terreni che ricadono nella Zona Z4b sono diffusi soprattutto sul versante settentrionale della valle Vertova in corrispondenza delle zone corrispondenti alle frane relitte o alle aree detritiche, nella fascia di raccordo tra i terrazzi fluvioglaciali e il versante occidentale del crinale che si delinea a SSE del monte Cavlera (zona sotto via S. Patrizio) e nella zona del versante meridionale del monte Cloca e del versante seriano dove sorgono Polecc e Magnot. Questi ultimi sono in parte anche terrazzi fluvioglaciali, ma si assegna loro la zona Z4b per la presenza di coltri colluviali e per la superficie dotata di una moderata acclività superiore a quella dei pianori/terrazzi.

ZONA Z5:

Le aree che ricadono nella Zona Z5 sono soggette ad **amplificazioni** locali legate, oltre che alle differenti capacità meccaniche dei materiali coinvolti, anche alla presenza d’acqua. Sulla “*Carta degli scenari di pericolosità sismica*” sono riportati con tratto verde i contatti tra le varie formazioni rocciose e i terreni sciolti (depositi alluvionali, detrito di falda, depositi fluvioglaciali e glaciali). Per questa zona non è necessario procedere alla valutazione quantitativa mediante un approfondimento d’indagine a livello superiore (studi di secondo e terzo livello), poiché questo scenario esclude la possibilità di erigere costruzioni a cavallo tra due litotipi diversi, mentre viene consentita la costruzione qualora, mediante appositi accorgimenti, la struttura venga appoggiata su un unico tipo di materiale.

Le aree individuate sulla “*Carta degli scenari di pericolosità sismica*” sono riportate con una retinatura trasparente anche nelle carte di fattibilità geologica di piano, come prescritto dai criteri attuativi della L.R. n. 12/05. Tale sovrapposizione non influisce sulla determinazione della classe di fattibilità, ma fornisce indicazioni utili sullo spettro di risposta elastica da utilizzare in fase di progettazione, come previsto dal già citato D.M. 17.01.2018.

11.4. INDAGINE SISMICA DI 2° LIVELLO (TAVOLA 8)

In forza della riclassificazione da zona sismica 4 a zona sismica 3 per il comune di Vertova (D.G.R. n. X/2129, 11 luglio 2014, e pubblicata sul BURL n.29 S.O. del 16 luglio 2014), gli attuali Criteri ai sensi dell'Allegato 5 della D.G.R. 30 novembre 2011, n. IX/2616 prevedono che debbano essere effettuati approfondimenti di studio sismico di II livello nelle zone Z3 e Z4 individuate nella Carta degli Scenari di Pericolosità Sismica (I livello) non solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione in base all'elenco tipologico definito nella d.d.u.o. n.19904/, ma per tutto il territorio comunale. Tale studio di II Livello viene completamente rivisto rispetto a quello del 2011.

Lo studio di II livello riguarda le amplificazioni di carattere morfologico (scenari "Z3") e litologico (scenari "Z4") ed è esteso all'intero territorio vertovese, anche se concentrato soprattutto negli ambiti edificati. Con i metodi indicati dai Criteri normativi per valutare i due tipi di scenario si ottiene in ciascuno dei casi un Fattore di amplificazione (Fa calcolato). Il valore ottenuto per lo scenario di amplificazione topografica deve essere confrontato con il coefficiente di amplificazione topografica (S_T) indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (Tabella n.3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018); quello ottenuto per lo scenario di amplificazione litologica è invece confrontato con il Fattore soglia (Fs) fornito da Regione Lombardia (soglie_lomb_2008.xls – REGIONE LOMBARDIA).

Quando il fattore "Fa" è minore di "Fs" e/o di " S_T " (con una tolleranza $Fa < Fs+0,1$) è sufficiente applicare la Normativa nazionale (D.M. 17 gennaio 2018) per determinare i coefficienti moltiplicativi della sollecitazione sismica (coefficienti di sottosuolo " S_S " e di amplificazione topografica " S_T "); in caso contrario, occorre effettuare approfondimenti di III Livello in sede di progettazione edilizia.

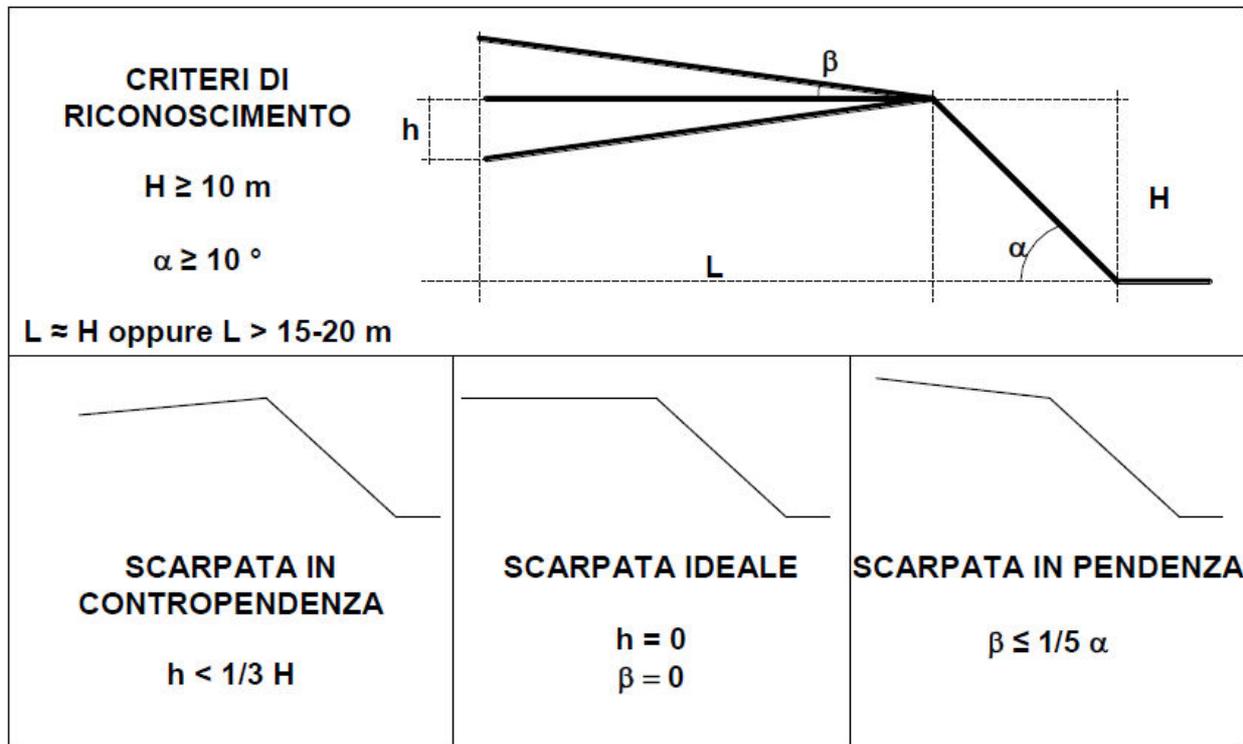
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE TOPOGRAFICHE (DM 17.01.2018)	UBICAZIONE INTERVENTO	CATEGORIA TOPOGRAFICA	S_T
Superficie pianeggiante pendii o rilievi isolati con inclinazione media minore di 15°		T1	1,0
Pendii con acclività media maggiore di 15°	sommità del pendio	T2	1,2
Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media tra 15° e 30°	cresta del rilievo	T3	1,2
Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30°	cresta del rilievo	T4	1,4
CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE (soglie_lomb_2008.xls – REGIONE LOMBARDIA)	PERIODO DI OSCILLAZIONE		
	T = 0,1÷0,5 sec	T = 0,5÷1,5 sec	
B	1,4	1,7	
C	1,9	2,4	
D	2,2	4,2	
E	2,0	3,1	
<i>Fattori di soglia (Fs) per le amplificazioni morfologiche (topografiche) e litologiche per il comune di Vertova</i>			

11.4.1 EFFETTI MORFOLOGICI

Nel caso in esame sono stati analizzati tutti gli elementi passibili di amplificazione morfologica interferenti con le aree urbanizzate e di espansione urbanistica individuati con il primo livello di approfondimento e rappresentati nella carta della pericolosità sismica locale (zone Z3 - creste e scarpate). I dati morfometrici delle creste e delle scarpate sono stati ricavati da Google Earth e controllati con la Carta Aerofotogrammetrica comunale alla scala 1:5.000 realizzando un certo numero di profili topografici.

SCENARIO DI SCARPATA (Z3a)

Le caratteristiche geometriche e i valori di riferimento degli effetti morfologici che determinano amplificazione topografica per lo scenario Z3a sono indicati nell'allegato 5 e qui di seguito riproposti.

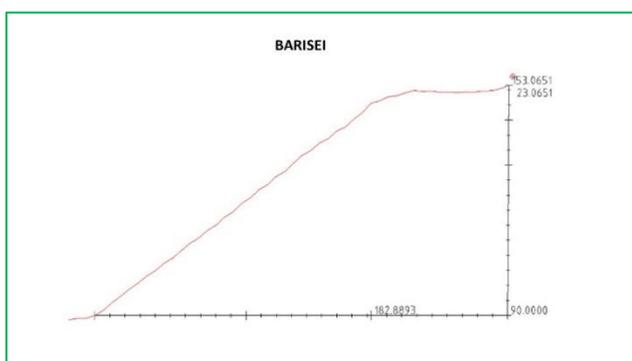
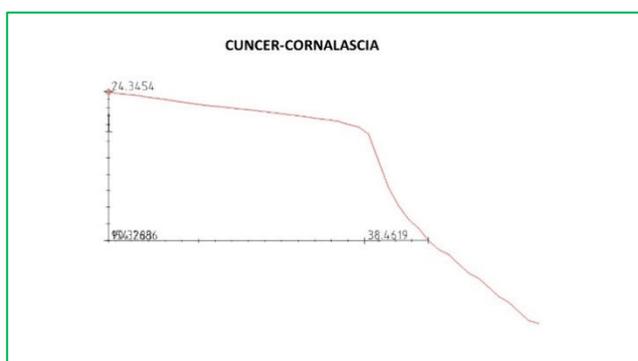
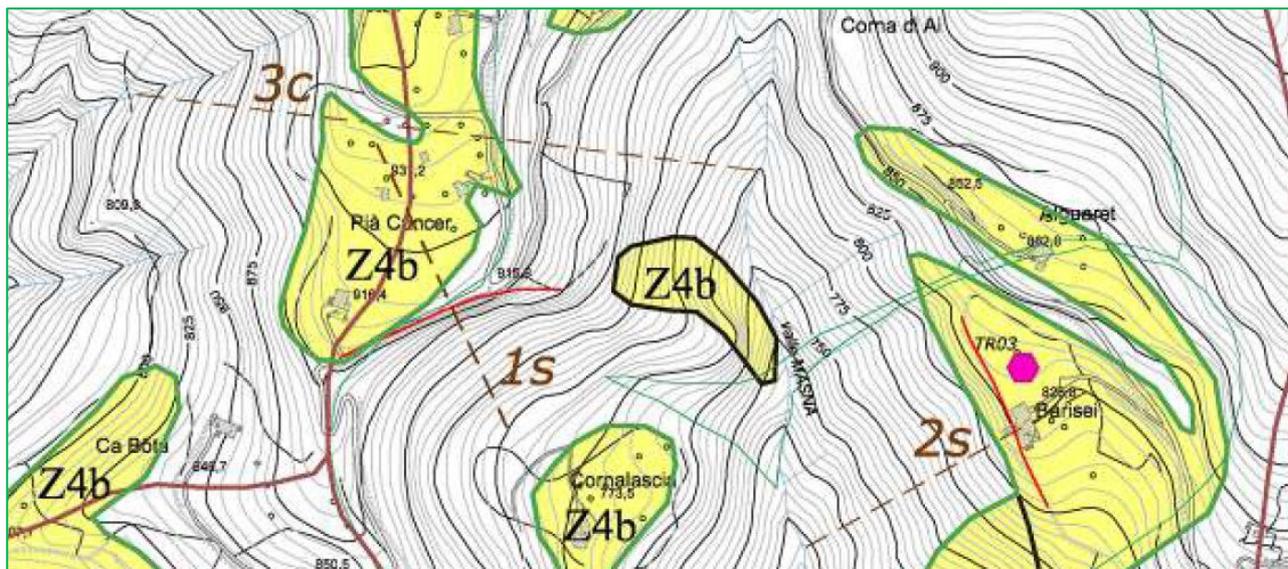


Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Effetti morfologici – SCARPATA – Scenario Z3a

Tra le varie scarpate individuate sono state analizzate due differenti scarpate sul territorio vertovese nelle quali sono presenti a monte della scarpata edifici, anche se isolati:

- A) la scarpata in corrispondenza del pianoro di Pià Cuncer in direzione di Cornalascia dove la parete rocciosa si sa essere affetta da distacchi di blocchi (profilo 1S);
- B) la scarpata in corrispondenza della cascina Barisei (profilo 2S);



APPROFONDIMENTI PER EFFETTI MORFOLOGICI DI SCARPATA - SCENARIO Z3a

CODICE	LOCALITA'	MORFOLOGIA	SICLA SEZIONE	PARAMETRI SCARPATA						VALIDITA' SCARPATA	AREA INFLUENZA Ai	FATTORE DI SOGLIA CALCOLATO Fa _{0,1-0,5}	FATTORE TOPOGRAFICO S _{T(17.01.2018)}		VALIDITA' NORMATIVA 17.01.2018
				H	L _{comp}	α	L	h	β				CATEGORIA	S _T	
	Cuncer - Cornalascia	SCARPATA	1s	90	38	67.1	154	24	8.9	SI	60	1.2	T4	1.4	ADEGUATA
	Barisei	SCARPATA	2s	153	182	40.1	90	23	14.3	SI	102	1.3	T4	1.4	ADEGUATA

I risultati dell'analisi indicano che il fattore topografico di amplificazione topografica (categoria T4 del D.M. 17.01.2018) è sempre adeguato a valutare l'azione sismica. Il valore di Fa massimo ottenuto nelle varie situazioni analizzate è risultato pari ad 1,3. Occorre osservare che per lo scenario di scarpata (Z3a) il valore massimo che si può ottenere con la procedura dei Criteri regionali è Fa = 1,3. Il termine di confronto, costituito dal coefficiente di amplificazione topografica (S_T = 1,2 o 1,4 a seconda della categoria) con la tolleranza (+0,1) risulta uguale (Fa_{tol} = 1,3 o 1,5).

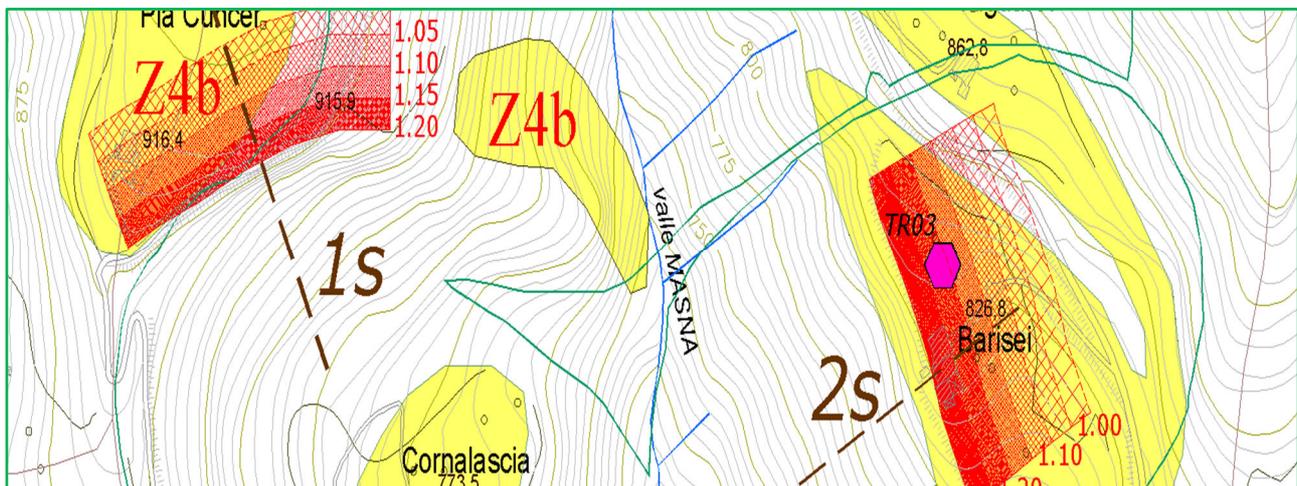
Di conseguenza, qualunque sia la sezione di verifica, la Normativa nazionale per i cigli di scarpata è sempre applicabile nell'ambito di edifici fino a cinque piani di altezza (0,1sec < T < 0,5 sec); per edifici più alti (0,5 sec < T < 1,5 sec) in sede di progettazione è necessario effettuare approfondimenti di III livello.

È importante che l'area interessata dal fattore di amplificazione topografico relativo allo scenario di scarpata sia considerata alla stregua di una fascia con fattore di amplificazione che diminuisce progressivamente dal valore massimo (S_T = 1,2) in corrispondenza dell'orlo di scarpata al fattore 1 al limite dell'area di influenza specificata nella tabella esplicativa dell'allegato 5 dei Criteri qui di seguito riportata.

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1+0,5}$	Area di influenza
$10\text{ m} \leq H \leq 20\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20\text{ m} < H \leq 40\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4}H$
$H > 40\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3}H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Area di influenza dei diversi tipi di scarpata, secondo i Criteri regionali

L'immagine sottostante riporta l'esempio dell'area di influenza per le zone di scarpata di Barisei e di Pià Cuncer-Cornalascia ove si nota come le cascine di Barisei e di Pià Cuncer rientrano in tale ambito con i seguenti valori di S_T : Barisei - $S_T = 1.27$ e Pià Cuncer - $S_T = 1.10$.

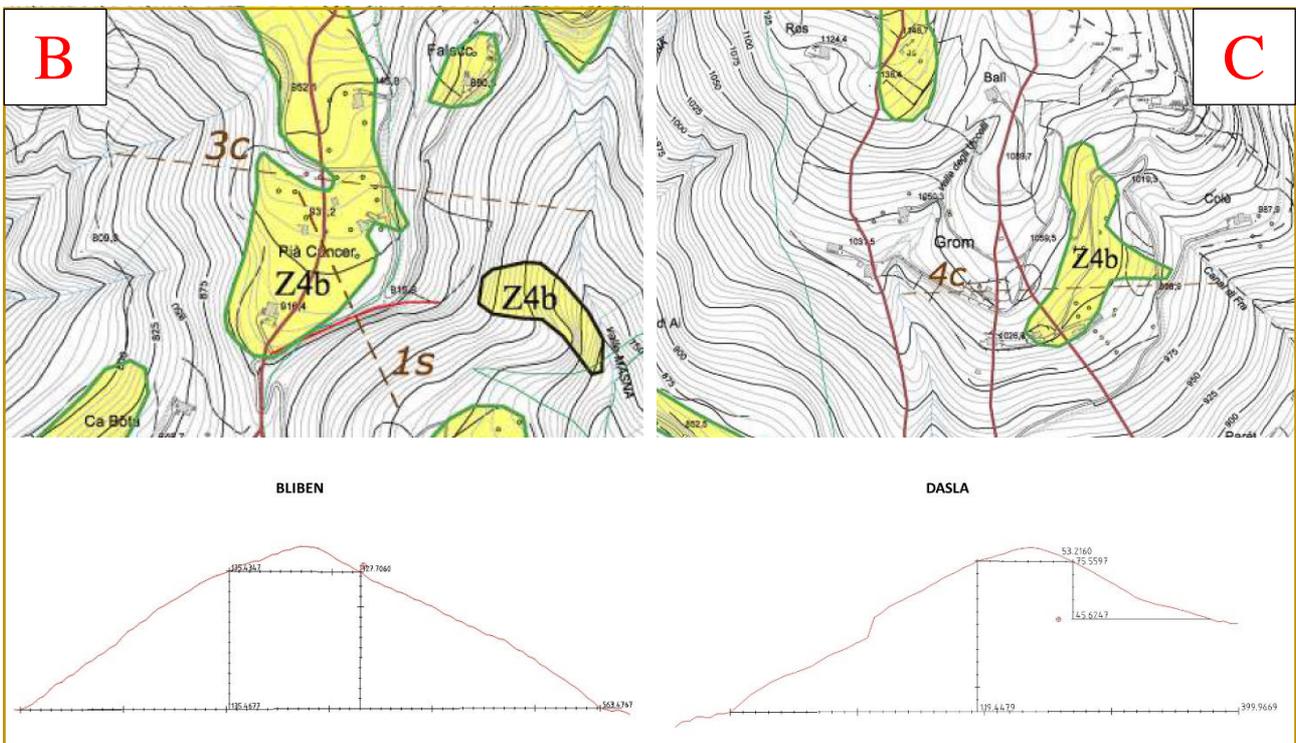
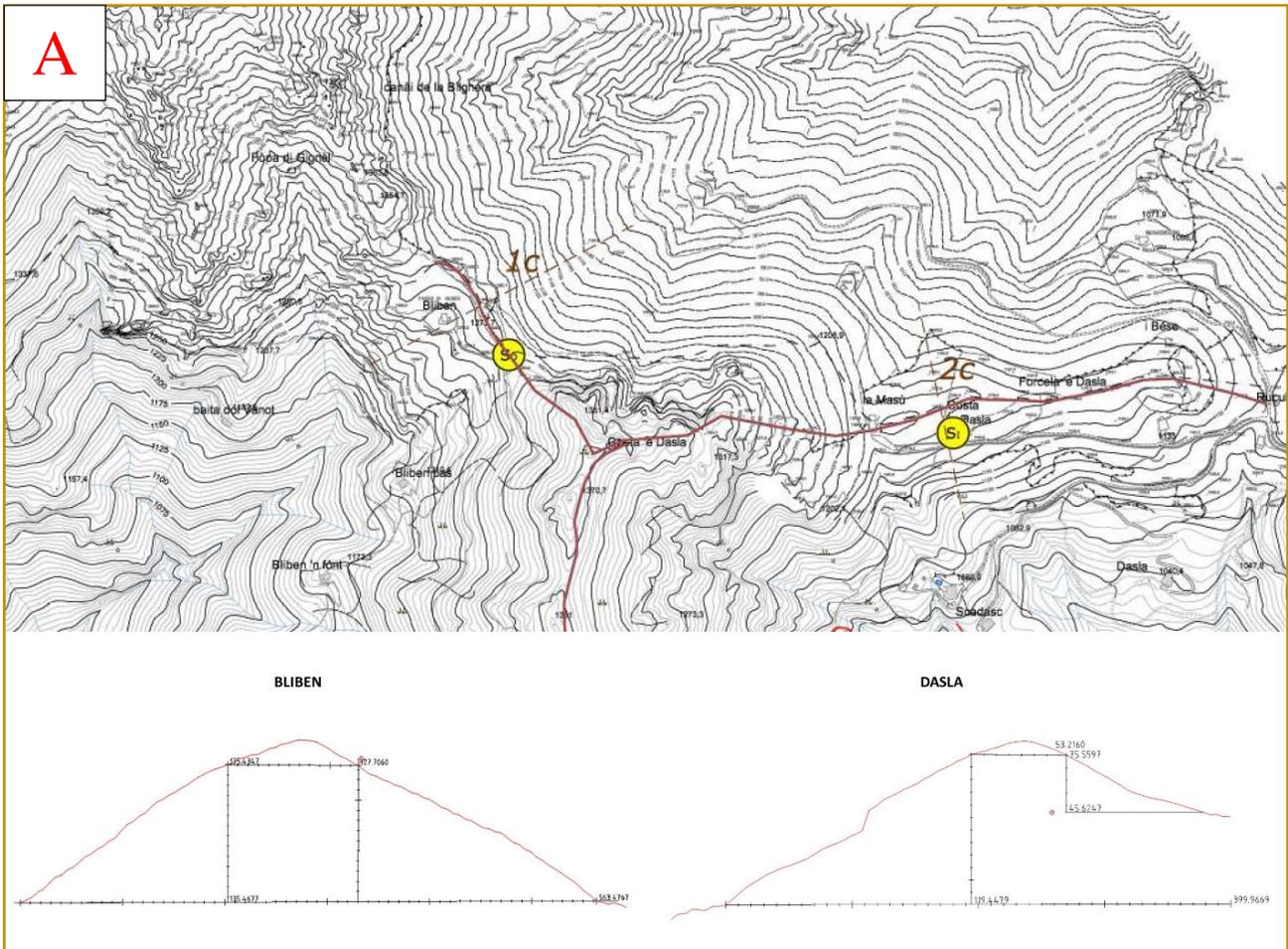


Area di influenza del fattore topografico relativo alla scarpata Z3a delle zone Barisei e Cuncer-Cornalascia

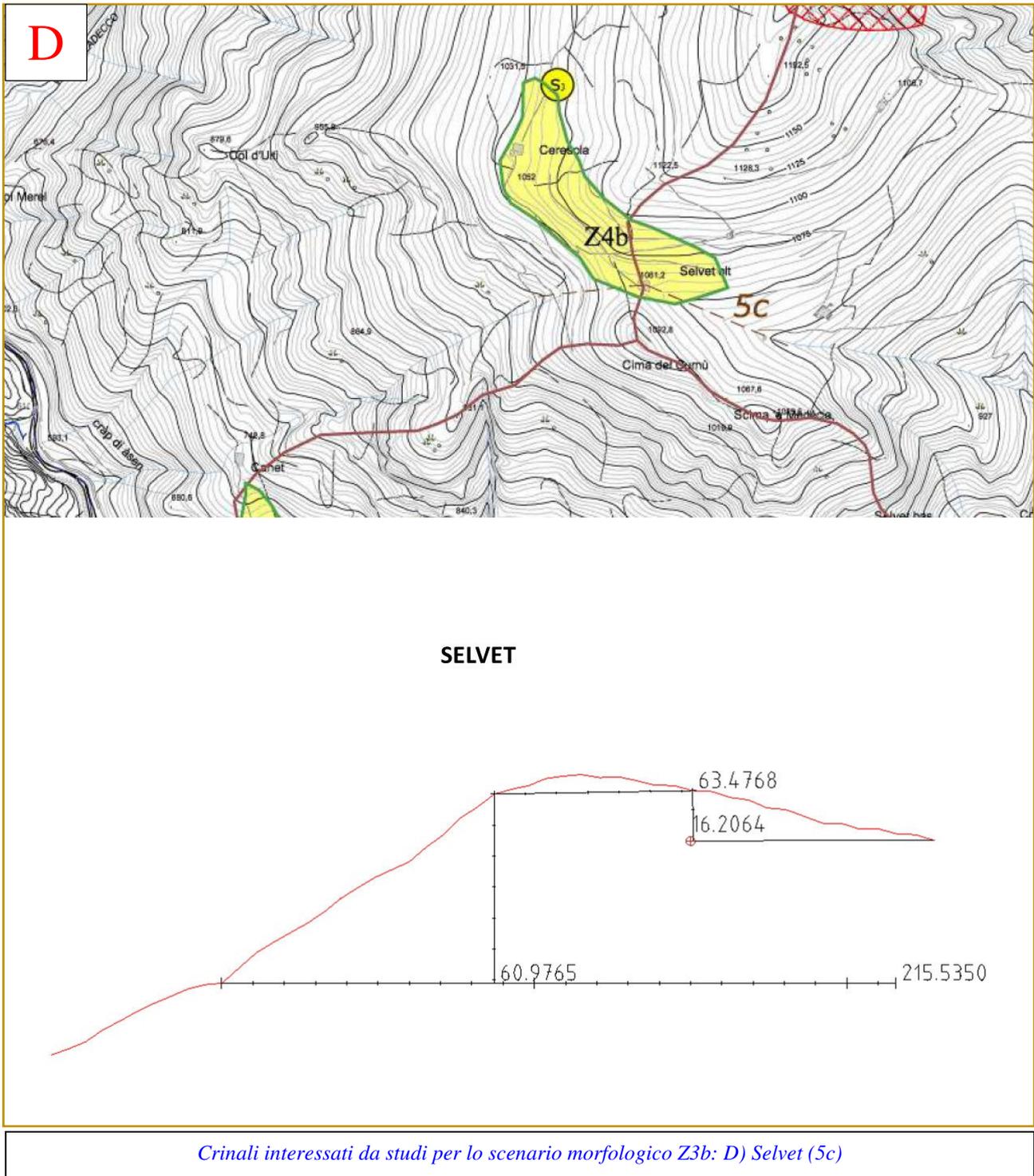
SCENARIO DI CRESTA O CRINALE (Z3b)

Sono stati analizzati differenti crinali collocati all'esterno del centro urbanizzato, ma localizzati in aree con presenza di cascinali e case ristrutturate a quote generalmente elevate rispetto al centro abitato di Vertova ubicato sulla piana del paese; la loro localizzazione è facilmente identificabile sulla tavola 8. In particolare, sono state analizzate:

1. la cresta che in corrispondenza di Bliben (1c) che separa la valle Vertova dalla valle Musso;
2. la cresta presso Dasla (2c) che continua dallo spartiacque di Bliben;
3. la cresta di Pià Cuncer(3c), già interessata anche dallo scenario di scarpata Z3a, che separa la valle di Lacnè dalla valle Masna;
4. la cresta presso Grom (4c) sullo spartiacque della valle degli Uccelli verso Est;
5. la cresta presso Selvet (5c) lungo lo spartiacque del monte Ceresola verso Sud.

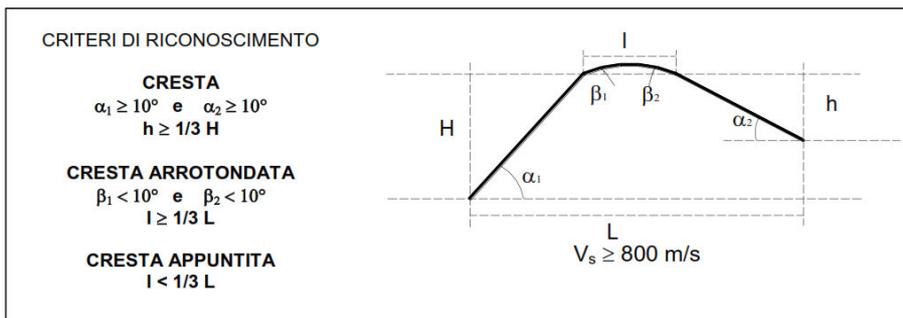


Crinali interessati da studi per lo scenario morfologico Z3b: A) Bliben (1c) e Dasla (2c), B) Pìa Cuncer (3c), C) Grom (4c)

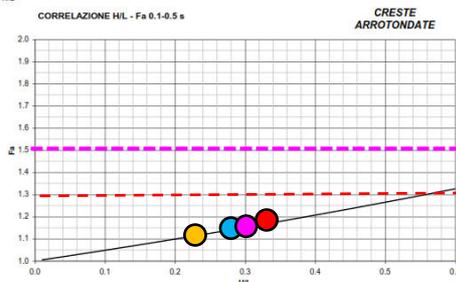
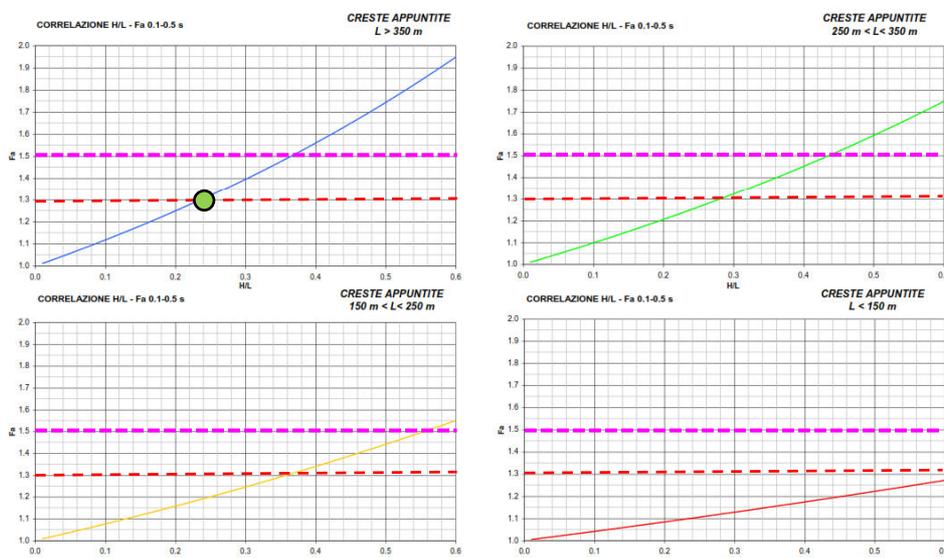


Per le creste, la procedura prevista dalla Normativa fornisce cinque diverse curve, che dipendono dalle caratteristiche geometriche dei rispettivi profili topografici, con valori “Fa” anche molto elevati ($Fa_{max} = 1,95$); è quindi necessario determinare l’effettivo valore di Fa ed effettuare il confronto con i coefficienti topografici S_T delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b



	L > 350	250 < L < 350	150 < L < 250	L < 150
Creste Appuntite	$Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$
Creste Arrotondate	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



LEGENDA

- CRINALE BLIBEN
- CRINALE DASLA
- CRINALE PIÀ CUNCER
- CRINALE GROM
- CRINALE SELVET

--- SOGLIA T3 $ST = 1,2+0,1$
--- SOGLIA T4 $ST = 1,4+0,1$

APPROFONDIMENTI PER EFFETTI MORFOLOGICI DI CRESTA - SCENARIO Z3b																
CODICE	LOCALITA'	MORFOLOGIA DI CRESTA	SIGLA SEZIONE	PARAMETRI CRESTA								FATTORE DI SOGLIA CALCOLATO $Fa_{0.1-0.5}$	FATTORE TOPOGRAFICO $S_{T(14.01.2008)}$		VALIDITA' NORMATIVA 17.01.2018	
				H	L	α_1	α_2	l	h	β_1	β_2		H/L	CATEGORIA		S_T
	Bliben	APPUNTITA	1c	135	563	34	29.7	128	134	32	33	0.24	1.30	T4	1.4	ADEGUATA
	Dasla	ARROTONDATA	2c	120	400	31.6	23.1	76	46	13	27	0.50	1.15	T4	1.4	ADEGUATA
	Cuncer	ARROTONDATA	3c	132	398	39.2	40.4	138	80	6	28	0.33	1.17	T4	1.4	ADEGUATA
	Grom	ARROTONDATA	4c	92	400	21.8	22.7	95	31	17	16	0.23	1.11	T3	1.2	ADEGUATA
	Selvet	ARROTONDATA	5c	60	215	33.7	11.7	63	16	11	17	0.28	1.14	T4	1.4	ADEGUATA

Anche in questo caso l'analisi dei risultati indica che il fattore topografico di amplificazione topografica (categoria T3 o T4 del D.M. 17.01.2018) è sempre adeguato a valutare l'azione sismica. Nel caso si studiassero i pinnacoli (creste appuntite), poiché ricadrebbero sempre nel caso $L < 150$ m con $S_T < 1.27$, i valori di normativa sarebbero sempre sufficienti per l'analisi dell'effetto topografico.

11.4.2 EFFETTI LITOLOGICI

Gli effetti litologici sono in parte stati valutati nel corso di indagini effettuate nel corso degli ultimi 10 anni, di cui sono disponibili non solo le indagini sismiche, ma frequentemente anche le stratigrafie ottenute da pozzetti, prove penetrometriche e sondaggi come descritto per la carta geotecnica.

Come già detto in premesso il precedente studio del 2010 è stato completamente revisionato utilizzando tre distinti gruppi di indagini:

- a) quelle già effettuate sul territorio di Vertova e rese disponibili dall'Ufficio tecnico;
- b) quelle appositamente realizzate per questo studio per integrare le indagini note ed avere una diffusione più capillare sul territorio in modo da valutare nel modo più corretto possibile la necessità o meno di effettuare studi di dettaglio di III Livello o di utilizzare i modelli semplificati della normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018) per l'analisi sismica;
- c) quelle utilizzate per lo studio di dettaglio relativo alla ridefinizione delle attività delle frane nel settore orientale del territorio di Vertova, descritte nello specifico studio allegato (Comune di Vertova – *Studio geologico di approfondimento relativo alle frane inserite nella cartografia PAI nel settore orientale del comune di Vertova* – STUDIO GEOTER, 2022).

Tutte le indagini disponibili ed utilizzate sono riportate con apposite sigle identificative nella tavola 8.

La procedura *per la verifica delle amplificazioni litologiche* descritta nell'allegato 5 dei *Criteri applicativi (allegato 5 della D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616)* indica la necessità di effettuare indagini sismiche di dettaglio, che permettano di individuare l'andamento della velocità delle onde V_S con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s (quando possibile) o di raggiungere il bedrock sismico attraverso interpolazione dei dati.

Tali "stratigrafie sismiche" devono poi essere confrontate con le specifiche schede di valutazione riportate nei *Criteri* normativi, schede suddivise in base alla classe granulometrica prevalente della stratigrafia. Utilizzando la matrice relativa a quella scheda si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del "Fattore di Amplificazione" (F_a) nell'intervallo $s = 0,1 \div 0,5$ e nell'intervallo $s = 0,5 \div 1,5$ secondo il valore del periodo proprio del sito (T) e la velocità media delle onde di tagli dei primi strati (superiori a 4 m).

Il valore di F_a determinato dovrà essere confrontato con il corrispondente valore di soglia (F_s) calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17 gennaio 2018) soggette ad amplificazioni litologiche (classi B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo prima definiti. Tale valore di soglia calcolato è fornito da Regione Lombardia, in una banca dati che raccoglie i dati di tutto il territorio regionale.

Dal confronto tra i due valori, considerando equivalenti con una variabilità pari a +0.1, si determina se per quell'area o per quel sito specifico la normativa vigente sia sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito ($F_a < F_s$) o non lo sia ($F_a > F_s$). Nel primo caso, come conseguenza di questo studio, può essere applicato lo spettro previsto dalla normativa (D.M. 17 gennaio 2018), nell'altro invece dovranno essere effettuati studi più approfonditi di livello III in fase di progettazione edilizia o utilizzare lo spettro di norma della categoria di suolo superiore.

Le indagini sismiche utilizzate sono in generale stendimenti di geofoni a bassa frequenza con indagine MASW e più frequentemente misure a stazione singola HVSR realizzate con Tromino o strumenti simili, talvolta tarati l'uno rispetto all'altro (scuola media di via S. Carlo) o addirittura con indagini sovrapposte tra loro per una non adeguata ricerca nel corso dello specifico lavoro come avvenuto per la

MASW realizzata per il nuovo parcheggio comunale di via Roma adiacente alla scuola elementare (dott. geol. E. Mosconi, 2011) ripetuta per l'indagine a supporto della Certificazione Sismica della scuola elementare (dott. geol. M. Crippa, 2019 all'interno della relazione redatta dallo studio TECNOINDAGINI). In ogni caso si tratta in generale di indagini geofisiche con alta attendibilità.

Anche per quanto riguarda i dati litologici quelli stratigrafici l'affidabilità è generalmente alta o tuttalpiù media nel caso delle sole indagini penetrometriche.

STUDI SISMICI GIA' REALIZZATI PER INTERVENTI PUBBLICI E/O PRIVATI

Con l'entrata in vigore dell'obbligatorietà delle indagini sismiche a seguito della riclassificazione delle zone sismiche le pratiche edilizie, soprattutto per nuove costruzioni, ristrutturazioni di una certa importanza o interventi per opere pubbliche sono sempre state affiancate da indagini geologiche e da indagini sismiche. Pertanto, sul territorio di Vertova, grazie alle relazioni reperite presso l'Ufficio Tecnico o realizzate dal mio studio in passato, sono state recuperate una ventina di indagini nelle quali erano state effettuate indagini sismiche e talvolta anche analisi di II Livello secondo i criteri regionali.

Questi dati sono stati analizzati e riveduti, laddove necessario, per sintetizzarli all'interno dello schema seguente in cui la sigla fa riferimento all'indagine riportata nella tavola Litotecnica e delle Procedure Ambientali (tavola 6), ma anche nella tavola degli Scenari di Pericolosità Sismica (tavola 8). Per la riproducibilità delle schede viene anche riportata una tabella con spessori e velocità delle onde di taglio.

Quasi tutte le indagini riguardano lo scenario Z4a relativo ai terreni alluvionali o fluvioglaciali su cui più intensamente si è sviluppata l'urbanizzazione a parte un'indagine in via A. Testa che interessa i terreni colluviali/detritici all'interno dello scenario Z4b (area che ha visto l'urbanizzazione più consistente negli ultimi vent'anni, ma di cui sono state reperite poche indagini).

Come evidenziato dalla tabella, la maggior parte delle indagini sismiche riconducono alle categorie di sottosuolo B a causa delle elevate velocità dei terreni ($VS_{30\text{medio}} = 425 \text{ m/s}$) e/o della profondità dal piano campagna a cui si trova il bedrock sismico ($H_{\text{medio}} = 15 \text{ m}$) che non raggiunge mai i 30 m; più raramente la categoria di sottosuolo è E in ragione dello spessore estremamente ridotto dei terreni superficiali ($3 \text{ m} < H < 5 \text{ m}$) e della velocità degli strati superficiali appartenenti alla categoria di sottosuolo C. Le schede di riferimento della procedura di Regione Lombardia più utilizzate sono quella ghiaiosa per i terreni alluvionali di competenza del Serio, mentre per i terrazzi più antichi e quelli fluvioglaciali è prevalente la scheda limoso argillosa tipo 1 e in rari casi tipo 2. La quasi totalità dei casi per gli edifici di Vertova è caratterizzata da basso periodo di sito ($0,1 \text{ s} < T_0 < 0,5 \text{ s}$), corrispondenti a edifici di altezza sino a 4÷5 piani, mentre rari sono gli edifici con periodo più elevato ($0,5 \text{ s} < T_0 < 1,5 \text{ s}$), corrispondenti a palazzi da 6 a 15 piani circa.

Le analisi di II livello hanno verificato che per qualsiasi tipologia di terreno (e di periodo di oscillazione) il valore di F_a calcolato ($F_{a\text{medio}} = 1,18-1,25$ con F_a compreso tra 1 e 1,32) è inferiore al valore F_s di soglia, pertanto, i metodi semplificati dell'attuale normativa sono adeguati alla valutazione dell'analisi sismica.

L'unico valore anomalo ($F_a = 1,60$) relativo alla scuola media di via S. Carlo è dovuto ad una errata interpretazione della MASW nello studio per la certificazione sismica, cosa per altro avvenuta anche per la MASW delle scuole elementari di via Roma. Nel primo caso i valori ottenuti con le misure HVSR presentati nel seguito rivedono tale valore, mentre nel secondo caso il valore corretto è stato definito sulla base dell'indagine MASW effettuata nel 2011 precedentemente citata.

SIGLA TAVOLA 8	LOCALITA'	TIPOLOGIA Z4	TIPO INDAGINE SISMICA	V _{seq}	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	AFFIDABILITÀ DATO	SPESSORE TERRENO A BEDROCK SISMICO (m)	SPESSORE TERRENO (m) e VELOCITÀ MEDIA (m/s) per identificazione curva	SCHEDE LITOLOGICA	CURVA	PERIODO DI SITO T (s)	PERIODO DI SITO T da HVSR (s)	VALORE CALCOLATO F _{0.5-1.5}		FATTORE SOGLIA REGIONE LOMBARDA F _{0.5-1.5}		VALORE CALCOLATO F _{0.5-1.5}		FATTORE SOGLIA REGIONE LOMBARDA	RAPPORTO HV e FREQUENZA (Hz)	
													1.16	1.21	1.4	1.02	1.04	1.7			3.2
S _E	PARET		HVSR		A, B	S+G	3-11.9	11.9	379	ghiaiosa	BLU-3										
S _H	VIA DEGLI ALPINI		ND		A, E	G	1 - 10														
S _K	CAVLERA		HVSR		A	S+G	0.5-3														5.2 28.0
S _L	VIA IV NOVEMBRE	Z4a	HVSR	492	B	S+G	6.5-7	11.7	544	ghiaiosa	BLU-3	0.09	0.07	1.10	1.15	1.4	1.00	1.01	1.7	6.3	14.3
S _M	VIA mons.ZENONE A.TESTA	Z4b	MASW	234	E	S+G	8.11	6	197	limo arg.1	ROSSA-1	0.13		1.55		2	1.05		3.1		
S _P	VIA CANALI	Z4a	MASW e HVSR	467	B	S+G	15.2	4	256	ghiaiosa	BLU-3	0.11	0.12	1.19	1.21	1.4	1.01	1.03	1.7	5.8	8.0
S _P	VIA CANALI	Z4a	MASW e HVSR	467	B	S+G	15.2	4	256	limo arg.2	BLU-3	0.11	0.12	1.22	1.25	1.4	1.02	1.05	1.7	5.8	8.0
S _Q	SCUOLA MEDIA via S.Carlo 29*	Z4a	MASW	443	B	S+G	26.3	6.6	350	limo arg.2	BLU-3	0.22	0.05,0.12	1.60	1±1.25	1.4	1.17		1.7		
S _R	SCUOLA ELEMENTARE via Roma 14	Z4a	MASW	487	B	S+G	25.6	7.4	355	limo arg.2	BLU-3	0.18		1.47		1.4	1.12		1.7		
S _R	SCUOLA ELEMENTARE via Roma 14	Z4a	MASW	382	B	S+G	9	6	359	limo arg.1	BLU-3	0.06		1.00		1.4					
S _S	VIA CERETI 45	Z4a	HVSR	312	E	S+G	5.5	5.5	353	limo arg.1	BLU-3	0.06	0.05	1.01	1.00	2	1.00	1.00	3.1	4.5	21.0
S _{U1}	PISTA CICLOPEDONALE - Prot. Civile	Z4a	HVSR	383	B	S+G	14.9	5.9	363	limo arg.1	BLU-3	0.15	0.13	1.32	1.25	1.4	1.06	1.05	1.7	6.7	7.5
S _{U2}	PISTA CICLOPEDONALE - via Mistri	Z4a	HVSR	395	B	S+G	13.75	5.75	377	limo arg.1	BLU-3	0.13	0.11	1.25	1.20	1.4	1.05	1.03	1.7	8.0	9.4
S _{U3}	PISTA CICLOPEDONALE - Sud	Z4a	HVSR	395	B	S+G	12.75	5.75	367	limo arg.1	BLU-3	0.12	0.10	1.22	1.18	1.4	1.04	1.02	1.7	6.7	9.8
S _{X2}	STUDIO CANALE S.T.E.R. via Canali 74	Z4a	HVSR	531	B	S+G	13	13	535	ghiaiosa	BLU-3	0.10	0.10	1.19	1.19	1.4	1.02	1.02	1.7	5.8	10.3
S _{X3}	STUDIO CANALE S.T.E.R. via Canali 54	Z4a	HVSR	487	B	S+G	13.4	13	518	ghiaiosa	BLU-3	0.10	0.09	1.18	1.17	1.4	1.02	1.01	1.7	6.1	11.4
S _{X4}	STUDIO CANALE S.T.E.R. campo sportivo	Z4a	HVSR	463	B	S+G	15.1	15.1	508	ghiaiosa	BLU-3	0.12	0.10	1.22	1.18	1.4	1.04	1.02	1.7	5.2	9.9
S _{X5}	STUDIO CANALE S.T.E.R. via Stazione 32	Z4a	HVSR	432	B	S+G	15.2	15.2	487	ghiaiosa	BLU-3	0.13	0.10	1.25	1.18	1.4	1.05	1.02	1.7	4.7	10.2
VALORI MEDI				425	B/E/A		15.0	8.6	388			0.12	0.10	1.25	1.18	1.4	1.04	1.03	1.7	5.69	12.2

N.B.: la colorazione della tipologia riprende le campiture delle zone Z4 della tavola 8; le campiture verdi nei valori di Fa calcolati indicano l'adeguatezza del D.M. 17.01.2018 per l'analisi sismica; quelle rosse la non adeguatezza. Per il sito della stratigrafia S_Q si segnala che l'indagine MASW non risulta essere stata interpretata correttamente come verificato dalla indagine HVSR della scheda 1 della successiva tabella appositamente effettuata come controllo; anche il periodo di sito risultava molto più elevato di quelli usualmente ottenuti

In alto tabella con dati schede litologiche e fattori di amplificazione,
in basso valori delle onde di taglio dei vari spessori di ciascuna stratigrafia

SIGLA TAVOLA 8	LOCALITA'	I STRATO		II STRATO		III STRATO		IV STRATO		V STRATO		VI STRATO		VII STRATO		VELOCITÀ MEDIA nel terreno fino al terreno che comprende i primi 4 metri (m/s)	PERIODO DI SITO T (s)
		spessore (m)	Velocità (m/s)														
S _E	PARET	2.4	175	9.5	430	30	815									378.6	0.126
S _H	VIA DEGLI ALPINI																
S _K	CAVLERA	0.6	280	2.4	480	5.2	825										
S _L	VIA IV NOVEMBRE	1.7	243	10	595		1397									543.9	0.086
S _M	VIA mons.ZENONE A.TESTA	0.6	112.6	5.4	207	2.11	433	21.89	962							197.6	0.125
S _P	VIA CANALI	1	223	2	272	2.5	474	3.1	524	3	673	2.6	723	5.1	885	354.9	0.108
S _P	VIA CANALI	1	223	2	272	2.5	474	3.1	524	3	673	2.6	723	5.1	885	354.9	0.108
S _Q	SCUOLA MEDIA via S.Carlo 29*	0.7	184	2.1	221	3.8	452	10.2	466	1.7	520	7.8	627	12.5	826	350.1	0.216
S _R	SCUOLA ELEMENTARE via Roma 14	0.2	81	0.8	128	2.7	246	3.7	498	6.6	658	11.6	752	14.1	1341	354.8	0.167
S _R	SCUOLA ELEMENTARE via Roma 14	1.5	260	2	420	2.5	370	3	480	4	940					359.2	0.060
S _S	VIA CERETI 45	1.2	172	4.3	404		1025									353.4	0.062
S _{U1}	PISTA CICLOPEDONALE - Prot. Civile	0.9	202	1	440	4	380	9	415	50	1095					363.0	0.151
S _{U2}	PISTA CICLOPEDONALE - via Mistri	0.75	200	1	455	4	390	8	430	100	1170					376.5	0.135
S _{U3}	PISTA CICLOPEDONALE - Sud	0.75	200	1	440	4	380	7	445	80	1125					367.0	0.124
S _{X2}	STUDIO CANALE S.T.E.R. via Canali 74	1	230	12	560		1350									534.6	0.097
S _{X3}	STUDIO CANALE S.T.E.R. via Canali 54	1.4	245	12	550		1350									518.1	0.103
S _{X4}	STUDIO CANALE S.T.E.R. campo sportivo	2.1	245	13	550		1250									507.6	0.119
S _{X5}	STUDIO CANALE S.T.E.R. via Stazione 32	3.2	240	12	550		1100									484.7	0.125

INDAGINI DI DETTAGLIO PER LO STUDIO DI II LIVELLO DI VERIFICA

All'atto dell'incarico ben poche delle relazioni con indagini sismiche erano state reperite e per tale motivo erano state previste una dozzina di indagini con microtremore per caratterizzare il territorio di Vertova in modo più diffuso. Nel corso dello studio sono state effettuate anche indagini sismiche per la valutazione della stabilità delle "frane quiescenti" nel settore orientale del territorio Vertovese. Le due serie di indagini permettono di completare in modo più dettagliato la definizione degli scenari Z4a e di ampliare le conoscenze e le verifiche anche sugli scenari Z4b.

Le analisi per le verifiche di II livello sono state condotte con i medesimi criteri prima presentati e le tabelle della pagina seguente forniscono i risultati e l'indicazione delle stratigrafie sismiche. Al termine della relazione sono allegate (allegato A1) le indagini effettuate (solo quelle per questo studio, quelle utilizzate per lo studio di dettaglio sulle frane sono contenute in quell'elaborato) e le schede di verifica dell'analisi di II Livello.

Per quanto riguarda gli ambiti 12 indagini hanno riguardato lo scenario Z4a e 10 lo scenario Z4b, di cui 9 realizzate nell'ambito dello studio sulle frane.

Come evidenziato dalla tabella, la maggior parte delle indagini sismiche riconducono alle categorie di sottosuolo B a causa delle elevate velocità dei terreni ($VS_{30\text{medio}} = 411 \text{ m/s}$) e/o della profondità dal piano campagna a cui si trova il bedrock sismico ($H_{\text{medio}} = 13,8 \text{ m}$) che supera i 30 m solo a Malvezza; un buon numero di indagini individua la categoria di sottosuolo è E in ragione dello spessore limitato dei terreni superficiali e della velocità degli strati superficiali appartenenti alla categoria di sottosuolo C.

Le schede di riferimento della procedura di Regione Lombardia più utilizzate sono le schede limoso argillosa di tipo 1 e di tipo 2, mentre quella ghiaiosa è meno rappresentata.

Le analisi di II livello hanno verificato che per qualsiasi tipologia di terreno (e di periodo di oscillazione) il valore di F_a calcolato ($F_{a\text{medio}} = 1,19-1,24$ con F_a compreso tra 1,0 e 1,52) è inferiore al valore F_s di soglia, pertanto, viene confermato che i metodi semplificati dell'attuale normativa sono adeguati alla valutazione dell'analisi sismica.

Vi sono due valori parzialmente anomali uguali a 1,5, in corrispondenza del cimitero e di Malvezza. Si tratta di valori in ogni caso riconducibili alla normalità considerando la variabilità +0,1 del valore di soglia. In ogni caso il valore al limite dell'anomalia rende conto di spessori elevati di terreno con mediocri caratteristiche e della presenza di roccia argillitica alterata (Argillite di Riva di Solto) con valori VS di poco inferiori a quelli del bedrock sismico.

A tale proposito il modesto valore superficiale dell'ammasso roccioso argillitico, a profondità ben superiori a 3 m, ha fatto ritenere opportuno inserire anche tutta la fascia di versante che si appoggia su tali rocce all'interno di quei settori per cui è necessario effettuare uno studio di II Livello. Osservando i valori delle misurazioni effettuate per lo studio sulle frane si osserva infatti che il bedrock sismico si imposta al di sotto di un orizzonte di argilliti fratturate e alterate il cui valore di VS è al limite di quello da considerarsi bedrock sismico.

N. SCHEDA	LOCALITA'	TIPOLOGIA Z4	INDAGINE SISMICA E SIGLA TAVOLA 8	Vseq	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	AFFIDABILITA' DATO	SPESORE TERRENO A BEDROCK SISMICO (m)	SPESORE TERRENO per identificazione curva (m) e VELOCITA' MEDIA (m/s)	SCHEDA LITOLOGICA	CURVA	PERIODO DI SITO T (s)	PERIODO DI SITO T da HVSR (s)	VALORE CALCOLATO F _{0.5-1.5}	FATTORE SOGLIA REGIONE LOMBARDIA	VALORE CALCOLATO F _{0.5-1.5}	FATTORE SOGLIA REGIONE LOMBARDIA	RAPPORTO HVV e FREQUENZA (Hz)			
1	SCUOLA MEDIA via S. Carlo 29	Z4a	TR01-2021	430	B	S+G	12.9	12.9 489	ghiaiosa	BLU-3	0.11	0.10	1.19	1.17	1.4	1.03	1.02	1.7	4.0	10.3
2	SCUOLA MEDIA a lato pista	Z4a	TR02-2021	381	B	S+G	16.7	16.7 447	ghiaiosa	BLU-3	0.15	0.12	1.31	1.24	1.4	1.06	1.04	1.7	3.0	8.5
3	Parco dei Caduti - viale Rimembranze	Z4a	TR03-2021	429	B	S+G	4.9	4.9 478	limo arg. 1	BLU-3	0.04	0.03	1.00	1.00	1.4	1.00	1.00	1.7	4.8	6.4
4	via Convento	Z4a	TR04-2021	581	B	S+G	30.6	5.6 341	limo arg. 2	BLU-3	0.155	0.15	1.41	1.36	1.4	1.09	1.08	1.7	6.0	6.5
5	via Stazione	Z4a	TR05-2021	425	B	S+G	17.6	17.6 471	limo arg. 2	BLU-3	0.15	0.12	1.36	1.22	1.4	1.08	1.04	1.7	4.9	8.3
6	via Giardino	Z4a	TR06-2021	382	B	S+G	9.9	9.9 521	ghiaiosa	BLU-3	0.08	0.07	1.13	1.11	1.4	1.01	1.00	1.7	4.1	13.8
7	via S. Rocco	Z4a	TR07-2021																	
8	via don Ferrari 61 - IPER	Z4a	TR08-2021	550	B	S+G	13	13 550	ghiaiosa	BLU-3	0.09	0.09	1.15	1.15	1.4	1.01	1.01	1.7	3.2	10.6
9	via Viti - parcheggio	Z4a	TR09-2021	356	E	S+G	4.5	4.5 388	limo arg. 1	BLU-3	0.05	0.05	1.01	1.01	2	1.00	1.00	3.1	3.0	19.7
10	via Cavour - confine COLZATE	Z4a	TR10-2021	354	E	S+G	6.7	6.7 405	limo arg. 1	BLU-3	0.07	0.05	1.08	1.01	2	1.00	1.00	3.1	5.6	19.7
11	Cimitero principale	Z4a	TR11-2021	369	B/E	S+G	19.9	19.9 417	limo arg. 2	BLU-3	0.19	0.18	1.52	1.49	1.4	1.13	1.11	1.7	3.0	5.6
12	via Ronchi	Z4a	TR12-2021	515	B	S+G	11	11 515	limo arg. 1	BLU-3	0.13	0.08	1.11	1.00	1.4	1.01	1.00	1.7	2.2	12.3
13	Polecc	Z4b	TR13-2021	376	B	S+G	8.1	8.1 423	limo arg. 1	BLU-3	0.08	0.07	1.13	1.08	1.4	1.01	1.00	1.7	2.8	15.0
14	Netura	Z4b	TR01	363	B/E	S+G	7.8	7.8 380	limo arg. 1	BLU-3	0.08	0.08	1.13	1.13	1.4	1.08	1.08	1.7	2.1	12
15	Netura	Z4b	TR02	325	E	S+G	7.4	7.4 365	limo arg. 1	BLU-3	0.08	0.08	1.13	1.13	2	1.08	1.08	3.1	3	11.3
16	Barisei	Z4b	TR03-TR04	351	E	S+G	24.1	4.1 206.3	limo arg. 2	VERDE-2	0.25	0.22	1.98	1.88	2	1.19	1.16	3.1	2	4.59
17	Piazza Rivolta	Z4b	TR05	365	B/E	S+G	6.85	6.85 392	limo arg. 1	BLU-3	0.07	0.06	1.08	1.04	1.4	1.00	1.00	1.7	2.1	16
18	Piazza Rivolta	Z4b	TR06	638	B	S+G	28.3	4.3 379	limo arg. 2	BLU-3	0.16	0.15	1.41	1.36	1.4	1.09	1.08	1.7	3.6	6.72
19	Clasi basso	Z4b	TR07	354	E/B	S+G	6.6	6.6 365	limo arg. 1	BLU-3	0.072	0.06	1.08	1.04	2	1.00	1.00	3.1	2.9	17
20	Malvezza	Z4b	TR08	619	B	S+G	30.5	5.5 366	limo arg. 2	BLU-3	0.18	0.16	1.49	1.41	1.4	1.11	1.09	1.7	2.2	6.5
21	Umiano	Z4b	TR09	582	B	S+G	16.2	4.2 352	limo arg. 1	BLU-3	0.10	0.08	1.17	1.13	1.4	1.02	1.01	1.7	2.9	13
22	Scarpacò	Z4b	TR10	344	E	S+G	6.6	6.6 380	limo arg. 1	BLU-3	0.069	0.06	1.08	1.04	2	1.00	1.00	3.1	4.5	17.5
VALORI MEDI				433	B/E		13.8	8.8 411			0.11	0.10	1.24	1.19		1.05	1.04		3.4	11.5
VALORI MEDI Z4a				434			13.4	11.2 457			0.11	0.10	1.21	1.16		1.04	1.03		4.0	11.0
VALORI MEDI Z4b				432			14.2	6.1 361			0.11	0.10	1.27	1.22		1.06	1.05		2.8	12.0

N.B.: la colorazione della tipologia riprende le campiture delle zone Z4 della tavola 8; le campiture verdi nei valori di Fa calcolati indicano l'adeguatezza del D.M. 17.01.2018 per l'analisi sismica; quelle arancioniscono comunque adeguate perchè il valore di soglia ha una variabilità di +0.1 che tiene in conto della variabilità del valore di Fa ottenuto.

In alto tabella con dati schede litologiche e fattori di amplificazione delle nuove misurazioni, in basso valori delle onde di taglio dei vari spessori di ciascuna stratigrafia di queste nuove misurazioni

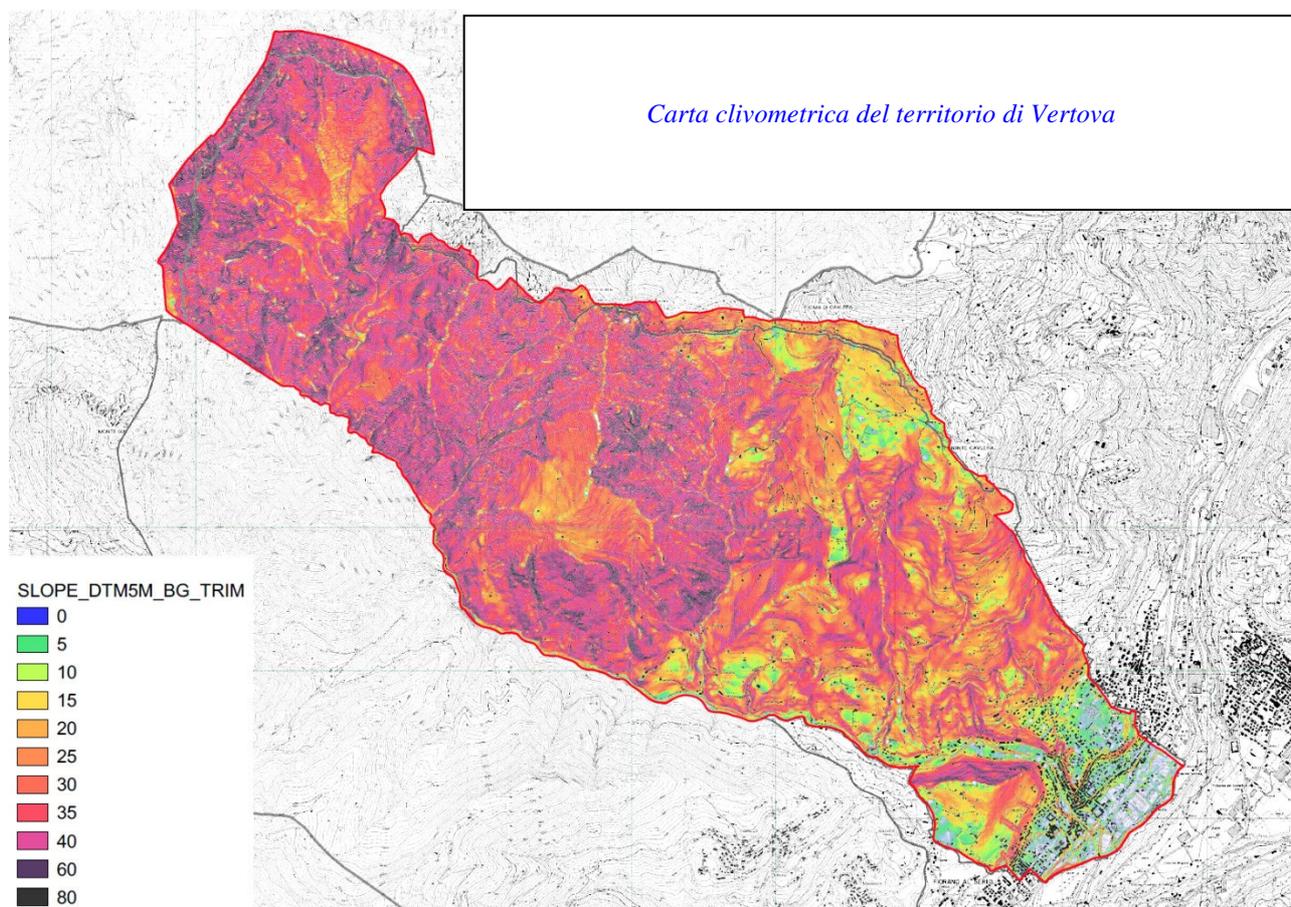
SIGLA SCHEDA	LOCALITA'	I STRATO		II STRATO		III STRATO		IV STRATO		V STRATO		VI STRATO		VII STRATO		VELOCITA' MEDIA nel terreno fino al terreno che comprende i primi 4 metri (m/s)	PERIODO DI SITO T (s)
		spessore (m)	Velocità (m/s)														
1	SCUOLA MEDIA via S. Carlo 29	2.4	220	10.5	550		1100									488.6	0.106
2	SCUOLA MEDIA a lato pista	0.7	110	3	250	13	510		910							446.5	0.150
3	Parco dei Caduti - viale Rimembranze	1	238	3.9	540	38	982									478.4	0.041
4	via Convento	1.1	180	4.5	380	25	720		1730							340.7	0.188
5	via Stazione	3.6	240	14	530		1120									470.7	0.150
6	via Giardino	0.9	225	9	550		1330									520.5	0.076
7	via S. Rocco																
8	via don Ferrari 61 - IPER	13	550		1300											550.0	0.095
9	via Viti - parcheggio	0.7	190	3.8	425		855									388.4	0.046
10	via Cavour - confine COLZATE	1.2	175	5.5	455		1005									404.9	0.066
11	Cimitero principale	0.85	105	3	275	16	460		925							416.8	0.190
12	via Ronchi	1.1	515		1120											515.0	0.085
13	Polecc	1.5	196	6.6	475	54	823									423.3	0.077
14	Netura	0.8	200	7	400		850									379.5	0.082
15	Netura	1.4	172	6	410		820									365.0	0.081
16	Barisei	0.5	108	3.6	220	20	420		810							206.3	0.251
17	Piazza Rivolta	0.85	190	6	420		825									391.5	0.070
18	Piazza Rivolta	0.8	200	3.5	420	24	750		1720							379.1	0.163
19	Clasi basso	0.6	210	6	380		850									364.5	0.072
20	Malvezza	1	181	4.5	407	25	769		1510							365.9	0.175
21	Umiano	0.7	210	3.5	380	12	785		1230							351.7	0.096
22	Scarpacò	1.1	181	5.5	420	15	925									380.2	0.069

Da ultimo grazie alle misure HVSR a stazione singola è possibile valutare non solo la stratigrafia sismica, ma anche il periodo di risonanza del terreno (o il suo inverso che è la frequenza di risonanza in Hz) e il rapporto tra la componente delle onde di superficie orizzontali e verticali. Per quanto riguarda la frequenza molte delle indagini mostrano valori di picco per i terreni compresi tra le frequenze di 5 e 15 Hz; a tali frequenze corrispondono altezze degli edifici comprese tra 1 e 2 piani, frequenti nel territorio Vertovese. E' quindi necessario in fase progettuale tener in conto del possibile effetto della doppia risonanza, effetto estremamente pericoloso per le abitazioni e favorito da rapporti H/V superiori a 4 come nella maggior parte dei casi analizzati su terreni alluvionali.

12. CARTA DI SINTESI E DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

(tavola 9a, 9b)

Questa carta è stata ricavata dal reciproco confronto delle carte tematiche precedentemente descritte e della carta clivometrica (prodotta solo ad uso di studio e qui di seguito rappresentata), ad esclusione della carta degli scenari di pericolosità sismica. Da tale sovrapposizione dei dati e dal loro confronto critico si sono ottenuti numerosi quadri di caratterizzazione geoambientale del territorio; queste situazioni individuano le situazioni di *pericolosità geologica*.



Per la distinzione delle varie categorie sono stati utilizzati i Criteri della dgr 2616/2011 identificando aree omogenee dal punto di vista della pericolosità a partire dalle categorie delle classi PAI e PGRA, relativi a specifici dissesti con altrettanto peculiari pericolosità, sino alle opere di mitigazione che possono determinare una riduzione della pericolosità in funzione della tipologia di opere realizzate e della loro efficacia. Nella suddivisione delle aree omogenee una parte significativa è dovuta allo studio di dettaglio delle frane quiescenti (attualmente riconosciute come relitte), così come allo studio idraulico di dettaglio del torrente Vertova e a quello della conoide delle valli Masna e Uccelli completamente riviste.

Da tale rappresentazione risulta ovvio che la carta di sintesi risulta essere di gran lunga differente da quella redatta circa 25 anni fa per lo studio geologico a supporto del PRG (GeoTer, 1996) a causa delle numerose classi introdotte successivamente (ad esempio le classi PAI o quelle PGRA), ma anche da quella redatta per l'ultimo studio geologico a supporto del PGT (A. Gritti e C. Locatelli, 2010) perché i criteri lì adottati erano stati eccessivamente semplificati per mancanza di una adeguata analisi di dettaglio delle varie

tematiche e comunque carenti per le nuove classi introdotte successivamente con la dgr 2616/2011 a cui lo studio non poteva ovviamente riferirsi perché antecedente a tale indicazione normativa.

La struttura della Carta di Sintesi, redatta in due tavole in scala 1:5.000, per un opportuno dettaglio e una maggiore chiarezza sull'intero territorio vertovese, vede la distinzione in 10 classi alcune delle quali ulteriormente suddivisibili per determinare complessivamente 18 differenti categorie di pericolosità. La frequente concomitanza sul terreno di più fattori di pericolosità induce inoltre a definire numerosi altri quadri geoambientali, come risultato della diversa combinazione delle varie classi/categorie di pericolosità.

Le distinzioni effettuate hanno un significato sia qualitativo che quantitativo; infatti, gli ambiti, così come definiti, costituiscono le classi d'ingresso nella "tabella 1" dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12" per ricavare le classi di fattibilità geologica rappresentate nelle tavole 10.

Questa procedura, in genere, non comporta un semplice automatismo di attribuzione, poiché il valore della classe di fattibilità può essere aumentato o diminuito in funzione di alcune considerazioni tecniche effettuate sul singolo ambito; tuttavia, non per tutti gli ambiti si possono modificare le attribuzioni di classe (declassare) che risultano dall'applicazione delle suddette tabelle. È il caso, ad esempio, di quelli che individuano le aree interessate da *trasporto in massa su conoide attivo*, le zone dei *percorsi preferenziali di colate* in detrito e terreno o le aree delimitate mediante le procedure descritte nei criteri attuativi della l.r. n.12/05 per la zonazione della pericolosità per frana, alluvione o valanga.

Nella Carta di Sintesi, non viene sovrapposta la pericolosità sismica per la quale occorre sempre riferirsi alla Carta degli Scenari di pericolosità sismica (tavola 8). Questa specifica classe di pericolosità costituisce un elemento a se stante e non altera né la pericolosità geologica, né la fattibilità, anche se, soprattutto per gli effetti di instabilità di versante potrebbe rappresentare un elemento di incremento della pericolosità.

Nel presente lavoro gli ambiti di pericolosità geologica e le relative classi distinte sono:

- (1) pericolosità per dinamica idraulica connessa al PAI-PGRA e al reticolo idrico;
- (2) pericolosità per instabilità dei versanti secondo le specifiche PAI;
- (3) pericolosità per caduta massi da pareti rocciose con loro area di influenza;
- (4) pericolosità per fenomeni di trasporto in massa (PAI-PGRA);
- (5) pericolosità per fenomeni valanghivi (PAI);
- (6) pericolosità per vulnerabilità idrogeologica;
- (7) pericolosità per modificazioni antropiche con criticità di tipo idraulico;
- (8) pericolosità per acclività del terreno;
- (9) pericolosità per scarse caratteristiche geotecniche o per contaminazione di inquinanti;
- (10) fattori di mitigazione della pericolosità.

PERICOLOSITÀ PER DINAMICA IDRAULICA CONNESSA AL PAI-PGRA E AL RETICOLO IDRICO

Questa classe indica la presenza di fattori di pericolosità legati alla dinamica dei corsi d'acqua. Qui rientrano sia le aree di normale pertinenza degli stessi fiumi e torrenti, sia le aree che, per effetto di condizioni di dissesto o modificazione degli alvei, (sovralluvionamenti, occlusioni, cedimenti spondali) o per condizioni idrauliche particolari (piene eccezionali), possono essere investite e danneggiate da deflussi idrici.

Appartengono a questa classe le categorie di esondazione definite dal PAI PGRA (escluse le aree di conoide considerate a parte) e aree di pertinenza delle acque superficiali così suddivise:

categoria Ee/As - Appartengono a questa sottoclasse le *aree di pertinenza delle Acque Superficiali* identificate nella cartografia geomorfologica lungo le aste torrentizie unitamente alle *aree a pericolosità di esondazione molto elevata (Ee)* del PAI e a quelle *soggette ad elevata probabilità di alluvioni (P3-H)* del PGRA. Si tratta dell'intero reticolo del torrente Vertova con l'individuazione di fasce più ampie in corrispondenza del torrente Vertova e dei suoi principali tributari, nonché del fiume Serio.

categoria Eb - Appartengono a questa sottoclasse le *aree a pericolosità di esondazione elevata (Eb)* del PAI individuate lungo l'asta del torrente Vertova in limitati settori (alcuni tratti lungo la strada della Val Vertova di accesso alle risorse idriche, le zone attorno a Lacnè-Roset, le aree laterali agli innesti delle aste tributarie principali nel torrente Vertova, alcune aree allagabili attorno al tratto di torrente Vertova che scorre nel centro abitato ed in particolare lungo via Mistri e in minor misura a margine di via Pizzo).

categoria Em - Appartengono a questa sottoclasse le *aree a pericolosità di esondazione media o moderata (Em)* del PAI e a quelle *soggette a scarsa probabilità di alluvioni o a scenari di eventi estremi (P1-L)* del PGRA. Tra queste aree vi sono alcuni settori adiacenti alla val Masna, altri presso alcune delle abitazioni al margine del torrente Vertova nella sua parte all'interno del centro abitato, come l'area che si allaga dopo aver percorso via Mistri e l'ampia fascia lungo il fondovalle seriano compresa grossomodo tra il canale idroelettrico con derivazione a Colzate e la strada SS671 (ex SP35), come anche il settore compreso tra via Mistri e il torrente Vertova a valle del terrapieno di via Ferrari o della ex-ferrovia.

PERICOLOSITÀ PER INSTABILITÀ DEI VERSANTI SECONDO LE SPECIFICHE PAI

Comprende fattori di pericolosità legati a instabilità del pendio per fenomeni franosi di diversa entità, ma sempre evidenziati sulla cartografia PAI-PGRA perché arealmente ben definibili. Si possono distinguere:

categoria Fa – Vi appartengono le aree in *frana attiva (Fa)* del PAI che nel territorio vertovese sono confinate alle quote più elevate del bacino idrografico del Vertova e connesse prevalentemente a frane in roccia, anche se sovrastimate per importanza e areale, oltre che a fenomeni di caduta massi più facilmente riconducibili a tali aree, ma non esclusivamente connessi a tale tipologia di dissesto.

categoria Fq – Vi appartengono le aree in *frana quiescente (Fq)* del PAI che nel territorio vertovese, a seguito dello studio di dettaglio sulle frane del settore orientale del territorio Vertovese rimangono isolate a rari settori dell'alta Val Vertova, delle pareti rocciose soprastanti la zona di Castelù, della zona di Pegnat e del versante settentrionale del monte Clocca a mote di via Pendigia. Anche in questo caso si tratta in prevalenza di dissesti connessi a caduta massi che sono in parte stati consolidati o la cui pericolosità è stata mitigata da disgaggi, realizzazione di opere di difesa passiva, etc. Solo per la frana di Pegnat vi sono indicazioni di movimento anche della coltre superficiale che però non mostra da oltre vent'anni segni di evoluzione.

categoria Fs – Vi appartengono le aree oggetto di studio di dettaglio sul versante settentrionale della val Vertova tra la valle di Lacnè e la valle del rio Grumelli che sono state declassate a frane stabilizzate o relitte. Si tratta delle aree delle frane di Netura, Chignola, Rinciaquel, Castelù, Campeì, Malvezza, Umià, Scarpacò, Grochel, Clasi, Cornalascia, Merisc, Barisei, Piazza rivolta, Righens, Albe, Gromeldù e Gromei. Per tali aree lo studio di dettaglio ha permesso di definire due sottoclassi a seconda dell'*assenza di fenomeni di dissesto potenziali o reali in cui la stabilità è sempre garantita (Fs2)* o del *basso fattore di stabilità in assenza di coesione ed in associazione a presenza di acqua o erosione di sponda (Fs3)*.

PERICOLOSITÀ PER CADUTA MASSI CON LA LORO AREA DI INFLUENZA

Si tratta di aree in cui fenomeni naturali (disgregazione delle pareti rocciose) o artificiali (cigli di vecchie cave) hanno determinato la presenza di un gran numero di blocchi franati ai piedi delle scarpate o a una distanza maggiore dalle stesse. Proprio in ragione dell'origine del fenomeno vengono distinti:

Categoria CM - Aree soggette naturalmente a caduta massi a causa della fratturazione dell'ammasso roccioso e/o per la presenza di vegetazione infestante con apparati radicali che aprono le fessure presenti dove possono infiltrarsi anche acque di circolazione superficiale. Si tratta delle aree attorno a Cornalascia, a lato di Pognat e a monte di Campei o lungo via Pendigia nelle quali sono più diffusi gli elementi che permettono di identificare tale fenomeno.

Categoria CV - Cave abbandonate con modesti e irrilevanti interventi di recupero dai cui cigli di scarpata si possono staccare frazioni rocciose di dimensione variabile dal sasso al blocco che generalmente raggiungono gli stessi piazzali di cava abbandonati. Sono presenti a monte della località Fabbrica del Giass, al confine con Fiorano al Serio in val Vertova, dove venivano estratti calcari bituminosi per granulati, e poco a monte di Barisei in corrispondenza della cava di prestito utilizzata per realizzare i sottofondi stradali della strada per Cavlera.

PERICOLOSITÀ PER FENOMENI DI TRASPORTO IN MASSA (PAI-PGRA)

Si tratta dei settori di conoide caratterizzati da fenomeni idraulici torrentizi connessi ad ingente trasporto solido. Come appurato dallo studio geologico di dettaglio della conoide Val Masna-Valle degli Uccelli, tale fenomeno è stato probabilmente attivo in differenti momenti climatici e non vi sono più settori che mostrano caratteristiche riconducibili a tale fenomeno come attivo e di conseguenza la conoide individuata è da considerarsi relitta.

Anche in occasione di forti eventi temporaleschi, come quello del 1972 che causò trasporto di materiale anche su altri torrenti della media val Seriana con fenomeni di questo tipo, non si verificò alcun fenomeno in val Masna, se non l'esondazione del torrente in corrispondenza del ponte di via 5 Martiri con la sua reimmissione nel torrente Vertova. Le aree di esondazione sono già state individuate nella classe specifica per quel fenomeno, mentre qui occorre solo segnalare la classe:

Categoria Cn - area di conoide non più riattivabile o relitta completamente protetta a cui va anche assegnata la pericolosità per area *soggette a scarsa probabilità di alluvioni o a scenari di eventi estremi* (P1-L) del PGRA. In questa sede si è voluta dare maggior attenzione all'effetto trasporto solido (anche se relitto), pur rimanendo presente eventuali effetti gravitativi di minor entità (smottamenti, decorticamenti, etc.).

PERICOLOSITÀ PER FENOMENI VALANGHIVI (PAI)

Nella precedente cartografia PAI e di Sintesi tale elemento non era stato considerato, forse per dimenticanza o per la relativa scarsa significatività del fenomeno sull'ambito urbanizzato e stradale.

Sulla base della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV), vagliata nella carta geomorfologica, è stata attribuita solo una classe di pericolosità:

Categoria Vm - Aree di valanga a pericolosità media o moderata da indagine sul terreno delle mappe CLPV; si tratta di aree collocate presso la testata dell'alta val Vertova o nei dintorni del monte Secretondo.

PERICOLOSITÀ PER VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

Si tratta di aree in cui la pericolosità è connessa alle zone di alimentazione dei serbatoi idrogeologici sotterranei, non adeguatamente protette, che fungono da recettori per l'infiltrazione delle acque sotterranee e al possibile inquinamento delle aree di sorgente significative per l'approvvigionamento acquedottistico. In entrambe i casi si tratta di aree con particolari morfologie.

Categoria CA – Si tratta di zone in cui il carsismo, sviluppato su rocce con stratificazione suborizzontale, ha creato aree depresse (doline, inghiottitoi, polje) che favoriscono l'infiltrazione in sottoterraneo. Si è privilegiato l'indicazione unicamente delle doline molto evidenti presso la sommità del monte Cavlera e presso Pianurì a S del monte Clocca, lasciando perdere le numerose aree lineari in corrispondenza dei vari sistemi di fratturazione che interessano soprattutto l'alto bacino della val Vertova. Tale categoria incide anche sulle problematiche di stabilità del pendio per la potenziale evoluzione delle doline in inghiottitoi, ma non sono conosciute dinamiche di questo tipo sul territorio vertovese.

Categoria Ei – Le emergenze idriche presenti sul territorio di Vertova sono concentrate in specifiche aree (sorgenti Borleda nella zona di Sfondracc oltre la pista di servizio di accesso alle sorgenti stesse, sorgenti Go Merlezza tra il primo e il secondo attraversamento della pista della valle Vertova in gran parte in territorio di Gazzaniga e sorgenti del gruppo Belò-Lacnì nella bassa valle di Lacnì. La presenza di sorgenti con buone caratteristiche fisico chimiche e di portata richiede una particolare indicazione per poter garantire almeno una zona di protezione prossima alle venute d'acqua al di là di quelle necessarie dal punto di vista normativo.

PERICOLOSITÀ PER MODIFICAZIONI ANTROPICHE CON CRITICITÀ DI TIPO IDRAULICO

Si tratta di aree riprese dal Documento Semplificato del Rischio Idraulico comunale che ha individuato alcuni tratti di *“strade e mulattiere caratterizzate da deflussi che possono determinare possibili criticità”* o di brevi impluvi/mulattiere sulle scarpate dei terrazzi fluvio-glaciale. In particolare, *“sono state indicate soprattutto quelle caratterizzate da elevata pendenza in cui gli elementi di smaltimento delle acque sono insufficienti o inadeguati o perché attualmente convogliati all'interno della rete fognaria con aggravio delle portate in quest'ultima. Si tratta di tracciati in cui a seguito di eventi temporaleschi particolarmente intensi e/o per scarsa manutenzione delle opere di smaltimento delle acque presenti sui tracciati si possono innescare deflussi superficiali”*.

Categoria A1 – Aree potenzialmente allagabili per ruscellamento per intasamento di manufatti (griglie) in corrispondenza di tratti di strade/mulattiere o impluvi senza recapito, quasi sempre ubicati nel tratto di raccordo tra il versante ed il fondovalle in cui il mancato funzionamento del sistema di raccolta delle acque può determinare criticità di tipo idraulico coinvolgendo prevalentemente strade ed eventualmente gli edifici limitrofi ad esse. Questa potenziale criticità è stata individuata lungo il tratto terminale della strada per Netura, nel tratto di via degli Alpini presso la vecchia discarica ubicata tra Ruculì/strada per Cantona e il monumento agli Alpini, in località Plodera Pianurì proseguendo poi per via San Bernardino e via Coter, dove viene coinvolto anche il comune di Fiorano al Serio, nel tratto terminale di via Cereti che scende lungo il vicolo Vallorcio e lungo il tratto terminale di via Brini che raggiungono poi Largo Vittorio Veneto, lungo via mons. Zenone Testa, via XXV Aprile e via Cavour al confine con Colzate, nei due impluvi mulattiera a lato di Magnot.

PERICOLOSITÀ PER ACCLIVITÀ DEL TERRENO

Questa classe comprende fattori di pericolosità legati all'acclività del terreno (inteso come superficie topografica): infatti la pendenza delle superfici oltre certi limiti induce inevitabilmente situazioni di instabilità attive o potenziali, che creano condizioni di pericolo diretto o indiretto per l'eventuale insediamento; d'altra parte, in situazioni di forte pendenza gli interventi insediativi possono facilmente innescare significative forme di instabilità e comunque impatti molto più pesanti sul terreno.

In dettaglio è stata realizzata un'analisi sulla topografia in ambiente GIS con lo scopo di mappare le zone potenzialmente suscettibili ai fenomeni di dissesto superficiali sulla base della pendenza locale secondo il seguente schema:

- a) analisi di tipo raster della pendenza del versante (raster "Pendenza" – carta clivometrica) calcolata a partire dal Digital Terrain Model (DTM) con passo 5 m della Provincia di Bergamo di Regione Lombardia;
- b) valutazione dei valori soglia da determinare per la stabilità dei tipi di terreno/roccia e per le loro potenziali o reali instabilità. Per tale motivo è stato impostato dapprima un valore di cut-off pari a 25° per individuare le aree stabili a minor pendenza da quelle con pendenza più elevata; successivamente sulla base delle caratteristiche di terreni e rocce sono state individuate tre differenti classi di inclinazione del terreno/roccia che possono determinare problemi di stabilità via via crescenti: gruppo 25°÷35° (classe a2) che crea situazioni di potenziale instabilità per i terreni e per le rocce di tipo argillitico; gruppo 35°÷45° (classe a3) che determina situazioni di reale criticità per i terreni e di potenziale criticità per le rocce dolomitiche, calcaree o calcareo marnose; gruppo con inclinazione >45° (classe a4) per individuare le aree con reale criticità per rocce e per terreni;
- c) su tale suddivisione è stata operata una clusterizzazione raggruppando i vari gruppi individuati sulla base di un'area minima di 200 mq e successivamente una poligonalizzazione con editing delle geometrie;

Il risultato finale sono le seguenti categorie nelle quali sono anche state controllate le caratteristiche geomorfologiche relative ai modesti dissesti gravitativi che coinvolgono il territorio di Vertova; nella elaborazione della fattibilità tali aree sono poi state, sempre in ambiente GIS, sovrapposte alle varie litologie per riconoscere le aree di effettiva pericolosità per la specifica classe.:

Categoria a2 – aree con bassa o moderata acclività su terreni e rocce con lievi fenomeni di dissesto superficiale, decorticamenti, soliflusso, piccoli smottamenti nell'ambito dei terreni, già sistemati dalle attività zootecniche e che non incidono sulle strutture edilizie; tutta l'area di fondovalle e gran parte delle pendici del versante sinistro orientale della valle Vertova, della zona circostante il monte Cavlera o di quella meridionale del monte Clocca ricadono in tale settore come anche le superfici attorno al Monte Ceresola o quelle addossate ai crinali che separano i vari bacini idrografici principali e quasi tutte le zone in cui era sviluppata l'attività zootecnica in parte sostituita dalla ristrutturazione dei cascinali come seconde case. In modo più frammentato aree analoghe sono diffuse a macchia di leopardo nei bacini idrografici delle valli Lacnè, Sterladecco e dell'alta val Vertova; in quest'ultima ricadono in tale categoria soprattutto le aree su cui si è sviluppata l'attività zootecnica d'alta quota presso Sedernello.

Categoria a3 – aree a medio alta acclività su terreni e rocce con modesti fenomeni erosivi, ma acclività favorevole alla generazione di dissesti gravitativi; si tratta di aree più diffuse all'interno delle valli tributarie della val Vertova e lungo le pendici del monte Cavlera che si raccordano al fondovalle seriano, come anche le zone di raccordo dei terrazzi fluvio-glaciali del Serio o le scarpate di raccordo con il fondovalle del

torrente Vertova. Nell'ambito dei bacini idrografici impostati su roccia dolomitica (Lacnè, Sterladecco e alta val Vertova) individuano aree con scarsa predisposizione al dissesto, ma dove è possibile il transito di blocchi e sassi provenienti dalle scarpate a quote superiori.

Categoria a4 – aree ad elevata acclività su terreni e rocce con potenziale o reale distacco di blocchi e dissesti superficiali conclamati. Tali zone sono sviluppate prevalentemente alle quote più elevate dei bacini idrografici tributari della val Vertova, ma anche ai margini degli impluvi tributari principali indicando una certa evoluzione in approfondimento dei torrenti come accade per la valle Sterladecco e per la sua tributaria val Mandra e in minor misura per il basso corso della valle Lacnè; anche la valle del rio Boisi mostra caratteristiche analoghe. A tale categoria appartengono in maniera significativa anche le aree soggette a caduta massi come il versante settentrionale del monte Clocca verso via Pendigia o come le aree delle pareti di Cornalascia o di Pegnat e quelle in frana attiva (Fa) del versante orientale del Monte Ceresola o dell'alta val Vertova.

PERICOLOSITÀ PER SCARSE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE O PER CONTAMINAZIONE DI INQUINANTI

Le caratteristiche geotecniche dei terreni e delle rocce presenti nel territorio di Vertova sono generalmente medie o buone dal momento che anche i terreni limo argillosi presenti nella zona di Moracchio o a valle di via San Patrizio, come anche quelli delle zone di Magnot, Plodecc e Plodera sono caratterizzati da media o elevata consistenza. Per tale motivo non vi sono aree con scarse caratteristiche geotecniche.

La realizzazione di riporti, soprattutto per la realizzazione dell'attuale strada statale (SS 671), o la presenza di vecchi impianti industriali può invece avere determinato occasionalmente la presenza di materiali inquinanti all'interno di tali riporti. Sino ad ora l'unico caso rilevato è quello della rotatoria della SS671 con l'accesso diretto al centro abitato di Vertova dove un apposito studio con analisi di rischio e messa in sicurezza dell'area ha permesso la realizzazione della rotatoria e dei manufatti lungo il fiume Serio dal momento che i tenori degli elementi inquinanti ricadono all'interno delle tabelle per utilizzare tale area dal punto di vista industriale/commerciale. Per tale motivo ed anche per la necessità di ulteriori indagini e bonifiche nel caso di cambio di destinazione d'uso dell'area è stata indicata una specifica categoria.

Categoria 3sc – area soggetta ad analisi di rischio e progetto di messa in sicurezza per la quale una modifica della destinazione d'uso rispetto a quella industriale rende necessarie ulteriori analisi. Si tratta dell'area della rotatoria della SS671. Altre aree con impianti industriali dismessi o in fase di rigenerazione potrebbero presentare casistiche analoghe a seguito delle usuali verifiche da effettuarsi nell'ambito della realizzazione degli interventi di demolizione e/o edificatori.

FATTORI DI MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

Numerosi fattori intervengono anche nel territorio di Vertova a mitigare la pericolosità geologica che insiste su alcune aree; si tratta di lavori di stabilizzazione e messa in sicurezza dei versanti e di opere di regimazione idraulica o di opere di consolidamento per migliorare le caratteristiche fisiche del terreno. Tali opere si concentrano lungo gli alvei, soprattutto nel centro abitato e lungo le strade; più occasionali sono in corrispondenza di qualche edificio. Non hanno una rappresentazione areale come tutti gli elementi sinora considerati, ma sono riportati con elementi lineari o puntuali come individuato nella cartografia geomorfologica o in quella idrogeologica.

Tra le opere di regimazione idraulica e/ o di protezione dall'esondazione occorre ricordare:

muri spondali – sono presenti prevalentemente lungo le sponde del torrente Vertova (soprattutto la sponda sinistra su cui è stata realizzata in ampi tratti via 5 Martiri, la strada della val Vertova, e la sponda destra all'interno del centro abitato) anche lungo quasi tutta la sponda del fiume Serio sono presenti opere di difesa spondale costituite da muri, massicciate e in minor misura terre armate.

briglie/traverse – si tratta di opere di stabilizzazione dell'alveo e/o di regimazione dello stesso. Come elementi di derivazione delle acque sono presenti sia lungo il fiume Serio sia lungo il torrente Vertova dove un tempo erano numerose le derivazioni per l'alimentazione di rogge ad uso irriguo e per l'utilizzo dell'acqua (magli, lavatoi, industria tessile) di cui ora rimane unicamente la roggia degli edifici che alimenta una fontana pubblica in piazza San Lorenzo. L'altra traversa di derivazione ancora attiva in val Vertova è quella dell'impianto della Microidroelettrica ubica qualche centinaio di metri a valle della ex centrale di Lacnè. Briglie e soglie sono poi diffuse oltre che lungo l'asta del torrente Vertova anche presso le valli tributarie, in particolare, in valle Lacnè e in valle dei Cereti.

regimazioni idrauliche – si tratta di muri spondali e tratti di alveo cementati in corrispondenza di alvei di dimensioni ridotte non rappresentabili separatamente come singoli elementi. Interessano soprattutto l'alveo della valle dei Cereti fortemente antropizzato per l'espansione urbanistica degli anni '60 e '70 del secolo scorso e gli impluvi minori attorno a Magnot.

Tra le opere di consolidamento di versanti o scarpate sono presenti:

drenaggi - si tratta di regimazioni idrauliche minori per il convogliamento di sorgenti che impediscano il ruscellamento sulle superfici coltivate (Cavlera) o la raccolta di acque superficiali o sotterranee che possano favorire altrimenti l'innescò di fenomeni franosi (cimitero di Semonte e zona frana Pegnat).

consolidamento pendii in roccia – si tratta di interventi attivi in parete con la posa di reti addossate (Albe, strada per Paret, porzioni della strada per Cavlera), o di chiodature o legature di grossi blocchi (zona di Castelù). Più raramente si osservano interventi di difesa passiva come cordoli in terra e sassi (cava a monte di Barisei o a lato di via Pendigia) o vere e proprie reti addossate (Pegnat).

consolidamento pendii in terra - questi interventi riguardano in prevalenza piccoli dissesti franosi connessi soprattutto alla sistemazione delle scarpate stradali e/o delle sponde. Nel secondo caso sono stati inseriti nei muri spondali, nel primo caso si tratta prevalentemente di opere di ingegneria naturalistica con la formazione di briglie o palificate doppie e grate camera (zona di Merisc o via 5 Martiri dopo la zona industriale di Andrioletti) di muri a gabbioni diffusi in più punti sul territorio o di terre amate (strada per cascina Platò).

13. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

(tavole 10, 10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f)

Questa carta è redatta su una tavola in scala 1:10000 per l'intero territorio comunale (tavola 10), su due tavole in scala 1:5.000 per una miglior comprensione delle aree (tavola 10a settore NO e tavola 10b settore SE) e in due tavole in scala 1:2000 per le sole aree urbanizzate (tavola 10c Centro abitato/a e tavola 10 d centro abitato/b). La base topografica utilizzata per la redazione di tutte queste carte è comunque il DBT regionale, restituito alle suddette scale. Dal momento che la normativa richiede che su tali mappe venga anche rappresentata la pericolosità sismica sovrapposta alla fattibilità geologica sono state predisposte due ulteriori tavole in scala 1:5000 (tavola 10e settore NO e tavola 10 f settore SE) con tali specifiche.

La “Carta della fattibilità geologica di Piano” rappresenta il documento finale sul quale si focalizza l'attenzione degli Amministratori e dei Cittadini; deve essere quindi uno strumento chiaro, inequivocabile, di immediata comprensione. Il suo scopo principale è quello di fornire al Pianificatore uno strumento che visualizzi in modo immediato la vocazione del territorio, in particolare ai fini edilizi o per la realizzazione di opere di urbanizzazione, indicando allo stesso tempo le condizioni alle quali questo processo deve avvenire, nel rispetto del contesto geoambientale. La carta è il risultato della valutazione mediata di tutti gli elementi studiati e, in sintesi, della pericolosità geologica, come illustrato nell'apposito documento, in pratica qui tradotto in classi di fattibilità.

La base tematica di partenza per questo elaborato è la carta di sintesi della pericolosità geologica. Nel caso in cui in un'area omogenea per pericolosità/vulnerabilità vi sia la contemporanea presenza di più fattori viene attribuita la classe più restrittiva di fattibilità, secondo le indicazioni dell'apposita tabella dai Criteri attuativi delle l.r. 12/05. In particolare, per quanto riguarda la pericolosità connessa alla inclinazione della superficie topografica le aree individuate nella carta di sintesi sono state incrociate con le litologie presenti sul territorio di Vertova secondo uno schema qui di seguito illustrato che permette di determinare la classe di fattibilità.

INCLINAZIONE (β)	LITOLOGIA	FATTIBILITÀ
$<25^\circ$	qualsiasi litotipo	Classe 2
$25^\circ < \beta < 35^\circ$	Terreni e rocce argillitiche (Argilliti di Riva di Solto)	Classe 3
$25^\circ < \beta < 35^\circ$	Rocce e detriti cementati (escluse le Argilliti di Riva di Solto)	Classe 2
$35^\circ < \beta < 45^\circ$	Terreni e rocce argillitiche (Argilliti di Riva di Solto)	Classe 4
$35^\circ < \beta < 45^\circ$	Rocce e detriti cementati (escluse le Argilliti di Riva di Solto)	Classe 3
$\beta > 45^\circ$	qualsiasi litotipo	Classe 4

Sulla carta di fattibilità è sovrasegnata con retinatura trasparente la zonazione di amplificazione sismica locale, illustrate nelle precedenti pagine dedicate alla specifica “Carta degli scenari di pericolosità sismica”. Lo studio di 2° livello non viene rappresentato sulla carta ma se ne rende conto nella legenda indicando che sostanzialmente il territorio di Vertova ha differenti categorie di sottosuolo (variabile da B a C a E) per la cui analisi sismica è sufficiente la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018). La distinzione di amplificazione sismica locale non determina modifiche delle classi di fattibilità, ma fornisce un'indicazione puntuale sulle indagini da effettuare in chiave sismica, quando necessarie, e sullo spettro elastico da utilizzare in fase di progettazione, ai sensi dei D.M. 17.01.2018 in seguito all'analisi di 2° livello.

Per quanto riguarda le possibilità edificatorie e/o di realizzazione di interventi anche infrastrutturali occorre sempre tener presente che tale cartografia deve essere valutata congiuntamente alla Carta dei Vincoli perché non è detto che ambiti ubicati in classe bassa di fattibilità (classe 2) non abbiano normative più stringenti dal punto di vista vincolistico come ad esempio nelle aree di rispetto delle sorgenti o lungo le aree vincolate dal Documento di Polizia Idraulica (Reticolo Idrico) dal momento che in questi casi specifici le aree soggette a vincolo possono ricader in qualsiasi delle classi di fattibilità definite per il territorio di Vertova.

Conformemente alle indicazioni della Regione Lombardia sono distinte tre classi di fattibilità, con grado di limitazione crescente, la classe 1 di fattibilità non è stata indicata per il territorio vertovese. Ciascuna classe è poi stata ulteriormente distinta in sottoclassi per maggior facilità di comprensione delle pericolosità relative alle singole aree.

- **aree di fattibilità con modeste limitazioni (2)**: si tratta di ambiti e aree a bassa o moderata acclività in presenza di terreni sciolti e ammassi rocciosi argillitici stabili (fino a 25° per i terreni e rocce deboli o fratturate e fino a 35° per rocce poco fratturate); aree con terreni granulari anche a matrice argilloso-limosa delle fasce terrazzate fluviali e fluvioglaciali, aree con influenza di fenomeni gravitativi di modesta entità o già bonificati (con interventi di stabilizzazione), piccoli smottamenti, ruscellamenti, ristagni d'acqua.

Per l'utilizzo di queste aree è necessario realizzare approfondimenti di carattere geotecnico e/o idrogeologico, finalizzati ai singoli progetti. Possono essere direttamente applicate le prescrizioni di cui al D.M 17 gennaio 2018. In altre parole, si tratta di ambiti in cui la situazione geologica ha una certa incidenza sulle scelte progettuali e sulle costruzioni, ovvero essa presenta un quadro leggermente problematico, ma l'applicazione di opportuni accorgimenti e/o l'introduzione di qualche eventuale limitazione d'uso possono consentirne un utilizzo normalmente soddisfacente. Le fasi di progettazione per queste aree richiedono di essere affiancate e appoggiate ad accertamenti geologici di fattibilità e/o geotecnici e sismici finalizzati al singolo progetto edilizio.

In tale ambito sono state distinte due sottoclassi:

classe 2a2: area con bassa o moderata acclività su terreni o rocce con lievi fenomeni di dissesto superficiale, decorticamenti, soliflusso, piccoli smottamenti nell'ambito di terreni già sistemati dalle attività zootecniche e che non incidono sulle strutture edilizie.

In Vertova le aree che appartengono a questa classe sono diffuse lungo tutta l'area di fondovalle e gran parte delle pendici del versante sinistro orientale della valle Vertova e della zona circostante il monte Cavlera o di quella meridionale del monte Clocca. Ricadono tale settore anche l'alto versante sinistro della valle di Lacnè (zone di Chignola o di Netura) come anche alcune delle superfici addossate ai crinali che separano i vari bacini idrografici principali come attorno al Monte Ceresola o nella zona di Dasla e la Masù o quelle con moderata inclinazione nella val Vertova attorno alle cascate Gaernai, Melgher, Canet e Pra Mort bas. A parte alcune aree frammentate nell'alta val Vertova ricadono in tale classe soprattutto le aree su cui si è sviluppata l'attività zootecnica d'alta quota presso Sedernello.

classe 2Fs2: aree in frana stabilizzata o relitta associata a studio di dettaglio che ne ha ridefinito la precedente pericolosità non evidenziando fenomeni di dissesto potenziali o reali e in cui la stabilità è sempre garantita. Per l'utilizzo dell'area deve essere prodotto uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'autorità competente.

Le aree che ricadono in tale zona sono quelle definite all'interno dello studio di dettaglio delle per le frane nel settore orientale del territorio vertovese ed in particolare: Netura, Castelù, Campeì, Malvezza, Umià (o Umiano) e Scarpacò, Clasi, Cornalascia, Barisei, Piazza Reolt (o Rivolta), Gromeldù e Grumelli.

classe 2Cn: area di conoide non più riattivabile o relitta e completamente protetta. Per l'utilizzo dell'area deve essere prodotto uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'autorità competente.

In quest'area ricadono unicamente due settori a quote elevate rispetto all'asta torrentizia della val Masna presso Salerem a Ovest e a monte di via Palì a Est.

Per tutte le aree che rientrano in queste due classi nelle zone di rispetto delle sorgenti idropotabili sono eventualmente ipotizzabili delle edificazioni a basso impatto geoambientale, con eventuale adozione di misure di salvaguardia delle acque sotterranee: scavi poco profondi, sistemi fognari speciali, volumi interrati che non interagiscono con la falda captata, la quale deve essere almeno cinque metri più bassa del livello del piano di fondazione. In questi ambiti dovrà essere vietato lo stoccaggio di materiali pericolosi non gassosi o di natura chimica, sia in serbatoi superficiali sia in quelli interrati e l'insediamento di condotte di tali sostanze, come specifica la D.G.R. del 10 aprile 2003, n. 7/12693. È altresì vietato l'esercizio di attività inquinanti agrozootecniche, industriali ed artigianali e di quanto altro previsto dal D.P.R. 236/88 e succ. mod. e dal D.G.R. n. 7/12693 del 10 aprile 2003.

- **aree di fattibilità con consistenti limitazioni (3):** superfici dove a causa della medio-alta acclività in terreni e rocce l'intervento antropico richiede preventivi consolidamenti e messe in sicurezza (fino a 35° per le terre e le rocce deboli e 45° per le rocce sane); aree con presenza di terreni argillosi su substrati argillitici, talvolta a franapoggio; soliflusso e/o di smottamento diffuso; superfici sottostanti ad aree con instabilità delle scarpate di limitata altezza o interessate da caduta massi, superfici interessate da ruscellamenti diffusi con potenziali aree di allagamento e zone d'alta quota affette da forme carsiche minori dove vi sono condizioni di elevata vulnerabilità per gli acquiferi; zone di possibile esondazione dei corsi d'acqua minori anche a causa di tombinature, zone di esondazione o erosione fluviale difendibili da arginature o raggiunte solo in caso di piena eccezionale non sempre riconducibili alla sola azione fluviale, ma anche ad occlusioni di alveo a causa di inopportune modificazioni antropiche. A tali aree si aggiungono anche le superfici dove vi sono materiali di riporto con caratteri geotecnici anche buoni, ma i cui accertamenti di carattere ambientale hanno determinato specifiche destinazione d'uso a seguito di analisi di rischio e messa in sicurezza.

Per l'utilizzo di queste aree sono necessari approfondimenti di studio geologico a livello di comparto e i progetti edilizi potranno essere realizzati solo in subordine alla preventiva realizzazione di opere di messa in sicurezza dei luoghi e alla verifica dell'efficacia di quelle esistenti.

- nelle aree soggette a Normativa P.A.I._PGRA (3*) classificate "Eb" a causa di elevata pericolosità di esondazione, di cui all'art.9 comma 6 delle N.d.A., a meno che non si attuino, a fronte di specifici studi, preventivi interventi che risolvano in modo sostanziale e permanente le condizioni di pericolosità geologica e/o di rischio e le conseguenti perimetrazioni P.A.I.-P.G.R.A., è esclusa ogni nuova edificazione insediativa residenziale, produttiva, commerciale e di servizi; per gli edifici esistenti sono ammessi interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauri conservativi, adeguamenti igienici, recupero del patrimonio edilizio esistente anche con demolizione e ricostruzione (cfr. L.r. 380/2001 art. 3 comma 1, lettere a), b), c), d). Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla Normativa antisismica. Sono escluse da queste limitazioni le reti

tecnologiche ed infrastrutturali e i volumi tecnici (si vedano in proposito le N.d.A. del P.A.I. art.9 commi 5, 6, 7 e 8).

Si tratta in ogni caso di aree utilizzabili, nelle quali i fattori di pericolosità geologica possono essere mitigati e superati fino a ricondurre la situazione alla normalità, tenendo conto però che per la tipologia e soprattutto per la consistenza dei fenomeni, esse possono essere rese edificabili solo con interventi specifici di notevole consistenza. Sono dunque necessari accurati approfondimenti di indagine geologica e/o idraulica a livello di intero comparto, con conseguente realizzazione di opere di difesa, consolidamento e sistemazione anche per l'esistente, e con eventuale attivazione di adeguati sistemi di monitoraggio o con la valutazione dell'efficacia delle opere già realizzate relative sempre all'intero comparto.

Questa classe presenta dunque un preciso segnale di attenzione per l'Amministrazione, che potrebbe venirsi a trovare nella necessità di intervenire dove il singolo cittadino non ha la possibilità di farlo, ma dove spesso capita che, dopo aver costruito, esso ponga all'Ente pubblico richiesta di intervento.

In tale ambito sono state distinte otto sottoclassi:

classe 3a3: aree a medio alta acclività su terreni e rocce con modesti fenomeni erosivi, ma acclività favorevole alla generazione di dissesti gravitativi. In tali aree devono essere condotte verifiche geologiche in merito alla situazione specifica geologica: analisi di stabilità del terreno e/o analisi di stabilità dell'ammasso roccioso con eventuale valutazione di caduta massi oltre alle usuali indagini geologiche e geotecniche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

In tali aree ricadono le fasce contermini alle classi 2a2 sviluppate sul versante sinistro della valle Vertova e soprattutto le zone più interne e acclivi delle valli principali in cui generalmente non sono presenti nemmeno edifici isolati quali cascate o case ristrutturate. Si tratta quindi di aree prevalentemente prive di urbanizzazione il cui eventuale utilizzo insediativo dovrà essere attentamente valutato.

classe 3Fs3: area in frana stabilizzata o relitta associata a studio di dettaglio che ne ha ridefinito la precedente pericolosità evidenziando basso fattore di stabilità in assenza di coesione, presenza di acqua o potenziale erosione di sponda. In tali aree devono essere confermate le analisi di stabilità effettuate localmente oltre alle usuali valutazioni geologiche e geotecniche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

Le aree che ricadono in tale zona sono quelle definite all'interno dello studio di dettaglio delle per le frane nel settore orientale del territorio vertovese ed in particolare: Netura, Castelù, Campeì, Malvezza, Umià (o Umiano) e Scarpacò, Clasì, Cornalascia, Barisei, Piazza Reolt (o Rivolta), Gromeldù e Grumelli.

classe 3cm: area con possibilità di caduta massi per situazioni analoghe verificatesi in passato e per l'utilizzo delle quali è necessario una verifica di caduta massi attraverso lo studio di dettaglio delle pareti di distacco e delle traiettorie di caduta al fine di valutare le migliori opere di difesa da realizzare a protezione dell'intervento proposto o delle strutture edilizie o infrastrutture esistenti. Laddove siano già presenti interventi di mitigazione della pericolosità deve esserne valutata l'efficienza. A tali indagini specifiche debbono essere aggiunte le usuali valutazioni geologiche e geotecniche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

Si tratta di fasce limitate di territorio presenti soprattutto lungo le pendici settentrionali del monte Clocca nei pressi di via Pendigia. Anche nella zona di Cornalascia e a valle di Pegnat tali aree vengono individuate per fenomeni specifici che non riguardano le frane di scivolamento valutate attraverso lo studio di dettaglio.

classe 3cv: cave abbandonate con possibilità di caduta massi dai cigli di scarpata. In tali aree devono essere valutate la stabilità dei fronti di cava attraverso specifiche verifiche per l'utilizzo delle aree pianeggianti esistenti nelle immediate adiacenze (piazzali di cava) anche attraverso l'eventuale valutazione di traiettorie di caduta massi in funzione dell'effettiva dimensione dei blocchi o del pietrame che si può staccare dai fronti di cava. Laddove siano già presenti interventi anche minimali di mitigazione della pericolosità deve esserne valutata l'efficienza. A tali indagini specifiche debbono essere aggiunte le usuali valutazioni geologiche e geotecniche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

Tale classe è limitata a specifici areali nella zona della cava di prestito per la realizzazione del sottofondo della strada di monte Cavlera tra Barisei e Alguaret e alla zona di cava dismessa a Sud della "Fabbrica dol Giass".

classe 3al: aree potenzialmente allagabili per ruscellamento ed intasamento di manufatti (griglie e caditoie) in corrispondenza di tratti stradali e mulattiere. Si tratta di aree per le quali occorre realizzare e/o definire un programma di manutenzione e di interventi definiti all'interno del Documento semplificato del Rischio Idraulico che prevedono la realizzazione di vasche di laminazione, potenziamento e/o divisione tra rete acque nere e acque bianche, sistemi di dispersione efficienti, miglioramento dei tratti arginali anche solo con la realizzazione di muretti, fino all'ampliamento della sezione di ponti. Laddove siano già presenti interventi anche minimali di mitigazione della pericolosità deve esserne valutata l'efficienza. A tali indagini specifiche debbono essere aggiunte le usuali valutazioni geologiche e geotecniche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

Tali classi sono state individuati nel tratto di via Netura compreso tra la valle degli Uccelli e la valle del rio Gromeldù, nell'area a NO del monumento degli Alpini dove il rio Grumelli è intubato, nella zona di via Cereti, via Brini e Largo Vittorio Veneto, in corrispondenza dei due impluvi presso Magnot con sbocco su via XI Febbraio, tra la località Plodera e le vie che scendono da essa interessando il confine con Fiorano al Serio e nella zona tra via XXV Aprile sino a via Cavour al confine con Colzate.

classe 3Em: aree PAI-PGRA associate a esondazione con pericolosità media o moderata (Em-P1) per il Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM) o alla sola scarsa probabilità di alluvioni o di scenari con eventi estremi (P1-L) di competenza del fiume Serio per il Reticolo Principale (RP). Nel primo caso (RSCM) vengono applicate le disposizioni previste dall'art.9 comma 6bis delle N.d.A. P.A.I., tipiche delle zone di esondazione media o moderata Em, che prevedono la realizzazione di uno studio di compatibilità idraulica validato dall'Autorità competente oltre alle usuali valutazioni geologiche e geotecniche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018. Nel secondo caso (RP) si applicano le disposizioni previste per la fascia C di cui all'art. 31 delle N.d.A. P.A.I. che prevedono l'individuazione di norme e vincoli determinati dallo strumento urbanistico e che ne caso specifico possono essere le medesime descritte in precedenza, cioè una valutazione di compatibilità idraulica oltre alle usuali valutazioni geologiche e geotecniche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018. In tali aree sarà la verifica di compatibilità idraulica, a rendere possibile o meno gli interventi definiti all'interno della

Legge Regionale 7/2017 relativi al “recupero dei vani e locali seminterrati ad uso residenziale, terziario e commerciale con l’obiettivo di incentivare la rigenerazione urbana, contenere il consumo di suolo e favorire l’installazione di impianti tecnologici di contenimento dei consumi energetici e delle emissioni in atmosfera”.

Per quanto riguarda il Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM), in tali classi ricadono le aree individuate lungo il torrente Vertova dagli studi di dettaglio effettuati e limitate a pochi edifici lungo via IV Novembre, via Foggeroli o nelle zone interne di via Pizzo, come anche nei dintorni di via Mistri, come anche le aree limitrofe alla valle Masna relative allo studio di dettaglio per la conoide. Per il Reticolo Principale (RP) ricade in tale classe l’ampia fascia dei terreni alluvionali in sponda destra del Serio compresa all’incirca tra il canale idroelettrico e la sponda del Serio con una piccola fascia anche alla confluenza tra il torrente Vertova e il fiume Serio.

classe 3Eb*: area PAI-PGRA associate a esondazione con pericolosità di esondazione elevata (Eb-P2) per le quali come detto in precedenza vigono le norme di cui all’art.9 comma 6 delle N.d.A. L’utilizzo di tali aree è soggetto a studi idraulici di dettaglio che confermino o rivalutino la possibilità di esondazione sulla base della situazione attuale e di quella che potrà emergere a seguito di interventi di mitigazione realizzati. A tali studi si associano anche le usuali valutazioni geologiche e geotecniche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

Queste aree sono estremamente ridotte sul territorio di Vertova e riguardano alcuni tratti della strada di accesso alle sorgenti lungo la valle Vertova, e la confluenza dei tributari principali (torrente Lacnè, torrente Masna e torrente della valle degli Uccelli) con la valle Vertova. Anche alcuni settori di via Foggeroli, di via Pizzo e delle parti interne ad essa, di via IV Novembre e di via Mistri ricadono in tale classe.

classe 3sc: area soggetta ad analisi di rischio e messa in sicurezza per la quale una modifica di destinazione d’uso rispetto a quella industriale rende necessarie ulteriori analisi e valutazioni, tra cui anche la completa bonifica dell’area sulla base delle analisi già esistenti che non vedono la compromissione dei terreni o della falda al di sotto del materiale contaminato. In riferimento a tale classe si rammenta che la normativa relativa alla valutazione delle terre e rocce da scavo e alla contaminazione dei terreni è valida per qualsiasi intervento debba essere realizzato, soprattutto se effettuato in contesti di vecchi impianti industriali o in presenza di terreni di riporto.

Rientra in questa categoria l’area della rotatoria della strada SS671 realizzata nel 2008.

- **aree di fattibilità con gravi limitazioni (4)**: aree con eccessiva acclività dei pendii ($\beta > 35^\circ$ per le terre; $\beta > 45^\circ$ per le rocce), presenza di fasce franose e cospicui distacchi di blocchi, comprese le aree in frana attiva e quiescente, queste ultime se non valutate mediante uno specifico studio di dettaglio con rivalutazione della pericolosità e ripermimetrazione all’interno di variante del PGT; superfici soggette a movimenti franosi attivi o quiescenti; zone carsiche; aree di pertinenza dei corpi idrici superficiali e di esondazione; zone di pertinenza delle valanghe, zone con emergenze idriche diffuse.

In queste aree è da escludere nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente, limitati a manutenzione ordinaria e straordinaria, restauri

conservativi e adeguamenti igienici, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r.12/05, senza aumento di superficie o volume e senza incremento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Nelle situazioni più gravi sono da prevedere, in base alla l.r.12/05, anche trasferimenti di nuclei abitativi e comunque dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile, con l'attivazione di opportuni sistemi di monitoraggio.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente ed attentamente valutate in funzione della tipologia del dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze dell'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica (comprendente tutti gli aspetti necessari relativi alla pericolosità idrogeologica dell'area) e geotecnica (e idraulica quando necessaria) che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

In questa classe sono comprese vaste aree di territorio montano che, pur non soggette a particolare dinamica evolutiva geologica o a dissesti e dunque scevre da significativi ed evidenti fattori di pericolosità geologica, per i loro caratteri morfologici ed ambientali non mostrano comunque convenienza ad essere utilizzate. Questi ambiti nel paesaggio di Vertova, e in quello montano in genere, sono prevalenti e comprendono gran parte del territorio comunale. In questa ottica la classe 4 di fattibilità, soprattutto per le aree rocciose, non deve essere letta solo come "carta della pericolosità" o del rischio geologico o sua diretta derivazione (Criteri attuativi della l.r. 12/05) ma anche come proposta di salvaguardia della naturalità e della risorsa territorio. In altre parole: se per i motivi su indicati molta parte del territorio montano ricade in classe 4 di fattibilità geologica non significa che esso sia tutto dissestato o pericoloso o a rischio; se ne indica invece la scarsa propensione all'utilizzo insediativo sotto una prospettiva più ampia, comprendente di certo gli aspetti geologici, ma anche (e in certi casi, soprattutto) quelli infrastrutturali o dell'erogazione di beni e servizi (reti acquedottistiche, elettriche e quant'altro).

Va precisato che nello spirito della norma e più ancora nella consuetudine, fatte salve altre considerazioni, le limitazioni si riferiscono allo sviluppo di strutture di insediamento permanente di persone (residenziale o produttivo) e non alle reti e alle strutture tecniche e/o non altrimenti localizzabili (viabilità, condotte, impianti, rifugi alpini, depuratori, ecc.). La costruzione di eventuali infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico deve comunque essere puntualmente ed attentamente valutata in funzione sia della tipologia del fenomeno in atto sia del grado di rischio connesso. Sono consentiti lavori di bonifica, consolidamento e messa in sicurezza dei siti. Più in generale, nelle aree in classe 4 sono compatibili attività d'uso del suolo diverse dall'insediamento antropico, previ appositi studi geologici e relative progettazioni.

In tale ambito sono state distinte sette sottoclassi:

classe 4a4: area ad elevata acclività su terreni e rocce (potenziale o reale distacco di blocchi, dissesti superficiali conclamati).

Si tratta per la maggior parte di zone collocate alle quote più elevate del bacino del torrente Vertova in corrispondenza di scarpate rocciose anche di aspetto rupestre di particolare naturalità come lungo i tracciati sentieristici del fondo della valle Vertova. Tali aree possono essere soggette anche a fenomeni di caduta massi e la fruizione notevolmente aumentata della valle Vertova ad uso turistico può rendere più

frequente il rischio di incidenti. In tale contesto vigono le buone norme dell'affrontare i sentieri con prudenza come avviene per qualsiasi sentiero montano, consci della possibilità di dissesti di questo tipo, talvolta causati non solo da fenomeni naturali, ma anche dalla libera circolazione di animali selvatici (cinghiali ed ungulati) o connessi all'attività zootecnica.

classe 4Ee/as: area di pertinenza delle acque superficiali comprensiva delle aree PAI-PGRA Ee-P3 con pericolosità di esondazione molto elevata.

Si tratta delle aree connesse al reticolo idrico e alla sua estesa ramificazione sul territorio interessata che può essere coinvolta nelle dinamiche di piena delle acque superficiali. In tali aree sono presenti talvolta elementi infrastrutturali, quali strade, acquedotti e fognature; in parte ciò avviene per le strade della val Vertova, di Malvezza e a lato della valle dei Cereti o per l'acquedotto della val Vertova ubicato sotto la stessa strada, come anche per i collettori fognari collocati alla base delle sponde della val Vertova o della valle dei Cereti.

Per ovviare alla pericolosità gli interventi più efficaci sono da una parte il monitoraggio attraverso strumentazione, come la recente formazione di un misuratore di portata lungo il torrente Vertova presso la confluenza con il rio Lacnè, e soprattutto attraverso la frequente ispezione e manutenzione con l'asportazione del legname caduto in alveo o di quello ancora presente all'interno dei percorsi di deflusso delle acque torrentizie.

La pericolosità di esondazione del torrente Vertova può riguardare anche tratti sentieristici, ma anche parte delle abitazioni lungo il torrente Vertova, soprattutto nel tratto in cui il torrente attraversa il centro abitato. Per tali situazioni deve essere sviluppato anche un adeguato Piano di Protezione Civile.

Nelle zone classificate come aree PAI-PGRA secondo la Carta dei Vincoli devono essere seguite anche le prescrizioni descritte all'art. 9 comma 4 delle N.d.A. del PAI per le classi Ee e all'art. 31 per le classi P3 in ambito Reticolo Principale (RP).

classe 4Fa: area in frana attiva (quasi esclusivamente per stacco di blocchi).

Si tratta delle aree del versante orientale del monte Ceresola o dell'alta valle Vertova in cui tali dissesti sono associati alle rocce dolomitiche di aspetto rupestre. Anche in questo caso le aree interessano più che altro sentieri per i quali è opportuno che venga segnalata la possibilità di caduta massi. In tali aree vigono le prescrizioni delle NdA del PAI ed in particolare l'art. 9 comma 1.

classe 4Fq: area in frana quiescente, anche rivalutata all'interno dello studio dei fenomeni franosi dell'area orientale del territorio di Vertova.

Le aree in frana quiescente sul territorio di Vertova sono limitate a poche situazioni attorno alla zona di Castelù e di Pegnat e nella zona della colata di detrito presso Sedernello. In tali aree si ribadisce la necessità di programmi di manutenzione e controllo degli interventi realizzati al fine di garantire la loro efficienza nei confronti degli insediamenti isolati presenti a valle degli ammassi rocciosi, in particolare di Castelù e Pegnat. In tali aree vigono **le prescrizioni della classe 4 più restrittive delle NdA del PAI ed in particolare dell'art. 9 comma 3. Per l'utilizzo di tale articolo è necessaria la presentazione dello studio di dettaglio all'interno di una variante al PGT, la sua approvazione da parte degli enti competenti e l'approvazione del PGT e dell'Autorità di Bacino del Po (pubblicazione sul sito istituzionale) prima di possibili interventi.**

classe 4Vm: area di valanga a pericolosità media o moderata da indagine su terreno della mappa CLPV.

Si tratta di aree limitate all'alta valle Vertova o nei dintorni del monte Secretondo che interessano anche il comune di Colzate. In tali aree valgono le prescrizioni dell'art. 9 comma 10 delle N.d.A. del PAI.

classe 4Ca: area soggetta a carsismo profondo con evidenza di doline superficiali.

In questa sottoclasse rientrano poche aree del territorio vertovese; alcune sono collocate presso il monte Cavlera e l'altra nella conca di Pianurì a Sud del monte Clocca. Le aree non sono attualmente soggette a subsidenza, ma presentano pericolosità solo per la loro vulnerabilità idrogeologica anche.

classe 4Ei: area con presenza di emergenze idriche diffuse captate ad uso idropotabile.

Si tratta delle aree ove sono concentrate le principali emergenze idriche sfruttate ad uso idropotabile lungo la val Vertova (gruppo sorgenti Borleda e gruppo sorgenti Go Merlezza) e lungo la valle Belò-Lacnì (gruppo sorgenti Belò-Lacnì). In tali aree non deve essere prevista nuova edificazione e quella esistente può essere mantenuta secondo le prescrizioni della normativa riguardante gli aspetti di vulnerabilità idrogeologica dell'area.

14. CONCLUSIONI E RICHIAMI NORMATIVI

IL LAVORO SVOLTO

La sintesi, la revisione e l'aggiornamento dello studio geologico che ha supportato il Piano di Governo del Territorio di Vertova fino allo sviluppo di questa "Variante n.1", fa riferimento alla specifica Normativa regionale (L.r. 12/2005 e suoi Criteri attuativi riguardanti la componente geologica D.G.R. 30 novembre 2011, n. IX/2616) e comprende anche la stesura di una nuova "Carta Geomorfologica con Legenda Uniformata P.A.I.-P.G.R.A."

L'aggiornamento parte da due aspetti non indifferenti; la definizione del confine comunale sulla base della mappa catastale e non più secondo il perimetro indicato sulle mappe di Regione Lombardia e la revisione del Reticolo Idrico attraverso il Documento di Polizia Idraulica (2022). Oltre a questo, occorre anche tener presente della Redazione del Documento Semplificato del Rischio Idraulico comunale (2022).

Partendo, infatti, dalla ridefinizione del Reticolo Idrico in funzione della dgr D.G.R. 14 dicembre 2020 n. XI/4037, DGR 15 dicembre 2021 n. XI/5714 e ss.mm.ii. si è effettuata una verifica geologica in parte dell'area urbanizzata e di un suo significativo intorno e soprattutto dei dissesti concernenti il reticolo idrico ed è stato riconsiderato soprattutto il quadro geomorfologico e dei processi geomorfici in atto, giungendo con ciò ad una nuova "Carta Geomorfologica con Legenda Uniformata P.A.I. o meglio alla Carta PAI-PGRA in sostituzione della precedente grazie all'apporto di tre specifici studi.

Il primo sulle frane nel settore orientale del territorio vertovese che ha proposto la ridefinizione dell'attività delle frane in quell'area attraverso indagini storiche e attuali, dati di interferometria radar da satellite e di successive ortofoto, indagini geognostiche e sismiche con verifiche di stabilità delle grandi frane di scivolamento rappresentate e studio di dettaglio per la definizione della pericolosità delle frane relitte e/o stabilizzate individuate (Comune di Vertova - *Studio idraulico di alcuni settori del torrente Vertova per la definizione della pericolosità PAI-PGRA - STUDIO GEOTER CON LA COLLABORAZIONE DI SAI PROGETTI, 2022*).

Il secondo sullo studio di ripermetrazione della conoide delle valli Masna e degli Uccelli individuato in precedenza unicamente da rilievi con fotografie aeree, ma senza controlli geologici e topografici di dettaglio. Anche in questo caso, attraverso indagini storiche, geologiche, idrogeologiche di bacino e di conoide è stato possibile ridefinire gli effettivi ambiti di conoide riducendone sensibilmente il perimetro ed indicando invece le zone soggette a pericolosità per esondazione (Comune di Vertova - *Valutazione di dettaglio della conoide dei torrenti valle Masna e valle degli Uccelli ai fini di una ridelimitazione PAI-PGRA - STUDIO GEOTER, 2022*)

Il terzo sulla pericolosità da esondazione su alcuni tratti della val Vertova riprendendo studi già effettuati di recente per la sistemazione di alcuni tratti di via 5 Martiri o via IV Novembre o realizzando studi bidimensionali ex novo sulla base di rilievi di estremo dettaglio e di modellazione idraulica attraverso specifici programmi e con la collaborazione di ingegneri idraulici. In questo caso la ripermetrazione è stata decisamente più ridotta, mentre si sono avute conferme sulla pericolosità del torrente Vertova nel tratto urbano in corrispondenza soprattutto della sponda sinistra (via Foggeroli e via Pizzo) e in minor misura della sponda destra (via Mistri) anche se la gran parte degli edifici a ridosso del torrente ricadono in una delle tre classi di pericolosità PAI o PGRA, pericolosità connesse in parte alla riduzione di sezione del ponte San Carlo e del ponte di via B. Ferrari. Oltre a queste zone sono stati individuati come problematici alcuni punti del torrente come il ponte della Fabbrichetta o il ponte Mistri e la zona di via 5 Martiri compresa tra l'inizio della strada di accesso alle sorgenti della val Vertova e la confluenza con la valle Lacnè dove la modellazione ha individuato aree di esondazione lungo la strada e soprattutto sulla

sponda destra in comune di Gazzaniga presso la località Roset (Comune di Vertova - *Studio idraulico di alcuni settori del torrente Vertova per la definizione della pericolosità PAI-PGRA – STUDIO GEOTER CON LA COLLABORAZIONE DI SAI PROGETTI, 2022*).

Questi ultimi due studi di dettaglio sono stati utili anche per le verifiche necessarie da parte dell'amministrazione comunale alle aree a rischio 4 del PGRA per il quale non è stato invece approfondito in modo dettagliato l'ambito del fiume Serio confermando sostanzialmente la validità dello studio dell'Autorità di Bacino nonostante alcune inesattezze cartografiche.

Oltre alla revisione della cartografia P.A.I.-P.G.R.A. tali studi sono stati utili anche alla redazione del Documento Semplificato del Rischio Idraulico comunale (2022) attraverso l'individuazione di ulteriori aree allagabili per carenze di infrastrutture antropiche (griglie stradali, caditoie, etc). Tutti questi elementi hanno poi stringente relazione con la carta di sintesi e con la conseguente fattibilità geologica.

I nuovi studi effettuati ed i rilevamenti geologici eseguiti, il confronto con la cartografia regionale (CARG) e con la documentazione geologica disponibile presso il Comune e altri Enti, hanno reso necessario anche l'aggiornamento dell'analisi geologica anche se limitata per una loro più corretta ubicazione cartografica sulla base del DBT cartografico regionale. Pertanto, sono state riproposte con le opportune modifiche le tavole: Carta litologica, Sezioni geologiche, Carta geomorfologica, Carta idrogeologica e Carta litotecnica.

L'analisi geomorfologica e la ridefinizione del Reticolo Idrico Minore hanno determinato la redazione della nuova cartografia P.A.I. -P.G.R.A., di cui si è detto prima, con la ridefinizione delle aree a pericolosità di esondazione torrentizia con la definizione non solo di elementi areali come nella precedente versione, ma anche di elementi lineari comprendendo l'intero reticolo idrografico.

L'analisi geologica ha determinato una nuova stesura della Carta di Sintesi della Pericolosità Geologica per tutto il territorio comunale e quindi l'elaborazione di una nuova Carta della Fattibilità Geologica, che tiene conto delle diverse problematiche esistenti, in funzione della loro effettiva pericolosità, all'interno del confine comunale.

Una delle conclusioni più evidenti è l'attribuzione della classe 2 di fattibilità a gran parte delle aree in frana quiescente declassate a frana relitta o stabilizzata, precedentemente indicate in classe 4 di fattibilità a causa della mancanza di studi di dettaglio, o la distinzione all'interno dei bacini idrografici dell'alta val Vertova, della valle Sterladecco e della valle di Lacnè, caratterizzate da dolomie con aspetto rupestre, di settori in classe 3 di fattibilità geologica per la limitata propensione al dissesto se non su base topografica. Infine, vi è una ridefinizione lungo le aste torrentizie della classe 4 in relazione all'effettiva ubicazione del reticolo; le altre aree sono sostanzialmente rimaste invariate anche se viene evidenziato in modo più dettagliato l'effettiva pericolosità dell'area.

L'introduzione della nuova classificazione sismica nazionale e la nuova attribuzione alla Zona 3 sismica rispetto alla precedente Zona 4 per il territorio di Vertova ha reso necessaria una parziale revisione della Carta di Pericolosità sismica di I Livello in funzione del nuovo confine comunale e soprattutto l'indagine di II Livello estesa non solo agli edifici strategici o a una valutazione sommaria e priva di indagini, ma all'intero territorio comunale soggetto ad urbanizzazione anche nel caso di elementi isolati quali le cascate disperse sul versante sinistro della val Vertova e sulle pendici del monte Cavlera. Tale studio ha valutato gli ambiti di amplificazione geometrica Z3 (cigli e crinali) attraverso profili di verifica della conformazione topografica e quelli di amplificazione litologica Z4 (terreni fluvioglaciali/alluvionali e

detritici/colluviali) con indagini già effettuate e rivalutate alla luce dell'attuale normativa e con nuove indagini specifiche. In entrambe i casi il risultato finale è che la normativa nazionale (D.M. 17 gennaio 2018) è sufficiente alla valutazione dell'analisi sismica considerando per il territorio vertovese che la categoria di sottosuolo può variare soprattutto tra B ed E in funzione del limitato spessore di terreni con bassa velocità sismica al di sopra del bedrock con valori talvolta di poco inferiori a $V_{Seq} = 360$ m/s (categoria di sottosuolo E), ma generalmente con valori ampiamente contenuti nella categoria di sottosuolo B. Lo studio di II Livello e lo studio in chiave sismica delle frane quiescenti ridefinite come relitte ha portato a considerare all'interno delle aree suscettibili di amplificazione sismica litologica anche tutte le superfici interessate dalle Argilliti di Riva di Solto a causa del loro modesto valore delle onde di taglio, inferiore per più metri al limite del bedrock sismico (800 m/s).

SITUAZIONE GENERALE DEL TERRITORIO

Il Comune di Vertova, caratterizzato da una morfologia che spazia dalla piana alluvionale del fiume Serio alle aree prevalentemente rupestri e montuosa dell'alto bacino del torrente Vertova, presenta in questo contesto spazi limitati adatti allo sviluppo di insediamenti urbanistici perché in gran parte le aree pianeggianti o moderatamente acclivi di fondovalle e dei terrazzi alluvionali e/o fluvio-glaciali sono state completamente edificati.

Solo modeste aree nella parte inferiore dei versanti del monte Cavlera e del versante meridionale e occidentale del monte Cloca o limitate porzioni dei terrazzi fluvio-glaciali al confine con Colzate nella zona di via Cavour (Uccellandina) presentano ancora una discreta fruibilità in ambiti privi di problematiche geologiche anche se le prime risultano carenti di infrastrutture adeguate soprattutto per l'ambito stradale a causa delle ridotte dimensioni della viabilità. Ancor più limitata è la possibilità di sviluppo sul fondovalle densamente urbanizzato, se non attraverso la rigenerazione urbana di aree industriali dismesse, come sta avvenendo per l'area Do.Ma.De., o dei centri storici dove spesso la viabilità è insufficiente secondo gli standard attuali e di conseguenza la realizzazione di interventi difficoltosa, come nella zona di Cantù (tra via Morandi, via Viti e via cardinal Gusmini).

Nel complesso le modificazioni apportate dall'Uomo al territorio sono state concentrate lungo il fondovalle dove l'identità delle frazioni e delle località come Semonte, una volta separate dal centro abitato principale e dai vicini centri comunali (Fiorano al Serio, Colzate) è ormai completamente persa a fronte di una estesa conurbazione che unisce quasi ininterrottamente la sponda destra del Serio tra Colzate e Bergamo occupando anche aree soggette a rischio geologico come zone soggette a caduta massi e soprattutto ad esondazione dei corsi d'acqua.

Lo studio mette in evidenza alcune situazioni di fatto in contraddizione con l'edificato all'interno dello stesso centro abitato. Problemi talora anche seri vengono creati ad esempio dalla copertura e/o dalla tombinatura di alcuni alvei torrentizi e dalla forte impermeabilizzazione del suolo dovuta alla edificazione e alle pavimentazioni urbane.

Il tratto del torrente Vertova che corre nel centro abitato fino alla confluenza nel Serio, molto modificato e da decenni costretto entro sponde artificiali, sebbene rappresenti una delle componenti storiche ed ambientali caratteristiche del paese, considerati l'estensione del bacino idrogeologico e la locale instabilità geologica del vasto bacino sotteso, lo sbarramento di fatto costituito dal terrapieno della vecchia strada provinciale e della ex ferrovia e la quota bassa di alcune aree del centro abitato adiacenti, rappresenta l'elemento di maggiore preoccupazione come confermato dallo studio idraulico appositamente effettuato. Oltre a tali aree anche la ridotta luce di alcuni ponti e la limitata altezza di sponda del muro di via 5 Martiri

in alcuni tratti rende possibile l'esondazione del Vertova in occasione di piene con tempi di ritorno anche non molto elevati, come evidenziato da testimonianze reperite in loco. A tale proposito e per poter determinare l'effettivo avvicinamento di onde di piena al paese o alla strada della val Vertova sono anche stati installati recentemente un pluviografo e un misuratore di portata attraverso una scala di deflusso presso la zona di Lacnì.

Per tale motivo le problematiche idrauliche devono essere inserite anche nei piani di protezione civile comunale non solo a difesa della popolazione che abita il centro storico, ma anche per tutti coloro che frequentano i sentieri di fondovalle del caratteristico ambiente torrentizio della val Vertova. Infatti, l'abbondanza di acqua nel torrente Vertova, utile in passato per il funzionamento di mulini e magli è divenuta, negli ultimi anni, una risorsa per l'elevata naturalità ancora presente nonostante la strada di servizio alle sorgenti anch'essa caratterizzata da possibili fenomeni di esondazione.

L'incessante sviluppo di marmite e vasche che si alternano a piccole cascate o a forre profondamente incise nella Dolomia Principale dallo stesso scorrere dell'acqua hanno determinato negli ultimi anni un notevole incremento dell'afflusso turistico; ciò è anche connesso all'opposizione di tante persone alla realizzazione di nuovi impianti ad uso idroelettrico, per altro non remunerativi, con lo sfruttamento delle acque del torrente, e alla realizzazione di numerosi video amatoriali diffusi sui social per valorizzare la naturalità e la qualità di questo caratteristico ambiente torrentizio.

Connessa alla rilevante quantità di acqua nel torrente è anche la presenza di risorse idriche per nulla trascurabili lungo il fondovalle (sorgenti Borleda, Go-Merlezza, Lacnì-Belò) che garantiscono approvvigionamenti idropotabili non solo al comune di Vertova, ma anche ai comuni limitrofi (Colzate, Fiorano al Serio e Gazzaniga) con quantità disponibili per un eventuale incremento dell'insediamento abitativo per lo meno di Vertova.

L'ambiente collinare con lo sviluppo zootecnico e agricolo delle pendici meridionale del monte Cavlera e del versante settentrionale della val Vertova in aree con scarsa propensione al dissesto se regolarmente ed efficacemente mantenute forniscono un ambiente fruibile non solo attraverso la strada che ha permesso la valorizzazione degli edifici o la loro ristrutturazione come seconde case, ma anche attraverso una fitta rete di sentieri che collegava e collega il fondovalle del Vertova con le cascate a quote più elevate sino allo spartiacque con la val del Riso.

Anche le zone più aspre e rupestri che caratterizzano la parte più orientale e montana del territorio vertovese sino alle pendici del monte Alben, pur caratterizzate localmente da dissesti con caduta massi forniscono lungo i sentieri scorci panoramici e geologici significativi per la presenza di pinnacoli di erosione glaciostrutturale o per la caratteristica permeabilità di tali rocce fratturate che permettono l'infiltrazione in sottosuolo e l'alimentazione alle numerose emergenze idriche sul fondovalle del torrente Vertova. Zone soggette a caduta massi, oltre a interessare questo settore, sono in corrispondenza del versante settentrionale del monte Clocca immediatamente alle spalle dell'area artigianale sviluppatasi sulla sponda destra del Vertova o in aree più limitate in corrispondenza di scarpate rocciose subverticali talvolta intensamente fratturate.

GeoTer

dott. geol. Sergio Santambrogio

Ardesio, maggio 2023.



Con la collaborazione di Ing. E. Zucchelli della SAI Progetti per le parti ingegneristico idrauliche.



14.1 RICHIAMI NORMATIVI

Qui di seguito si dà un elenco dei principali riferimenti normativi in materia geologico-tecnica e ambientale, cui occorre fare riferimento nella programmazione e nella gestione del territorio:

GOVERNO DEL TERRITORIO

L.r. 11 marzo 2005, n.12 - *“Legge per il Governo del territorio”*.

D.G.R. 30 novembre 2011 n.IX/2616 - *“Aggiornamento dei Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art.57, comma 1, della L.r. 11 marzo 2005, n.12, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n.8/7374”*.

EDILIZIA, INGEGNERIA, TERRE E ROCCE DA SCAVO

D.M. 17 gennaio 2018 - *“Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni”* pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 20 febbraio 2018.

Circolare del 21 gennaio 2019 n.7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019 – Suppl. Ordinario n.5) – *“Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle NTC di cui al D.M. 17 gennaio 2018”*.

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 13 giugno 2017, n. 120 – *Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164 (G.U. n. 183 del 7 agosto 2017)*.

PREVENZIONE SISMICA

D.d.u.o. 21 novembre 2003, n.19904 - *“Approvazione elenco delle tipologie edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all’art.2, commi 3 e 4 dell’ordinanza p.c.m. n.3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n. 149647 del 7 novembre 2003”*.

D.G.R. 7 novembre 2003 n.7/14964 - *“Disposizioni preliminari per l’attuazione dell’Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n.3274 ‘Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica’”*.

O.P.C.M. 20 marzo 2003, n.3274 - *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*.

D.G.R. 11 luglio 2014 n.X/2129 - *“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”*.

D.G.R. 10 ottobre 2014 n.X/2489 - *Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 21 luglio 2014 n.2129 “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000 art. 3, comm. 118, lett. d)”*;

L.R. n.33 12 ottobre 2015 - “Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”.

D.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001 - Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)

ACQUE SUPERFICIALI E PERICOLOSITÀ IDRAULICA

L.r. 5 gennaio 2000, n. 1 – “Riordino del sistema delle autonomie in Lombardia. Attuazione del decreto legislativo n. 112 del 1998”

(obbligo di definire il Reticolo Idrico Principale; ai Comuni le competenze sul Reticolo Idrico Minore).

D.G.R. 22 dicembre 1999 n°47310 con successivi aggiornamenti, indica i criteri per l’individuazione del Reticolo Idrico Principale.

Delibera n.4 2015 AdBPo – “Adozione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni nel Distretto Idrografico Padano (PGRA)”

D.G.R. 10 dicembre 2015 n. X/4549 – “Approvazione del PGRA del Distretto Padano”.

L.R. 15 marzo 2016, n.4 - “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”

Delibera n.5 2016 AdBPo - “D. lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i., art. 67, comma 1: adozione di una «Variante al piano stralcio per l’assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) - integrazioni all’Elaborato 7 (Norme di Attuazione)» e di una «Variante al piano stralcio per l’assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta) - integrazioni all’Elaborato 5 (Norme di attuazione)» finalizzate al coordinamento - in conformità all’art. 7, comma 3 lett. a del decreto legislativo 23 febbraio 2010 n. 49 - tra tali piani ed il «Piano di Gestione del rischio di alluvioni del Distretto idrografico padano» (PGRA) approvato con Deliberazione C.I. n. 2 del 3 marzo 2016” (G.U.R.I. n.50 del 01.03.2017)

D.G.R. 19 giugno 2017 n. X/6738: Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza ai sensi dell’art.58 delle norme di attuazione del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n.5 dal comitato istituzionale dell’autorità di bacino del Fiume Po;

D.G.R. 14 dicembre 2020 n. XI/4037: “Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica”. Aggiornamento della d.g.r. 18 dicembre 2017 n. X/7581, della d.g.r. 24 ottobre 2018 n. XI/698 e dei relativi allegati tecnici

DGR 15 dicembre 2021 n. XI/5714 – “Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica”. Aggiornamento della d.g.r. 14 dicembre 2020 n. XI/4037 e dei relativi allegati tecnici.

DIFESA DEL SUOLO E INVARIANZA IDRAULICA

L. 18 maggio 1989, n. 183 – *“Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”*

D.P.C.M. 24 maggio 2001 - DPCM 24 maggio 2001 - *“Approvazione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po”*.

NORME DI ATTUAZIONE DEL P.A.I.: all’art. 9, commi 5, 6, 6 bis: delimitazione delle aree di esondazione e di dissesto morfologico di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d’acqua; all’art.12 portate scaricabili in alveo dalle reti di drenaggio artificiale.

DIRETTIVA P.A.I., ai sensi L. 18 maggio 1989 n. 183, art. 17, comma 5, per l’applicazione del Piano Stralcio per l’assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (P.A.I.) in campo urbanistico.

D.G.R. 11 dicembre 2001 n. 7/7365 – *“Attuazione del Piano Stralcio per l’Assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico”*.

D. LGS. n. 152, 3 aprile 2006 (e s.m.i.) – *“Norme in materia ambientale” (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006)*

L. R. 28 novembre 2014, n. 31 - *Disposizioni per la riduzione del consumo di suolo e per la riqualificazione del suolo degradato (BURL n. 49, suppl. del 01 Dicembre 2014)*

L.R. 15 marzo 2016, n.4 - *“Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”*

r.r. n.7 del 23 novembre 2017 - *Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*

r. r. n.7 29 giugno 2018 - *“Disposizioni sull’applicazione dei principi dell’invarianza idraulica ed idrologica. Modifica dell’articolo 17 del Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell’art. 58 bis della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)” pubblicato sul BURL del 3 luglio 2018, n. 27, Supplemento, in vigore dal 4 luglio 2018;*

r.r. n. 8 del 19 aprile 2019 - *Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 "Legge per il governo del territorio"). B.U. R. L. Suppl. 24/04/2019;*

T.c. del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 - *Testo coordinato del r.r. 23 novembre 2017, n. 7 «Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)» (BURL 21 dicembre 2019)*

TUTELA DELLE ACQUE AD USO POTABILE

D.G.R. 27 giugno 1996 n.6/15137 – “*Direttive per l'individuazione aree di salvaguardia captazione acque sotterranee per consumo umano*”

D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 - "*Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*".

D.Lgs. 18 agosto 2000, n. 258 – “*Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128*”.

D.G.R. 10 aprile 2003, n.7/12693 – “*Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano*”.

D. LGS. n. 152, 3 aprile 2006 (e s.m.i.) – “*Norme in materia ambientale*” (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006)

D.g.r. 31 luglio 2017 - n. X/6990 – *Approvazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) ai sensi dell'art. 121 della d.lgs. 152/06 e dell'art. 45 della L.R. 26/2003*

D.g.r. 18 dicembre 2017 - n. X/7568 - *Direttive per la presentazione delle istanze di concessione di derivazione d'acqua pubblica di cui al r.d. 1775/1933 e del regolamento regionale n. 2/2006 mediante la piattaforma informatica SIPI*

14.2 BIBLIOGRAFIA

Nello svolgimento del presente lavoro si è consultata una bibliografia scientifica ufficiale, reperita presso l'Università degli Studi di Milano, il Museo Civico di Storia Naturale “E. Caffi” di Bergamo, il Museo Civico di Storia Naturale di Milano. Sono state estrapolate importanti informazioni anche dalla consultazione di studi e relazioni tecniche disponibili presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Vertova, oltre ai dati disponibili presso il nostro studio.

AA. VV. (1990) - *Guide Geologiche Regionali, Alpi e Prealpi Lombarde, a cura della Società Geologica Italiana* - Dipartimento di Scienze della Terra Università Milano, BE-MA editrice

AA.VV. (1970) - *Carta geologica d'Italia, Foglio n.33 “Bergamo”* - Serv. Geol. It., Roma.

AA. VV., 1996 – *Monitoraggio quali-quantitativo delle acque del fiume Serio, anno 1994-1995* – AZIENDA U.S.S.L. N.10, ALBINO, U.O. IGIENE AMBIENTALE, Gazzaniga (Bergamo).

AA.VV., 1998 – *Monitoraggio quali-quantitativo delle acque del torrente Riso e di un tratto del fiume Serio, anno 1998* – A.S.L. DELLA PROVINCIA DI BERGAMO, DIPARTIMENTO DI PREVENZIONE, U.O. IGIENE AMBIENTALE – AMBITO 4, Bergamo.

BERRA F., ROVELLINI M. & JADOUL F. (1991) - *Structural Framework of the Bergamasc Prealps South of the Clusone Fault*. - Atti Tic. Sc. Terra, Vol.34, note brevi, pp. 107-120, Pavia.

BERSEZIO R. e FORNACIARI M. (1988) - *Tectonic Framework of the Lombardy Foothills (Southern Alps), between Brianza and Iseo Lake* - Rend. Soc. Geol. It., v.11, pp.75-78, Roma.

BERSEZIO R., JADOUL F., CHINAGLIA N. ET AL., (1996) - *Geological Map of the Norian – Jurassic succession of Southern Alps north of Bergamo (Carta geologica della successione norico-giurassica delle Alpi Meridionali a nord di Bergamo)* - scala 1:25.000 – 1996

BINI A., FERLIGA C. E BAJO F. (1992) *Le Karst Residuel du Monte Alben (Prealpes de Bergam – Italie)* in **KARSTS ET ÉVOLUTIONS CLIMATIQUES** edit by Jean-Noël Salomon, Richard Maire, presses Universitaires de Bordeaux, 1992)

BINI A., FERLIGA C., RAVAZZI C e VALLE M., 1992 - *Aspetti naturalistici del M. Alben (Bergamo): geologia, geomorfologia, vegetazione, fauna* – C.A.I., Annuario del Comitato Scientifico Centrale, “Il Bollettino n.92”, pp. 5-26, Roma.

CARG REGIONE LOMBARDIA - *Foglio C4d5 Gandino*, scala 1:10.000 – Rilievo Carg per la realizzazione del foglio “Clusone”.

CASATI P. (1964) - *Il Trias in Lombardia (Studi geologici e paleontologici). Osservazioni stratigrafiche sull'infraneritico delle Prealpi bergamasche* - Riv. Ital. Paleont. pp. 447-465, Milano.

DE JONG K.A. (1979) - *Overthrust in the Central Bergamasc Alps - Italy* - Geol. en Mijnbouw, 58, pp. 277-288, Roma.

DE MICHELE V. & ZEZZA U. (1978) - *Manifestazioni ipoabissali quarzodioritiche di età alpina nelle prealpi bergamasche (Alpi Meridionali)* - Atti Soc. ital. Sci. nat., vol. 119 pp 181-210, Milano.

DE SITTER L.U., DE SITTER KOOMANS C.M. (1949) - *The Geology of the Bergamasc Alps, Lombardia, Italy* - Leidse Geol. Meded., 14 B, 257 pp.

FERRARI M., MORONI C., MORONI Gb., IRRANCA F., IRRANCA PERANI L., Malferrari A. (2002) - *la valle Vertova –, 2002*

GAETANI M. & JADOUL F. (1979) - *The structure of the Bergamasc Alps* - Rend. Acc. Naz. Lincei Cl. Sc. Mat. Fis. Nat., vol 88, n.1, pp. 1-10, Milano.

GEOPORTALE REGIONE LOMBARDIA – materiale vario

GOVI M. e MORTARA G. (1983) *I dissesti prodotti dal nubifragio del 10 luglio 1972 nella Bassa Valle Seriana* - - in: *Eventi alluvionali e frane nell'Italia Settentrionale (periodo 1972-1974)*, CNR-IRPI, Torino 1983

IRRANCA F. (2010) *Vertova Veneta (1427-1797) – 2010*

IRRANCA F. & GUSMINI P. (1985) - *Itinerari vertovesi* - Edizioni Grafital, Torre Boldone (Bg).

JADOUL F. (1986) - *Stratigrafia e paleogeografia del Norico nelle Prealpi Bergamasche occidentali.* - Riv. Ital. Pal. Strat., Vol.91, n. 4, pp. 479 - 512, Milano.

JADOUL F., BERRA F., FRISIA F. RICCHIUTO T & RONCHI P. (1991) - *Stratigraphy, Paleogeography and Genetic Model of Late Carnian Carbonate Breccias (Castro Formation, Lombardy, Italy).* - Riv. Ital. Pal. Strat., Vol.97, n. 3-4, pp. 355 - 392, Milano.

JADOUL F., GERVASUTTI M. & FANTINI SESTINI N. (1992) - *The Middle Triassic of the Brembana Valley: preliminary study of the Esino platform (Bergamasc Alps).* - Riv. Ital. Pal. Strat., Vol.98, n. 3, pp. 299-324, Milano.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI - UFFICIO IDROGRAFICO DEL PO SERVIZIO PLUVIOMETRICO - *Totali annui e riassunto dei totali mensili delle quantità di precipitazione: periodo 1960-1972.*

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI - UFFICIO IDROGRAFICO DEL PO SERVIZIO PLUVIOMETRICO - *Distribuzione della Temperatura dell'aria in Italia nel Trentennio 1926-1955 del Min.LL.PP, servizio idrografico.*

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI - UFFICIO IDROGRAFICO DEL PO SERVIZIO PLUVIOMETRICO - *Distribuzione della Precipitazione media annua in Italia nel Trentennio 1926-1955 del Min.LL.PP, servizio idrografico.*

OLIVARI F. & RAVAGNANI D. (1990) - *Studio per la definizione delle aree di salvaguardia delle sorgenti della valle Vertova* - Comune di Vertova (Bergamo), relazione e cartografia inediti.

PAGANONI A. & ZAMBELLI R. (1981) - *Catalogo delle grotte del settore bergamasco* - Riv. Mus. Civ. Nat. di Bergamo, v.3, Bergamo.

PANIZZA M. (1972) - *Schema di Legenda per carte geomorfologiche di dettaglio*. - Boll. Soc. Geol. It., Vol. 91, n. 1, pp. 207 - 237, Roma.

PANIZZA M. (1973) - *Proposta di Legenda per carte della stabilità geomorfologica*. - Boll. Soc. Geol. It., Vol. 92, pp. 303 - 306, Roma.

PROVINCIA DI BERGAMO, SERVIZIO TERRITORIO; DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO; CENTRO DI STUDIO PER LA GEODINAMICA ALPINA E QUATERNARIA DEL CNR, (2000) - *Carta Geologica della Provincia di Bergamo* - Provincia di Bergamo, Bergamo.

PROVINCIA DI BERGAMO, SETTORE POLITICHE DEL TERRITORIO, SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E PROGRAMMI D'AREA (2004) - *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* - Provincia di Bergamo, Bergamo.

REGIONE LOMBARDIA, COMUNITA' MONTANA VALLE SERIANA, (1992) - *Progetto carte geo-ambientali* - Milano, 1992.

REGIONE LOMBARDIA, COMUNITA' MONTANA VALLE SERIANA SUP., (1992) - *Progetto carte geoambientali* - Milano, 1992.

REGIONE LOMBARDIA, APAT, IREALP, IRER, UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA (2006) - *Inventario dei Fenomeni Franosi in Lombardia* - Milano, 2006.

SCHONBORN G., (1992) - *Alpine tectonics and kinematics models of the Central Southern Alps* - Mem. Ist. Geol. e Min. Univ. Padova, vol. XLIV, pp. 229-393, Padova.

TROMBETTA G. (2013) - *Paleogeografia del Triassico superiore delle Prealpi Bergamasche: nuovi dati del rifting norico nel Bacino Lombardo* - in Quad. Mus. St. Nat. di Ferrara - Vol. 1 -2013 - pp.11-24

ZANCHI A., CHINAGLIA N., CONTI M., DE TONI S., FERLIGA C., TSEGAYE A., VALENTI L. & BOTTIN R. (1990) - *Analisi strutturale lungo il fronte della Dolomia Principale in bassa Val Seriana (Bergamo)* - Mem. Soc. Geol. It., vol.45 pp 83-92, Milano.

15. ALLEGATI

ALLEGATI ALLA RELAZIONE

ALLEGATO A1: INDAGINI SISMICHE E SCHEDE STUDIO II LIVELLO

ALLEGATO A2: PRESCRIZIONI GEOLOGICHE PER IL PIANO DELLE REGOLE E **PARERE REGIONALE**

TAVOLE

Tavola 1. Carta litologica	scala 1:10.000
Tavola 2. Sezioni geologiche e Stratigrafie	scala 1:10.000 e varie
Tavola 3. Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto	scala 1:10.000
Tavola 4. Carta del dissesto con legenda uniformata PAI-PGRA	scala 1:10.000
Tavola 5. Carta idrogeologica	scala 1:10.000
Tavola 6. Carta litotecnica e delle procedure ambientali	scala 1:10.000
Tavola 7. Carta degli scenari di pericolosità sismica	scala 1:10.000
Tavola 8. Carta dei vincoli	scala 1:10.000
Tavola 9. Carta di sintesi o della pericolosità geologica	scala 1:5.000 (a, b) scala 1:10.000, scala 1:5.000 (a, b) e scala 1:2.000 (c, d), scala 1:5.000 con carta sismica (e, f)
Tavola 10. Carta della Fattibilità Geologica di Piano	

STUDI DI DETTAGLIO PAI-PGRA

Comune di Vertova – *Studio geologico di approfondimento relativo alle frane inserite nella cartografia PAI nel settore orientale del comune di Vertova – STUDIO GEOTER, 2022*

Comune di Vertova - *Studio idraulico di alcuni settori del torrente Vertova per la definizione della pericolosità PAI-PGRA - STUDIO GEOTER con la collaborazione DI SAI PROGETTI, 2022*

Comune di Vertova – *Valutazione di dettaglio della conoide dei torrenti valle Masna e valle degli Uccelli ai fini di una ridelimitazione PAI-PGRA – Studio Geoter, 2022*