COMUNE DI VILLA D'OGNA
PROVINCIA DI BERGAMO

STUDIO GEOLOGICO

PER IL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

(L.r. 11 marzo 2005, n°12 – d.g.r. 22 dicembre 2005, n° 8/1566, modificata dalla d.g.r. 28 maggio 2008, n° 8/7374)

relazione illustrativa

GeoTer

INDICE

1. PREMESSA	pag.	1
2. ARTICOLAZIONE DEL LAVORO	“	3
3. PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO	“	5
4. DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE	“	9
4.1. Carta litologica	“	9
4.2. Sezione geologica e assetto strutturale	“	18
4.3. Stratigrafie	“	20
4.4. Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto	“	24
4.4.1 Dati da telerilevamento satellitare	“	50
4.5. Carta idrogeologica e sezioni	“	54
4.5.1 Risorse idriche di Villa d’Ogna	“	60
4.5.2 Coirsi d’acqua	“	61
4.5.3 Osservazioni climatologiche	“	68
4.6. Carta litotecnica	“	78
4.7. Raffronto con gli strumenti di pianificazione sovraordinata	“	81
4.8. Carta dei vincoli	“	89
4.9. Carta di sintesi o della pericolosità geologica	“	90
4.10. Carta degli scenari di pericolosità sismica	“	99
4.11 Indagine sismica di secondo livello	“	104
4.11. Carta della Fattibilità Geologica di Piano	“	117
5. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE	“	124
5.1 Prevenzione sismica	“	125
6. RICHIAMI NORMATIVI	“	127
INDICAZIONI GEOLOGICHE PER IL PIANO DELLE REGOLE	“	129
BIBLIOGRAFIA	“	133
ALLEGATI: schede di rilevamento sismico	“	I-XV

1 - PREMESSA

Lo studio descritto nelle pagine seguenti è condotto a supporto del Piano di Governo del Territorio del Comune di Villa d'Ogna (provincia di Bergamo), in ottemperanza alle disposizioni della L.r. 11 marzo 2005 n.12 e conformemente ai *Criteri* di cui alla D.G.R. 22 dicembre 2005, n° 8/1566 modificata dalla D.G.R. 28 maggio 2008, n° 8/7374.

Dal 1991 il Comune di Villa d'Ogna è dotato di uno studio geologico dell'intero territorio comunale redatto appositamente per la pianificazione urbanistica. Una decina d'anni dopo, con l'introduzione della prima legge regionale specifica sulla prevenzione dei rischi geologici attraverso la pianificazione (L.r. 24 novembre 1997 n.41), tale studio ha costituito la base di partenza per una approfondita revisione e integrazione del primo lavoro secondo i criteri regionali e la conseguente stesura di un corposo elaborato in appoggio al vigente strumento di pianificazione urbanistica (GeoTer, 2001). Anche questo studio è stato successivamente ripreso, per essere adeguato alle direttive emanate con D.G.R. 29 ottobre 2001, n.7/6645 e D.G.R. 11 dicembre 2001 n.7/7365, in attuazione del Piano Stralcio del P.A.I. (GeoTer, 2003).

Con il presente lavoro, svolto in concomitanza con la redazione di un nuovo strumento di pianificazione territoriale comunale, vengono aggiornate e integrate le rilevazioni e le analisi geologiche compiute circa nove anni fa e i relativi elaborati cartografici, secondo i "*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 28 maggio 2008. n.8/7374.

Mediante queste ultime norme, Regione Lombardia fornisce le indicazioni tecniche di lavoro, riguardanti i metodi di ricerca, la redazione della cartografia tematica e i contenuti della relazione geologica, al fine di prevenire inopportune 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 all'urbanizzazione. Pertanto qui ci si riferisce a tali indirizzi generali, operando comunque 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.

Le principali innovazioni nella definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. introdotte dai *Criteri* riguardano la sistematica raccolta di tutti i dati geologici messi a disposizione dagli Enti sovracomunali tramite i loro archivi informatizzati, il confronto di questi con quelli contenuti nei documenti di pianificazione sovraordinata, la loro verifica sul terreno e il loro eventuale aggiornamento e, soprattutto, la definizione del grado di suscettività sismica del territorio, in attuazione delle disposizioni della O.P.C.M. 20 marzo 2003, n.3274 e in considerazione di quanto previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 -

"*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*". 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*" di Regione Lombardia (2001).

Per i rilevamenti geologici e per la rappresentazione grafica dei tematismi è stata utilizzata la Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale, mentre per le aree urbanizzate, dove è necessario maggior dettaglio, la base topografica è costituita dai rilievi aerofotogrammetrici del Comune di Villa d'Ogna in scala 1:5.000 e 1:2.000, redatti da Canavesi S.r.l. nel 2000, poiché la cartografia della Comunità Montana Valle Seriana Superiore in scala 1:5.000, ottenuta da riprese aeree del 2003, risulta meno accurata. Un limite della cartografia regionale (C.T.R.) è dovuto al fatto che essa rappresenta la situazione degli insediamenti al 1981, anno della sua redazione; tuttavia essa è stata preferita, poiché per lo studio e la rappresentazione dei tematismi geologici è molto importante l'accuratezza della restituzione delle forme del territorio (rilievi, avvallamenti, idrografia). Le basi topografiche di dettaglio sono state aggiornate a cura del Progettista del P.G.T.

Questa analisi geoambientale interessa la totalità del territorio comunale, con particolare riguardo alle aree maggiormente urbanizzate: i rilevamenti geologici coprono l'intera superficie. 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 chiaramente 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 gli specifici "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 di 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., ora si integra con la raccolta e la valutazione di ulteriori informazioni e dati geologici, che si ricavano da numerosi lavori di carattere geotecnico e idrogeologico, eseguiti sul territorio di Villa d'Ogna durante gli ultimi anni. In particolare sono aggiornati il quadro geologico e, soprattutto, quello geomorfologico, introducendo le più recenti trasformazioni, dovute sia a evoluzioni naturali di versante o dei corsi d'acqua sia ad attività antropiche, e gli interventi di consolidamento, sistemazione e messa in sicurezza, che possono mutare significativamente la previsione di scenari di rischio.

Anche lo stato e la consistenza degli archivi e delle cartografie tematiche regionali e provinciali sono profondamente mutati negli ultimi anni e la consultazione dei loro contenuti e il confronto con situazione rilevata sul terreno sono richiesti dalla normativa. Per lo svolgimento di questo studio è stato consultato l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale, presso il quale vi è al momento qualche decina di relazioni geologiche e geotecniche redatte a diverso titolo e per diverse esigenze puntuali. È stata svolta una ricerca di specifiche notizie di interesse geologico per il territorio comunale anche sui quotidiani locali (l'Eco di Bergamo, Bergamo Oggi) nell'arco di tempo degli ultimi vent'anni.

Sono qui considerati la parte di analisi geologica contenuta del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) e alcuni studi specifici del Piano di Emergenza Provinciale, mentre dagli archivi dello S.TER. di Bergamo provengono dati su alcune forme di dissesto e sui lavori eseguiti conseguentemente.

Viene operato un confronto critico con gli strumenti di Regione Lombardia, come il "*Catalogo_ IFFI*" (Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia), il "*Sistema Informativo regionale delle valanghe"* (SIRVAL), il "*Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua"* (SIBCA), le carte geologiche del "Progetto CARG" e i dati di telerilevamento satellitare PSinSAR.

Per quanto riguarda la parte climatica, sono utilizzati i dati pluviometrici registrati a Clusone, Oltressenda Alta, Gromo e Gorno.

La cartografia di inquadramento (svolta in scala 1:5.000, vista la modesta estensione del territorio comunale) comprende la ***carta litologica***, la ***carta geomorfologica*** e dei processi geomorfici in atto, la ***carta idrogeologica*** e la ***carta litotecnica***. La scala utilizzata consente di avere già un dettaglio adatto per la rappresentazione dei fenomeni che interessano le aree abitate e quelle produttive. Nella carta litotecnica sono presentate anche numerose ***stratigrafie*** dei terreni, ricavate da diverse prove penetrometriche e da sondaggi o pozzetti geognostici realizzati a Villa d'Ogna nel corso degli ultimi venti anni.

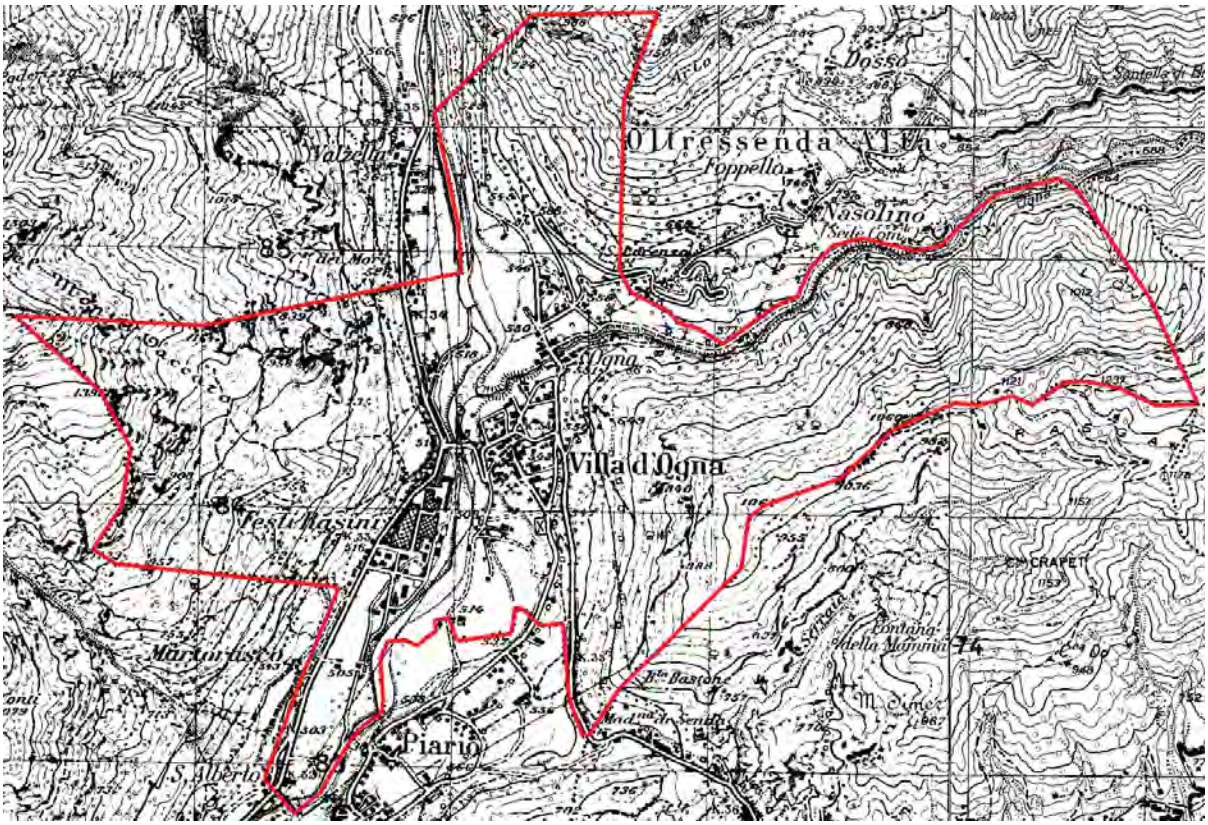
La cartografia di sintesi e valutazione è composta dalla ***carta dei vincoli*** e dalla ***carta di sintesi della pericolosità geologica***, estese su tutto il territorio comunale in scala 1:5.000. Si può comprendere nella parte di sintesi anche la ***carta degli scenari di pericolosità sismica*** (1° livello) in scala 1:5.000: in essa vengono evidenziate quelle forme del terreno che possono dare amplificazione al moto sismico. Questo è il livello di indagine richiesto per i territori classificati in "zona 4" dall' O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla D.G.R. 7 novembre 2003 n.7/14964. Considerato che nelle previsioni di Piano sarà compresa la costruzione di un Centro Sociale, struttura definibile come "strategica o sensibile"ai sensi della D.d.u.o. 21 novembre 2003, n.19904, nella stessa carta si presentano in sintesi gli esiti di un ***approfondimento d'indagine sismica*** effettuato con il metodo dei rapporti spettrali tra la componente orizzontale e quella verticale del rumore sismico (HVSR), rilevato mediante stazione singola.

L'obiettivo finale del lavoro, che rappresenta la fase di proposta, è la ***carta della fattibilità geologica di Piano***, redatta alla scala 1:5.000 per tutta l'estensione del Comune e in scala 1:2.000 per le sole aree urbanizzate. Quest'ultimo elaborato, che è di maggior interesse ai fini della Pianificazione, 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.

3 - PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO

Il territorio di Villa d'Ogna si trova lungo le sponde del fiume Serio, principale elemento geomorfologico e idrografico, che in questo tratto corre in direzione meridiana. Il paese è adagiato quasi del tutto sul fondovalle, sia sulla sponda destra, dove prevalgono i grossi e storici complessi industriali tessili, sia sulla sponda sinistra dove si sono sviluppati i quartieri residenziali e le attività commerciali. Villa d'Ogna appartiene al settore occidentale del comprensorio della Comunità Montana Valle Seriana Superiore che si distingue nettamente sia per la conformazione morfologica dell'Alto Serio sia per gli elementi logistici e i collegamenti. Da Sud a Nord, tenendo come riferimento l'asse della strada provinciale (parallela all'asta del Serio sulla sponda destra), il suo territorio si estende dalla località Sant'Alberto (confine con Parre) sino alla località More (confine con Ardesio). Sulla sponda sinistra del Serio Villa d'Ogna si allunga a Sud fino a Piario, ad Est fino a Oltressenda Alta (risalendo per un breve tratto la valle dell'Ogna) e fino a Clusone. Nel tratto di Villa d'Ogna il Serio riceve sulla sinistra un importante affluente, il torrente Ogna, il quale raccoglie le acque dell'ampio bacino della omonima valle (detta anche valle di Valzurio) e che si estende verso Est fino ai piedi del Ferrante e della Presolana.

Dal punto di vista geostrutturale più ampio, il territorio appartiene al dominio delle Alpi Meridionali, in particolare al settore centrale delle Prealpi Orobiche. Esso è attraversato da importanti strutture idrogeologiche, come la "faglia di Clusone". Tale discontinuità tettonica è diretta circa NE-SW, interessa il versante meridionale della valle dell'Ogna, provenendo dalla zona del Blum e taglia l'asta del Serio. presso il confine con Piario da un lato e presso Sant'Alberto dall'altro. Le formazioni rocciose, triassiche e prevalentemente calcaree, a grande scala hanno giacitura inclinata verso Sud, di modo che in linea generale quelle più antiche affiorano verso Nord, anche se tale struttura è complicata da pieghe sovrascorrimenti, che danno ragione di un particolare quadro idrogeologico.



Corografia (IGMI 1:25000)

A quest'assetto tettonico infatti sono legate circolazioni fissurali d'acque sotterranee, alimentate dai serbatoi carsici del Calcare di Esino, della Formazione di Breno e della Dolomia Principale e che, sostenute da strati marnosi impermeabili (formazioni di San Giovanni Bianco e di Gorno), vengono a giorno sul fondovalle seriano, dove l'approfondimento del solco vallivo tocca il livello idrostatico.

Anche la sovraimposizione dell'azione geomorfica quaternaria è qui assai importante, sia perché ha lasciato gli elementi più caratterizzanti il paesaggio, che sono i terrazzi fluvioglaciali, sia perché l'esarazione glaciale ha scavato lungo l'asse seriano una profonda conca, ora riempita da sedimenti alluvionali per un centinaio di metri di spessore; essa inizia ad approfondirsi nella zona di Ardesio (dove le rocce affiorano nell'alveo del fiume al Ponte delle Seghe) e si chiude contro la "soglia" di Ponte Nossa. In tale conca si sono depositati strati di sabbie, ghiaie e conglomerati intercalati a livelli limo-argillosi; essi costituiscono un acquifero di subalveo importante, del quale però occorre osservare il collegamento diretto, almeno della falda superiore, con le acque del Serio e dunque la sua vulnerabilità nei confronti di effluenti liquidi inquinanti (chimici e batteriologici).

foto Giuliano Zanoletti

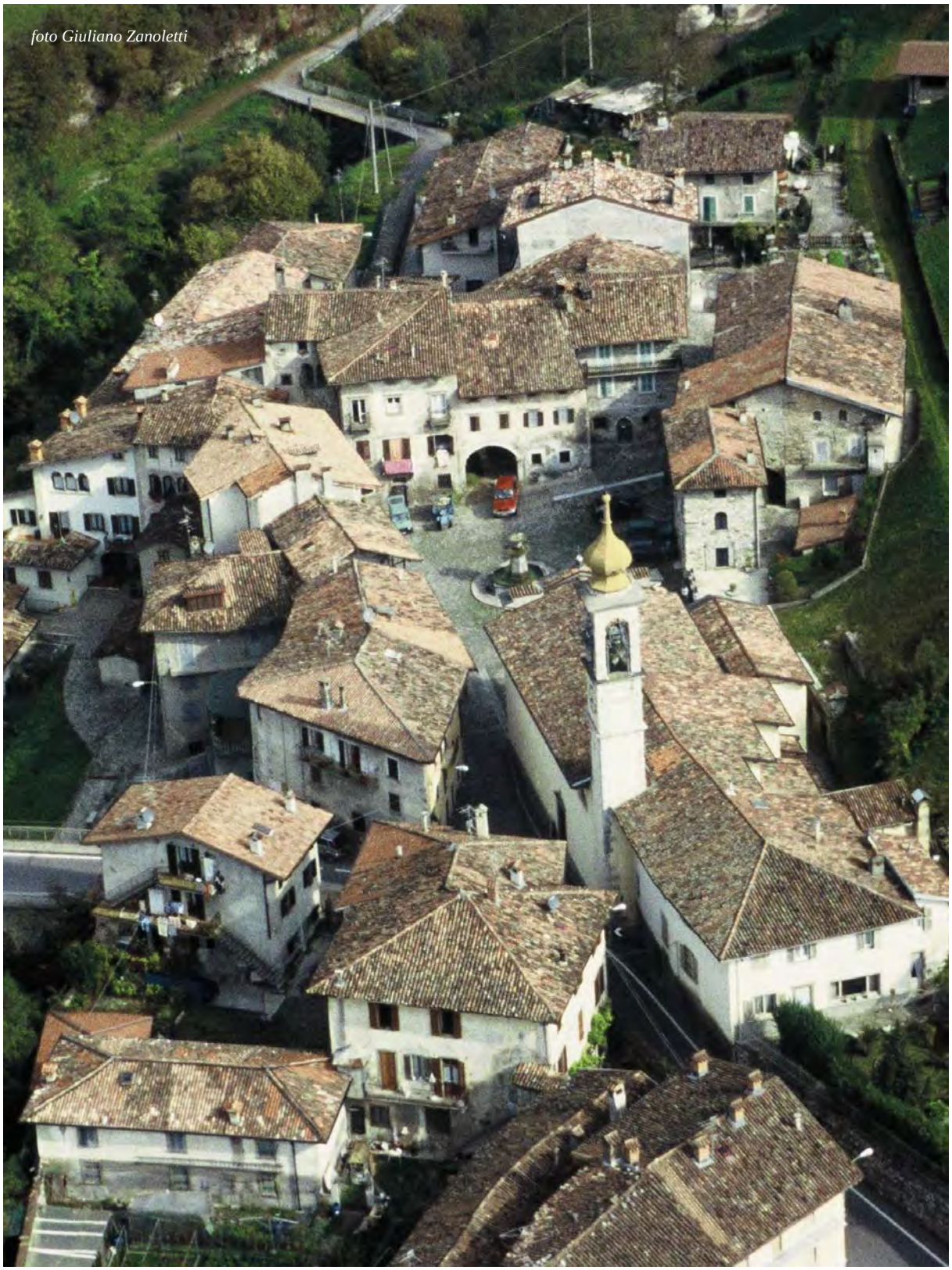


foto Giuliano Zanoletti

4 - DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE

Al fine della redazione delle carte tematiche il territorio del Comune di Villa d'Ogna è rappresentato per ciascun tematismo in modo completo e più dettagliato di quanto richiesto su fogli in scala 1:5.000. Sia la carta litologica sia quella idrogeologica sono corredate da sezioni che aiutano a chiarire gli aspetti tettonici, stratigrafici e idrogeologici anche in profondità nel sottosuolo. Una raccolta di dati puntuali e molto dettagliati permette di caratterizzare soprattutto la stratigrafia dei terreni superficiali maggiormente interessati dalle costruzioni e arricchisce in tal senso la carta litotecnica. La carta della Fattibilità Geologica di Piano è portata ad ulteriore dettaglio nella scala 1:2000 per le zone urbanizzate e interessate dalla pianificazione urbanistica in modo che sia facile ed immediato il confronto per sovrapposizione della compatibilità delle scelte (10a, 10b, 10c). Nel complesso gli elaborati grafici di questo studio sono costituiti da:

1. Carta litologica con sezioni	scala 1:5.000
2. Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto	scala 1:5.000
3. Carta idrogeologica con sezioni	scala 1:5.000
4. Carta litotecnica con stratigrafie	scala 1:5.000
5. Carta dei vincoli	scala 1:5.000
6. Carta di sintesi del rischio geologico	scala 1:5.000
7. Carta degli scenari di pericolosità sismica (1° livello)	scala 1:5.000
8. Carta della Fattibilità Geologica di Piano	scala 1:5.000
9. Carta della Fattibilità Geologica di Piano	scala 1:2.000

4.1 - Carta litologica

(tavola 1)

In questa carta le rocce ed i terreni sono 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 e idrogeologici dell'area e permettono di formulare valutazioni tecniche sulle sue attitudini urbanistiche. È rappresentata la distribuzione superficiale delle formazioni rocciose, non solo seguendo criteri scientifici correnti di classificazione litostratigrafica, ma in parte effettuando anche raggruppamenti o suddivisioni, in funzione di locali caratteristiche dei litotipi. Per i terreni granulari, che rappresentano i supporti maggiormente interessati dalle attività antropiche, edilizie in particolare, nella carta litostrutturale sono evidenziate distinzioni in base ai processi che li hanno generati, alla loro composizione mineralogica e alla loro granulometria. Ulteriori suddivisioni in funzione della caratterizzazione geotecnica e idrogeologica sono espresse in altre tavole tematiche.

TERRENI DI COPERTURA

I terreni di copertura si possono distinguere in base ai fenomeni che hanno concorso alla loro formazione in DEPOSITI DI VERSANTE, DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIOGLACIALI, DEPOSITI GLACIALI; a questi si aggiungono i RIPORTI connessi all'azione dell'uomo.

DEPOSITI DI VERSANTE

La formazione dei depositi di versante è essenzialmente legata alla disgregazione fisico-chimica operata sulle masse rocciose dagli agenti atmosferici e all'azione della forza di gravità. In questa categoria sono stati quindi distinti:

- Coperture eluvio-colluviali (**eXX**): si tratta dei prodotti derivanti dall'alterazione fisico-chimica in sito del substrato roccioso ("eluvium") e dei prodotti d'alterazione e dilavamento delle rocce e dei terreni stessi che, eventualmente mobilizzati dalla sede originaria, vengono ad accumularsi lungo i pendii poco più in basso, a causa dell'inclinazione della superficie topografica ("colluvium"). In carta si è cercato di distinguere questi terreni in funzione del substrato roccioso dal quale essi hanno origine.

Negli eluvium delle formazioni calcareo-marnose ed arenacee (Formazione di Gorno) generalmente prevale la frazione fine, limo-argillosa, mentre in quelli delle formazioni più terrigene e formate da rocce sottilmente stratificate (Formazione di San Giovanni Bianco) la parte più abbondante è data da frammenti scheggiosi di roccia (argillite) con matrice argilloso-limosa. Più sabbiosi e in genere più sottili e discontinui sono i terreni eluviali delle formazioni dolomitiche e calcareo-dolomitiche (Dolomia Principale, Formazione di Breno, Calcare di Esino), che sono costituiti soprattutto da frammenti delle stesse rocce (granulometria della ghiaia e/o della sabbia grossolana) con poco limo e sabbia. La distinzione fra questi terreni si basa principalmente sul colore: rossastro per quelli del Calcare di Esino, bruno per quelli della Formazione di Gorno, giallastro per quelli della Formazione di San Giovanni Bianco, bianco-grigiastro per la Formazione di Breno, bianco-rosato per la Dolomia Principale.

Tali coltri di terreni eluviali sono spesso discontinue, così come è molto vario il loro spessore: si passa da pochi centimetri di copertura sulle formazioni carbonatiche (Calcare di Angolo, Calcare di Esino, Formazione di Breno, Dolomia Principale) fino a raggiungere un metro di spessore sopra quelle più terrigene (formazioni di San Giovanni Bianco e di Gorno). In questi terreni la componente grossolana aumenta presso il contatto con il substrato roccioso. Nell'area di Villa d'Ogna i terreni eluvio-colluviali compaiono nel settore occidentale, sulle fasce più alte del versante che sale verso Parre, e in quelli orientali, sui pendii verso Oltressenda Alta e verso Clusone.

- accumuli di frana (**af**): si tratta di depositi di terreni detritici formati da blocchi eterometrici con scarsa matrice sabbiosa; essi sono in relazione con repentini movimenti gravitativi di versante. Alcuni di questi terreni si trovano verso il confine con Parre, in località

Sant'Alberto; essi sono dovuti a diversi episodi di caduta di massi dai cigli dei banchi di conglomerato di origine fluvioglaciale e dalle scarpate retrostanti. La forma franosa più estesa compare sul versante che sovrasta il cimitero di Villa d'Ogna, lungo la strada per Clusone; in questo caso si tratta di una paleofrana che ha interessato le masse rocciose del Calcare di Esino e della Formazione di Breno, un fenomeno piuttosto profondo dovuto da un lato alla pervasiva fessurazione delle rocce in vicinanza della Faglia di Clusone e dall'altro al rilascio delle tensioni conseguenti al ritiro del ghiacciaio quaternario. Attualmente questa forma è considerata quiescente, poiché permangono potenziali instabilità della nicchia di stacco e deformazioni sul corpo di frana.

- detriti di falda incoerenti (**dt**, **dti**): sono sedimenti generati dal lento agire della forza di gravità e dal crioclastismo ([1]) su pareti rocciose più o meno disgregate, ai piedi delle quali si formano così fasce e coni di detrito. In genere si tratta di terreni che giacciono in condizioni al limite della stabilità, anche perché formati da un accatastamento di blocchi (a volte di notevole volume), pietrisco e ghiaia sabbiosa, con frazione fine scarsa o assente; hanno permeabilità elevatissima. Nell'area studiata la natura dei clasti di tali sedimenti è esclusivamente carbonatica, data la presenza di rocce calcaree e dolomitiche. In carta sono distinti gli accumuli attivi (**dt**), instabili ed erodibili, privi di vegetazione o con vegetazione pioniera, formati da clasti spigolosi della granulometria di una ghiaia e da sabbia più o meno abbondante, da quelli (**dti**) che invece hanno raggiunto un buon grado di stabilizza-zione o che hanno bassa velocità di formazione e permettono quindi lo sviluppo di suolo e la crescita di vegetazione. Questi terreni sono diffusi lungo i pendii che salgono dal fondovalle seriano verso i monti di Parre e la Cima di Vaccaro. Altri detriti di falda si rilevano sulle pendici del monte Fortino, nella valle dell'Ogna e sopra la Biciocca.

- detriti di falda cementati (**dtc**), Quaternario: questi sedimenti hanno le stesse modalità di formazione dei precedenti, ma si tratta di depositi più antichi, in alcuni casi riferibili ad una topografia diversa dall'attuale; questi hanno conseguito una maggiore stabilità anche per effetto di una cementazione, che spesso ha raggiunto un grado elevato. Si tratta di brecce carbonatiche (calcaree e dolomitiche), che presentano una vasta distribuzione sul versante settentrionale della valle dell'Ogna e al piede delle principali superfici di sovrascorrimento, sulla destra del Serio, in corrispondenza della valle dei Frati. Sono brecce calcareo-dolomitiche, anche piuttosto grossolane, con cemento aragonitico bruno-giallastro, quasi sempre marcatamente vacuolari, dotate di buona permeabilità. Di solito le parti superficiali sono molto alterate e danno origine a suolo argilloso rossastro e, salvo che nelle incisioni vallive o su pendii decisamente acclivi, dove tale livello è asportato dall'erosione, sono coperte da abbondante vegetazione. I detriti di falda cementati mostrano a volte un marcato accenno di stratificazione inclinata, parallelamente all'andamento del pendìo, che conferma la loro antica origine da depositi di versante.

([1]) *crioclastismo = azione disgregatrice meccanica dei cicli di gelo e disgelo*

DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIOGLACIALI

Sono sedimenti legati all'azione delle acque incanalate, cioè dei corsi d'acqua organizzati, sia quelli attuali, sia quelli che derivavano dagli apparati glaciali dell'ultima glaciazione quaternaria. I terrazzi che bordano la piana alluvionale del Serio al piede dei versanti montuosi sono le morfologie tipiche di questi ultimi sedimenti, che a loro volta sono incise ed erose dai corsi d'acqua attuali. In questa categoria sono distinti:

- alluvioni attuali e recenti (**aa**, **ar**): le prime sono i sedimenti che si trovano nell'alveo del Serio (**aa**); questi sono costituiti da blocchi, ciottoli e ghiaie molto grossolane con sabbia, di svariata natura litologica, poiché il bacino idrografico comprende una vastissima gamma di formazioni rocciose metamorfiche, vulcaniche e sedimentarie (quarzose e carbonatiche). Queste alluvioni sono frequentemente e profondamente rimaneggiate e dilavate dalle piene del fiume, quindi si tratta per lo più di sedimenti che subiscono un trasporto abbastanza lungo, sono dunque ben selezionati e i ciottoli sono ben arrotondati. Diversi sono i caratteri del sedimento alluvionale che si trova negli alvei torrentizi affluenti: i clasti sono spigolosi e mal classati. In ogni caso questi terreni sono dotati di permeabilità elevata e possono essere coinvolti in energici processi geomorfici (trasporto in massa). Le alluvioni recenti (**ar**), che occupano le piane di fondovalle ai lati del fiume Serio e del torrente Ogna leggermente rialzate rispetto all'alveo e non sono coinvolte continuamente dal normale deflusso d'acqua, sono invece formate da ghiaia grossolana con sabbia e blocchi di varia natura litologica, o da sabbia con subordinata ghiaia, o da sabbia fini limosa con rari ciottoli, o da argilla limosa e limo argilloso bruno o giallastro, in corpi lentiformi discontinui. Su questi sedimenti si sviluppa un suolo limo-argilloso con vegetazione, sede specialmente in passato di continue lavorazioni agricole; oggi parte di questi terreni sono interessati dall'urbanizzazione nonostante la loro vicinanza col fiume; la loro eterogeneità litologica e, soprattutto, la presenza di materiale fine (argille e sabbie limose) possono comportare qualche elemento di attenzione nell'utilizzo delle aree, che richiede l'adozione di accorgimenti costruttivi particolari.

- depositi di conoide (**co**), Quaternario: sono sedimenti che formano tipiche morfologie convesse, che si aprono "a ventaglio" allo sbocco sul fondovalle delle principali valli affluenti. Nel territorio di Villa d'Ogna, sul fianco destro dell'asta seriana sono riconoscibili due conoidi; esse si trovano allo sbocco di profonde incisioni che solcano il monte Vaccaro. La formazione di tali conoidi è sicuramente favorita dalla intensa clastesi e dalla conseguente elevata erodibilità delle masse rocciose calcaree che formano le pendici rupestri del monte Vaccaro. Una conoide ben più ampia si apre sul fianco sinistro del Serio, alla confluenza del torrente Ogna; su di essa sorge il centro storico di Ogna e buona parte dell'abitato di Villa d'Ogna.

I depositi di conoide sono costituiti prevalentemente da sedimenti sciolti, ma non mancano livelli più o meno cementati di detrito calcareo-dolomitico, pseudostratificati e alternati a strati di sabbia e limo. In generale si osserva che i materiali a granulometria più fine si trovano nella parte distale della conoide, mentre verso l'apice aumenta la presenza di blocchi

e ciottoli. Quasi tutte le conoidi di Villa d'Ogna sono da considerare forme quiescenti, nelle quali cioè, nonostante la profonda incisione dell'alveo torrentizio, permane all'apice una certa possibilità di interessamento da parte di eventi di colata detritica o di esondazione. Diversa è la situazione della conoide allo sbocco della valle dei Frati (S. Alberto), ancora sede di un significativo evento alluvionale nel 1997. Normalmente i terreni di conoide sono coperti da suolo e da vegetazione; la posizione rilevata sul fiume e la superficie dolcemente acclive rende tali aree attraenti, ma va comunque sottolineata la loro condizione di equilibrio geologico delicato, legata alla disomogeneità litologica e alla permeabilità elevata del terreno e alla facile presenza di circolazioni idriche sotterranee.

- depositi fluvioglaciali incoerenti (**fg, fgs**), Quaternario: sono formati da strati suborizzontali di sabbie più o meno grossolane e ghiaie fini, con poco limo giallastro; i sedimenti sono ben addensati ma poco o nulla cementati e sono molto erodibili (**fg**). In carta sono distinti anche terreni simili, ma soggetti in superficie a una certa alterazione, con sviluppo di una copertura di suolo argilloso-limoso con ciottoli (**fgs**). Questi terreni derivano dal rimaneggiamento e dalla selezione di sedimenti glaciali ad opera delle abbondanti acque degli antichi ghiacciai quaternari in fase di ritiro.

- depositi fluvioglaciali cementati (**fgc**), Quaternario: si tratta di conglomerati, talora stratificati in modo evidente in banchi suborizzontali, con livelli di grossi ciottoli arrotondati, embricati e ben cementati, alternati a livelli di sabbia e limo poco cementati; i clasti sono di varia natura litologica ma il cemento è sempre calcareo. Si tratta di sedimenti relativi alle fasi interglaciali più antiche; essi formano un vasto sistema di terrazzi subpianeggianti che si sviluppa tra Ardesio e Ponte Nossa e si collega ad altre forme fluvioglaciali dell'altopiano clusonese. La presenza di livelli più erodibili e/o dilavabili intercalati ai banchi cementati ha permesso la locale presenza di cavità, anche di cospicuo volume, che si manifestano come caverne sulle scarpate dei ripidi bordi del terrazzo e vuoti sotterranei che possono evidenziarsi durante gli scavi per le fondazioni di edifici, senza una precisa geometria e distribuzione. La pervasiva presenza di porosità e vacuoli conferisce ai banchi una permeabilità discretamente elevata.

DEPOSITI GLACIALI

Rappresentano gli accumuli frontali, laterali e di fondo dei detriti trasportati dalle lingue dei ghiacciai dell'ultima glaciazione quaternaria (morene). Si tratta di sedimenti che contengono frammenti lapidei provenienti da formazioni rocciose locali, ma anche da bacini più lontani;

essi caratterizzano le fasce medio-basse di entrambi i versanti seriani, appena al di sopra dell'area di impronta fluviale e con questa spesso anche interferenti. In carta sono distinti:

- depositi glaciali (**gl**), Quaternario: si tratta di terreni sciolti, costituiti da limo sabbioso bruno-rossastro, con ciottoli e blocchi poligenici arrotondati; nella valle dell'Ogna essi hanno subito un certo grado di dilavamento e di rimaneggiamento ad opera delle acque superficiali. Su questi sedimenti, che possono raggiungere lo spessore di una decina di metri, in genere si sviluppa un ricco suolo argilloso, che favorisce la crescita di abbondante vegetazione boschiva e le colture agricole. Nel territorio i depositi morenici compaiono a monte del centro abitato di Villa d'Ogna e sul fianco destro del Serio, sul versante che sale verso i pascoli alti di Parre e la Cima Vaccaro.

DEPOSITI ANTROPICI

Si tratta di terreni rimaneggiati dall'azione antropica, come riporti, terrapieni e discariche:

Riporti e discariche (**r**): sono accumuli di materiali dovuti principalmente a sbancamenti dell'edilizia, costituiti da detriti rocciosi grossolani, cui sono mescolati abbondanti quantità di terra argillosa e detriti di demolizioni edili. Nell'area urbanizzata di Villa d'Ogna questi materiali in alcuni casi sono una presenza cospicua, come nel quartiere Festi Rasini. Anche nel caso di semplici rimaneggiamenti in posto di terreno per livellamenti, la caoticità e la carente compattazione di questi materiali, le loro condizioni di giacitura e, nel caso dei riporti terrosi, lo scarso drenaggio, sono fattori che rendono difficile un loro corretto inserimento nella situazione naturale, per cui ai nostri fini risulta importante una loro distinzione. In qualche caso (sponda sinistra dell'Ogna) sono presenti vecchie discariche di rifiuti solidi urbani.

FORMAZIONI ROCCIOSE

Le rocce dell'area studiata appartengono a formazioni sedimentarie del periodo Triassico e sono tutte di natura carbonatica ([2]) e terrigena ([3]), facenti parte della cosiddetta "Copertura mesozoica delle Alpi Meridionali". In questo lavoro esse sono distinte mettendo in particolare rilievo i loro caratteri litologici e fisici, il loro stato d'alterazione e l'eventuale presenza di fagliazione o fessurazione diffusa. Le formazioni sono di seguito elencate in ordine cronologico dalla più recente (sopra) alla più antica (in basso). Esse costituiscono l'"ossatura" del territorio di Villa d'Ogna:

DOLOMIA PRINCIPALE	dolomie grigio-chiare massicce
FORMAZIONE DI S.GIOVANNI BIANCO	siltiti, arenarie e dolomie marnose stratificate
FORMAZIONE DI GORNO	calcari marnosi grigio nerastri stratificati
FORMAZIONE DI BRENO	calcari grigio chiari stratificati
CALCARE DI ESINO	calcari e calcari dolomitici grigio-chiari
FORMAZIONE DI BUCHENSTEIN	calcari grigio-scuri selciferi stratificati
CALCARE DI ANGOLO	calcari con interstrati argillitici

- Dolomia principale (**DP**) Norico medio-inferiore: dolomie grigie massicce o a stratificazione per lo più indistinta; hanno spesso un aspetto scheggioso dovuto alla loro fragilità e la massa è segnata da una fitta rete di venette calcaree bianche o giallastre. La parte inferiore della formazione è caratterizzata da facies a brecce; questa interessa il settore sudorientale del territorio comunale. La fragilità della dolomia, assieme allo sviluppo abbastanza frequente di dissoluzione carsica e in presenza di intensa fessurazione tettonica (come quella collegata alla faglia di Clusone), origina forme rupestri turrite e frequenti distacchi di blocchi rocciosi. Particolarmente evidenti sono le forme che si osservano lungo il crinale del monte Né fino alla strada di Senda e segnano di fatto il confine tra Villa d'Ogna e Clusone. Nelle zone in cui la tettonizzazione della dolomia è molto spinta, la roccia è ridotta ad una massa ghiaioso-sabbiosa grigia, facilmente erodibile. Il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso in queste situazioni e i fenomeni dinamici e idrogeologici collegati, rendono opportuna una loro distinzione; infatti qui sono frequenti forme calanchive e pinnacoli d'erosione, mentre l'azione delle acque superficiali particolarmente efficace in occasione delle piene determina un cospicuo trasporto solido negli alvei.

- Formazione di San Giovanni Bianco (**SGB**) Carnico superiore: si tratta di alternanze di arenarie e dolomie gessose ben stratificate, con intercalazioni di dolomie nocciola, marne grigie e argilliti gialle, verdine o nere, sottilmente stratificate, fissili e spesso molto ripiegate; le dolomie sono "cariate", cioè presentano vacuoli centimetrici. Queste alternanze di strati sottili, fragili e gessosi formano pendii dall'equilibrio molto delicato, caratterizzati da

([2]) *rocce carbonatiche = calcari, marne, dolomie, rocce sedimentarie marine composte prevalentemente da carbonati di calcio e magnesio.*
([3]) *rocce terrigene = arenarie e argilliti, rocce sedimentarie, marine e più sovente continentali, composte prevalentemente da frammenti di altre rocce.*

copertura di terreno argilloso giallastro, impermeabile, nel quale ristagna l'acqua e vi è possibilità di soliflusso, di movimenti franosi diffusi, di scivolamento lungo strato e stacco di masse rocciose poco competenti. Questa formazione caratterizza il settore sudorientale del territorio comunale, sul fianco sinistro della valle, lungo la faglia di Clusone.

- Formazione di Gorno (**GO**) Carnico medio: è composta da alternanze di calcari marnosi neri e marne grigie o nere, ben stratificate,con frequenti e sottili interstrati di argilliti nere, laminate e scheggiose. In superficie le rocce presentano una tipica ossidazione bruna. Questa formazione affiora ampiamente sul versante sinistro della valle Seriana, ma altri affioramenti si osservano anche sul versante destro.

- Formazione di Breno (**BR**) Carnico medio-inferiore: calcari micritici grigio chiari o nocciola, fino a grigio scuro, in strati spessi da qualche decina di centimetri ad oltre due metri; hanno pasta omogenea e talora sono fetidi alla percussione; in superficie presentano una tipica patina d'ossidazione biancastra. Frequenti sono le strutture sedimentarie, come i pori di essiccazione riempiti da calcite spatica bianca, nuclei algali (oncoliti), pisoliti e livelli fossiliferi. La formazione ha estensione areale notevole in quota su entrambi i versanti seriani.

- Calcare di Esino (**CE**) Ladinico medio-superiore: calcari e calcari dolomitici massicci biancastri o rosati, a pasta piuttosto grossolana, spesso affetti da evidenti dissoluzioni e forme carsiche, Affiorano in modo diffuso alle quote più elevate sui rilievi montuosi che racchiudono il territorio di Villa d'Ogna e oltre, dove conferiscono al paesaggio un tipico aspetto rupestre "dolomitico". Queste masse calcaree sono in genere molto fessurate e da esse si verificano spesso stacchi di blocchi e di frazioni rocciose più minute, che nel tempo portano alla formazione di caratteristici "ghiaioni" e pittoreschi pinnacoli. Queste rocce sono generalmente denudate e solo talora coperte da sottile e discontinui suolo scheletrico sabbioso o argilloso bruno rossastro (residuale). Peculiare di questa formazione è il suo grado di fessurazione diffusa che favorisce lo sviluppo dei profondi fenomeni carsici che la interessano. Per lo stesso motivo, questa grande massa di calcari che, sotto questo profilo, può essere considerata un tutt'uno con la soprastante Formazione di Breno, rappresenta il maggiore "serbatoio" idrogeologico della montagna bergamasca.

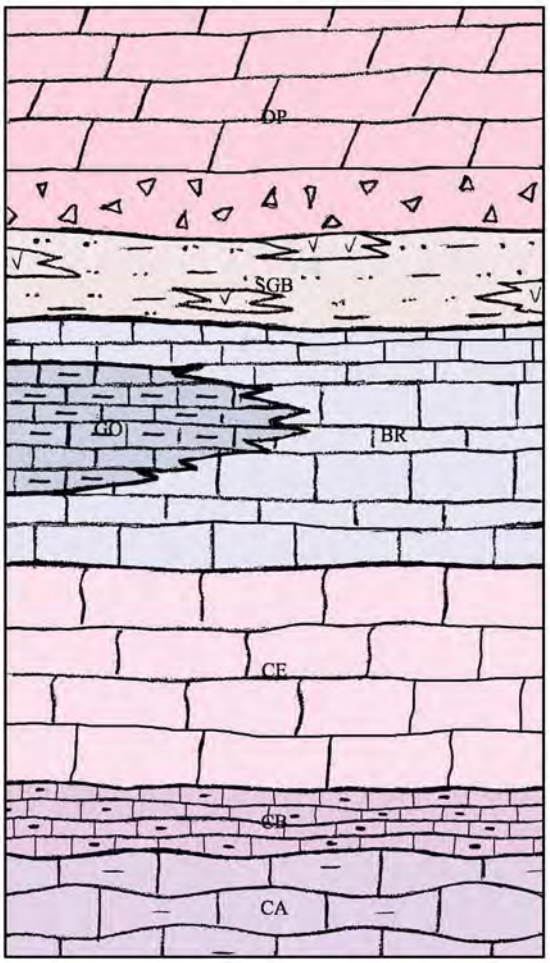
- Formazione di Buchenstein (**CB**) Ladinico inferiore: calcari sottilmente stratificati e ondulati di colore grigio, con liste e noduli di selci nere. Queste rocce sono poco diffuse sul territorio di Villa d'Ogna: gli unici affioramenti si osservano infatti lungo il crinale che sale a Cima Ba, sopra la strada della Cunella.

- Calcare di Angolo (**CA**) Anisico: calcari micritici grigi o neri, a stratificazione media e sottile, con frequenti venature diffuse di calcite bianca; talvolta le superfici di strato sono ondulate, conferendo alla roccia un aspetto nodulare; negli interstrati vi sono argilliti nerastre laminate. Anche queste rocce, come quelle della formazione precedente, affiorano in modo contenuto nel territorio comunale, lungo il crinale che sale a Cima Ba. Gli strati, piegati per effetto dei movimenti tettonici, in qualche caso divengono banchi molto potenti, che formano ripide scarpate molto evidenti sul versante. La formazione in quest'area si trova alla base di un'unità tettonica sovrascorsa e per questo motivo è particolarmente fessurata.

SEGNI CONVENZIONALI

Nella carta litologica, oltre alle campiture colorate e alle sigle che distinguono le diverse formazioni rocciose e i terreni granulari, sono indicati con appositi simboli i principali elementi strutturali: la giacitura degli strati (cioè la direzione verso la quale essi pendono e l'inclinazione rispetto al piano orizzontale), lo stato di fessurazione delle rocce, le dislocazioni tettoniche maggiori (faglie[4] e sovrascorrimenti[5]) e i piani assiali delle pieghe. La distinzione di questi elementi strutturali, che mettono in contatto anomalo (non stratigrafico) le masse rocciose, consente di comprendere l'assetto geologico del territorio e le conseguenze pratiche che si riflettono sulla stabilità dei versanti e sulla disponibilità di risorse idriche. Altri simboli indicano le sorgenti (libere e captate), i pozzi (ad uso potabile o industriale), le località fossilifere. Due linee visualizzano le tracce delle sezioni geologiche e numerosi punti indicano l'ubicazione di stratigrafie, ottenute da osservazioni di scavi edili, di sondaggi o di spaccati naturali.

RAPPORTI STRATIGRAFICI



Nella tavola litologica è rappresentato anche lo schema dei rapporti stratigrafici delle formazioni rocciose; esso evidenzia come nelle diverse unità litostratigrafiche possano riscontarsi differenti modalità di sovrapposizione ed interdigitazione fra loro. In particolare nel territorio di Villa d'Ogna sono frequenti i passaggi laterali (eteropie) fra le varie unità carniche (Formazione di Breno e Formazione di Gorno), queste ultime tipiche di un ambiente lagunare con barriera corallina e/o piattaforma carbonatica. Sulla stessa carta litologica (tavola 1) sono disegnate due sezioni geologiche rappresentative del territorio comunale. Le sezioni e le stratigrafie schematizzate nella tavola n.4 sono descritte nei paragrafi seguenti.

---

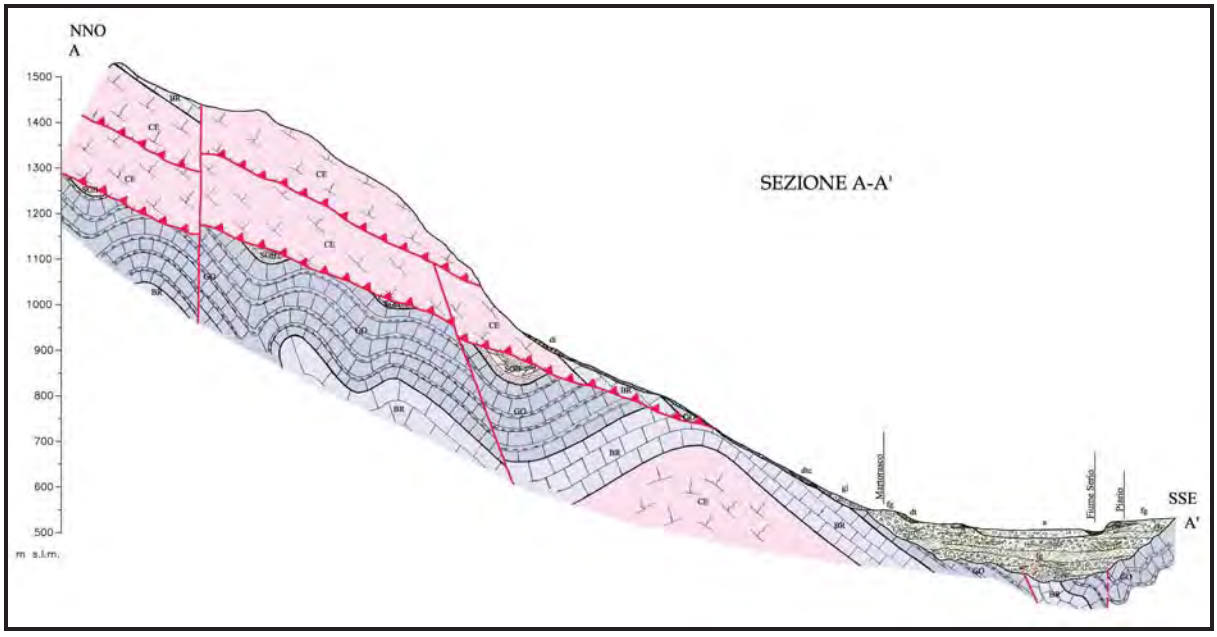
(4) - faglia: discontinuità lineare (e verticale o molto inclinata) della crosta terrestre, sia locale sia molto profonda ed estesa, lungo la quale si verifica uno spostamento relativo di due masse rocciose adiacenti.

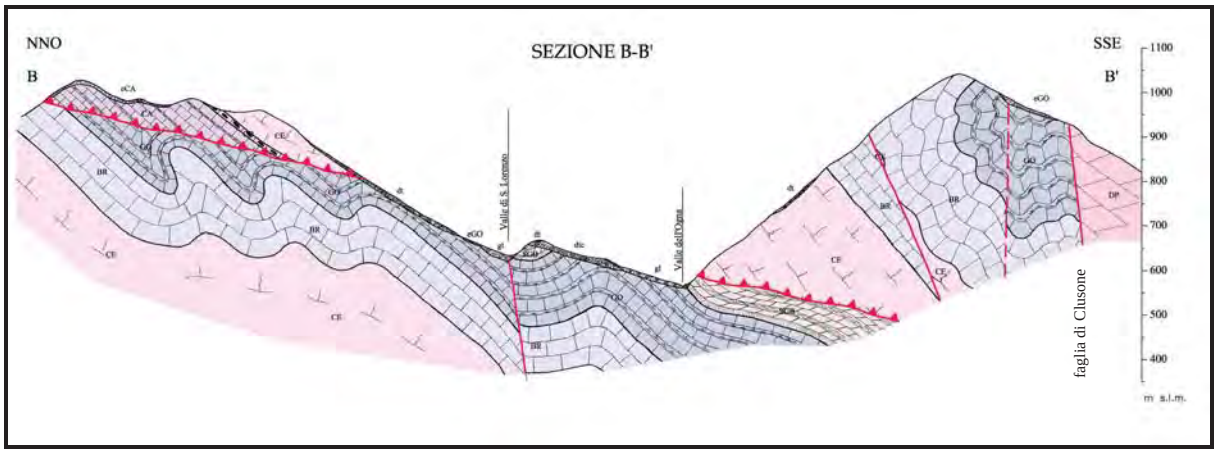
(5) - sovrascorrimento: movimento tettonico a causa del quale masse rocciose, estese anche chilometri, si sono sovrapposte (accavallate) l'una sull'altra; la superficie di discontinuità che le separa è suborizzontale o poco inclinata .

4.2 Sezioni geologiche e assetto strutturale

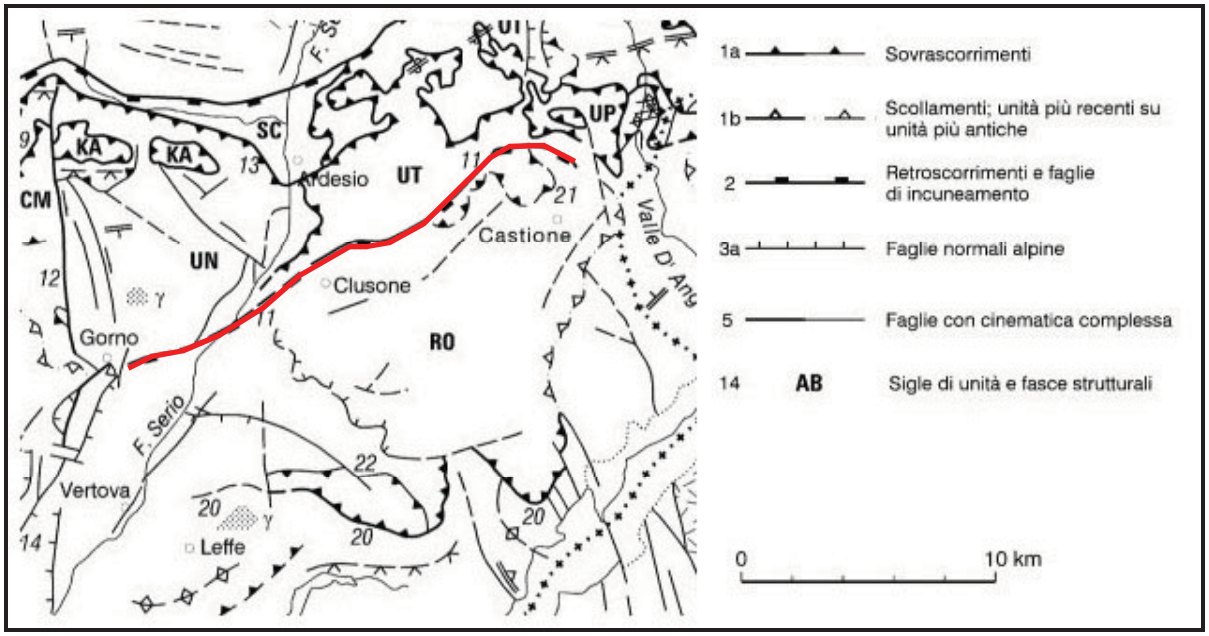
Le sezioni geologiche rappresentano spaccato del territorio con i quali rappresentare il sottosuolo, partendo per lo più da dati di superficie ottenuti della carta litostrutturale, assieme alla quale permettono e/o facilitano la visione tridimensionale della struttura geologica. Altre preziose indicazioni, specialmente per quanto riguarda il fondovalle, sono ricavate dalle stratigrafie di pozzi e sondaggi disponibili presso l'archivio comunale. Perché le sezioni illustrino più chiaramente il complicato assetto delle formazioni rocciose, esse sono orientate in modo da tagliare trasversalmente le principali strutture geologiche. Il disegno è in scala 1:5.000 e sono utilizzati gli stessi simboli e le stesse campiture della carta litologica.

Dal punto di vista geostrutturale, questo tratto di valle Seriana è fortemente caratterizzato dalla presenza di due importanti discontinuità: due superfici di sovrascorrimento blandamente inclinate verso Sud, che mettono a contatto un complesso di rocce calcaree massicce (soprattutto Calcare di Esino), cioè un elemento alloctono in posizione superiore, sopra un altro blocco in cui prevalgono le rocce marnose stratificate (elemento autoctono o parautoctono). La sovrapposizione di queste unità strutturali è complicata, da pieghe e da importanti faglie (lungo la valle dell'Ogna) appartenenti al sistema della "faglia di Clusone" o comunque ad esso parallele. Tale discontinuità tettonica a carattere regionale ha direzione NordEst-SudOvest e una superficie subverticale o molto inclinata verso Sud-SudEst; mette a contatto, con evidente rigetto (spostamento relativo di punti omologhi lungo una faglia), le formazioni carniche (a Nord) con la Dolomia Principale (a Sud).





L'assetto strutturale delle masse rocciose è fondamentale nella definizione del paesaggio (forma, colore, orientamento, copertura vegetale dei versanti), nei processi geomorfici e nella costituzione dei caratteri idrogeologici del territorio.



*Schema strutturale dell'area di Villa d'Ogna con la "faglia di Clusone" (**linea rossa**).*
(Estratto dalla Carta Geologica della Provincia di Bergamo)

4.3 Stratigrafie

Nella tavola n.4, assieme ai principali caratteri litotecnici e geotecnici delle formazioni rocciose e dei terreni, sono presentate ventidue stratigrafie, la cui ubicazione è riportata anche nella carta litologica (tavola n.1). Queste stratigrafie sono ricavate da sondaggi o da pozzi per acqua, da penetrometrie, da sbancamenti in cantieri edili e da osservazioni dirette di spaccati naturali del terreno. Esse forniscono al Progettista un dato di riferimento abbastanza preciso sulla qualità dei terreni che solitamente sono interessati dalle costruzioni. La conoscenza di questi dati, che servono per scopi di programmazione del territorio, non esime i soggetti interessati dall'effettuare le indagini puntuali di carattere geotecnico in applicazione del D.M. 14.01.2008. Le stratigrafie riportate sono:

- **S1:** ricavata da prove penetrometriche DPT in via Sales (m 536 s.l.m.); mostra circa m 10 di detriti di versante con molta sabbia, vi sono intercalati uno strato di detriti con abbondanti limo e argilla di circa m 3 e un livello di cm 40 di limo argilloso.

- **S2:** rilevata da scavi a cielo aperto per un'abitazione in via Terranini (m 557 s.l.m.). In superficie vi sono circa cm 80 di terreno ciottoloso con sabbia limosa bruna; seguono a m 5,2 di detriti di falda frammisti a ciottoli tondeggianti, con abbondante sabbia limosa bruno chiara. Il substrato roccioso sul quale poggiano questi terreni è costituito dai calcari nerastri stratificati della Formazione di Gorno.

- **S3:** ricavata da pozzetti geognostici eseguiti in via Serio (m 517 s.l.m.); mostra circa m 1,5 di grossi ciottoli di fiume embricati, in un contesto di ghiaia e abbondante limo sabbioso.

- **S4:** osservata in un fronte di sbancamento a cielo aperto lungo via Provinciale (m 520 s.l.m.). In superficie si attraversano circa m 4 di conglomerato cementato, cui seguono m 6 di sabbie fini giallastre con pietrisco calcareo bianco e spigoloso; a circa m 8,75 di profondità c'è il livello piezometrico.

- **S5:** tratta da uno spaccato naturale che si trova in valle Micheli, sulla sinistra del torrente Ogna (m 730 s.l.m.). L'intaglio mette in luce circa m 4 di detriti di versante con molta sabbia limosa; sotto ci sono m 2,5 di conglomerato; il tutto poggia sopra un substrato roccioso con fratture cementate.

spaccato naturale in valle dei Micheli

- **S6:** ricavata da sondaggi geognostici effettuati nello stabilimento Festi Rasini (m 508 s.l.m.). Un metro di inerti di riporto copre delle ghiaie, dapprima fini poi più grossolane, con molta sabbia e con intercalazioni decimetriche di ghiaia fine e sabbia fine grigia.

Limi glacio-lacustri varvati (sondaggio S7)

- **S7-S8:** stratigrafie ottenute da due sondaggi geognostici per la costruzione del ponte pedonale sul Serio. Il primo sondaggio S7 (m 506 s.l.m.), sulla sponda destra del fiume, ha attraversato un sottile suolo agrario e del terreno di riporto, sotto i quali ci sono m 10 di ghiaia con limo sabbioso e poi m 1,8 di limo e sabbia; il livello piezometrico si trovava a m -3,60 dal p.c. Il sondaggio S8 (m 510 s.l.m.) è stato effettuato sulla sponda sinistra del fiume (via de Gasperi: fino a m -3 si trovano inerti terrosi di riporto, poi c'è ghiaia sabbiosa con lenti argillose intercalate; il livello piezometrico era a circa m -6,70 da p.c.

- **S9:** rilevata in scavi a cielo aperto nel territorio di Parre (m 630 s.l.m.). Nei primi sei metri si trovano limo e limo sabbioso con un sottile strato di sabbia intercalato, poi si vedono due metri di conglomerato e il substrato roccioso, costituito da calcare stratificato della Formazione di Breno.

- **S10:** ottenuta da scavi a cielo aperto in via Gandhi (m 512 s.l.m.). Sotto pochi centimetri di argilla sabbiosa, si osservano circa m 4 di ghiaia grossolana e ciottoli, con abbondante sabbia e con intercalazioni argillose.

- **S11:** ripresa da scavi a cielo aperto in via Madre Teresa di Calcutta (m 515 s.l.m.). Pochi centimetri di suolo argilloso-limoso, coprono m 4 di ghiaia grossolana con argilla e ciottoloni di fiume; più in profondità si incontra circa un metro di sabbia prima di toccare un conglomerato ben cementato e grossi ciottoli.

- **S12:** tratta da un pozzo per acqua ad uso industriale nello stabilimento Radici Yarn (m 503 s.l.m.). Nei primi sei metri c'è ghiaia con ciottoli, poi circa tre metri di argilla compatta e circa otto metri di trovanti rocciosi con sabbia; più in profondità sono stati attraversati circa cinquanta metri di ghiaia con livelli argillosi o ghiaioso-argillosi; il livello piezometrico superiore è circa a m -3,80 dal p.c.

- **S13:** ricavata da un pozzo per acqua industriale nello stabilimento Radici Yarn (m 504 s.l.m.). La perforazione attraversa un metro di argilla con poca ghiaia e circa nove metri di ghiaia molto argillosa, poi fino al fondo (-85,20 metri da p.c.) c'è ghiaia con sabbia e limo e con livelli di argilla; il livello della falda acquifera è a circa m -4,00 dal p.c.

- **S14:** proviene da scavi a cielo aperto presso il depuratore consortile (m 501 s.l.m.). In superficie si trova circa un metro di trovanti con argilla sabbiosa, poi mezzo metro di ciottoli e circa settanta centimetri di sabbia; più in profondità vi è ghiaia grossolana con abbondante sabbia. Il livello piezometrico è ala profondità di circa tre metri.

- **S15:** ricavata da alcuni pozzi per acqua industriale dello stabilimento "Nova Chips" (m 500 s.l.m.). I primi tre metri sono costituiti da inerti di riporto, poi c'è un metro di argilla con ghiaia; da m -4,00 fino a m -34,00 si attraversa ghiaia con abbondante sabbia e poi limo. Il primo acquifero si incontra a circa quaranta centimetri di profondità.

- **S16**: tratta da sondaggi geognostici eseguiti sulla sponda destra del Serio presso il "Ponte-che-balla" (m 498 s.lm.). In superficie ci sono circa quaranta centimetri di ciottoli e poi ben quaranta metri di argilla con lenti di sabbia.

- **S17:** rilevata da scavi a cielo aperto nel territorio di Piario (m 540 s.l.m.). Si trovano ghiaia argillosa-sabbiosa e argilla con intercalati livelli di ciottoli.

- **S18**: ricavata da pozzetti geognostici per la costruzione della palestra comunale in via Agro (m 540 s.l.m.). Gli scassi eseguiti hanno interessato circa m 4,10 di sabbia ghiaiosa con ciottoloni e il sottostante banco di conglomerato fluvioglaciale.

- **S19:** desunta da pozzetti geognostici eseguiti per la ristrutturazione di un fabbricato residenziale in via Senda (m 560 s.l.m.). Sotto settanta centimetri di terreno coltivo sabbioso con brecciame calcareo, ci sono quaranta centimetri di pietrisco cementato, e poi detrito calcareo sciolto ma ben addensato, con sabbia limosa non coesiva.

- **S20:** ricavata da una trincea eseguita per la costruzione di un box presso San Lorenzo (m 605 s.l.m.). Si trovano venti centimetri di limi sabbiosi bruni, m 2,20 di ghiaia e ciottoli con sabbia limosa e m 1,65 di conglomerato; il substrato roccioso è costituito dai calcare marnoso nerastro stratificato della Formazione di Gorno.

Trincea esplorativa in via San Lorenzo

- **S21:** ottenuta da sondaggi e dallo sbancamento eseguiti per l'allargamento del ponte sul Serio e della confluenza sulla S.P.49 (m 515,1 s.l.m.). Lo scavo sul lato di monte della strada ha messo bene in vista, sotto un banco di conglomerato, un'alternanza di strati sabbiosi con ghiaia e di altri limo-argillosi; vi sono anche livelli di ciottoli di fiume embricati. I sondaggi, eseguiti sulla sede stradale e nell'alveo del Serio, danno circa m 19,00 di ghiaia e sabbia con ciottoli, sotto ai quali ci sono a circa m 10 di sabbia e ghiaia debolmente limose con rari ciottoli; si trovano intercalati livelli limosi a varie profondità. Il livello della falda acquifera è a circa m -8,50 rispetto alla quota della strada.

- **S22:** stratigrafia ottenuta da sondaggi, prove penetrometriche e scavi a cielo aperto per i piani di lottizzazione in via Arla (m 550 s.l.m. circa). In superficie sono presenti circa 2,40-2,50 metri di limi sabbioso-ghiaiosi, a cui seguono circa 3,00 metri di ghiaia con sabbia che poggia su conglomerati di origine fluvioglaciale. Il substrato roccioso è costituito dai calcari grigio nerastri della Formazione di Gorno.

Sbancamento a fianco della S.P. 49.

fronte di sbancamento in via Arla

Considerate le stratigrafie su descritte si può concludere che:

- i terreni del centro abitato di Villa d'Ogna sono costituiti da sedimenti alluvionali di conoide, che poggiano direttamente sopra un grosso banco di conglomerato ben cementato di origine fluvioglaciale (S18). Attorno al centro abitato, come in via Arla, in via Terranini e a San Lorenzo (S2, S20 e S22) i detriti di falda, talora di cospicuo spessore, ricoprono i sedimenti fluvioglaciali, costituiti da strati alternati di ghiaia, sabbia e limo; questi hanno spessore variabile, così come il loro grado di cementazione. In questa zona il substrato roccioso è sempre costituito da strati inclinati di calcari marnosi della Formazione di Gorno.

- la situazione dei terreni del fondovalle seriano è leggermente più complessa: essi hanno notevoli variazioni laterali e lungo l'asse vallivo (S3, S6, S7, S8, S10, S12, S13, S14, S15, S16, S21); Infatti gli apparati proglaciali e le numerose divagazioni del Serio hanno distribuito in migliaia di anni alternanze di ghiaie, sabbie e argille con posizioni e spessori diversi da zona a zona.

4.4 - Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto

(tavola 2)

È opportuno premettere che nella presente trattazione si omettono le comparazioni tra questa analisi geomorfologica e quelle contenute negli archivi regionali "Geo-IFFI" e "SIRVAL" e nelle relative cartografie, poiché questi riscontri sono già stati effettuati in sede di adeguamento del precedente studio geologico comunale (ex L.r. 41/97) alle direttive emanate con D.G.R. 29 ottobre 2001, n.7/6645 e D.G.R. 11 dicembre 2001 n.7/7365, in attuazione del Piano Stralcio del P.A.I. (GeoTer, 2003). In effetti in questi ultimi anni tali archivi regionali, almeno per quanto riguarda il territorio di Villa d'Ogna, non sono stati soggetti a modifiche.

La carta geomorfologica mette in evidenza i processi geologici ai quali sono dovute le forme attuali del territorio e i fattori dinamici, fisici e fisico-chimici che tuttora vi agiscono, e ne determinano l'evoluzione. Il quadro geomorfologico di Villa d'Ogna è il risultato della combinazione di diversi fattori geologici (litologia[7], tettonica[8]), di fattori climatici (precipitazioni, escursioni termica e d'umidità, ecc.) e di agenti del modellamento superficiale (antichi ghiacciai, acque libere e incanalate, forza di gravità, cicli di gelo e disgelo) che comprendono, talora in modo rilevante, anche l'azione dell'uomo, come accade nel fondovalle seriano. Le attività antropiche possono incidere sui processi geomorfici, talora in misura assai rilevante, tanto da giungere ad essere considerate in qualche caso le sole responsabili dell'innesco di fenomeni di dissesto, anche gravi. Nella carta geomorfologica le campiture evidenziano le aree in cui la forma del paesaggio è determinata dal prevalere di uno di tali fattori, mentre i numerosi simboli indicano i processi geomorfici in atto, quiescenti o potenziali, raggruppandoli in base alla loro tipologia generativa (gravitativa, idrogeologica, nivale/glaciale, carsica e antropica). Altri simboli invece indicano gli interventi di mitigazione e i rimedi.

La redazione di questa carta si basa, anzitutto, sui rilevamenti degli anni scorsi, verificando la presenza di nuove forme di dissesto e/o di nuovi interventi di mitigazione; in secondo luogo, la carta raccoglie gli esiti dell'esame della documentazione archiviata presso gli uffici comunali e/o regionali (sopralluoghi e relazioni tecniche su dissesti verificatisi).

- Discariche e riporti (**r**): gli spostamenti di terre per eseguire livellamenti determina talvolta modificazioni significative nella morfologia del territorio: le maggiori si riscontrano lungo la sponda destra del Serio, nell'area industriale Festi Rasini e del Gruppo Tessile Radici. Livellamenti meno estesi di questi si segnalano in località Gazza, a valle della Cunella, allo sbocco del torrente Ogna e presso la Biciocca. Queste modifiche del terreno in taluni casi riguardano superfici cospicue, e possono interagire con il sistema fluviale (zone di espansione di piena): difficilmente si possono ritenere inserite correttamente nel contesto evolutivo geomorfologico naturale, dunque rappresentano elementi di rischio.

---

(7) - litologia: natura e composizione mineralogica delle rocce

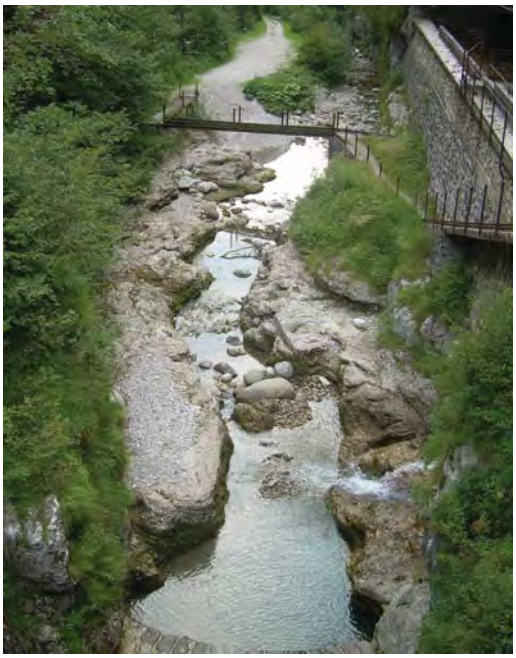
(8) - tettonica: insieme delle deformazioni che hanno interessato le formazioni rocciose dopo la loro formazione (faglie, sovrascorrimenti, pieghe, ecc) e motivi della disposizione spaziale dei corpi rocciosi.

recente livellamento sulla sponda destra del Serio

- Aree urbanizzate: l'indicazione di queste aree in carta è data dal grafismo della base topografica stessa, dove questa mette in evidenza un tessuto consistente di edifici, strade e piazzali. In queste zone l'uomo è intervenuto con scavi, livellamenti, riporti, pavimentazioni e costruzioni in genere, apportando evidenti modifiche morfologiche e cambiando spesso anche i caratteri originari del terreno superficiale, soprattutto rendendolo impermeabile.

- Aree a prevalente morfologia gravitativa (**GR**): si tratta di versanti formati prevalentemente da terreni sciolti (detriti di versante attivi o stabilizzati) e/o anche cementati (quelli più antichi). Questa categoria comprende talvolta anche ripidi pendii rocciosi dove sono frequenti gli stacchi di frazioni rocciose e di massi. L'agente di trasporto e di accumulo di questi materiali è principalmente la forza di gravità, e la dinamica è favorita ovviamente dallo stato di disgregazione delle stesse masse rocciose. I pendii a morfologia gravitativa sono in genere stabili quando le pendenze sono contenute (minori di 35°) mentre, aumentando la pendenza e la frazione fine (argillosa) del terreno, maggiore è la possibilità che si manifestino soliflusso, piccole erosioni, solcature di ruscellamenti e altre forme di instabilità. La composizione del terreno e l'acclività minore favoriscono la formazione del suolo e lo sviluppo di coperture vegetali. I terreni detritici in genere sono permeati rapidamente dalle acque meteoriche e, quando non sono protetti da manto forestale, possono essere aggrediti facilmente dall'erosione ed essere coinvolti in fenomeni violenti e repentini (frane e *debris flow*).Le aree a morfologia gravitativa sono molto diffuse sul territorio comunale e caratterizzano la fascia inferiore dei rilievi montuosi verso il fondovalle; altre si trovano più in quota, su entrambi i versanti della valle dell'Ogna.

un ripido pendio formato da terreni detritici alle spalle del centro storico di Ogna



alveo presso la presa di "Ogna Superiore"

- aree a prevalente morfologia delle acque superficiali (**AS**): sono gli ambiti di diretta pertinenza dei corsi d'acqua superficiali minori (torrenti, ruscelli), ai quali possono essere associati fenomeni erosivi (cedimenti spondali, scarpate in erosione e smottamenti,), di trasporto (*debris flow/debris torrent*) o di sedimen-tazione. Il principale elemento idrografico è rappresentato dall'asta fluviale del Serio (descritta in se-guito); ad essa affluisce quella dell'Ogna, tributario di sinistra, che drena l'omonimo grande bacino idrografico alla cui testata stanno i versanti rocciosi calcarei del massiccio della Presolana. Nel tratto che scorre nel territorio comunale, l'Ogna incide terreni fluvioglaciali quaternari (conglomerati) e nei pressi dell'abitato taglia anche la sua antica conoide. Oggi quindi l'alveo del torrente si trova una ventina di metri più in basso rispetto al paese che lambisce. La costruzione di due prese idroelettriche ("Ogna Superiore" presso Nasolino e "Ogna Inferiore" a m 575 s.l.m.) ha notevolmente ridotto il trasporto solido lungo l'asta, riducendo la possibilità che durante le piene si possa ostruire l'alveo del Serio. Altri ambiti delle acque superficiali comprendono alcuni piccoli impluvi, piuttosto ripidi e poco ramificati (I o II° ordine al massimo), che solcano il fianco sinistro della valle dell'Ogna; tali torrenti, quasi sempre asciutti, possono essere soggetti a piene improvvise e violente, con trasporto di considerevoli volumi di detriti ghiaiosi (valle dei Micheli).

- aree a prevalente morfologia fluviale (**FL**): distingue i terreni di diretta pertinenza del fiume Serio, caratterizzati, sia in regime ordinario sia in caso di piena, da cospicuo deflusso d'acqua e da trasporto e/o accumulo di sedimenti sabbiosi e/o ghiaiosi. Nel tratto in cui il fiume attraversa il territorio di Villa d'Ogna si osservano anche alcune forme di sovralluvionamento (anomali accumuli di sedimenti in alveo) e forme di erosione (in alveo e lungo le sponde). L'erosione spondale si esplica in modo accentuato a carico dei terrapieni, che hanno modificato la geometria originaria delle sponde. Il Serio è un fiume soggetto a forti variazioni di portata, dovute non solo all'andamento stagionale delle precipitazioni atmosferiche, ma anche ai prelievi e ai rilasci delle numerose centrali idroelettriche e delle industrie tessili.

Il fiume Serio all'altezza del ponte di Villa d'Ogna

A quest'ambito fluviale va rivolta la massima attenzione, foss'anche solamente per quanto riguarda l'equilibrio dinamico dell'alveo, evitando di operare modifiche restrittive della sezione e prevedendo un'accurata sistemazione e messa in sicurezza di quelle zone dove forma di dissesto delle sponde potrebbero creare improvvisi e significativi ostacoli al libero scorrere delle acque. È importante considerare che in caso di piena il fiume tenderà sempre ad occupare la sua naturale sezione d'alveo, per cui modificazioni che intervengono su una sponda avranno conseguenze anche su quella opposta, così come modificazioni lungo il profilo longitudinale avranno sicure ripercussioni a monte. È bene notare che dal punto di vista del paesaggio, oltre che da quello ambientale, storico, culturale e sociale il fiume Serio rappresenta l'elemento naturale più importante del territorio di Villa d'Ogna.

- area a prevalente morfologia fluviale (**FA**): delimita le fasce pianeggianti corrispondenti alla piana fluviale più antica, i cui ambiti più prossimi al corso attuale possono essere raggiunti dalle acque del Serio in caso di piene eccezionali. Sono quindi aree che di regola non sono interessate dalla dinamica del fiume, ma che possono esserlo, almeno in parte, in condizioni

estreme e per questo possono subire modificazioni morfologiche anche permanenti. La delimitazione di questi ambiti è ottenuta sulla base di dati storici e di analisi geomorfologiche, considerando che il livello di piena possa raggiungere circa tre metri al di sopra della quota dell'alveo ordinario, tenendo rispetto ad esso un franco di circa un metro e considerando la presenza di alcune strutture idrauliche in alveo. Tale misura è da ritenere il minimo indispensabile per garantire una sufficiente sicurezza. È inoltre importante sottolineare anche la presenza di una falda acquifera superficiale in comunicazione e in diretta dipendenza dal livello idraulico del Serio.

La definizione di queste fasce di esondazione è congruente con il lavoro (inedito) del CNR-IRPI di Torino, eseguito per conto di Regione Lombardia (Progetto Strategico n° 5.3.1, volto alla definizione delle zone a rischio idrogeologico alla scala di sottobacino idrografico per il quale l'alta valle Seriana è stata scelta come area campione unitamente ad altre zone).

Nel territorio di Villa d'Ogna, e in particolare nella zona industriale, queste aree sono già sensibilmente trasformate dall'attività antropica (fabbricati, livellamenti ecc.); dunque, a parte l'aspetto ambientale (e paesaggistico), ciò determina un conseguente elevato rischio. In tale situazione si aggiunge la presenza di ostruzioni parziali, talora molto spinte, degli alvei, le quali, in occasione di eventi meteorici molto intensi, possono favorire l'esondazione del fiume in diversi punti e incrementare l'azione erosiva delle piene. D'altra parte, dove gli alvei sono incassati (Ogna) e le sponde protette da manufatti di difesa, i deflussi possono subire deviazioni tali da accentuare forme di erosione che si sommano a quelle naturali. Ciò accade in certe condizioni anche in presenza di opere di presa, dalle quali il Serio in questo tratto è particolarmente interessato. Le fasce di esondazione sono dunque aree molto delicate dal punto di vista della dinamica geomorfologia e da quello ambientale e sarebbe opportuno escluderle da utilizzi che non siano di godimento naturalistico o ricreativo.

- aree di conoide (**CO**): sono zone caratterizzate da tipiche morfologie convesse, dolcemente acclivi, che si aprono a ventaglio alla base dei versanti, allo sbocco di corsi d'acqua a regime torrentizio e con forte trasporto solido. Sono formate dalla sedimentazione rapida dei materiali trasportati dalla corrente impetuosa al repentino variare del profilo del corso d'acqua (*stream sediment*) presso la confluenza nell'asta principale. In occasione di eventi alluvionali particolarmente intensi, le conoidi possono essere investite da colate di detriti rocciosi e fango che tracimano dall'alveo (*debris flow*). Comunemente le conoidi sono caratterizzate da sedimenti sciolti, prevalentemente grossolani all'apice e più fini nelle parti distali (comunque ghiaiosi), e dall'estrema mobilità degli alvei quando non siano sufficientemente contenuti. La loro posizione sopraelevata rispetto alla piana antistante, la disponibilità di forza motrice dall'acqua e la difficoltà nel coltivare questi terreni spesso ghiaiosi e ricchi di blocchi rocciosi, hanno fatto sì che nel corso degli anni su queste superfici si insediassero i primi nuclei abitati, e col tempo sono state occupate sempre di più anche le aree limitrofe ai corsi d'acqua che hanno originato la conoide stessa (l'abitato di Villa d'Ogna ne è un esempio, ma ve ne sono molti altri lungo tutta l'asta del Serio). Due piccole conoidi si aprono sulla destra del Serio: la prima in corrispondenza del ponte della strada provinciale (località Busché), la seconda alle spalle della contrada Sant'Alberto.

la conoide di Busché (in primo piano) e la conoide di Sant'Alberto (sullo sfondo).

La conoide più estesa è quella dell'Ogna, sulla sinistra del Serio: si tratta di un edificio antico, che poggia sui banchi di conglomerati fluvioglaciali quaternari. Poiché quella dell'Ogna, come tutte le altre tributarie del Serio in Alta Valle, è una valle sospesa (pensile), il torrente ha inciso la conoide, approfondendo l'alveo fino a tagliare lo stesso terrazzo sottostante.

Le circolazioni idriche superficiali e sotterranee delle conoidi possono subire rapidi cambiamenti, poiché i deflussi idrici sono sporadici, generalmente violenti e caratterizzati da elevato trasporto solido; per tale motivo questi ambiti sono in genere considerati a rischio. Ciò nonostante le aree al piede delle conoidi spesso mostrano profonde modifiche artificiali specialmente negli alvei. A Sant'Alberto la conoide è in parte ancora attiva (è classificata come "*conoide attiva non protetta*" nell'Atlante del P.A.I. dell'Autorità di Bacino che riguarda Parre); sulla conoide di Busché sono ancora possibili divagazioni dell'alveo e colate di ghiaia a partire dall'apice. Per la conoide dell'Ogna, nella situazione attuale non si ritiene che vi sia la possibilità di una sua riattivazione.

- <u>aree a prevalente morfologia fluvioglaciale</u> (**FG**): terreni subpianeggianti formati da sedimenti di origine glaciale (morenica) rimaneggiati dalle acque dell'antico fiume alimentato dallo scioglimento dei ghiacciai quaternari, classati e distribuiti a formare un regolare riempimento del solco vallivo. L'alternarsi di diverse e successive fasi glaciali e interglaciali è indicato oggi dalla presenza di più ordini di terrazzi, che si articolano in pianori e scarpate scoscese che li delimitano; essi sono per lo più costituiti da banchi di conglomerati ben cementati e formano un elemento morfologico molto caratteristico che racchiude la piana alluvionale del Serio. A volte i terrazzi fluvioglaciali occupano anche il tratto finale delle valli affluenti, come si osserva nella valle dell'Ogna tra San Lorenzo e Nasolino.

Intercalati agli stessi banchi di conglomerati si trovano spesso sedimenti sciolti, in genere sabbiosi; lo stesso capita sui ripiani dei terrazzi, dove questi terreni sono coperti anche da limi o argille rosse di origine glaciale. L'azione erosiva dei corsi d'acqua ha inciso più o meno profondamente e in buona parte smantellato questi elementi geomorfologici, che a Villa d'Ogna sostengono l'area più densamente abitata. A lato pratico è bene distinguere in questo ambito geomorfologico le aree pianeggianti stabili, alla sommità dei terrazzi, dalle fasce

Scarpata fluvioglaciale a fianco della strada provinciale

molto acclivi che segnano gli orli dei terrazzi e talora hanno parti strapiombanti e aggettanti; queste scarpate digradano verso gli alvei e le piane fluviali e spesso sono affette da forme di instabilità gravitativa.

I terreni sciolti e cementati che formano i terrazzi sono dotati di discreta permeabilità, legata alla porosità elevata dei sedimenti. Originati dalla sedimentazione fluviale, sono facilmente disomogenei e con forti variazioni laterali; per tali fattori al loro interno si possono trovare cavità anche di notevole volume disposte secondo una geometria imprevedibile, così che essi introducono un certo grado di pericolosità e richiedono qualche preventiva attenzione nell'utilizzo urbanistico. Spesso le cavità (caverne) interessano le scarpate dei terrazzi e determinano situazioni di reale o potenziale instabilità da crollo; una delicata situazione di questo tipo presente lungo le sponde dell'Ogna, dentro al centro storico, ha richiesto una serie di interventi di consolidamento e di sistemazione.

- aree a prevalente morfologia glaciale (**GL**): a questa categoria appartengono zone nelle quali la forma del territorio è determinata principalmente dalle azioni di esarazione o di deposito degli apparati glaciali quaternari: Nel caso di Villa d'Ogna si tratta di aree poco pendenti o pianeggianti, costituite da terreni granulari sciolti, o anche di superfici piuttosto acclivi costituite da rocce sulle quali sono evidenti i segni del passaggio del ghiacciaio (rocce montonate e profili arcuati); queste forme caratterizzano solamente il versante orientale della Cima di Vaccaro.

- aree a prevalente morfologia strutturale (**ST**): si tratta di versanti prevalentemente rocciosi; in genere essi hanno pendenze elevate, frequenti forme rupestri e suoli poco sviluppati o assenti. In tali contesti la morfologia è controllata dai caratteri litologici della roccia

(competenza, erodibilità) e dal suo assetto strutturale (spaziatura e giacitura della stratificazione, stato di fratturazione); qui agiscono efficacemente i cicli di gelo e disgelo, la forza disgregante delle radici e la forza di gravità: tali azioni si manifestano con stacchi di blocchi dagli orli di scarpate rocciose, con locali scivolamenti lungo frattura che possono evolvere in vere e proprie frane in roccia in ammassi particolarmente fessurati. Talora sono evidenti anche fenomeni di soliflusso e decorticamento superficiale o di *creep* o reptazione che possono interessare la sottile coltre eluviale e i primi strati rocciosi su versanti a franapoggio con inclinazione degli strati poco inferiore di quella del pendio. Di importanza non secondaria in queste situazioni è il contributo dell'azione erosiva delle acqua superficiale, della loro infiltrazione e, alle quote maggiori, dei movimenti nivali (valanghe, slavine). Queste aree costituiscono una parte considerevole del territorio comunale e si individuano principalmente lungo i versanti del monte Fortino, della Cima di Vaccaro e sul fianco sinistro della valle dell'Ogna.

SEGNI CONVENZIONALI

I segni convenzionali puntiformi e lineari sulla carta geomorfologica, considerata la scala di rappresentazione, indicano in modo simbolico e generico i processi geomorfici in atto, quiescenti o potenziali e sono raggruppati in base alla tipologia generativa di tali forme (gravitativa, idrogeologica, nivale/glaciale, carsica e antropica); altri simboli indicano invece gli interventi di mitigazione attuati. Queste indicazioni non sono da intendere come risultato di analisi di dettaglio, già utili ad un eventuale livello progettuale, ma esse rappresentano spesso elementi di attenzione e sono importanti ai fini della definizione delle attitudini insediative e di altre trasformazioni del territorio.

FORME LEGATE AI PROCESSI GRAVITATIVI

- orlo di scarpata morfologica: con questo simbolo si evidenziano i bruschi cambiamenti di pendenza dei versanti: questi possono essere dovuti a molteplici cause, spesso in concomitanza tra loro, quali l'assetto strutturale delle rocce (giacitura degli strati e delle faglie), l'erosione differenziale delle masse rocciose, l'esarazione glaciale, la dissoluzione carsica o l'azione della forza di gravità. In generale per gli ammassi rocciosi si tratta di antichi orli d'erosione che presentano ancora contenute forme d'instabilità, a causa della locale intensa fratturazione delle rocce stesse. Lungo i bordi dei terrazzi fluvioglaciali è necessario prevedere una certa fascia di rispetto dal ciglio scarpata sulla quale è bene non insistere con costruzioni, poiché il "ceppo" che lo costituisce, a causa dell'alterazione e dell'erosione può cedere e crollare.

- orlo di erosione attiva in roccia: si tratta dei fronti di scarpata dove gli ammassi rocciosi si trovano in accentuato stato d'instabilità e di conseguenza si possono verificare stacchi di blocchi e frane in roccia. Queste situazioni, generalmente connesse al grado di fessurazione dell'ammasso roccioso ed a fattori climatici, sono localizzate lungo la valle dell'Ogna e in alcuni tratti del versante che sale alla Cima di Vaccaro.

- orlo di erosione attivo in terreno: indica forme di instabilità simili alle precedenti, ma che interessano i terreni superficiali, che tendono a franare o a dar luogo a piccoli smottamenti. Tali situazioni sono connesse a diversi fattori, che agiscono singolarmente o in concomitanza tra loro, come la forza di gravità (segno rosso), le acque superficiali (segno blu) e l'azione antropica (segno arancione). Le prime forme si osservano per lo più sul versante destro dell' Ogna (in Oltressenda), ma se ne trovano di modeste anche sul fianco sinistro della medesima valle (valle dei Micheli). Questi fronti franosi possono influire sulla dinamica del torrente e quindi sulle aree abitate allo sbocco del torrente Ogna.

Orlo di erosine attivo in terreno lungo la valle dei Micheli.

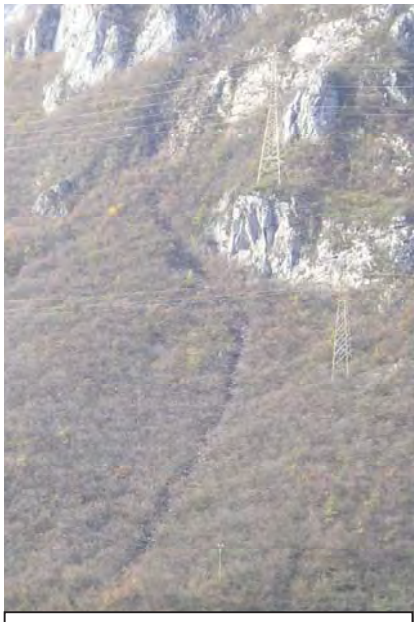
- nicchia di frana attiva: il simbolo marca la presenza di certe concavità dei pendii, che sono segni di stacco di consistenti masse di terra o di roccia disgregata con traslazione improvvisa e rapida. Nella dinamica che genera tali forme in genere gioca un ruolo fondamentale la presenza di acqua di infiltrazione o ruscellante; in questi ambiti di regola permangono nel tempo elementi di instabilità che richiedono continua attenzione. Nel territorio comunale attualmente non sono evidenti forme franose attive; è importante comunque ricordare che il crollo di un banco aggettante di conglomerato del terrazzo di Sant'Alberto (1990) ha determinato anche lo smottamento dei sovrastanti terreni argilloso-sabbiosi; infatti in questo caso la frana è stata favorita da diffuse infiltrazioni d'acqua nel corpo della conoide a monte.

- nicchia di frana quiescente: a differenza di quelle attive, queste forme franose al momento non sono in evoluzione, tuttavia possono essere riattivate per effetto degli stessi fattori originari che sono tutt'ora presenti. Sul territorio di Villa d'Ogna una vasta nicchia di stacco di una frana antica caratterizza il versante sinistro della valle Seriana, sopra il cimitero e la strada provinciale per Clusone (strada di Senda). La morfologia è da collegare all'assestamento conseguente all'ultimo ritiro del ghiacciaio quaternario; essa interessa un ammasso roccioso molto fessurato, scomposto e alterato (strati calcarei della Formazione di Breno) compreso nel fascio di linee disgiuntive appartenente al sistema della "faglia di Clusone". Nel complesso oggi questa forma franosa sembra in fase quiescente, tuttavia il perdurare dei fattori che hanno determinato l'evento e lo stato di profonda alterazione delle rocce che formano le ripide scarpate della nicchia di frana fanno ritenere ancora possibili distacchi di blocchi. Il rischio per le strutture abitative e per le strade sottostanti è in parte mitigato dalla vegetazione boschiva che negli ultimi anni ha raggiunto un notevole sviluppo. Altre minori forme che rientrano in questa categoria si rilevano lungo i margini del terrazzo fluvioglaciale presso lo sbocco dell'Ogna nel Serio.

- accumulo di frana: morfologia convessa che in genere si nota alla base di un pendìo, dovuta all'accumulo caotico di detriti movimentati dal rilascio di una frana. Queste forme devono indurre molta attenzione, sia per il possibile ripetersi di stacchi, sia per la loro intrinseca instabilità e per gli scadenti caratteri geotecnici dei terreni franati. Solitamente si distinguono accumuli attivi (cioè ancora alimentati e/o soggetti a sensibili movimenti di assestamento), da quelli quiescenti (alimentati con minore frequenza e/o con minori movimenti di assestamento) o stabilizzati (non più alimentati e/o con assenza quasi totale di movimenti nel corpo di frana). In carta è indicato l'accumulo di frana antica descritta al punto precedente; infatti, sul versante che sovrasta la strada di Senda si nota con chiarezza la sua tipica morfologia convessa. In questo settore il terreno mostra di aver raggiunto un certo grado di stabilità ed è in parte coperto da bosco; il ruscellamento delle acque superficiali e movimenti della coltre nevosa nel periodo invernale mantengono condizioni di instabilità solo nella parte centrale del corpo di frana. La presenza di un simile elemento geomorfologico induce a considerare con prudenza l'area interessata, poiché si osservano versanti instabili nella zona riferita all'origine del fenomeno. Altri piccoli accumuli di frana sono presenti sul territorio comunale nella zona di Sant'Alberto: anche questi sono da considerare con cautela in riferimento a possibili sviluppi edilizi, sia per il persistere dei fattori geodinamici che li hanno originati, sia per gli scadenti caratteri geotecnici del terreno caotico, che potrebbe non avere un grado di assestamento sufficiente.

- smottamento: si tratta di piccoli movimenti dei terreni superficiali (soprattutto di quelli più argillosi) o di parti moto disgregate del substrato roccioso; essi sono innescati da forte imbibizione d'acqua e hanno traslazione lo più planare, improvvisa e veloce. Solitamente gli smottamenti sono favoriti da intagli del cotico erboso dovuti ad attività antropiche. Anche per questa categoria di forme si ritiene di distinguere lo stato di attività (attivo: simbolo rosso; quiescente: simbolo arancione). Forme dovute a smottamenti (per lo più attivi) si osservano sul versante seriano sopra la strada provinciale e su quello che sale verso Nasolino, lungo la valle dell'Ogna.

- stacco di blocchi: il simbolo indicata i punti, o più genericamente gli ambiti, dove si sono verificati o sono potenzialmente possibili stacchi di blocchi isolati dalle pareti rocciose. Questi fenomeni sono favoriti dall'accentuata fessurazione degli ammassi stessi e/o dalla giacitura degli strati a franapoggio, dall'azione meccanica degli apparati radicali e dalla forte acclività del pendio. In qualche caso lo stato di profondo degrado delle masse rocciose crea le condizioni perché possano avvenire vere e proprie frane in roccia. Di alcuni eventi osservati è sembrato opportuno indicare anche la traiettoria di caduta e il punto di arresto. Gli stacchi sono piuttosto diffusi nel territorio di Villa d'Ogna: vi sono blocchi di grosso volume di conglomerato sui cigli del terrazzo fluvioglaciale che borda la piana del Serio; essi creano situazioni di serio pericolo all'interno



traccia della traiettoria di caduta di un masso staccatosi dalla Cima Vaccaro (GeoTer 2004)

dell'area edificata (a Sant'Alberto presso l'antico convento, al ponte della S.P. 49 e nel tratto dell'Ogna che attraversa il centro storico). Altri punti di stacco si rilevano lungo i pendii della Cima di Vaccaro, del monte Fortino, sul fianco sinistro della valle dell'Ogna e nella zona della valle dei Frati, sopra Sant'Alberto. Alcune di queste situazioni sono state affrontate mediate lavori di messa in sicurezza (S.P. 50 bis per Oltressenda Alta) e meritano attenzione assidua, poiché in più occasioni sono stati colpiti edifici privati (San Lorenzo e Sant' Alberto) e strade (via Cesare Battisti, S.P. 50 bis per Oltressenda Alta, strada intercomunale della Cunella, S.P. 49 presso il Villaggio Festi Rasini e presso Gazza).

masso caduto sulla strada provinciale presso la Festi Rasini (Bistrocchino)nel luglio 2007

a lato: frana di roccia (conglomerato fkuvioglaciale) in località Sant'Alberto nel1990 (da "Valutazione della pericolosità e del rischio di frana"- Regione Lombardia – Struttura rischi idrogeologici, 2001).

sotto: traliccio della linea elettrica A.T. spezzato dalla caduta di un masso che ha raggiunto la sottostante strada provinciale in località Gazza nel dicembre 2008. In primo piano il vallo paramassi

- pinnacolo: il simbolo indica la presenza di forme turrite, tipiche del carsismo, che si sviluppano su rocce porose e fessurate di natura dolomitica e/o calcarea. Queste forme, più o meno accentuate, caratterizzano specialmente la zona della valle dei Frati, sopra Sant'Alberto.

- blocco isolato e accatastamento di blocchi: si tratta di singoli blocchi oppure di cumuli caotici di massi, anche di notevoli dimensioni, al piede di ripide pareti rocciose dalle quali si sono staccati. Nel territorio esaminato si osservano alle quote maggiori sul versante orientale della Cima Vaccaro e in diversi punti lungo l'alveo del torrente Ogna.

- decorticamenti superficiali: si tratta di forme molto superficiali e iniziali di instabilità dei terreni, che si manifestano con interruzioni della continuità del suolo vegetale dovute a stazzo di bestiame, sradicamento di alberi, piccoli scavi, scivolamenti in genere di piccola entità. Il fattore determinante per lo sviluppo di queste forme è la presenza di acqua; hanno importanza pratica quasi trascurabile e si presentano soprattutto su pendii erbosi detritici e acclivi; tuttavia essi sono segno di un equilibrio statico alterato, spesso come evoluzione degenerativa delle terrazzette da pascolo o di intagli provocati dal transito di mezzi motorizzati, che favoriscono l'erosione diffusa. Possono evolvere in dissesti superficiali più vasti (smottamenti) che coinvolgono notevoli volumi di terra. Questi fenomeni sono stati osservati in valle dei Frati, sul fianco destro della valle Ogna e lungo il versante occidentale del monte Fortino.

- soliflusso: indica un lento scivolamento del terreno (accentuato in quelli a componente argillosa) in presenza di acqua e/o di substrati rocciosi a franapoggio, su pendii marcatamente acclivi. Il fenomeno è reso evidente dall'increspatura del suolo e anche dall'inclinarsi della vegetazione arborea e spesso s'associa ai decorticamenti superficiali. È poco diffuso nel territorio comunale e si osserva solo allo sbocco dell'Ogna nel Serio.

- terrazzette da pascolo: sono forme di dissesto dei terreni più delicati, dovute al passaggio o allo stazzo di un eccessivo carico di bestiame, con il conseguente danno al cotico erboso Il suolo viene tagliato dagli zoccoli degli animali e suddiviso in una serie di gradini dai quali, con le piogge, si sviluppano rapidamente buche, solcature ed erosioni anche molto diffuse che possono portare al completo decorticamento e allo smottamento. Il fenomeno è facilitato nei suoli argillosi poco drenati. Queste forme si individuano sul versante destro dell'Ogna e riguardano terreni argillosi d'origine glaciale.

principali linee di crinale: il simbolo indica in pratica gli spartiacque superficiali, si tratta cioè delle linee che delimitano i bacini idrografici.

FORME LEGATE ALL'AZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

- sorgenti libere e captate: il simbolo indica genericamente di scaturigini di acque sotterranee e/o di manufatti realizzati per la loro captazione; le tipologie degli acquiferi sono descritte nel capitolo che riguarda l'Idrogeologia. Sono distinte le sorgenti captate (quadrato blu) da quelle libere (cerchio blu). Nell'area studiata vi sono diverse sorgenti, sia sul fianco destro della valle dell'Ogna sia sulle sponde del torrente, alla base della costa che sale verso Colle Blum. Le venute più cospicue, captate dall'acquedotto comunale sono in località Costa Larga, sulla riva destra dell'Ogna, ma c'è anche una piccola sorgente captata tra quelle denominate "Pur" che si trovano a mezza costa sul fianco sinistro della stessa valle.

- pozzi ad uso potabile ed industriale: si indicano i punti di captazione di acque sotterranee profonde mediante la trivellazione di pozzi; ve ne sono per uso potabile (simbolo blu) e per uso industriale (simbolo viola). I pozzi del settore meridionale di Villa d'Ogna (area industriale Festi Rasini e Gruppo Tessile Radici) sono ad uso industriale; quelli per acqua potabile sono in territorio di Piario, ma sono indicati in carta poiché almeno una parte della loro zona di salvaguardia ricade sul territorio di Villa d'Ogna. La tipologia degli acquiferi è illustrata nel capitolo relativo all'Idrogeologia.

- ristagno d'acqua: il simbolo indica le aree dove i terreni sono di regola intrisi d'acqua per effetto della presenza di emergenze idriche diffuse e/o a causa della scarsa permeabilità dei terreni stessi. In genere consegue uno scadimento della qualità geotecnica dei terreni e del loro grado di stabilità.. Questo fenomeno, talora accentuato dall'alterazione dello stesso terreno dovuta ad attività zootecnica, è spesso indicativo di un substrato roccioso delicato, facilmente soggetto a smottamenti e nel complesso poco indicato ad essere antropizzato. Il fenomeno è poco diffuso sul territorio comunale ed arealmente poco esteso.

- ruscellamento superficiale: si tratta di solcature di piccola profondità nei terreni dovute allo scorrimento disordinato delle acque superficiali non incanalate conseguente al deflusso di precipitazioni atmosferiche o alla presenza di emergenze idriche. Sono forme diffuse più o meno in tutti i tipi di terreni, ma si accentuano con il diminuire del grado di permeabilità del terreno stesso. Il fenomeno porta ad un'erosione diffusa specialmente dei terreni prativi destinati a pascolo. Talora le cause sono da attribuirsi ad un'errata regolazione dei deflussi idrici nell'apertura di strade e sentieri, o alla mancata manutenzione delle seriole.
Nel territorio di Villa d'Ogna il fenomeno è piuttosto diffuso soprattutto in corrispondenza della conoide di Sant'Alberto, all'apice della piccola conoide della Festi Rasini, a monte del cimitero del capoluogo e sul fianco sinistro della valle dell'Ogna.

- erosione lineare accelerata: è l'effetto dell'azione di acque incanalate in alvei ad elevata pendenza o in impluvi lungo le pendici dei versanti maggiormente acclivi, dove esse scavano profonde solcature. In terreni particolarmente erodibili, come i detriti di falda, gli impluvi tendono quindi ad approfondirsi, con conseguente instabilità delle scarpate laterali, che tendono a franare, mentre verso valle si verifica un trasporto solido che può generare sovralluvionamenti e ostruzione dell'alveo. Il fenomeno è spesso favorito anche dall'even-

tuale presenza di scarichi in alveo: è pertanto necessario considerare con maggiore attenzione l'opportunità di immettere in piccoli alvei o depressioni del terreno tali scarichi e nel caso disporre adeguate strutture di rallentamento dei flussi idrici e di difesa contro l'erosione Queste forme di erosione sono diffuse soprattutto su entrambi i fianchi della valle dell'Ogna (particolarmente evidente è quello lungo la valle dei Micheli in sinistra idrografica del torrente, con un considerevole trasporto di materiale solido all'asta principale) ed in corrispondenza della conoide di Sant'Alberto.

sopra: il profondo solco di erosione lungo il canale dei Micheli.

a lato: i detriti rocciosi trasportati sul greto dell'Ogna allo sbocco della valle dei Micheli determinano una parziale occlusione dell'alveo

- erosione spondale: il simbolo indica i punti in cui l'erosione delle acque sulla sponda è particolarmente attiva (ad esempio sul lato esterno delle curve o dove la sezione dell'alveo è ristretta per cause naturali o artificiali) e sono evidenti arretramenti della stessa sponda con l'innesco di dissesti che possono avere conseguenze negative su manufatti o insediamenti troppo vicini. Queste forme di erosione riguardano sia il fiume Serio sia il torrente Ogna.

- orlo d'erosione fluvio-torrentizia: sono indicate le scarpate instabili lungo le sponde dei corsi d'acqua, dovute all'approfondimento rapido dell'alveo. Sul territorio comunale ve ne sono in alcuni tratti del Serio a valle della derivazione di Gazza, presso il villaggio Festi Rasini e della Bruseda; altre forme si trovano nel tratto terminale del torrente Ogna.

- infiltrazioni d'acqua in sottosuolo: o "perdite in alveo" indicano i punti o i tratti del corso d'acqua in cui l'acqua viene a mancare per infiltrazione nel sottosuolo; ciò accade a causa della presenza di terreni molto permeabili (sul dorso delle conoidi, nelle falde detritiche al piede dei versanti, nelle alluvioni grossokane) oppure per la presenza di inghiottitoi carsici. Su pendii detritici anche moderatamente acclivi l'infiltrazione dell'acqua, accentuata in occasione di piogge intense, può favorire lo scivolamento del terreno o la formazione di colate di detrito. Forme di questo tipo si notano risalendo il fianco destro dell'Ogna.

- sovralluvionamento: il simbolo segnala accumuli anomali, o comunque eccessivi, di sedimenti alluvionali nel letto dei corsi d'acqua. Essi sono da collegare al trasporto in massa durante le maggiori piene; possono mutare significativamente sezione e pendenza dell'alveo, fino a costituire vere e proprie occlusioni, che provocano l'erosione delle sponde e la divagazione del corso d'acqua. La presenza di sbarramenti di presa o di opere trasversali di regimazione in alveo favoriscono l'accumulo di sedimenti alluvionali e, in taluni casi, pongono il fiume a maggiore rischio di esondazione. Evidenti sovralluvionamenti si notano sia lungo l'Ogna sia nell'alveo del Serio all'altezza dell'area industriale, del campo sportivo Festi Rasini e della presa di S.Alberto (centrale di Campignano). Ove non rimossi, tali accumuli anomali negli anni divengono isole fluviali, con vegetazione arborea pericolosa.

- bassa soggiacenza della falda: indica i terreni nei quali il livello della falda acquifera è molto superficiale e, come accade nella piane fluviali, è in diretto collegamento col livello idrometrico del fiume. Tale situazione comporta limitazioni nell'uso edilizio di queste aree, sia per l'impedimento a realizzare volumi interrati, sia per il detrimento dei caratteri geotecnici conseguente all'imbibizione d'acqua. In Villa d'Ogna questi ambiti sono rappresentati dalle fasce limitrofe alle sponde del Serio; il caso è particolarmente evidente tra il campo sportivo Festi Rasini e Sant'Alberto.

- occlusione d'alveo: si tratta di punti in cui si hanno restringimenti più o meno accentuati della sezione d'alveo, sia per cause naturali sia (più spesso) per cause antropiche (discariche, livellamenti, attraversamenti, occupazioni di aree golenali, edificazioni improprie). Nel caso di piene, in questi ambiti il corso d'acqua può esondare, recuperando le sue aree di espansione con grande forza erosiva e attivando un anomalo e pericoloso trasporto di detriti a valle. Nel caso dei torrenti affluenti del Serio, si possono determinare parziali occlusioni o temporanei sbarramenti dell'asta principale. Numerose forme di questo tipo interessano il torrente Ogna allo sbocco delle vallette affluenti e lo stesso allo sbocco nel Serio. Le sponde dello stesso Serio, a monte e a valle della confluenza dell'Ogna, sono affette da numerose e a volte eccessive modifiche che hanno costretto e costringono tuttora il fiume ad accentuate erosioni anomale e impegnano l'Amministrazione competente in periodici, costosi quanto velleitari interventi di consolidamento e messa in sicurezza.

- punto e direzione di possibile esondazione: il simbolo intende segnalare i punti dove, in situazioni critiche di deflusso, si è verificata oppure è possibile che avvenga la fuoriuscita del corso d'acqua dal suo letto, a causa di occlusioni, in presenza di curve molto accentuate e/o di tratti di sponda bassa. Coerentemente con quanto esposto ai punti precedenti, si notano diversi punti di possibile esondazione sia lungo il torrente Ogna sia lungo il Serio.

- corso d'acqua con difese spondali e/o alveo rivestito e/o intubato: sono riportati i tratti d'alveo lungo i quali sono state costruite opere di difesa (muri spondali, briglie, soglie) e quelli coperti. A volte il corso d'acqua sono costretti in alvei artificiali palesemente sotto-dimensionati; in tali casi diviene ancor più importante la periodica pulizia e manutenzione delle strutture onde mitigare il rischio di disastrose conseguenza. Simili situazioni si osservano nella vallecola presso S.Lorenzo affluente dell'Ogna e alle spalle di Sant'Alberto.

- corso d'acqua superficiale: il grafismo indica le aste del reticolo idrografico del territorio comunale; comprende l'asta del Serio, il torrente Ogna e i loro affluenti, anche se questi sono interessati solo sporadicamente da deflusso idrico.

- paleoalveo: evidenzia le depressioni allungate ormai appena accennate che solcano le piane alluvionali recenti e rappresentano le tracce di alvei abbandonati; questi vecchi percorsi possono essere riattivati in caso di piena. Nell'area in esame vi sono tracce evidenti di paleoalvei sulla piana alluvionale a Nord della confluenza dell'Ogna; è probabile che forme simili fossero presenti anche nella zona industriale sulla destra del Serio, ma che siano state obliterate dai livellamenti.

- limite della fascia d'esondazione: sono delimitate le fasce di esondazione del Serio: sono tracciate seguendo il criterio geomorfologico e considerando che il limite massimo di piena raggiunga un'altezza di circa quattro metri rispetto alla quota dell'alveo di magra: tale misura rappresenta il minimo indispensabile a garantire una sufficiente sicurezza nell'utilizzo delle aree in fregio al fiume. Va inoltre considerato il fatto che in questi terreni la falda acquifera (vedi pagina precedente) si trova a livello molto superficiale e in diretto collegamento col livello idraulico del fiume. La delimitazione proposta collima con le risultanze dello specifico studio eseguito dal CNR-IRPI di Torino per conto di Regione Lombardia *"Progetto Strategico n° 5.3.1 volto alla definizione delle zone a rischio idrogeologico alla scala di sottobacino idrografico"* (l'alta valle Seriana è stata scelta come area campione).

- area di conoide attiva non protetta secondo il P.A.I.: è riportate la perimetrazione della conoide di Sant'Alberto indicata nell'atlante del Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Po (P.A.I.). L'area si trova interamente in territorio di Parre ed è stata riconsiderata in occasione della redazione dello "Studio geologico di supporto al PRG" di quel Comune (GeoTer, 2003).

Tra le forme di dissesto di tipo gravitativo (frane) e quelle di tipo alluvionale che hanno interessato il territorio di Villa d'Ogna è opportuno ricordare quelle riportate nel già citato lavoro del CNR-IRPI e quelle registrate presso li archivi del Servizio TErritoriale Regionale S.TER. di Bergamo (ex Genio Civile). Altre informazioni sono tratte anche dalla stampa locale (l'Eco di Bergamo).

DISSESTI VERIFICATESI A VILLA D'OGNA

data evento	località	evento	descrizione evento	intervento
1830	ponte fiume Serio	alluvione fiume Serio	danneggiamenti al ponte sul fiume Serio a causa dell'alluvione del 1830.	riparazione e sistemazione ponte sul Serio.
22-27/08/1834	ponte fiume Serio	alluvione fiume Serio	danneggiamenti al ponte sul fiume Serio a causa dell'alluvione del 1834.	riparazione e sistemazione ponte sul Serio.
6/07/1861	ponte fiume Ogna	alluvione toorente Ogna	ponte sul T. Ogna distrutto "dall' ura-gano del 6 luglio 1861" e danni ad ac-quedotto.	ricostruzione del vecchio ponte e ristrutturazione acquedotto.
15-05-1926	strada provinciale	alluvione fiume Serio	danni alla strada provinciale a causa dell'alluvione.	riparazione sulla strada provinciale.
9-10/11/1927	strada provinciale	alluvione fiume Serio	Si verificò una piena distruttrice lungo il Fiume Serio. "Le acque di piena, fram-miste a materiali franati dalle ripide pendici montane, acquistarono una im-mane forza distruttrice". Presso l'abitato di Villa d'Ogna crollò un muro di soste-gno della strada provinciale di Valle Seriana della lunghezza di 10 m, a mon-te del Km 35 crollò un muro di sostegno della lunghezza di 50 m e fu asportato un tratto delle strada consorziale Cluso-ne-Ardesio presso l'abitato di Villa d'Og-na. "Schiantato il pilone di sinistra del ponte della manifattura Festi Rasini, dis-trutta per la lunghezza di una ventina di metri, la strada che vi accede e travolta la casetta di abitazione pure di proprietà della Manifattura. Danni anche lungo la strada consortile Ardesio Villa d'Ogna (Cunella). Danni al canale di scarico della derivazione Pirapola lungo il Serio. Esondazione del Serio (mappali 680, 232, 230-227-770-740).	deviazione su mulattiere limitrofe, riparazione sulla strada pro-vinciale, rifacimento ponte e canale di scarico.
01/09/1937	strada Cunella	alluvione fiume Serio	franamento di un tratto di strada.	sistemazione strada Cunella.
autunno 1954	ponticello fiume Serio	alluvione fiume Serio	Passerella in legno travolta durante la piena del Serio dell'autunno 1954.	sistemazione ponte.
04/08/1959	S.Alberto	…recenti nubifragi del 23-24 giugno 1959	Movimento franoso "che, ostruendo la val-letta ivi esistente, ha provocato l'esondazione delle acque impedite di proseguire il loro corso".	
19/09/1960	strada comunale per S.Alberto	"Persistenti pioggie" culminate con l'alluvione del 19 settembre 1960	I torrenti della zona hanno convogliato disordinatamente le acque piovane lun-go le strade asportando le massicciate, scalzando i muri di sostegno e determi-nando smottamenti di scarpate.	Sgombero delle strade con uso di mine dei grossi blocchi di conglomerato che, a causa delle continue corrosioni delle ac-que piovane, si sono staccati dalla falda montana e sono preci-pitati sulla sottostante strada comunale per S. Alberto. Si valutò che la riparazione definitiva dei danni avrebbe implicato dei co-sti non sostenibili dal Comune con ordinari mezzi di bilancio.
10-03-1964	torrente Ogna	smottamento ed erosione spondale	frane e smottamenti lungo la sponda orografica destra.	necessità di trasferimento di alcune abitazioni.

DISSESTI VERIFICATESI A VILLA D'OGNA				
data evento	**località**	**evento**	**descrizione evento**	**intervento**
16/03/1977	Festi-Rasini	alluvione fiume Serio	"In seguito alle recenti pioggie il livello del F. Serio è notevolmente aumentato". L'argine in sponda destra da località Fe-sti Rasini fino a Ponte S. Alberto è dan-neggiato e pericolante.	
01/09/1979	Festi-Rasini	alluvione fiume Serio	Progressivo sfaldamento e, in certi tratti, crollo dei muri di argine. "La situazione che si va aggravando di giorno in giorno diventa drammatica in occasione delle piene stagionali contro le quali gli argini, già dissestati, non sembrano più in gra-do di poter offrire alcuna protezione."	
01/05/1981	valle centrale Enel	alluvione fiume Serio	L'argine sinistro del F. serio, nel tratto sito in comune di Villa d'Ogna, imme-diatamente a Valle della Centrale E.N.E.L., ha subito ulteriori e notevoli erosioni che hanno deteriorato la già precaria situazione di degrado della sponda in questione.	necessari urgenti interventi atti ad eliminare i gravi pericoli deri-vanti dalla situazione descritta.
28-02-1986	torrente Ogna	smottamento ed erosione spondale	scavernamenti lungo la sponda orogra-fica destra con pericolo edificio e par-cheggio	
apr-87	via Provinciale 12	smottamento e frane	smottamento e franamento del pendio prospiciente le abitazioni	
09-01-1990	via Adamello torrente Ogna	smottamento ed erosione spondale	erosione del torrente Ogna dei banconi conglomeratici e delle alluvioni su cui sorgono alcuni edifici nella forra del tor-rente Ogna	evacuazione abitazione con ordinanza del sindaco.
20-11-1990	Sant'Alberto	caduta massi	un crollo di materiale conglomeratico (100mc) ha investito alcuni mezzi del-l'azienda agricola Colombo. Interrotta per alcune ore anche la strada.	disgaggio e demolizione dei blocchi; realizzazione di una cunet-ta di raccolta delle acque piovane che si raccolgono in un im-pluvio.
06-04-1992	strada Cunella	caduta piccoli massi	crolli lungo la strada Cunella.	
17-04-1992	Sant'Alberto	caduta sassi	stacco di piccoli sassi da parete.	pulizia della parete.
31-10-1995	strada Cunella	lavori di bonifica e messa in sicurezza della strada		
11-03-1996	strada provinciale n.49 incrocio via Festi Rasini	segnalazione problemi di caduta massi da scarpata		
24-05-1997	ponte sul Serio lungo la S.P. 49	caduta massi	un masso è caduto dalle pareti di con-glomerato all'altezza del ponte sul Serio. Il masso è stato bloccato dalle reti posa-te dalla Provincia.	
26-30/06/1997	Broseta e S.Alberto (ponte "Ballerino")	alluvione fiume Serio	Sfondamento ed erosione di parte della sponda del F. Serio; danni alla soglia in massi posati a secco e legati con fune d'acciaio in pros-simità della passerel-la;compromessa la stabilità della pila centrale della passerella, mettendone a nudo le fondazioni.	Stabilizzazione mediante l'esecuzione di una soglia trasversale in c.a. per tutta la lunghezza d'alveo ed opere di consolidamen-to della pila centrale con l'esecuzione di un cunettone in massi legati con calcestruzzo.
09-05-1999	cascina Ronchèt (Oltressenda)	caduta massi	un masso, staccatosi dal Monte Fortino, è finito contro una stalla, uccidendo 15 pecore.	demolizione roccia pericolante, disgaggio e rete paramassi provvisoria.
18-07-2001	via Manzoni 35	colata di fango	in seguito a un forte temporale abbattu-tosi sulla zona, si è innescata una colata detritica di 10-12 mc che ha investito lo stabile. L'evento è stato innescato dalle acque raccoltesi lungo la vecchia strada comunale che dal Cimitero di Villa d'Og-na porta a Clusone.	

DISSESTI VERIFICATESI A VILLA D'OGNA				
data evento	**località**	**evento**	**descrizione evento**	**intervento**
23-02-2005	strada provinciale 50 bis	caduta massi	caduta masso di 7-8 quintali.	
01-05-2005	via Cunella (Ardesio e Villa d'Ogna)	caduta massi	caduta di alcuni metri cubi di Calcare di Esino.	posa di barriera elastoplastica solo in comune di Ardesio.
27-10-2005	via Cunella (Ardesio e Villa d'Ogna	caduta massi	chiusa la via Cunella per caduta massi.	lavori di disgaggio, sottomurazioni dei blocchi instabili e posa di rete ad alto assorbimento elastico nel tratto del Comune di Ardesio. Le opere sono state realizzate dalla ditta Bettineschi s.r.l., finanziate e commissionate dallo S.Ter di Bergamo.
01-02-2006	via Cunella	frana	durante i lavori di messa in sicurezza è stata rilevata una frana a valle delle reti paramassi posate, larga circa 30 m.	stanziati 40.000-50.00 euro da parte dello S.Ter per la bonifica della frana.
12-02-2007	1 ° tornante a salire da Ogna verso Nasolino	caduta massi	caduta di un blocco che ha raggiunto la strada per Oltressenda presso il tornan-te.	Posa di barriera elastoplastica nel 2008.
06-07-2007	strada provinciale n.49 incrocio via Festi Rasini	caduta massi	caduta sasso da scarpata soprastante.	
17-08-2007	localita Ronchèt	caduta massi	un masso di 4 mc si è staccato dal Mon-te Corna finendo contro il muro di una stalla di proprietà di Giovan Maria Ba-ronchelli, sfondandolo. Illeso il proprie-tario che al momento stava tagliando l'erba nei dintorni.	pose di rete paramassi lunga 120 metri. (da verificare)
24-11-2007	1 ° tornante a salire da Ogna verso Nasolino	caduta massi	un masso di circa un metro cubo si è staccato dal monte Arla finendo sulla Provinciale 50 bis per Oltressenda Alta. Illesa un'insegnante elementare che in quel momento stava transitando sulla strada.	Posa di barriera elastoplastica nel 2008.
05-12-2008	località Gazza	caduta massi	due massi di circa 10 quintali sono cadu-ti lungo al km 34 della S.P. 49, trancian-do un traliccio dell'ENEL. Il traffico è sta-to deviato sulla strada della Cunella, temporaneamente riaperta.	rimozione dei massi e del pietrisco, realizzazione di un piccolo vallo paramassi a monte della strada.
30-12-2008	località Senda (km 35 della S.P. 50 per Clusone)	caduta massi	un masso di circa dieci chili è finito sulla Provinciale per Clusone in via Senda, fi-nendo sotto un'automobile che transita-va in quell'attimo.	

FORME LEGATE AI PROCESSI NIVALI E GLACIALI

- canale di valanga: il grafismo lineare indica i percorsi preferenziali delle valanghe, che in genere corrispondono a stretti compluvi o canaloni di fessura che tagliano le pareti rocciose. Queste forme si osservano soprattutto sul fianco destro della valle Seriana, tra Ardesio e Parre, sede di episodi anche importanti (valanga di Ludrigno, in Ardesio). I bacini di accumulo nivale situati ad altitudine anche maggiore di 2000 m s.l.m. sono ampie conche denudate che confluiscono in canali stretti e molto pendenti. A monte della frazione Sant'Alberto la valle dei Frati mostra segni evidenti di movimenti nivali che si originano sulle balze rocciose del Vaccaro; gli scorrimenti nivali dunque possono raggiungere il fondovalle.

- accumulo frontale di valanga: indica le forme di accumulo di detriti rocciosi trasportati dalle valanghe; tali cumuli sono generalmente costituiti da brecciame spigoloso e blocchi caotici che si dispongono sul terreno secondo un caratteristico cordone arcuato, convesso verso valle (fronte della valanga). Questo tipo di morfologia si individua nella valle dei Frati. È necessario considerare che l'area di influenza e l'azione distruttiva delle valanghe va spesso molto oltre l'accumulo frontale, a causa dello spostamento d'aria che il movimento provoca ("soffio"): se ne possono osservare gli effetti sulla vegetazione (alberi sradicati o vegetazione assente o cespugliosa).

- massi erratici: si indicano simbolicamente i massi isolati, talora di notevole volume, trasportati dai ghiacciai durante l'ultima glaciazione e abbandonati in posizione più avanzata verso valle (anche di parecchi chilometri) rispetto alle zone di provenienza, adagiati sui pendii meno acclivi o sul fondovalle. Se ne osservano numerosi nella valle dell'Ogna, sul versante di Nasolino; essi non devono essere confusi con quelli che si sono staccati dalle pareti rocciose: gli erratici hanno una forma arrotondata o subarrotondata e spesso una natura litologica diversa da quella delle compagini rocciose circostanti.

Processi nivali nella C.L.P.V. di Regione Lombardia

Le forme valanghive sono descritte in un apposito studio commissionato da Regione Lombardia, dal quale alla fine degli anni '90 è stata redatta la "*Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe*", accompagnata da una serie di schede di censimento delle forme stesse, riprese nel progetto SIRVAL (Sistema Informativo Regionale Valanghe, 2002). Tale cartografia si basa su osservazioni e informazioni raccolte sul campo, generalmente attendibili poiché fornite da persone residenti con buona conoscenza del territorio e dimestichezza con questi fenomeni, su riprese aerofotogrammetriche effettuate negli anni 1981-1983 e su segnalazioni del Corpo Forestale dello Stato del periodo 1974-1990.

La sola forma valanghiva del territorio di Villa d'Ogna che è riportata nel catalogo regionale è quella che si trova sul versante destro della valle Seriana, sopra le More di Ardesio e Gazza (Villa d'Ogna): si tratta di una forma individuata mediante fotointerpretazione, classificata anche nel P.A.I. come area a "*pericolosità media per valanga*".

FORME LEGATE AL CARSISMO

- dolina: indica la principale forma di carsismo superficiale: è una depressione subcircolare a sezione conica dovuta alla dissoluzione delle rocce carbonatiche ad opera delle acque meteoriche ricche in CO_2 che s'infiltrano nel terreno, formando circuiti carsici sotterranei. Sono talvolta allungate e coalescenti; generalmente sono allineate lungo sistemi di frattura che hanno favorito in origine l'instaurarsi delle circolazione idrica sotterranea; possono distinguersi forme attive o cicatrizzate, come nel caso di quelle che si vedono sulla costa che sale al Colle Blum. L'utilizzo di queste aree a fini edilizi è inopportuno, sia per la probabile presenza di cavità sotterranee e il conseguente pericolo di cedimenti e collassi improvvisi, sia per l'elevata vulnerabilità delle acque carsiche.

- carsismo superficiale: il simbolo è utilizzato per indicare le aree dove la dissoluzione carsica si manifesta estensivamente con solcature (*karren*), creste e piccole cavità, ossia con forme superficiali più modeste rispetto alle doline. Queste sono molto diffuse sulle rocce calcaree della Formazione di Breno e del Calcare di Esino lungo i pendii del monte Fortino e della Cima Vaccaro; alla forte fessurazione, all'infiltrazione delle acque meteoriche e al ripetersi di cicli di gelo e disgelo, possono facilmente associarsi distacchi di blocchi.

- grotta e/o scavernamento: indica sia la presenza di condotti e cavità sotterranee, anche di notevole volume ed estensione, dovuti all'efficace azione della dissoluzione carsica, sia cavità superficiali dovute all'erosione di strati rocciosi o sedimenti meno competenti. Vi sono numerose caverne lungo le ripide scarpate di conglomerato che formano i margini del terrazzo fluvioglaciale del Capoluogo e di Ogna. In questi banchi è possibile la presenza di cavità anche non esposte (sotterranee) in altri settori del terrazzo: è quindi necessario introdurre qualche attenzione nell'utilizzo di queste aree, non solo in prossimità del ciglio della scarpata.

FORME LEGATE A TRASFORMAZIONI ANTROPICHE

- orlo di erosione in terreno per attività antropica: questo simbolo indica gli orli in terreno che si trovano in uno stato di equilibrio precario (analogamente a quanto descritto per le scarpate in erosione attive in terra e di origine fluviotorrentizia) per cause antropiche. Queste fronti si osservano sul lato destro della strada provinciale presso le More e Gazza, dove due piccole vecchie cave di prestito sono in gran parte tamponate col riporto di inerti e materiali terrosi, ma gli orli al coronamento rimangono in parte instabili; altri orli d'erosione sono alle spalle della chiesa di San Lorenzo.

- discarica e/o riporto: il simbolo puntiforme indica i riporti di terre o altri materiali di risulta che, data la loro esigua estensione, non sono rappresentabili in carta con campitura. Le discariche e i livellamenti rappresentano un elemento di modificazione permanente del territorio a volte molto importante. In Villa d'Ogna si contano circa una ventina di depositi, per la maggior parte costituiti da inerti derivanti da scavi e demolizioni edili; ma vi sono anche rifiuti solidi urbani e vari altri materiali. L'ubicazione delle discariche è molto spesso prossima ai corsi d'acqua, con le ovvie implicazioni di pericolosità. I terrapieni o livellamenti più significativi interessano l'area industriale Festi Rasini e Radici e il settore artigianale verso la Cunella.

- imbocco di galleria: sul fianco sinistro della valle dell'Ogna è presente una galleria scavata entro i calcari massicci dell' "Esino" allo scopo di condurre indagini geognostiche relative alla costruzione di una diga o di altro sbarramento del corso d'acqua.

- cava abbandonata: indica le rimanenze di ambiti (cave di prestito) dai quali in passato sono stati asportati centinaia di metri cubi di detrito di falda calcareo, alla base delle pareti rocciose del "Calcare di Esino". Alcune si trovano poco sopra le More e Gazza e sono state oggetto di ripristino ambientale mediante colmata con materiali terrosi e piantumazione; altre sono sopra Sant'Alberto Simile, dove gli scavi hanno interessato l'accumulo frontale di valanga, e dietro la chiesa di San Lorenzo. In qualche caso in queste buche avvengono scarichi incontrollati di rifiuti..

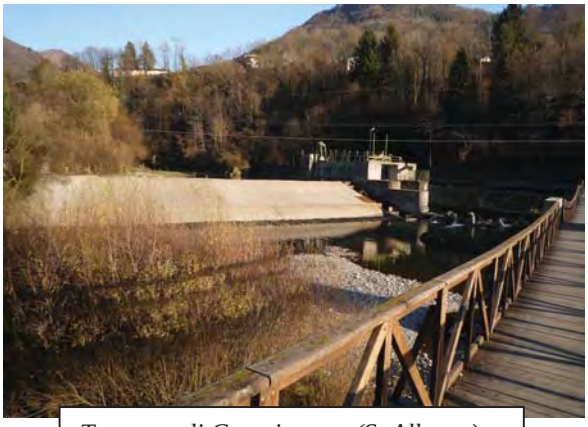
- calchera: sono aree di dimensioni contenute, simili alle carbonaie, con segni di antichi scavi per la produzione del pietrame calcareo e tracce di calcinazione.

- opere di derivazione: si tratta di strutture trasversali all'alveo costruite per prelevare acqua, generalmente a scopo industriale e idroelettrico. Nel tratto del Serio che attraversa Villa d'Ogna vi sono due traverse di derivazione, a Gazza e al "Ponte che balla" (sbarramento della centrale di Campignano), che convogliano in altrettanti canali l'acqua destinata alle centrali di alcune tessiture. Sull'Ogna esistono una piccola diga e una traversa che servono rispettivamente le centrali Enel di "Ogna Superiore" e "Ogna Inferiore". La presenza di queste opere riduce di molto il trasporto solido dell'Ogna in occasione delle piene.

Traversa impianto "Ogna Inferiore".

Diga"Ogna Superiore".

Traversa sul Serio in località Gazza



Traversa di Campignano.(S. Alberto)

- canale, canale intubato, canale sotterraneo: il grafismo lineare indica le permanenze di numerosi canali (a cielo aperto, coperti o in sotterraneo) che derivano le acque del Serio e del torrente Ogna. Sulla sponda destra del Serio vi è un vecchio canale derivatore, a cielo aperto, che parte da Gazza e raggiunge la centrale Festi Rasini (Vallalta). Sulla sponda sinistra del Serio c'è un impianto che deriva le acque ad Ardesio per alimentare una centrale (Geogreen) presso la Cunella, prima di Ogna. Lungo l'Ogna si trovano le due derivazioni di "Ogna Superiore" e "Ogna Inferiore": la prima ha un canale sotterraneo che giunge alla centrale Enel sulla sponda destra poco sopra Ogna; la seconda pure ha un canale sotterraneo che taglia la costa alle spalle del paese (versante sinistro) e alimenta la centrale Enel alla Biciocca, in riva al Serio. Queste strutture idrauliche, in condizioni di esercizio e di assiduo presidio, non destano preoccupazione, ma in loro riferimento si debbono introdurre nella pianificazione alcune attenzioni, in termini di limitazioni d'uso delle aree adiacenti.

- opere danneggiate e/o danni alluvionali da schede storiche: il simbolo evidenzia le strutture che hanno subito danni in seguito a particolari eventi alluvionali. Tali eventi e le loro conseguenze sono segnalati anche nel più volte citato rapporto del CNR-IRPI di Torino per Regione Lombardia (Progetto Strategico n° 5.3.1).

ELEMENTI DI MITIGAZIONE DEI PROCESSI GRAVITATIVI

- reti addossate: segnala interventi di consolidamento attivo su pareti rocciose e scarpate, atti ad evitare la caduta di massi o di piccoli frammenti di roccia. Le opere principali si trovano lungo la strada della Cunella e su quella di Senda (provinciale per Clusone).

- opere di stabilizzazione superficiale: si indicano consolidamenti di terre che hanno manifestato tendenza allo smottamento in occasione di pioggia. Tali presidi riguardano la strada che sale alla diga di "Ogna Superiore" presso l'attraversamento del torrente.

- barriere paramassi e barriere paramassi in progetto: il simbolo indica le difese passive contro la caduta di massi costituite da rati in fune d'acciaio sostenute da pali metallici. Questi presidi sono stati messi in opera in diversi punti del territorio comunale e in tempi diversi. I più consistenti e vistosi oggi sono quelli che sovrastano la strada provinciale n.49 presso il ponte sul Serio e quelli a fianco della strada della Cunella; altre reti sono state posate tra il 2005 e il 2008 sulle pendici del monte Fortino come difesa della strada della Cunella e della provinciale n.50 bis per Oltressenda. Sulla carta si è ritenuto di indicare con un colore diverso (verde) anche le barriere paramassi in progetto (S.P. n.50 bis).

le frecce rosse indicano le barriere paramassi a monte della strada della "Cunella"

Barriera paramassi sulla S.P. 49.

Barriera paramassi a monte della S.P. 50 bis.

- tomo/vallo paramassi: il grafismo indica la presenza di difese contro la caduta di massi, realizzate formando terrapieni (tomo) e trincee (vallo) di altezza e volumi tali da intercettare le traiettorie, arrestare e contenere eventuali massi in caduta. Un piccolo tomo è stato costruito recentemente sul bordo della provinciale n.49 in località Gazza, in seguito della caduta di alcuni massi avvenuta nel dicembre del 2008.

- sottomurazione: segnala la presenza di strutture atte a sostenere parti instabili del pendio, formate con muri in pietrame e malta o in calcestruzzo armato; sono realizzate alla base di scarpate aggettanti o di scavernamenti, com'è avvenuto a Sant'Alberto.

ELEMENTI DI MITIGAZIONE DEI PROCESSI FLUVIOTORRENTIZI

- canaletta di raccolta acque di ruscellamento: un piccolo fosso per raccogliere le acque piovane ruscellanti è stato costruito al coronamento della frana che nel 1990 si è staccata dal ciglio del terrazzo fluvioglaciale alle spalle di Sant'Alberto.

Strutture longitudinali in alveo:

- muri e/o difese spondali: indica elementi lineari di regimazione (muri, massicciate, scogliere o argini) costruiti a difesa delle sponde del Serio e del torrente Ogna. Questi manufatti contrastano l'erosione, ma in genere non sono sufficienti a difendere le aree prossime vicine alla sponda da possibili esondazioni. Ve ne sono sulla sponda sinistra dell'Ogna, presso il nucleo storico, e sulla destra del Serio presso il villaggio e il campo sportivo Festi Rasini.

Argine sulla sponda destra del Serio a difesa del villaggio Festi Rasini (si noti l'alveo sovralluvionato)

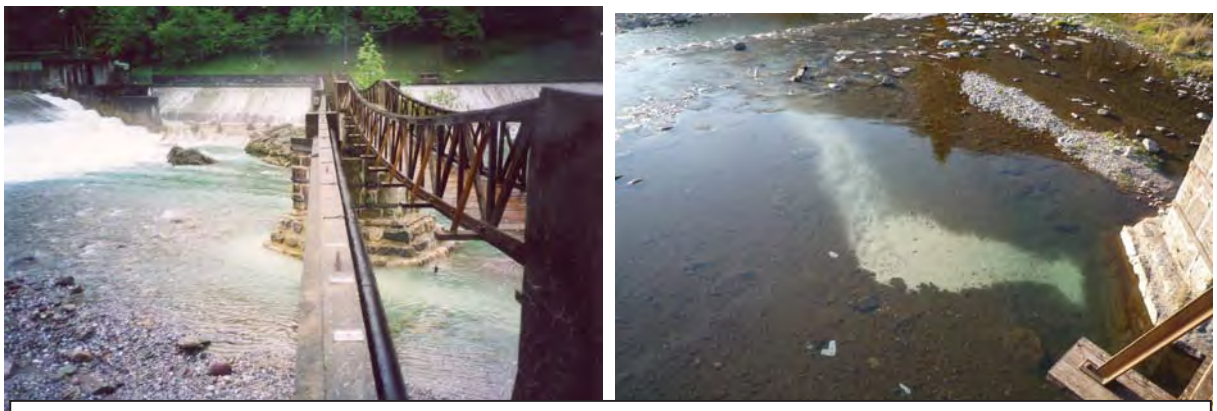
Strutture trasversali in alveo:

- soglia o briglia: il simbolo indica i punti degli alvei del Serio e dell'Ogna dove sono state costruite briglie o soglie per limitare l'erosione di fondo. Tali opere, costruite come elemento di stabilizzazione del corso d'acqua, in alcuni casi rappresentano una forzatura della dinamica idraulica e un ostacolo e richiedono attenzione e assidua manutenzione periodica onde evitare esondazioni (sghiaiamenti, verifica di danni per accentuata erosione o sifonamento, ecc.).

Soglia in massi nell'alveo del fiume Serio

Opere di attraversamento

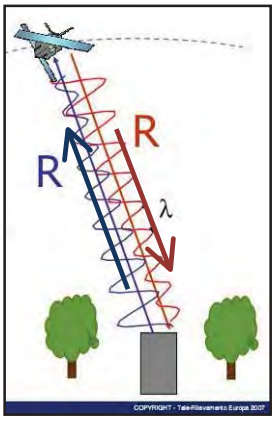
- ponti: il simbolo indica in carta gli attraversamenti dei corsi d'acqua, poiché essi sono strutture che possono interagire con il deflusso delle acque, specialmente in caso di piena. Ve ne sono sul fiume Serio (ponte che si immette sulla provinciale n.49, ponte pedonale alla Festi Rasini e "Ponte ballerino" a Sant'Alberto) e sul torrente Ogna. Particolare attenzione ha suscitato il "Ponte ballerino" nel 1997, quando nel corso di lavori di consolidamento delle sue pile si è potuto verificare e monitorare una singolare caratteristica "oscillazione" della pila centrale, che forse sta proprio all'origine del suo nome. In quell'occasione un sondaggio spinto in profondità ha attraversato un potente livello di limi e ha causato la risalita di una falda d'acqua in pressione e da allora nel fiume si vede una lunga scia di fango.



Il"Ponte che balla" tra Sant'Alberto e Piario.

4.4.1 - Dati da telerilevamento satellitare

Tra la documentazione messa in rete da Regione Lombardia, oltre ai cataloghi "Geo-IFFI" (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani) e "SIRVAL" (Sistema Informativo Regionale Valanghe), da poco tempo si trovano anche le mappe del telerilevamento radar satellitare con tecnica "PSinSAR". Queste informazioni sono particolarmente utili per definire lo stato di attività di fenomeni franosi e per osservare eventuali altre ferme di cedimento e/o deformazione dei versanti, dei terreni in genere e delle strutture, come subsidenza o cedimenti da sovraccarico.



I dati da telerilevamento sono ottenuti mediante il confronto di una serie di misure topografiche satellitari puntuali, rilevate con la tecnica dell'interferometria radar PS (Permanent Scatterers), messa a punto dal Politecnico di Milano e gestita in esclusiva dalla società T.R.E. - Tele Rilevamento Europa di Milano. I sistemi radar satellitari coerenti, nello specifico i radar di tipo SAR (Synthetic Aperture Radar), sono in grado di misurare la distanza tra il sensore e il bersaglio, registrando il tempo di volo tra l'onda trasmessa e la sua parte retrodiffusa. Grazie alla loro periodicità di acquisizione (circa mensile) i dati SAR forniscono misure ripetute della distanza sensore-bersaglio, consentendo, mediante confronti successivi, di apprezzare eventuali spostamenti nel tempo.

La tecnica PS si basa sull'impiego di una serie temporale di immagini radar satellitari della stessa area (in particolare per questo lavoro i dati dei satelliti ERS-1/2 dell'ESA – *European Space Agency* - per il periodo 1991-2000 e i dati del sensore RADARSAT della CSA – *Canadian Space Agency* - per il periodo 2003-2007) ed ha come obiettivo quella di individuare quei bersagli (*Permanent Scatterers o PS*) che mantengono inalterate nel tempo le proprie caratteristiche elettromagnetiche. I bersagli in genere sono rappresentati da edifici, viadotti, condotte, detriti e rocce esposte o elementi metallici (pali, pensiline metalliche, recinzioni). Per ciascuno di questi punti è possibile stimare e rimuovere il disturbo atmosferico, ricostruendo con precisione millimetrica la storia dei movimenti nell'intervallo di tempo analizzato. Ogni immagine copre una superficie di territorio approssimativamente di 10.000 km^2, che viene scansita ogni trenta giorni circa, ricoprendo la medesima area; questa è identificata da un numero corrispondente all'orbita del satellite (*track*) e da uno che indica la parte di area lungo la singola traccia (*frame*), in modo analogo a quanto avviene per le riprese aerofotogrammetriche.

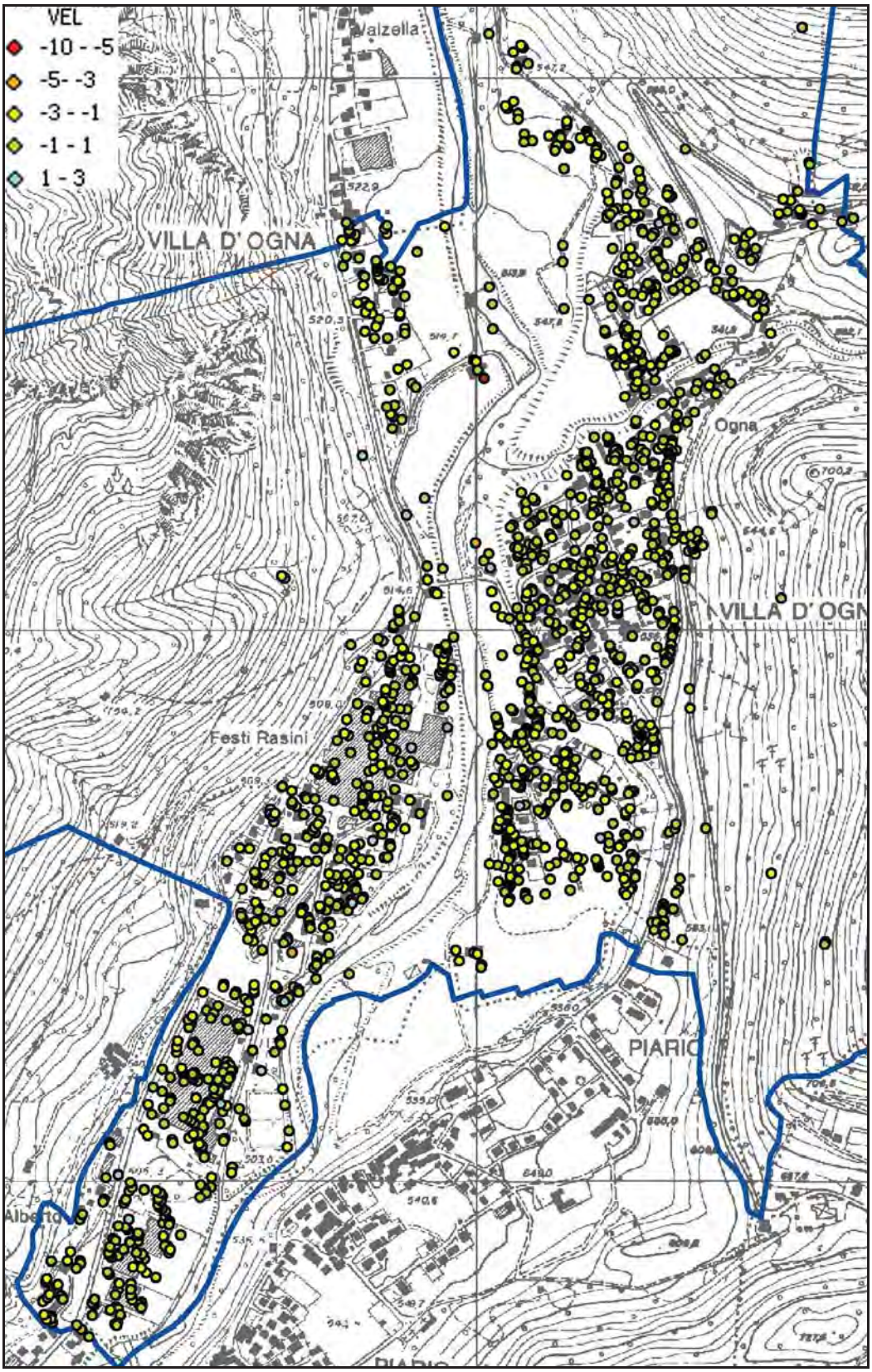
I PS ottenuti sono suddivisi in funzione della loro velocità di movimento nel tempo, mediante una scala cromatica, così da rendere evidente aree o punti in cui sono avvenuti o sono in atto abbassamenti o innalzamenti millimetrici delle strutture, del terreno o delle rocce. Occorre comunque ricordare che tale tecnica non permette di ottenere dati in aree coperte da boschi a densità media o fitti e su pareti rocciose o pendii molto acclivi, soprattutto se questi presentano particolari orientazioni rispetto all'orbita del satellite.

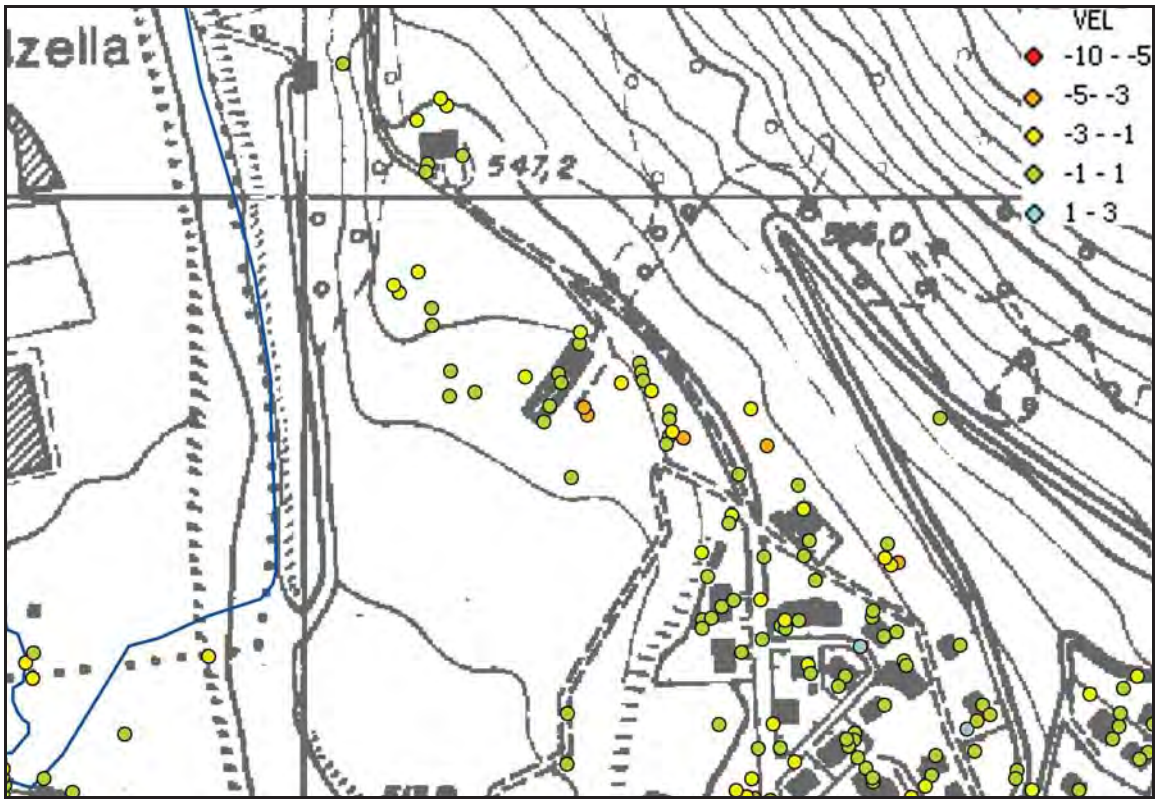
L'analisi del rilevamento satellitare PSInSAR per il Comune di Villa d'Ogna è stata condotta su 145 PS del dataset ERS ascendente, 86 PS del dataset ERS discendente, 1.210 PS del dataset RADARSAT ascendente e 636 del dataset RADARSAT discendente, per un totale complessivo di 2.077 permanent scatterer. I dati sono in corso di controllo da parte della stessa Regione Lombardia, per verificarne la loro completa attendibilità. Sulla base di altre esperienze in questo specifico settore, è noto che per riconoscere aree in movimento (abbassamento, innalzamento o traslazione orizzontale) occorre prendere in considerazione non il singolo PS, di per sé poco significativo, ma gli insiemi di punti. L'immagine dei punti dell'intero territorio mette in evidenza la densità dei punti in cor-rispondenza del centro abitato di Villa d'Ogna e dell'area industriale sulla destra del Serio. I punti all'esterno dell'area abitata sono pochi, a causa della copertura boschiva ben sviluppata che non permette di individuare punti riflettenti.

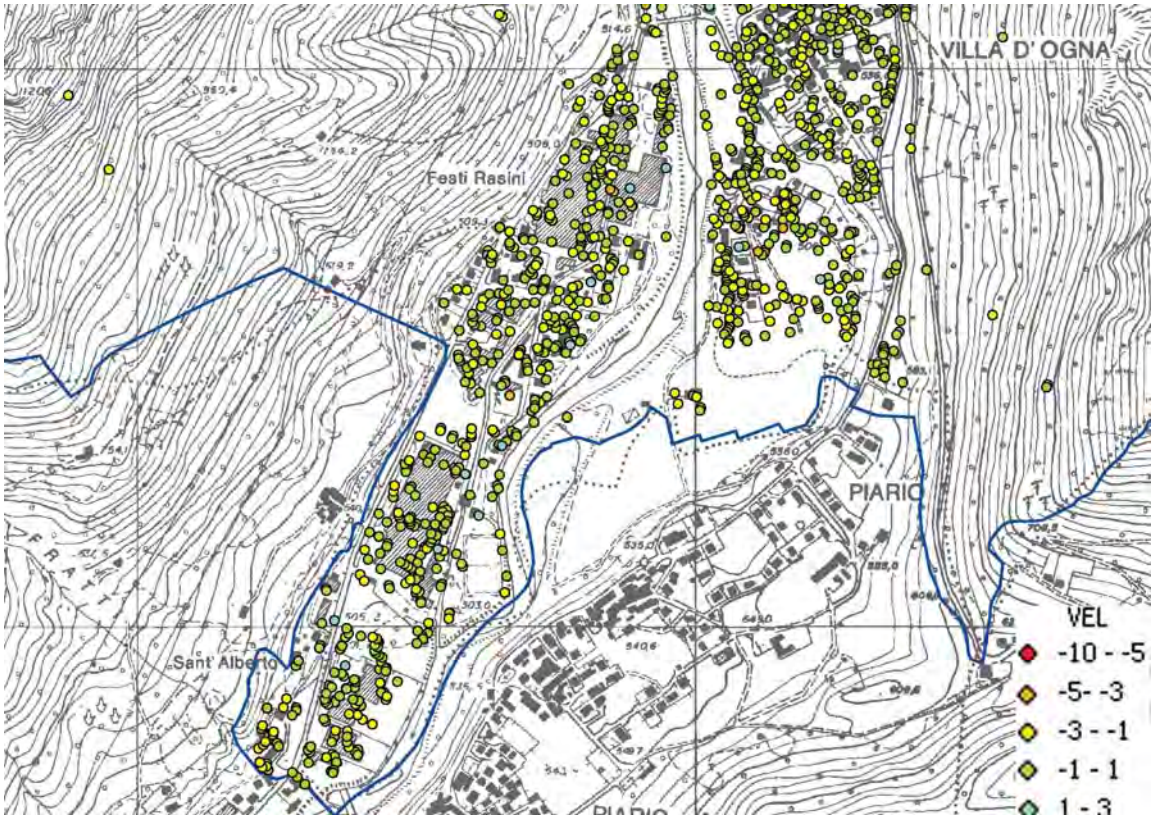
I valori rilevati mostrano in generale una sostanziale stabilità (+1 ÷ –1 mm/anno, punti verdi) o una lieve tendenza a movimenti di scarsa entità (punti gialli, velocità comprese tra -1 e –3 mm/anno). Questi ultimi sono distribuiti "random" nel centro abitato e in tutta l'area industriale: tali movimenti possono essere legati a un lieve abbassamento del riflettore oppure alla natura stessa del punto monitorato (si pensi ad esempio all'effetto della dilatazione di un riflettore metallico nei diversi periodi dell'anno) o a lavori di ristrutturazione, piuttosto che a un generale, modesto, abbassamento della zona. Analogo discorso vale per i punti in innalzamento (valori compresi tra 1 e 3 mm/anno) nel centro storico di Villa d'Ogna e in alcuni settori della zona industriale. Va sottolineato che nell'area della Festi Rasini e in quella della Radici la presenza di pozzi ad uso industriale non ha provocato sensibili cedimenti come in genere ci si potrebbe aspettare.

Nella zona della Cunella si notano modesti cedimenti (dell'ordine massimo di 5 mm/anno) nell'area artigianale: in questo caso si tratta quasi certamente di fenomeni di assestamento dei livellamenti eseguiti durante la costruzione dei capannoni; altri settori che indicano modesti cedimenti si rilevano lungo i cigli del terrazzo fluvioglaciale allo sbocco dell'Ogna, legati a parziali stacchi di massi. I movimenti maggiori (compresi tra i 5 e i 6,5 mm/anno) si individuano a Gazza, vicino al fiume Serio, e tra la Festi Rasini e il ponte della provinciale. Va osservato che il PS di Gazza è stato monitorato solo fino al 2000 dal satellite ERS-1/2 e fa supporre uno spostamento del un riflettore, mentre nell'altro caso si pensa a un riflettore che si sia ammalorato nel corso del tempo.

All'esterno del centro abitato si osserva un solo punto in modesto abbassamento lungo il versante del monte Fortino: si tratta probabilmente di un'area soggetta a stacco di blocchi.


VEL
-10 - -5
-5 - -3
-3 - -1
-1 - 1
1 - 3
Valzella
VILLA D' OGNA
Ogna
Festi Rasini
PIARIC


VEL
-10 - -5
-5- -3
-3 - -1
-1 - 1
1 - 3


VILLA D' OGNA
Festi Rasini
PIARIO
Sant' Alberto
VEL
-10 - -5
-5- -3
-3 - -1
-1 - 1
1 - 3

4.5 - Carta idrogeologica e sezioni

(tavola 3)

Nella carta idrogeologica è data una valutazione di massima della permeabilità superficiale delle diverse unità litologiche, distinguendo i terreni, per i quali i quali la permeabilità è di tipo primario, dalle rocce che invece possono avere permeabilità secondaria. La prima è quella dovuta alla porosità presente tra granulo e granulo del sedimento, mentre la permeabilità secondaria è connessa alla presenza di discontinuità (fratture e/o giunti di stratificazione) che pervadono le masse rocciose (la permeabilità primaria nelle rocce si può infatti considerare scarsa o nulla). I sistemi disgiuntivi in una massa rocciosa possono essere tanto diffusi e profondi da conferire permeabilità talmente elevata da essere paragonabile a quella di certi terreni detritici sciolti.

Per meglio comprendere l'assetto idrogeologico del territorio, nella carta idrogeologica non sono rappresentati i terreni di copertura discontinui e di spessore ridotto, poiché si ritiene il loro ruolo idrogeologico irrilevante rispetto a quello dell'ammasso roccioso sottostante. La conoscenza di questi caratteri è fondamentale per la valorizzazione, lo sfruttamento e la salvaguardia delle risorse idriche. Sono cartografati:

- terreni (**vp′**) e rocce (**VP**) con permeabilità da elevata a buona: $K > 10^{-2}$ cm/sec. La classe raggruppa i detriti di versante ghiaioso-sabbiosi incoerenti e privi di vegetazione, denudati o con vegetazione pioniera, gli accumuli di frana, gli accatastamenti di blocchi e le alluvioni ghiaiose del fiume Serio e degli altri corsi d'acqua minori. Questi ultimi depositi caratterizzano in modo determinante le aree di fondovalle, per altro fortemente antropizzate; essi sono privi di suolo di spessore significativo o di livelli argillosi che possano impedire o limitare una rapida penetrazione nel sottosuolo delle acque superficiali così come di eventuali effluenti liquidi. L'elevato grado di permeabilità implica da un lato la possibilità che in questi materassi alluvionali si formino consistenti falde acquifere, dall'altro, verrebbe anche favorita la percolazione di eventuali fluidi inquinanti, con la possibilità che le stesse falde possano essere contaminate. Sono dunque terreni che, specie in presenza di importanti risorse idropotabili, richiedono una consapevole attenzione nelle modalità di utilizzo. Nella medesima categoria sono indicate le rocce calcaree o dolomitiche intensamente tettonizzate; ve ne sono in particolare nel settore sudorientale del territorio comunale, verso Clusone, dove si trovano vasti affioramenti di Dolomia Principale.

- terreni (**p′**) e rocce (**P**) con permeabilità da buona a media: $10^{-2} \geq K > 10^{-4}$ cm/sec. La categoria comprende i depositi fluvioglaciali incoerenti e i detriti cementati o inerbiti. Sono terreni assai diffusi nel fondovalle seriano e nella valle dell'Ogna: la loro massa porosa può costituire acquiferi di importanza locale. Lo stesso grado di permeabilità è stato assegnato ai depositi fluviali di tipo sabbioso-ghiaioso, ai terreni di conoide ed alle coperture eluviali dei substrati calcarei. Questi terreni occupano entrambe le sponde del Serio sui pianori occupati dalle zone edificate di Villa d'Ogna; in particolare si estendono fino a comprendere buona parte della valle dei Frati, e nella valle dell'Ogna interessano tutto il pendio di Nasolino (Comune di Oltressenda).

La classe include anche gli ammassi calcarei e dolomitici fortemente fratturati, a causa della presenza di importanti discontinuità strutturali (sovrascorrimenti e grosse faglie). In questi casi si osservano spesso anche dissoluzioni carsiche, che interessano molto profondamente e diffusamente le rocce. Gli ambiti interessati si trovano soprattutto alle altitudini maggiori, sui versanti del monte Fortino, in prossimità dello spartiacque sinistro della valle dell'Ogna e sui contrafforti della Cima Vaccaro; riguardano gli ammassi di Dolomia Principale, delle formazioni carniche (Gorno, Breno) e del Calcare di Esino. Dal punto di vista idrogeologico la presenza di ammassi rocciosi con questi caratteri è molto importante, poiché contribuiscono a formare importanti acquiferi ("rocce serbatoio").

- terreni (**s′**) e rocce (**S**) con permeabilità da media a scarsa: $10^{-4} \geq K > 10^{-6}$ cm/sec. La classe raggruppa i terreni di copertura a granulometria piuttosto fine, come i depositi sabbioso-limosi di origine glaciale, fluviale o di conoide, i terreni eluvio-colluviali limo-sabbiosi e i riporti terrosi. Sono inclusi anche i banchi di sedimenti fluvioglaciali cementati nei quali, sebbene i livelli sabbioso-ghiaiosi mostrino permeabilità elevata, si alternano localmente livelli più fini. La tipologia è caratteristica della maggior parte delle fasce medio-alte di entrambi i versanti seriani.

In generale si attribuiscono gli stessi valori di permeabilità anche agli ammassi rocciosi calcarei e dolomitici poco fessurati, siano essi stratificati ed alternati a marne, come quelli della formazione del Calcare di Angolo o di Breno, siano massicci, come il Calcare di Esino e la Dolomia Principale. Tali ambiti si individuano sul monte Fortino, su entrambi i fianchi della valle Ogna e sul versante della Cima Vaccaro.

terreni (**w′**) e rocce (**W**) impermeabili: $K \leq 10^{-6}$ cm/s. Si tratta di terreni molto compatti, come i depositi argillosi di origine glaciale o le argille dei sedimenti fluviali antichi e recenti. La classe include anche alcune masse rocciose praticamente impermeabili, come quelle formate dalle argilliti della Formazione di San Giovanni Bianco. L'esigua estensione areale dei terreni argillosi in Villa d'Ogna porta ad attribuire loro scarso significato idrogeologico; al contrario, gli strati rocciosi di questa categoria hanno un ruolo idrogeologico molto importante, poiché costituiscono i "limiti" o "soglie" di permeabilità che delimitano e sostengono gli acquiferi, permettendo l'accumulo di acque nel sottosuolo e lo scaturire di sorgenti.

Questa classe di permeabilità comprende anche tutte le aree urbanizzate nelle quali i livellamenti, le pavimentazioni e l'edificazione in genere, rendono il terreno sostanzialmente impermeabile; queste aree sono evidenziate nella cartografia tematica dal grafismo degli edifici e delle strade, in modo da lasciare trasparire l'indicazione della permeabilità dei terreni e/o delle rocce sottostanti.

SIMBOLI CONVENZIONALI

Nella carta idrogeologica sono indicati con appositi simboli i principali elementi che caratterizzano 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. Quindi sono riportate le strutture tettoniche significative, come pieghe faglie e fratture; in particolare, le *linee azzurre* rappresentano le faglie e le fratture che conferiscono permeabilità agli ammassi rocciosi, mentre quelle *nere* indicano le strutture tettoniche impermeabili (faglie e sovrascorrimenti).

Anche la giacitura degli strati è molto importante sotto l'aspetto idrogeologico: le superfici di stratificazione sono comunque delle discontinuità diffuse nel corpo roccioso che possono rappresentare vie preferenziali per l'infiltrazione sotterranea delle acque. Infatti si noti che la presenza delle sorgenti trova un costante riscontro con l'immersione generale delle formazioni rocciose e/o delle unità sovrascorse: in altre parole, le sorgenti si trovano in numero maggiore sui versanti verso i quali "pendono" le superfici di strato o quelle di sovrascorrimento.

Con diversi tipi di *frecce* sono indicate le direzioni presunte dei flussi idrici sotterranei: nelle masse rocciose essi si dispongono spesso lungo i principali sistemi di frattura, mentre nei terreni superficiali sono controllati in generale dall'andamento della superficie di contatto con il substrato roccioso (avvallamenti e compluvi sepolti), nonché dalla presenza di livelli con sensibili contrasti di permeabilità (ad esempio ghiaie su argille).

Le aree in cui prevale l'infiltrazione verticale sono indicate con il simbolo di *dolina* o con quello più generico di *carsismo superficiale*. In quest'ultimo caso si tratta di solchi e canali di dissoluzione carsica superficiale (*karren*) su rocce calcaree (versante della Cima Vaccaro, del monte Fortino e del Colle Blum) che facilitano l'infiltrazione delle acque meteoriche lungo le fratture ed i giunti di strato. Nei punti in cui la dissoluzione carsica ha sviluppato significative cavità sotterranee viene usata una diversa simbologia (*grotte*).

Nella carta idrogeologica sono rappresentati gli spartiacque superficiali dei bacini idrografici ed è evidenziata l'idrografia superficiale, disegnata in modo conforme al R.I.M. ("*Studio di definizione del reticolo idrico minore*" GEOTER & CASTELLETTI, 2004); sono inoltre indicate, le zone di ristagno d'acqua, le aree in cui la falda ha bassa soggiacenza, i sovralluvionamenti e le occlusioni d'alveo. Sono distinte le sorgenti libere e quelle captate (con indicazione dei rispettivi nomi), così come sono distinti i pozzi d'acqua utilizzati ad uso potabile o ad uso industriale. Sono tracciate in linea di massima le principali adduttrici degli acquedotti comunali e i bacini dell'acqua potabile e industriale. Per la rete fognaria, che serve l'intero paese, sono indicati i collettori, gli sfioratori di piena, gli scarichi della fognatura e del depuratore. Con appositi simboli sono indicati anche le diverse opere di mitigazione delle dinamiche fluviotorrentizie (difese spondali, briglie, soglie, derivazioni, ecc) e i vari canali.

Una buona conoscenza della stratigrafia e dei caratteri idrogeologici dei terreni del fondovalle è stata acquisita mediante numerose trivellazioni di pozzi industriali e ad uso potabile.

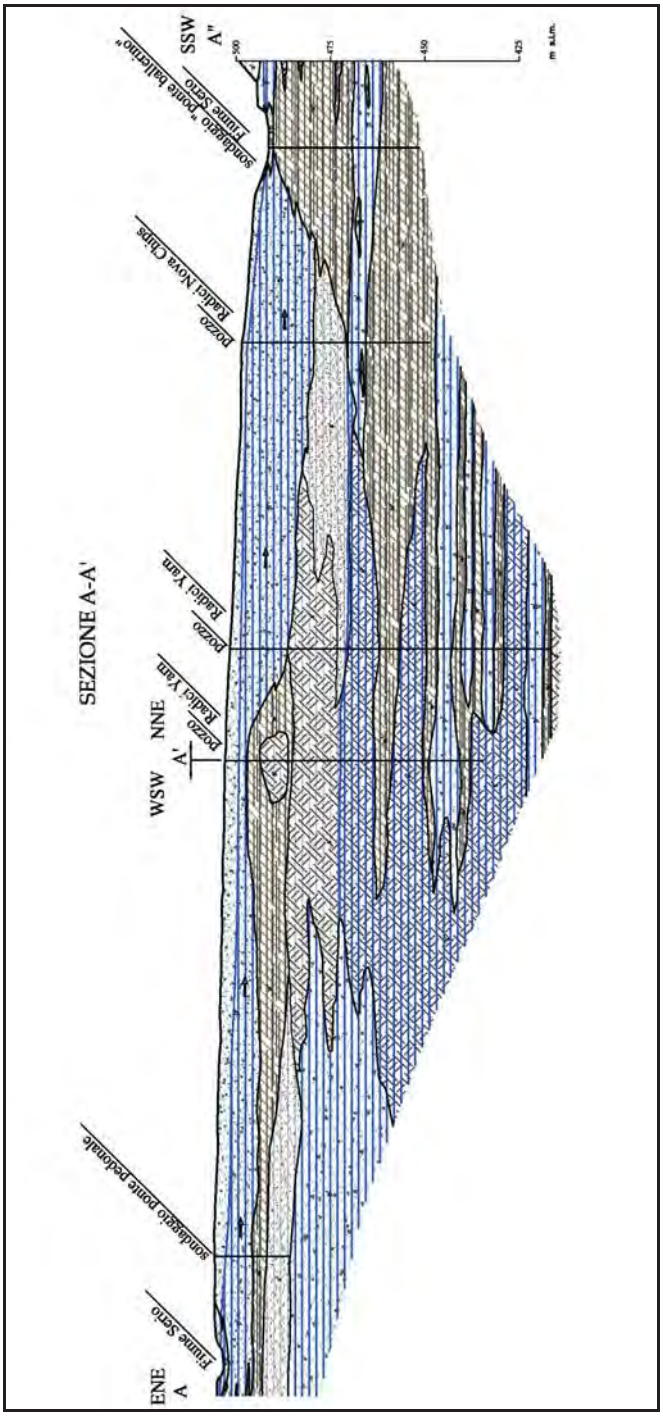
Con un'apposita campitura sono indicate le diverse aree di salvaguardia delle sorgenti e dei pozzi utilizzati per l'approvvigionamento d'acqua potabile ai sensi del D.lgs. 11 maggio 1999, n.152, integrato dal D.lgs. 18 agosto 2000, n.258, all'art. 21 commi 1, 3, 4 e 7 e con riferimento alla D.G.R. 10 aprile 2003, n. 7/12693, All.1, cap.2. Nel contesto geologico evidenziato, almeno per le sorgenti, la definizione delle aree di rispetto per la protezione statica delle captazioni idriche non può tenere conto unicamente di criteri geometrici, ma dovrebbe utilizzare criteri idrogeologici (andamento dei flussi sotterranei) e cronologici; questi ultimi permettono di definire l'area di salvaguardia in funzione di un "tempo di sicurezza" (periodo di sopravvivenza nel sottosuolo degli inquinanti organici) e della velocità di scorrimento sotterraneo della falda. È chiaro quindi che il solo parametro geometrico spesso non è sufficiente, poiché in presenza di sorgenti legate a strutture tettoniche gli aspetti idrogeologici e cronologici assumono un'importanza preponderante. Considerando infatti la permanenza dell'acqua nel sottosuolo (criterio cronologico), il raggio della zona di "rispetto" risulta notevolmente maggiore; è in questo senso che qui sono proposte per le sorgenti ed i pozzi più importanti alcune estensioni delle aree di tutela. Le indicazioni fornite in questa sede servono al Pianificatore per l'individuazione del problema, ma per un esauriente assolvimento degli obblighi di legge sarebbe necessario predisporre studi specifici sulle strutture acquedottistiche nel loro complesso. Le "ZONE DI TUTELA ASSOLUTA" (raggio di dieci metri) non sono rappresentate in carta per motivi di scala.

SEZIONI IDROGEOLOGICHE

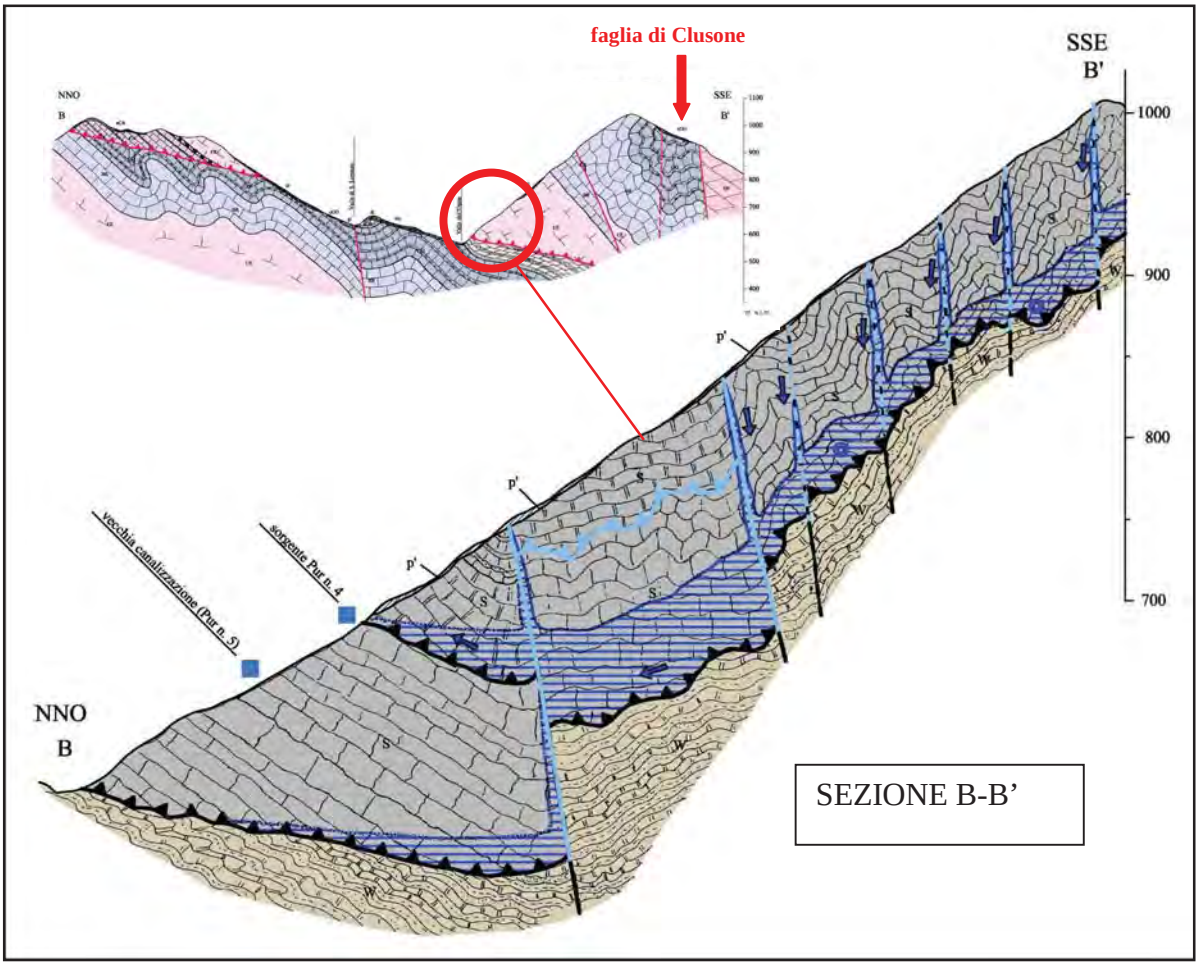
Per rappresentare la struttura idrogeologica generale del territorio di Villa d'Ogna e in conformità ai Criteri attuativi della L.r. 12/05, sono rappresentate due sezioni idrogeologiche interpretative. Gli acquiferi ad uso potabile che servono il Comune sono costituiti soprattutto da rocce molto fessurate, sostenuti da livelli impermeabili (soglie di permeabilità spesso coincidenti con importanti discontinuità tettoniche), che guidano le circolazioni idriche sotterranee. Alcune falde acquifere sono contenute nei terreni del fondovalle seriano: almeno sul territorio di Villa d'Ogna queste sono captate per uso industriale, mentre nel vicino Piario sono stati realizzati diversi pozzi a scopo idropotabile.

La sezione A-A', tracciata lungo il Serio tra il "Ponte ballerino" e la passerella pedonale, illustra le strutture idrogeologiche del fondovalle seriano. Il disegno ha una scala verticale espansa, onde meglio evidenziare l'individualità e le sovrapposizioni dei livelli sedimentari. Si nota la presenza di una falda superficiale, alimentata direttamente dalle acque del fiume Serio; la sua sede è formata da alluvioni ghiaioso-sabbiose sedimentate in episodi ed epoche più recenti e diverse; considerata la sua bassa soggiacenza e il diretto collegamento con l'acqua del fiume, questa falda può essere facilmente e rapidamente contaminata da inquinanti. Tale acquifero è sostenuto da un cospicuo livello di limi di sedimenti fluvioglaciali cementati che si estende verso Nord almeno fino al ponte della strada provinciale. I sondaggi eseguiti nell'area industriale Festi Rasini e Radici mostrano che più in profondità ci sono numerosi livelli limo-argillosi che si alternano a strati di ghiaie e sabbia che passano lateralmente (in direzione dei fianchi vallivi) a depositi di origine fluvioglaciale. Queste

alternanze formano un acquifero importante e dalla geometria piuttosto complessa; la falda che vi ha sede, leggermente in pressione tanto da affiorare o quasi a livello del piano di campagna, è alimentata da acque del Serio che "carica" qualche chilometro più a Nord (Ardesio, dove il substrato roccioso si trova in alveo), ma anche da venute laterali da strutture in fessura (sistema della faglia di Clusone) che l'incisione valliva sepolta taglia almeno in parte.



La sezione B-B' tracciata tra la centrale idroelettrica di "Ogna superiore" e la sorgente "Pur" taglia il versante sinistro della valle dell'Ogna e mette in evidenza la sede dell'acquifero che alimenta il gruppo di sorgenti; esso è costituito da rocce calcaree appartenenti alla formazione del Calcare di Esino e a quella di Breno, coinvolte entrambe in una struttura sinclinale e sovrascorse sugli strati marnosi della Formazione di S. Giovanni Bianco. A Sud tale struttura è chiusa da una soglia impermeabile molto inclinata formata dalla faglia di Clusone; l'assetto strutturale e idrogeologico che ne risulta favorisce il deflusso delle acque sotterranee verso la zona di Piario-Villa d'Ogna. Le sorgenti "Pur" rappresentano delle emergenze secondarie del bacino idrogeologico, guidate da discontinuità (fratture) di posteri al sovrascorrimento, che intersecano la struttura acquifera principale. Le escursioni di portata che si misurano sulle "Pur" giustificano tale ipotesi, mentre la temperatura dell'acqua, costantemente bassa, lascia intendere uno provenienza profonda (vedi: *"Captazione delle sorgenti "Pur" per il potenziamento dell'acquedotto comunale"* - RAVAGNANI D. & CANAVESI S.R.L., 1994).



4.5.1 - Risorse idriche di Villa d'Ogna

La rete acquedottistica comunale di Villa d'Ogna è alimentata da quattro diverse sorgenti, che si trovano tutte nella valle dell'Ogna (tre sul fianco destro, un gruppo su quello sinistro). La maggiore quantità d'acqua è derivata dalla sorgente **"Spinelli"**, ubicata sul versante destro della valle dell'Ogna nel territorio del Oltressenda Alta, presso la località da cui prende il nome, a un'altitudine di circa 580 m s.l.m.. La scaturigine dà in media 35 l/sec., dei quali 17,5 l/sec. sono immessi nell'acquedotto di Villa d'Ogna.

Le sorgenti **"Costa Larga"** si trovano sulla sponda destra dell'Ogna ad un'altitudine di circa 570 m s.l.m., a monte della centrale idroelettrica Enel di "Ogna Superiore". La loro portata è complessiva è di 4 l/sec.

prese delle sorgenti "Costa Larga "

Anche le sorgenti **"Ronchet"** scaturiscono nel territorio di Oltressenda Alta, vicino al piccolo corso d'acqua che scende da Coppello, appena sotto il centro abitato di Nasolino, a m 570 s.l.m.; quest'acqua viene accumulata nel bacino di San Lorenzo; un tempo erano l'unica alimentazione dell'acquedotto comunale sulla sinistra del Serio; la loro portata media complessiva è di circa 1,33 l/sec.

Le sorgenti **"Pur"**, si trovano sul versante sinistro della valle dell'Ogna, a un'altitudine di circa m 700 s.l.m. e danno oggi circa mezzo litro al secondo.

Tutte le sorgenti su citate sorgenti sgorgano da banchi di detrito di falda cementato, e sono captate con prese alquanto superficiali; si ritiene tuttavia che la loro origine, al pari di quelle di molte altre sorgenti dell'area di Nasolino, sia da collegare alla presenza di un'importante discontinuità che delimita alla base i massicci calcarei ladinici fessurati (Calcare di Esino) sovrascorsi sulle marne e sulle argilliti carniche (formaziono di Gorno e di San Giovanni Bianco, che costituiscono il letto impermeabile (vedi tav, 3 sez,B-B'). Si tratta quindi di acque molto buone, caratterizzate da lunga permanenza nei lunghi circuiti sotterranei in roccia e di captazioni che potrebbero essere molto potenziate.

Una quindicina di anni fa, per le sorgenti "Pur" fu condotto un approfondito studio; esso permise di collegare queste scaturigini a una struttura tettonica molto vasta e complessa (faglia di Clusone), alla quale sono legate numerose altre importanti sorgenti captate nei comuni vicini.

Nel Comune di Villa d'Ogna vi sono anche diversi pozzi, ubicati nella zona industriale manifatturiera della Festi Rasini e del Gruppo Radici, sulla sponda destra del Serio; oggi essi sono utilizzati solamente per scopi industriali.

Sono da considerare anche i pozzi del Consorzio degli Acquedotti della Sponda Sinistra del Serio, che si trovano in territorio di Piario, poiché, seppure marginalmente, la loro zona di rispetto, come stabilita ai sensi del D.lgs. 11 maggio 1999, n.152 e successive modifiche e integrazioni, interessa il settore sudorientale di Villa d'Ogna.

4.5.2 – Corsi d'acqua

In linea generale il territorio di Villa d'Ogna presenta un reticolo idrico poco sviluppato; infatti, ad eccezione del torrente Ogna e del fiume Serio. i corsi d'acqua sono brevi e poco gerarchizzati, a motivo della forte acclività dei versanti che racchiudono il fondovalle seriano e dell'abbondanza di fasce di detriti di versante sciolti. Alcuni di essi sono solchi rettilinei sede di significative dinamiche di trasporto in massa (*debris flow*) e di valanghe.

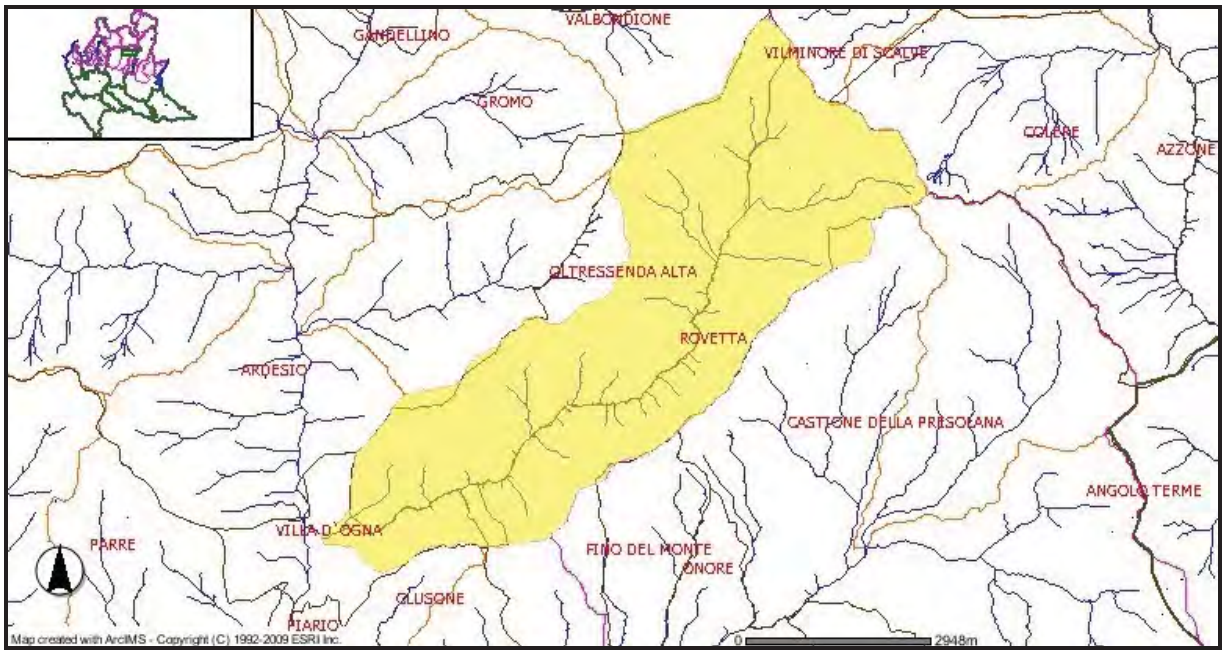
Regione Lombardia fornisce, attraverso la banca-dati SIBCA, la stima della portata liquida per il torrente Ogna, calcolata secondo la formula razionale, mentre la "*magnitudo*" delle colate detritiche è determinata secondo le formule di diversi Autori (BOTTINO, CRIVELLARI, MANDRONE, 1996; D'AGOSTINO ET AL., 1996; BIANCO, 1999; CERIANI, CROSTA, FRATTINI, QUATTRINI, 2000); queste permettono di stimare i volumi dei *debris flow* che possono generarsi nei torrenti in funzione dei caratteri morfometrici del bacino (area, pendenza dell'asta, indice dei litotipi del bacino, indice di trasporto, coefficiente di sistemazione).

Per il fiume Serio invece si fa riferimento a diversi studi idraulici eseguiti negli ultimi vent'anni (*Definizione delle aree del territorio comunale soggette al rischio di inondazione da parte del fiume Serio"* (ETATEC, 1995); *"Studio di fattibilità per la regimazione del fiume Serio nel tronco Seriate-Mozzanica"* (ETACONSULT INGEGNERIA, 1990); "*Interventi di sistemazione idraulica del fiume Serio nei comuni di Ponte Nossa e Alzano Lombardo"*, (DIZETA INGEGNERIA, 2001); *"Relazione idraulica impianto Cunella"*, (CHIEU G., 2003); "*Lavori di allargamento del ponte sul fiume Serio e riqualificazione dell'intersezione tra la S.P. 49 e la S.P. 50 in Comune di Villa d'Ogna*", (GEA, 2004); "*Opera di presa C.li Gazzi e Pirapola. Bacino di accumulo ad uso idroelettrico - Relazione generale*", (ARDITO A. & QUAGLIOLO P., 2007) e "*Studio di definizione del reticolo idrico minore*" (GEOTER & CASTELLETTI, 2004), dove si trovano le schede riguardanti due aste del Reticolo Idrico Minore.

VALLE DELL'OGNA

Il bacino idrografico dell'Ogna ha una superficie di km^2 29,45 e si estende sul territorio di tre comuni (Oltressenda Alta, Rovetta, Villa d'Ogna). La cresta formata dal Pizzo della Presolana, dal Ferrante e dal Ferrantino corona la testata del bacino; il crinale che unisce le cime del Benfit e del Timogno, la Cima Ba fino e il monte Fortino costituisce lo spartiacque settentrionale, mentre quello meridionale collega il Pizzo della Presolana, la Cima di Bares, la Cresta di Valzurio e la Cima Blum e scende fino alle spalle del paese. Il bacino raggruppa diversi sottobacini, poco sviluppati, ma segnati da forme di *debris flow* (cfr. carta geomorfologica). L'asta principale dell'Ogna è lunga 13,5 km circa ed è orientata in generale circa NE-SO.

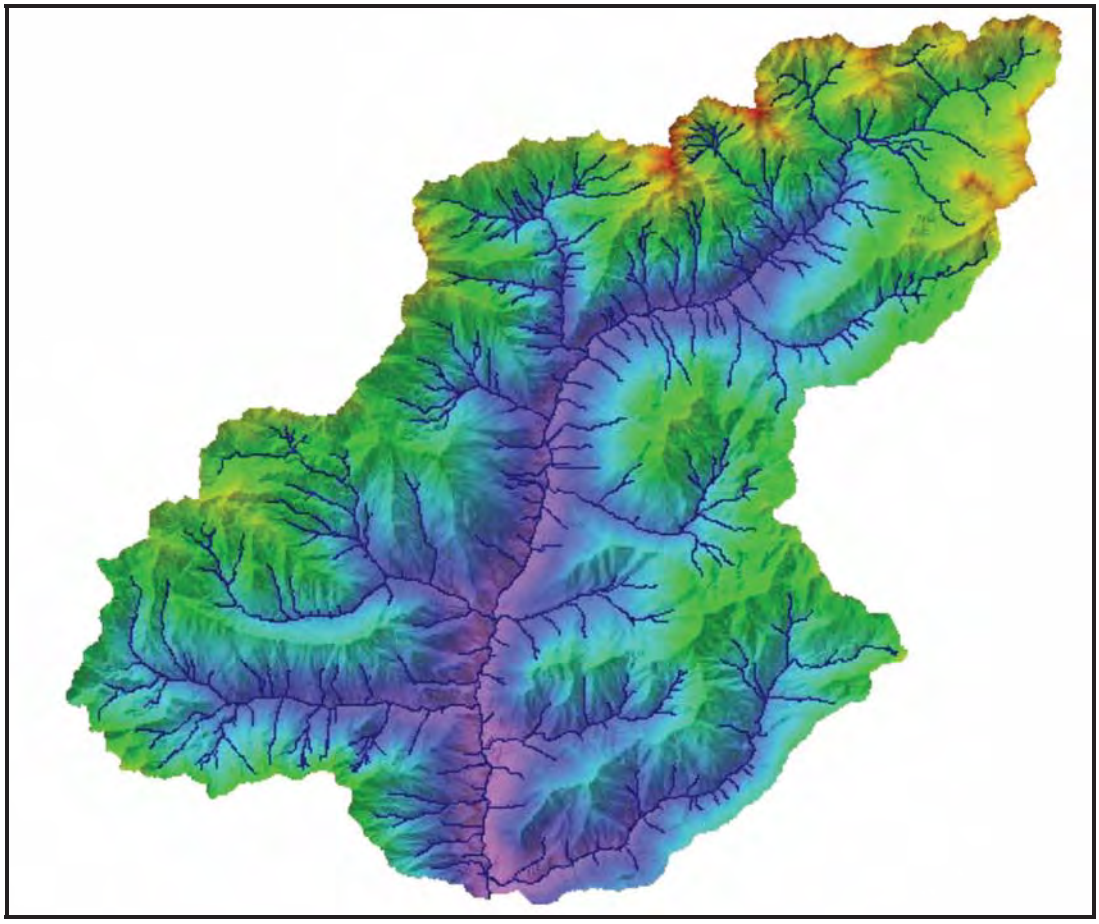
Nel bacino è assolutamente predominante la presenza di rocce carbonatiche rispetto a quelle terrigene; sono evidenti e diffuse le forme carsiche, particolarmente pronunciate nella parte alta della valle, ai piedi del Ferrante e del Pizzo della Presolana (Calcari dell'Esino e Formazione di Breno). La continuità di esposizione delle formazioni rocciose è spesso interrotta da coperture di terreni eluvio-colluviali o da falde di detriti di versante al piede delle pareti rocciose o dei versanti più scoscesi, con parti cementate o manti vegetali. Diffusi sono anche i terreni di origine glaciale (nell'alta valle e alle spalle di Villa d'Ogna). I sedimenti alluvionali sono poco rappresentati e si trovano solamente in qualche tratto dell'asta principale, alle quote più basse. La forte acclività di alcune parti dei versanti favorisce l'erosione e il trasporto di materiale solido, con l'innesco di *debris flow* lungo le valli minori, mentre lungo l'asta principale questi fenomeno è ostacolato dalle opere di derivazione delle centrali idroelettriche.



Il bacino è soggetto ad un apporto idrico di tipo pluviale e nivo-pluviale; ponendo la chiusura del bacino all'altezza del paese, la portata massima dell'Ogna con tempo di ritorno monosecolare è di circa delm^3/sec 65,3 (SIBCA - Regione Lombardia, 2005), paragonabile a quella calcolata per la portata cinquantennale (m^3/sec 59,7). La magnitudo del trasporto solido, calcolata mediante le formule di diversi Autori, è stimata tra m^3 159.446 (BIANCO, 1999) e m^3 43.700 (CERIANI, 1999), con valori intermedi di m^3 54.768 (BOTTINO, 1996) e di m^3 80.470 (D'AGOSTINO ET AL.,1996).

FIUME SERIO

A Villa d'Ogna il fiume Serio sottende già un bacino molto esteso, tra km^2 220 calcolati con chiusura alla derivazione di Gazza e km^2 265 (calcolati con chiusura alla traversa di Campignano (S. Alberto); esso confina a Nord con il solco valtellinese, ad Est con la valle di Scalve e a Ovest con la valle Brembana; l'asta principale è lunga circa km 30 ed ha un'orientazione dapprima NE-SO, successivamente si dispone con andamento circa meridiano.



Grossomodo fino all'altezza di Gromo il bacino idrografico è costituito da rocce metamorfiche ("Basamento Cristallino Sudalpino" e una potente serie di rocce sedimentarie arenacee e vulcaniche; a Sud della "linea della Valcanale" invece si trovano rocce carbonatiche triassiche sulle quali risaltano gli imponenti massicci del Calcare di Esino. L'assetto strutturale è complesso: nel vasto settore settentrionale dominano le lineazioni Est-Ovest, parallele alla linea Insubrica, mentre l'assetto delle formazioni triassiche è complicato da pieghe e ripetuti sovrascorrimenti. Sulle fasce di medio versante e sul fondovalle i terreni di copertura (detritici, glaciali, fluvioglaciali e alluvionali) sono ben rappresentati. Importanti forme di assestamento gravitativo (frane, DGPV) riguardano i versanti, mentre la loro accentuata acclività favorisce l'erosione e il trasporto solido nelle incisioni minori e lungo le valli affluenti (Bondione, Fiumenero, Grabiasca, Goglio, Acqualina e Ogna), allo sbocco delle quali si aprono numerose conoidi. Sbarramenti (dighe) e derivazioni idrauliche minori interessano sia l'asta principale sia i maggiori affluenti; esse producono un effetto di laminazione delle piene ma d'altra parte, trattenendo il trasporto solido, hanno modificato significativamente il regime idraulico e i caratteri degli alvei e in condizioni critiche possono accentuare le possibilità di esondazione.

Il bacino del Serio è caratterizzato da un apporto idrico di tipo pluviale e nivo-pluviale; la scarsa presenza di ghiacciai e nevai perenni rendono invece trascurabile questo tipo di apporto. L'unica serie storica di misure di portata disponibile è quella della stazione di "Ponte Cene", dotata di un idrometrografo registratore; essa copre un intervallo di tempo dal 1924 al 1993 e permette di constatare che le portate di colmo sono comprese tra mc/sec 107 (1936) e mc/sec 547 (anno 1927). Queste misurazioni sono molto importanti, poiché rappresentano la base di partenza delle diverse verifiche idrauliche che nel tempo sono state condotte anche a monte della stessa stazione di misura. Nello studio di *"Definizione delle aree del territorio comunale soggette al rischio di inondazione da parte del fiume Serio"* (ETATEC S.R.L., 1995) e nello *"Studio di fattibilità per la regimazione del fiume Serio nel tronco Seriate-Mozzanica"* (ETACONSUL INGEGNERIA, 1990) è stata calcolata una portata centennale, all'altezza del ponte di Cene, compresa tra mc/sec 611 (metodo degli afflussi/ deflussi) e mc/sec 546 (analisi statistica). Gli stessi metodi sono stati utilizzati per la stima della portata duecentennale (mc/sec 678 con il metodo degli afflussi/deflussi e mc/sec 598 con quello statistico). Nel più recente studio *"Interventi di sistemazione idraulica del fiume Serio nei comuni di Ponte Nossa e Alzano Lombardo"* (DIZETA INGEGNERIA, 2001) si calcola una portata centennale al ponte di Cene di mc/sec 483 e una duecentennale di mc/sec 518 (modello afflussi/deflussi); lo stesso studio considera anche la portata del Serio all'altezza del ponte di San Bernardino in Ponte Nossa (bacino più ristretto), assegnando un valore di mc/sec 401 alla centennale e di mc/sec 446 a quella duecentennale.

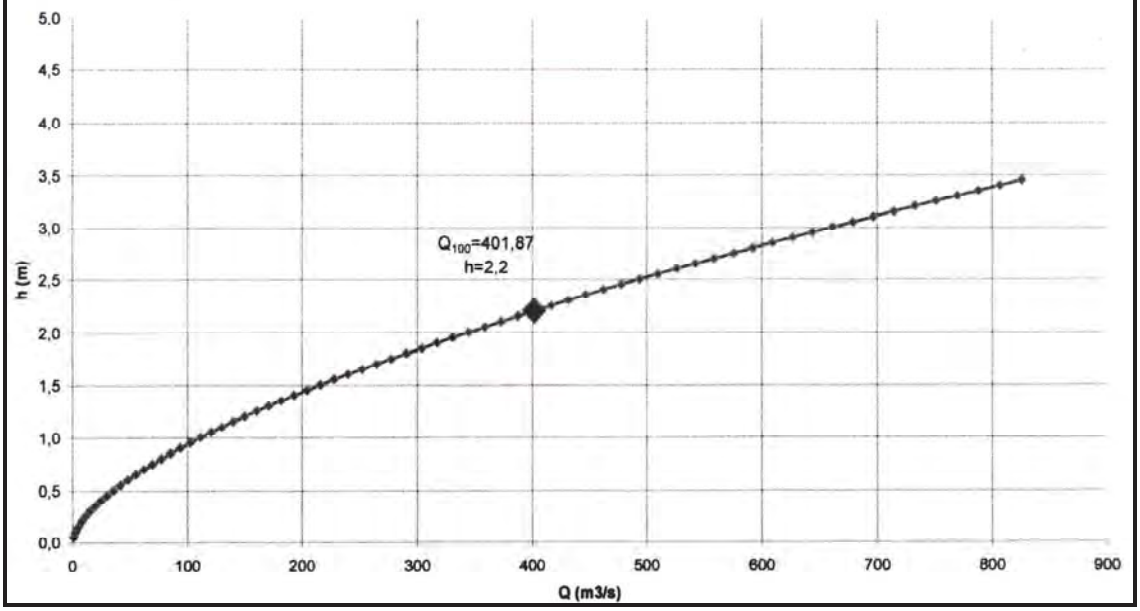
Nel tratto di Villa d'Ogna sono disponibili altre stime di portata, calcolate all'altezza della traversa di S.Alberto (centrale di Campignano), al ponte della strada provinciale per Clusone e alla derivazione di Gazza. La relazione idraulica per l'impianto della Cunella (CHIEU G., 2003) indica in mc/sec 410 la portata centennale alla traversa di Sant'Alberto e in mc/sec 450 quella duecentennale. In "*Lavori di allargamento del ponte sul fiume Serio e riquali-ficazione dell'intersezione tra la S.P. 49 e la S.P. 50 in Comune di Villa d'Ogna*" (GEA, 2004) la

portata bisecolare al ponte è di mc/sec 420 (metodo degli afflussi/deflussi). Alla traversa di Gazza la portata centennale risulta di mc/sec 402 ("*Opera di presa C.li Gazzi e Pirapola. Bacino di accumulo ad uso idroelettrico - Relazione generale*" – Ardito A.& Quagliolo P., 2007).

PORTATA SERIO			
	Q100 mc/sec	**Q200 mc/sec**	**NOTE**
Ponte Cene	611	678	ETATEC,1990; ETACONSULT,1995; afflussi-deflussi
Ponte Cene	546	598	ETATEC,1990; ETACONSULT,1995; analisi statistica
Ponte Cene	483	518	DIZETA INGEGNERIA, 2001
Ponte S. Bernardino (Ponte Nossa)	401	446	DIZETA INGEGNERIA, 2001
Traversa di Campignano (Sant'Alberto)	410	450	CHIEU G., 2003
Ponte strada provinciale		420	GEA, 2004
Traversa di Gazza	402		ARDITO A.& QUAGLIOLO P., 2007

Gli studi effettuati indicano altezza dell'acqua compresa tra m 2,2 (traversa di Gazza) e m 5,64 (ponte strada provinciale); una differenza così marcata si può spiegare con il fatto che nei calcoli sono state considerate portate di piena diverse (mc/sec 402 e mc/sec 420) e col restringimento dell'alveo nei pressi del ponte; tuttavia, anche tenendo conto di questi particolari, sembra che le altezze al ponte provinciale siano sovrastimate.

Traversa di Gazza. Scale delle portate (da "Relazione generale" Ardito A. & Quagliolo P., 2007



Il fiume Serio al ponte di Villa d'Ogna in condizioni di deflusso normale

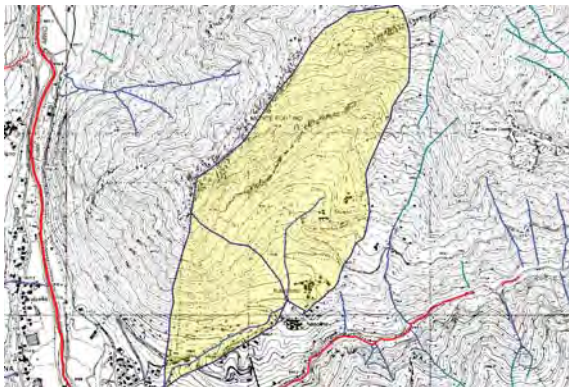
Il fiume Serio al ponte di Villa d'Ogna in condizioni di piena

Nello *"Studio e perimetrazione delle aree a rischio idraulico del fiume Serio in vari comuni a monte di Nembro"* (DIZETA INGEGNERIA, 1999), è evidenziata la possibilità che lungo la sponda destra del Serio, tra il ponte della strada provinciale e la traversa di Sant'Alberto, si verifichi esondazione e conseguente allagamento di un'area oggi occupata da alcuni edifici, da capannoni industriali e dal campo sportivo; tale segnalazione coincide abbastanza col limite di esondazione indicato nel lavoro del CNR-IRPI di Torino (Regione Lombardia - Progetto Strategico n° 5.3.1) e sulla nostra carta geomorfologica

CORSI D'ACQUA MINORI

Nello *"Studio di definizione del reticolo idrico minore"* (GEOTER & CASTELLETTI, 2004) sono esposte alcune verifiche di dettaglio lungo la valle Ronchet (affluente destro dell'Ogna che lambisce l'abitato di San Lorenzo) e per un altro impluvio minore, a monte della località Gazza. Qui sono riportati i dati di questi bacini e i calcoli della loro portata di piena secolare.

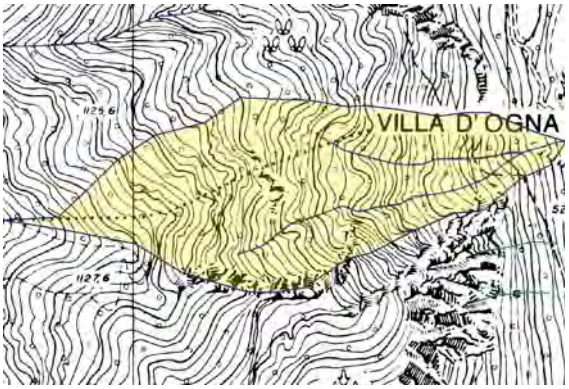
BACINO E RETICOLO IDROGRAFICO VALLE RONCHET



Comune :

DATI CARATTERISTICI	
Villa D'Ogna	
Area [Kmq] :	1.420
Quota max [m.s.l.m.] :	1415.00
Quota min [m.s.l.m.] :	560.00
Lunghezza Asta P. [mt] :	1555.70
a	50.50
n	0.39
Tempo di Cor. [h] :	0.44
CN [-] :	-
Φ [-] :	0.31
Qp [mc/s] :	**8.9**

BACINO E RETICOLO IDROGRAFICO VALLE DI GAZZA



Comune :

DATI CARATTERISTICI	
Villa d'Ogna	
Area [Kmq] :	1.504
Quota max [m.s.l.m.] :	1250.50
Quota min [m.s.l.m.] :	530.00
Lunghezza Asta P. [mt] :	2418.82
a	54.00
n	0.38
Tempo di Cor. [h] :	0.39
CN [-] :	-
Φ [-] :	0.28
Qp [mc/s] :	**1.9**

4.5.3 – 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 il dalla temperatura e dell' umidità dell'aria, dalla radiazione solare e dalla 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 zone limitrofe, in funzione di particolari conformazioni topografiche o geomorfologiche, di fattori idrologici e vegetazionali o della presenza di manufatti che abbiano indotto una modificazione locale dell'evapotraspirazione e di condensazione al suolo.

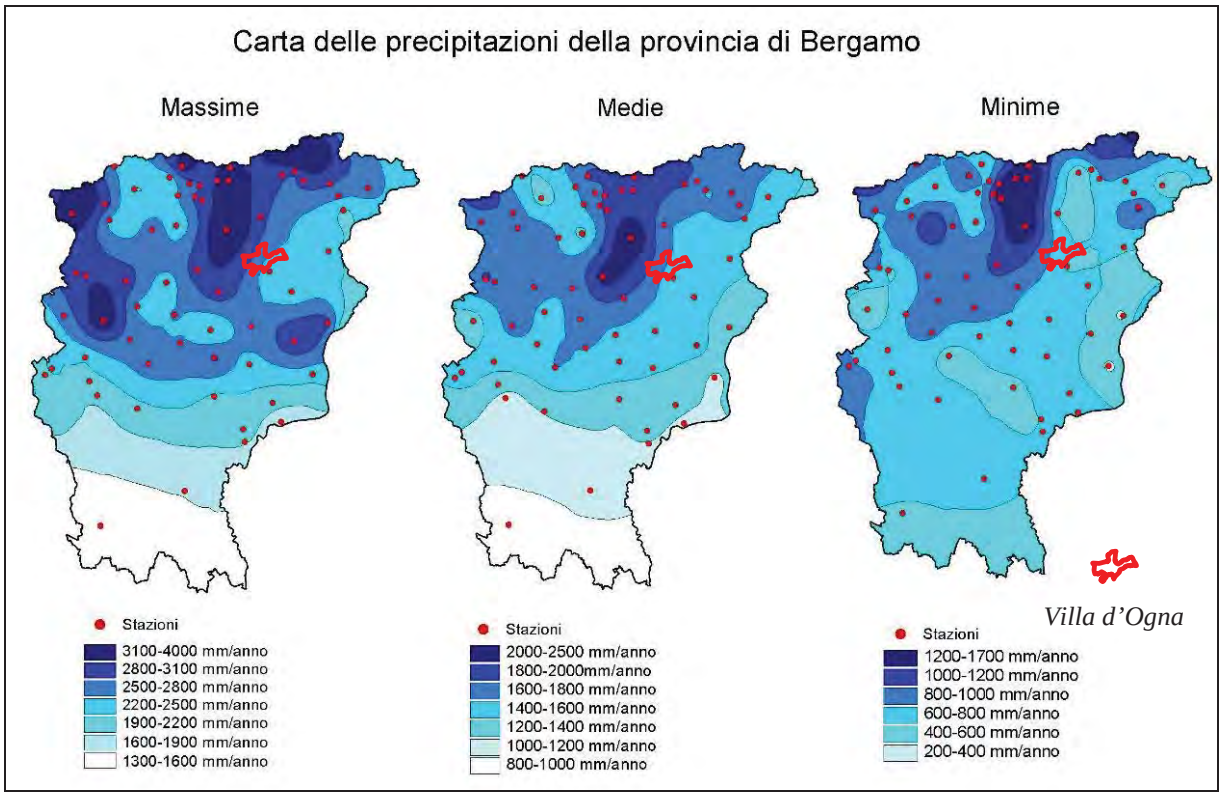
Il primo livello d'indagine per caratterizzare il clima di un'area, consiste nell'attribuire alla zona di appartenenza un tipo di clima fra quelli in cui è suddiviso il territorio nazionale. In prima istanza vengono perciò utilizzate le medie annue e mensili della temperatura atmosferica, delle precipitazioni e dell'umidità relativa. Le principali fonti di dati sono le statistiche ufficiali del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici (MAGISTRATO DEL 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 Superiore*, 1992).. Dati più recenti (2003) sono riportati nel *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*" (P.T.C.P.) della Provincia di Bergamo e nel volume "*Centri abitati instabili della Provincia di Bergamo*" (REGIONE LOMBARDIA, 2006). Ulteriori dati pluviometrici utilizzati provengono dalla stazione meteo della diga di "Ogna Superiore" (Oltressenda) per il periodo 1970 al 1987, e dalla stazione di Clusone per il periodo 1887-2005.

PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE

Tra le precipitazioni atmosferiche si 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 trasformati in pioggia direttamente da opportuni strumenti riscaldati. La pioggia è la precipitazione più frequente ed è considerata secondo due diversi aspetti: come quantità (medie mensili e annuali) e come intensità (distribuzione delle piogge di breve durata e forte intensità).

Dalla "*Carta delle precipitazioni massime, medie e minime annue del territorio Alpino"* della Regione Lombardia si evince che nella provincia di Bergamo il territorio di Villa d'Ogna è un'area con piovosità di poco superiore alla media. La particolare conformazione del territorio, che comprende entrambi i versanti seriani e si estende ad Est nella valle dell'Ogna, è messa in risalto dall'andamento della piovosità media, distinta a seconda del versante; la piovosità media annua infatti è compresa tra mm/anno 1600 e mm/anno 1800 sul fianco

occidentale della valle e tra mm/anno 1400 e mm/anno 1600 su quello orientale; i giorni piovosi sono mediamente un centinaio; La piovosità annua può raggiungere mm/anno 2500 (centro storico) e mm/anno 3000 (monte Vaccaro), mentre i suoi valori minimi sono compresi tra mm/anno 600 e mm/anno 800.

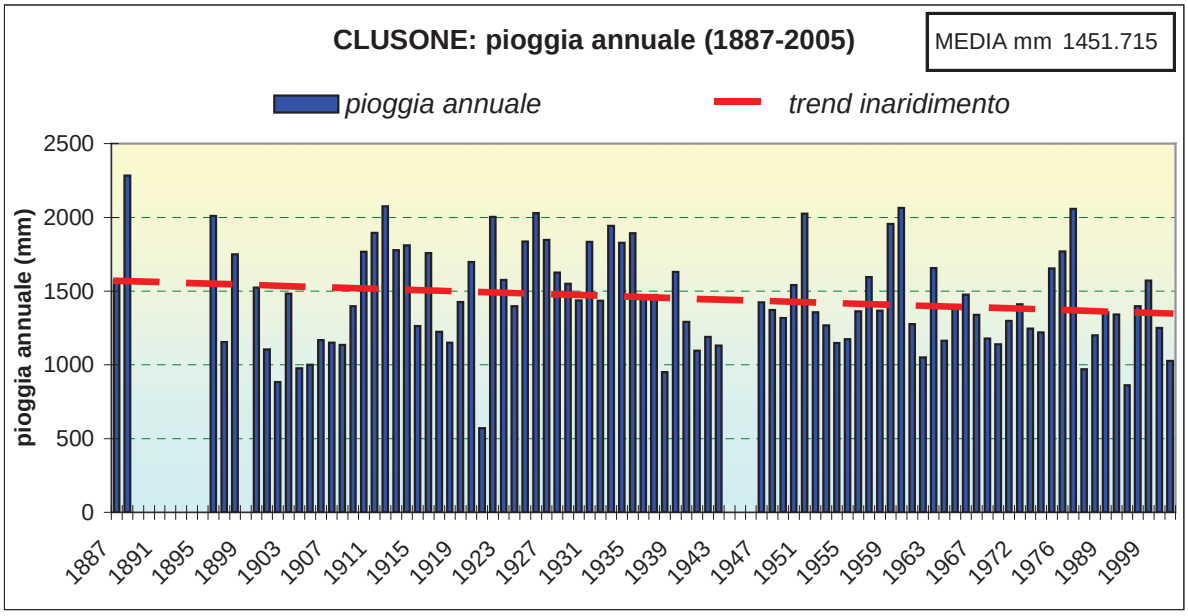


STAZIONE	QUOTA	ANNI DI REGISTRAZIONE		MEDIA	MINIMO	MASSIMO
GROMO	709	1891 - 1980	89	1622	561	2872
CLUSONE	648	1887 - 1981	94	1468	572	2283
GORNO	640	1921 - 1985	64	1778	845	3025
MEDIA DEI VALORI ADATTA PER VILLA D'OGNA				***1623***	***659***	***2727***

Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino (CERIANI M. & CARELLI M., 2000) - Carta delle isoiete medie annue per il periodo 1891-1990 e tabella riassuntiva delle stazioni più significative per Villa d'Ogna

Le valutazioni sulla piovosità locale derivano dalle elaborazioni geostatistiche di diverse stazioni meteorologiche limitrofe all'area di studio (Cerete Basso, Clusone, Costa Serina, Gandino, Gorno, Gromo, Orezzo, Serina, Valcanale, Zambla) e risentono in particolare della vicinanza del pluviografo di Clusone, Gromo e Gorno per i quali sono disponibili numerosi anni di misurazioni.

La scansione temporale dei valori annuali registrati alla stazione di Clusone, disponibili anche fino al 2005, mostrano un ulteriore lieve abbassamento dei valori medi annui (da mm 1468 a mm 1452) e soprattutto evidenziano in modo efficace il trend evolutivo di inaridimento che caratterizza l'ultimo secolo.



La media delle precipitazioni atmosferiche relative alle tre stazioni più significative per Villa d'Ogna fornisce un valore minimo di circa mm 659, una media di mm 1.623 ed un massimo di mm 2.727; sono valori piuttosto simili a quelli della stazione di Gromo, l'unica ubicata effettivamente lungo la val Seriana e non nelle valli limitrofe.

L'andamento pluviometrico storico mensile delle tre stazioni (1920-1972) mostra un pronunciato minimo di piovosità in inverno e due massimi, uno primaverile (maggio-giugno) e uno autunnale (ottobre-novembre); tra questi due picchi la piovosità si mantiene comunque elevata. Complessivamente nell'arco dell'anno vi sono circa cento giorni piovosi.

Anche in questo caso la media dei valori mensili delle tre stazioni, può rappresentare l'andamento mensile della pioggia a Villa d'Ogna. I picchi massimi mensili superano mm 500 di pioggia a ottobre e novembre; questi ultimi mesi sono anche quelli con il maggior quantitativo di pioggia giornaliera in rapporto ai giorni piovosi del mese. I mesi invernali possono essere completamente aridi.

Le registrazioni della stazione della diga di "Ogna superiore" mostrano valori mensili decisamente inferiori ai precedenti, che non sembrano giustificati, pur considerando il diverso periodo di calcolo (1970-1987); inoltre essi forniscono anche una media annua decisamente inferiore (mm/anno 1.055).

GROMO (1913-1973)

		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
pioggia	massimo	232	335	268	339	509	419	325	397	496	654	730	336	2875
	media	60	64	98	137	190	185	152	155	171	186	209	83	1690
	minimo	0	0	0	0	10	11	10	26	18	10	9	0	731
giorni piovosi	massimo	13	13	16	15	27	20	17	18	14	20	16	14	128
	media	4	5	6	8	12	12	10	10	8	8	8	5	96
	minimo	0	0	0	0	2	3	3	3	1	1	1	0	57
media mm/giorno		15	12.8	16.3	17.1	15.8	15.4	15.2	15.5	21.4	23	26.1	17	17.6

CLUSONE (1887-1973)

		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
pioggia	massimo	220	282	331	328	350	374	282	316	373	537	471	281	2282
	media	56	59	102	137	167	144	144	139	124	152	144	82	1450
	minimo	0	0	0	9	10	23	48	28	6	2	3	0	572
giorni piovosi	massimo	21	18	21	18	20	22	17	18	16	21	21	18	153
	media	6	6	8	11	13	11	10	9	8	9	9	6	106
	minimo	0	0	0	1	2	1	3	2	1	1	1	0	41
media mm/giorno		9.33	9.83	12.8	12.5	12.8	13.1	14.4	15.4	15.5	17	16	14	13.68

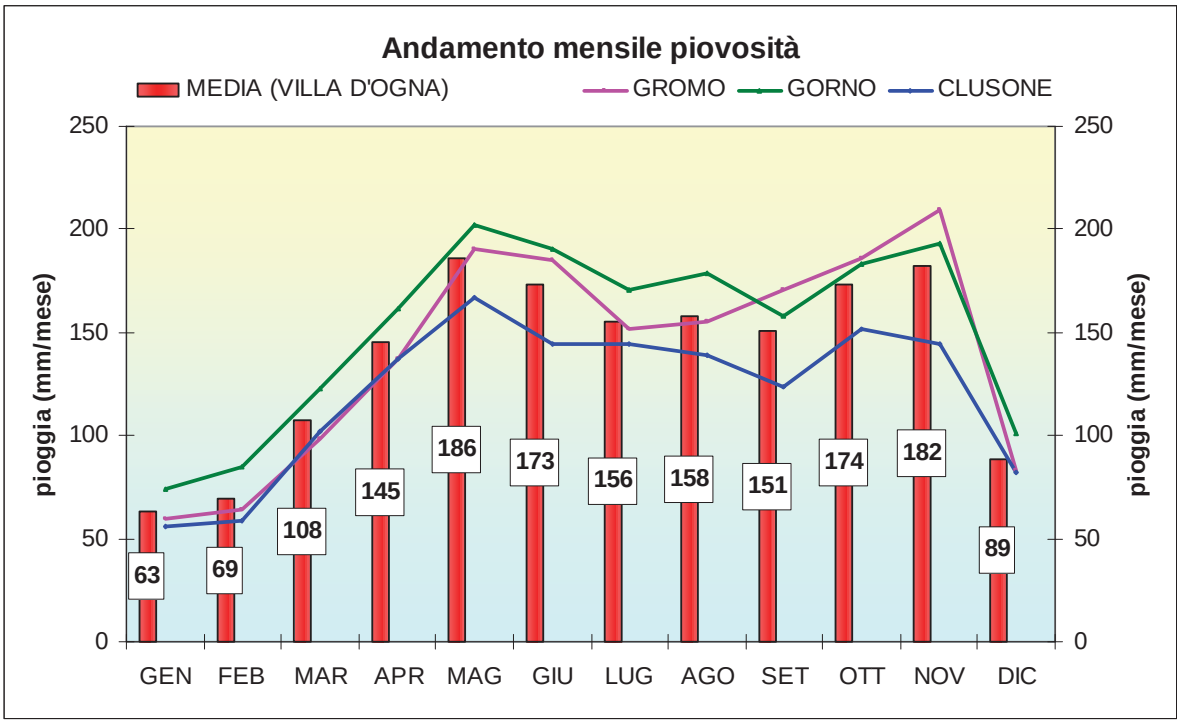
GORNO (1917-1973)

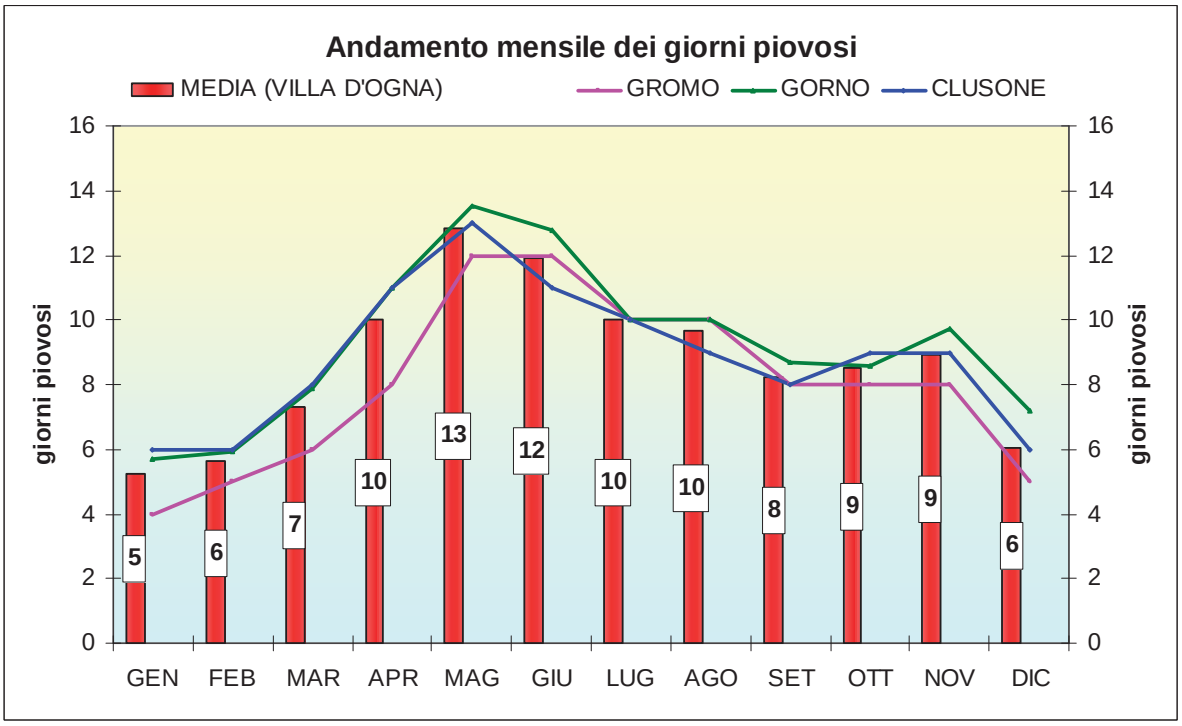
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
pioggia	massimo	284	344	496	439	388	500	372	381	439	530	549	337	2282
	media	74	85	123	162	202	190	171	179	158	183	193	101	1821
	minimo	0	0	0	2	43	51	51	30	15	0	13	0	572
giorni piovosi	massimo	15	12	17	18	21	22	16	18	19	20	19	16	153
	media	5.7	5.9	7.9	11	13.5	12.8	10	10	8.7	8.6	9.7	7.2	111
	minimo	0	0	0	1	5	5	5	3	3	0	2	0	41
media mm/giorno		13	14.4	15.6	14.7	15	14.8	17.1	17.9	18.2	21	19.9	14	16.41

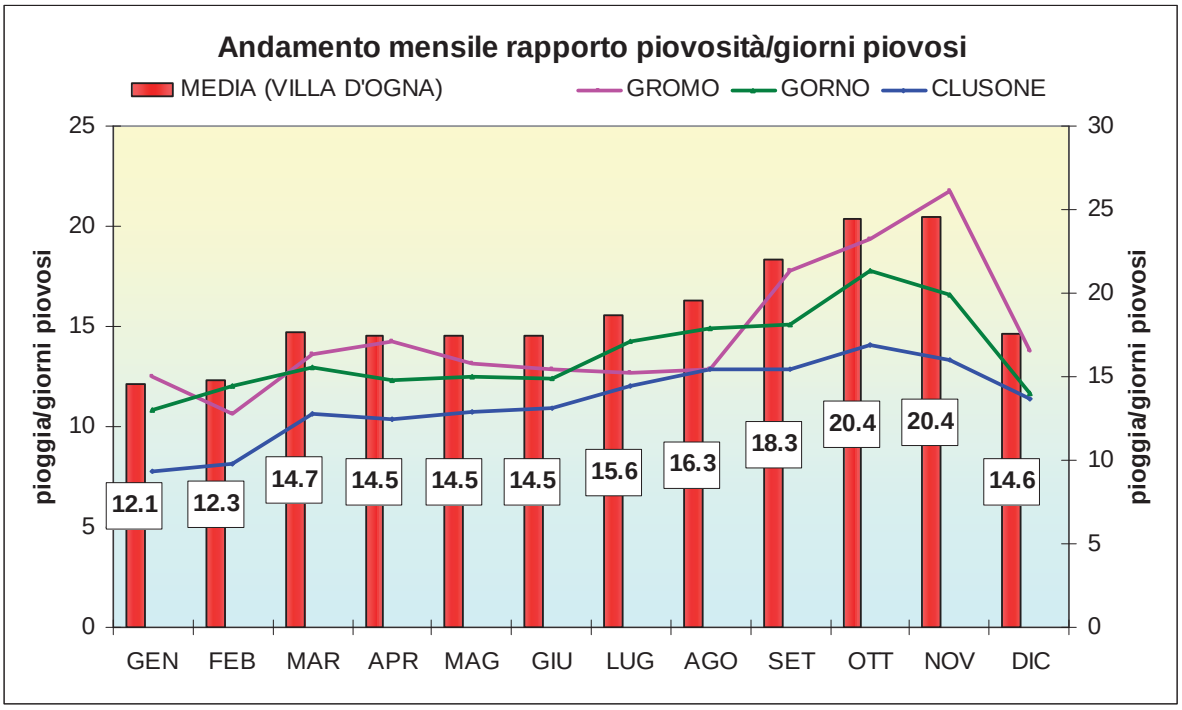
MEDIA (VILLA D'OGNA)

		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
pioggia	massimo	245	320	365	369	416	431	326	365	436	574	583	318	2480
	media	63	69	108	145	186	173	156	158	151	174	182	89	1654
	minimo	0	0	0	4	21	28	36	28	13	4	8	0	625
giorni piovosi	massimo	16	14	18	17	23	21	17	18	16	20	19	16	145
	media	5	6	7	10	13	12	10	10	8	9	9	6	104
	minimo	0	0	0	1	3	3	4	3	2	1	1	0	46
media mm/giorno		12.1	12.3	14.7	14.5	14.5	14.5	15.6	16.3	18.3	20	20.4	15	15.85

Piogge mensili delle stazioni pluviometriche più vicine a Villa d'Ogna e valori rappresentativi di Villa d'Ogna (estratti da "Relazione sugli aspetti climatici" – Regione Lombardia – Comunità Montana Valle Seriana Superiore, 1992).


Andamento mensile piovosità
MEDIA (VILLA D'OGNA)
GROMO
GORNO
CLUSONE
pioggia (mm/mese)
0
50
100
150
200
250
63
69
108
145
186
173
156
158
151
174
182
89
GEN
FEB
MAR
APR
MAG
GIU
LUG
AGO
SET
OTT
NOV
DIC


Andamento mensile dei giorni piovosi
MEDIA (VILLA D'OGNA)
GROMO
GORNO
CLUSONE
giorni piovosi
0
2
4
6
8
10
12
14
16
5
6
7
10
13
12
10
10
8
9
9
6
GEN
FEB
MAR
APR
MAG
GIU
LUG
AGO
SET
OTT
NOV
DIC



Per le precipitazioni solide (neve e grandine) per il territorio di Villa d'Ogna non sono disponibili dati specifici. 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/anno 100, con permanenza al suolo anche di oltre due mesi per le aree esposte meno all'irraggiamento solare (versante meridionale della valle dell'Ogna) o per quelle alle quote più elevate (monte Fortino e soprattutto monte Vaccaro). Grandinate, anche violente, si verificano sporadicamente nei mesi estivi a seguito di turbolenze atmosferiche, talvolta accompagnate anche da vere e proprie trombe d'aria, come quella verificatasi nell'agosto del 2008 a causa della quale sono stati divelti numerosi alberi a monte della strada della Cunella al confine con il comune di Ardesio.

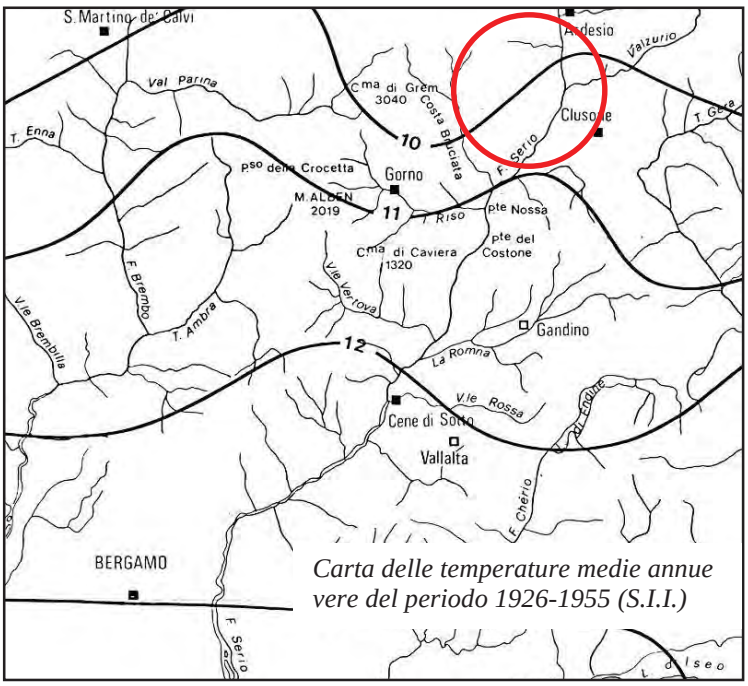
Oltre alle piogge giornaliere o plurigiornaliere, hanno particolare significato per la valutazione delle portate di piena dei corsi d'acqua le precipitazioni di breve durata e forte intensità. I dati più significativi sono attualmente raccolti negli studi allegati al P.T.C.P. di Bergamo, che presenta sia valori puntuali, sia mappe per diversi tempi di ritorno di alcuni coefficienti moltiplicativi (parametri "a" e "n"), permettendo di valutare qualsiasi area per interpolazione.

In particolare sul territorio di Villa d'Ogna, per piogge con tempi di ritorno secolari sono previsti valori di "a" compresi tra 51 e 57 e valori di "n" compresi tra 0.36 e 0.38.

TEMPERATURA ATMOSFERICA

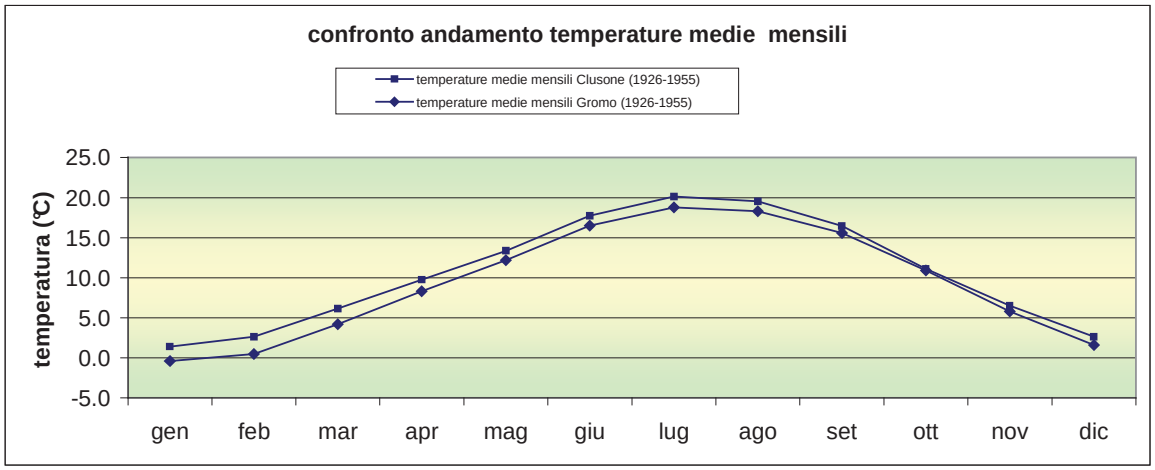
I dati utilizzati per lo studio della temperatura atmosferica provengono da serie storiche, pubblicate come elaborati cartografici o come tabulati dal Servizio Idrografico Italiano, e da registrazioni della stazione meteorologica di Clusone.

Non si hanno dati specifici per il Comune di Villa d'Ogna. Le stazioni termometriche più vicine sono quelle di Clusone e di Gromo; mediante le loro registrazioni e quelle provenienti da altre stazioni in provincia di Bergamo è stata elaborata dal Servizio Idrografico Italiano la carta delle isoterme del periodo 1926÷1955. La temperatura media annua varia tra 10°C e 11°C, con un regime termico che ha un massimo in luglio e un minimo in gennaio e che permette di classificare il clima della maggior parte dell'area come "SUBCONTINENTALE".



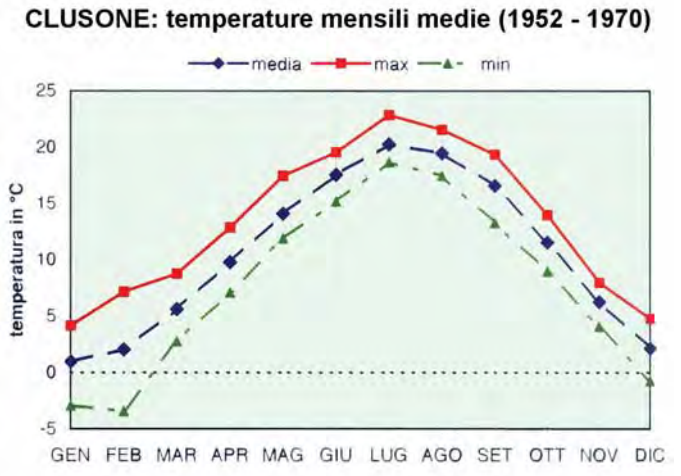
	STAZIONE DI CLUSONE (1926-1955)				
	massime	minime	medie massime	medie minime	medie mensili
gen	14.0	*-18.0*	4.2	*-1.4*	*1.4*
feb	19.5	-15.5	5.9	-0.6	2.7
mar	21.0	-8.0	9.7	2.6	6.2
apr	26.0	-3.3	13.5	6.0	9.8
mag	29.0	-0.5	17.1	9.6	13.4
giu	**33.0**	3.5	21.9	13.6	17.8
lug	**33.0**	6.0	**24.4**	15.9	**20.2**
ago	31.0	7.5	23.6	15.5	19.6
set	28.0	2.5	20.0	12.9	16.5
ott	24.5	-2.0	14.2	8.0	11.1
nov	21.0	-5.0	9.3	3.7	6.5
dic	16.0	*-18.0*	5.6	-0.3	2.7
media annua			14.1	7.1	10.6

	STAZIONE DI GROMO (1926-1955)				
	massime	minime	medie massime	medie minime	medie mensili
gen			2.4	*-3.5*	*-0.4*
feb			4.2	-3.6	0.5
mar			8.8	-0.2	4.2
apr			13.9	3.5	8.3
mag			17.4	7.4	12.2
giu			22.1	11.2	16.5
lug			**25.3**	13.2	**18.8**
ago			24.7	12.8	18.3
set			21.3	10.6	15.6
ott			15.2	6.8	10.9
nov			8.8	1.5	5.8
dic			4.1	-2.5	1.6
media annua			14.0	4.8	9.4



Temperature registrate a Clusone e a Gromo (1926-1955)

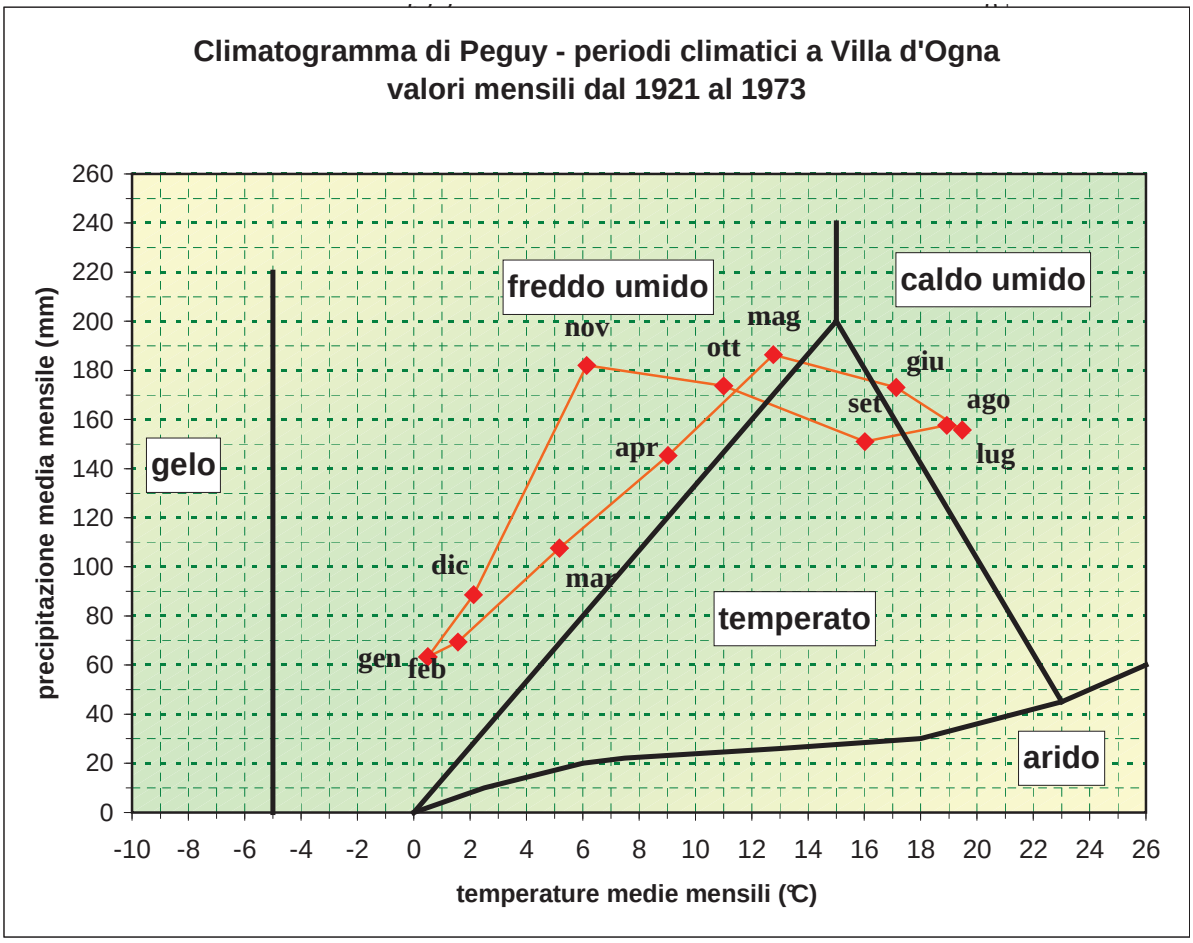
L'andamento mensile delle temperature medie mostra valori massimi estivi (luglio con 18,8÷20,2°C) e minimi invernali (gennaio con 0,4÷1,4°C); vi è quindi un'escursione media di circa 20°C. Il dato è confermato anche dall'andamento delle temperature nel periodo 1952 ÷1970 registrate nella stazione di Clusone.



Le registrazioni della temperatura media giornaliera, permettono di osservare che annualmente si hanno circa cinque giorni di ghiaccio, nei quali la temperatura non supera mai lo zero termico. Vi sono poi frequenti condizioni di gelo (temperatura minima inferiore a 0°C) con culmine nel mese di gennaio. Nell'arco di un anno vi sono mediamente una

quarantina di giorni di gelo. Ovviamente queste possono variare sensibilmente anche a breve distanza a seconda dell'esposizione al sole del sito.

L'esame comparato delle precipitazioni e delle temperature permette di valutare il clima attraverso il climatogramma di Peguy; il clima è caratterizzato da un'estate "caldo umida" e dai restanti mesi "freddo umidi", con una breve transizione alla zona temperata "temperata" nei passaggi primavera-estate ed estate-autunno.



VENTO

A Villa d'Ogna i venti prevalenti spirano da Sud, in regime di brezza, incanalati dall'asse vallivo principale della valle Seriana; essi portano in genere aria umida, favorendo il formarsi di precipitazioni locali ed il permanere di un grado di umidità piuttosto elevato. Nel tardo autunno e nella stagione invernale sono frequenti venti di caduta da Nord e qualche giornata può essere caratterizzata da tramontana. Variazioni locali interessano la valle dell'Ogna con brezze giornaliere, dipendenti dall'orografia locale.

EVAPOTRASPIRAZIONE

Dai dati ottenuti con il metodo di Thornthwaite alla stazione di Clusone e a quella di Gromo (da *"Relazione sugli aspetti climatici" – Regione Lombardia e Comunità Montana Valle Seriana Superiore*, 1992) si rileva che in ogni mese dell'anno la precipitazione eccede l'evaporazione potenziale o, in altre parole, che vi è sempre un surplus di pioggia che alimenta lo scorrimento superficiale e l'infiltrazione in particolare nei mesi autunnali e in quelli primaverili.

Evaporazione Thorntwaite

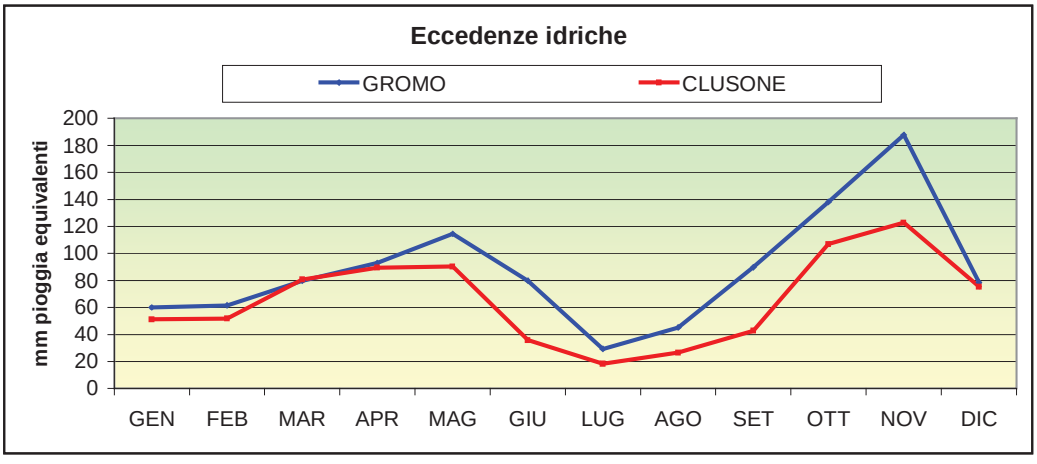
GROMO

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
T	-0.4	0.5	4.2	8.3	12.2	16.5	18.8	18.3	15.6	10.9	5.8	1.6	9.4
I	0	0.03	0.77	2.15	3.86	6.1	7.43	7.13	5.6	3.25	1.25	0.18	37.75
PE	0	2.4	18.3	44	75.5	105.3	122.7	109.8	81.1	47.9	21.3	4.4	632.7
P	60	64	98	137	190	185	152	155	171	186	209	83	1689
P-PE	60	61.6	79.7	93	114.5	79.7	29.3	45.2	89.9	138.1	187.7	78.6	1057.3
AE	0	2.4	18.3	44	75.5	105.3	122.7	109.8	81.1	47.9	21.3	4.4	632.7

CLUSONE

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
T	1.4	2.3	5.6	9.5	13.4	17.4	20.1	19.6	16.4	11.2	6.4	2.4	10.5
I	0.15	0.31	1.19	2.64	4.45	6.61	8.22	7.91	6.04	3.39	1.45	0.33	42.69
PE	4.8	7.2	21.4	47.5	76.8	108.3	125.7	112.5	81.1	45.1	21.3	6.7	658.4
P	56	59	102	137	167	144	144	139	124	152	144	82	1450
P-PE	51.2	51.8	80.6	89.5	90.2	35.7	18.3	26.5	42.9	106.9	122.7	75.3	791.6
AE	4.8	7.2	21.4	47.5	76.8	108.3	125.7	112.5	81.1	45.1	21.3	6.7	658.4

T = Temperatura media (°C)
I = Indice di calore
PE = Evapotraspirazione potenziale (mm)
p = Precipitazioni (mm)
AE = Evapotraspirazione reale



4.6 - Carta litotecnica

(tavola 4)

In questa carta sono rappresentati i terreni e le rocce secondo i loro caratteri geotecnici di massima; in essa i parametri geotecnici di alcune categorie di terreni sono stati rivisti, rispetto all'elaborato allegato al precedente P.R.G., sulla scorta di ulteriori dati aggiornati ricavati da nuovi sondaggi e da pozzetti geognostici.

Per le masse rocciose si adottano come parametri di classificazione l'indice **RQD** (DEERE, 1967), definito mediante la valutazione del grado di suddivisione (fratturazione) superficiale degli ammassi rocciosi, e l'indice **GSI** (HOEK, 1994), che correla le caratteristiche delle superfici di discontinuità (rugosità, alterazione e riempimento della frattura) a quelle strutturali (faglie, fratture e pieghe). Le terre invece sono classificate sulla base del loro angolo di attrito interno (**ϕ**), della loro coesione (**c**) e della loro capacità portante (o carico ammissibile **Qa**). Sono tralasciate le coltri superficiali, quando il loro spessore sia inferiore al metro, poiché le fondazioni degli edifici raggiungono sempre profondità maggiori.

Piuttosto che un valore fisso, per ciascuna categoria è stato indicato un intervallo entro il quale i parametri geotecnici possono variare, come si coglie dalle diverse indagini eseguite sul territorio comunale. Va comunque precisato che si tratta di valori orientativi, come necessario e sufficiente per gli scopi di programmazione di questo lavoro, e che quindi non possono esimere i Soggetti tenuti a farlo, nei casi previsti dalla legge, dall'eseguire gli accertamenti e le prove geotecniche necessarie. È utile ricordare che dal 01.07.2009 devono essere applicate le disposizioni contenute nelle ***Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14.01.2008*** e sue successive modifiche e integrazioni.

In carta sono stati così distinti:

- discariche e riporti (**1**): sono costituiti da materiali inerti di composizione varia provenienti da scavi e demolizioni edili o da scavi stradali. Sono materiali di varia granulometria, frequentemente terrosi, caotici, con diversi gradi di compattazione. In carta sono stati cartografati solamente i riporti e le discariche con uno spessore ed una estensione significativi. Nel territorio in esame si trovano soprattutto sul fondovalle seriano, lungo le sponde del fiume; ve ne sono altri in corrispondenza della strada provinciale per Valbondione e sulle sponde dell'Ogna nel tratto dove il torrente attraversa l'abitato.

Angolo d'attrito = 22°÷28° *Coesione* = 0 t m^{-2} Qa = 0,3÷1,5 kg cm^{-2}

- terreni argilloso-limosi (**2**): si tratta di sedimenti fluvioglaciali in cui prevale la frazione fine, con caratteri geotecnici scadenti o molto scadenti e contraddistinti da scarso drenaggio, che può comportare locali ristagni d'acqua. Un loro eventuale utilizzo può richiedere anche interventi di bonifica, per l'allontanamento delle acque e opere di consolidamento. Le aree dove sono presenti questi terreni si individuano in sponda sinistra del Serio.

Angolo d'attrito = 15°÷20° *Coesione* = 0,6÷1,2 t m^{-2} Qa = 0,2÷0,8 kg cm^{-2}

- terreni glaciali (**3**): la classe individua i terreni costituiti da ciottoli, ghiaie e blocchi da spigolosi a sub-arrotondati in abbondante matrice sabbioso-limosa e limo-argillosa di origine glaciale. Essi sono caratterizzati da parametri geotecnici e di drenaggio medi, in funzione del contenuto in matrice limo-argillosa. Sul territorio comunale di Villa d'Ogna sono presenti solo a monte della piccola conoide della Festi Rasini e tra Nasolino e San Lorenzo.

Angolo d'attrito = 20°÷28° *Coesione* = 0÷5 t m^{-2} Qa = 0,8÷1,5 kg cm^{-2}

- terreni eluvio-colluviali su substrati rocciosi (**4**): sono terreni di varia granulometria, da argilloso-limosi a sabbioso-ghiaiosi, in funzione al substrato roccioso su cui essi si sono formati. I clasti sono di natura prevalentemente carbonatica. Il drenaggio è da buono a medio, le caratteristiche geotecniche sono buone, anche se la posizione su pendii acclivi in molti casi conduce a forme di instabilità. Questi terreni si trovano lungo le pendici del monte Vaccaro, sul versante sinistro della valle dell'Ogna e sopra di San Lorenzo.

Angolo d'attrito = 25°÷30° *Coesione* = 0÷2t m^{-2} Qa = 0,5÷1,8 kg cm^{-2}

- terreni alluvionali, di conoide e fluvioglaciali sabbiosi (**5**): si tratta in genere di pietrischetto (ghiaia grossolana) e sabbia, con frequenti ciottoli, nei quali può esservi anche una buona parte di limo. Il drenaggio e i caratteri geotecnici sono buoni o medi, in funzione del contenuto dei materiali fini. Sono ampiamente diffusi sul fondovalle del Serio e costituiscono le conoidi, le fasce di detriti ai piedi dei versanti rocciosi e gli ampi pianori sul fianco sinistro e sul destro della valle Seriana su cui sorgono le aree residenziali e industriali di Villa d'Ogna.

Angolo d'attrito = 28°÷35° *Coesione* = 0÷2 t m^{-2} Qa = 1,0÷2,5 kg cm^{-2}

- detriti di versante ed accumuli di frana (**6**): sono costituiti da sabbie grossolane, ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa, solo localmente limosa. Hanno caratteri geotecnici e di drenaggio buoni o molto buoni. In genere si trovano al piede di ripidi pareti rocciose, in aree soggette alla caduta di massi, frane e valanghe. Nel territorio in esame sono molto diffusi: essi si riconoscono sul versante destro della valle dell'Ogna, allo sbocco nella valle Seriana, sulle pendici del monte Fortino e nell'area a monte del cimitero di Ogna. Altri depositi sono presenti lungo il versante della Cima Vaccaro, sulla destra del Serio.

Angolo d'attrito = 30°÷38° *Coesione* = 0 t m^{-2} Qa = 1,0÷2,5 kg cm^{-2}

- detriti di falda e depositi fluvioglaciali cementati (**7**): sono brecce calcareo-dolomitiche con cemento aragonitico e conglomerati poligenici con intercalati sottili livelli di sabbie e limi (soprattutto nei depositi fluvioglaciali). Questi materiali cementati hanno comportamenti simili alle rocce deboli ("*weak rocks*"), con drenaggio da buono a scarso a seconda del loro grado di fratturazione e del contenuto di materiali fini; inoltre sono soggetti ad erosione e stacco di blocchi. In corrispondenza di livelli poco o nulla cementati si possono aprire cavità sotterranee. In questa classe sono i depositi fluvioglaciali cementati che formano le scarpate a

monte dei pianori su cui sorge il centro abitato di Villa d'Ogna, i detriti di versante tra San Lorenzo e Nasolino e lungo la valle dell'Ogna

Angolo d'attrito = 32°÷40° RQD = 20÷50 % Qa = 1,0÷2,5 kg cm^{-2}

- dolomie e calcari massicci (**8**): gli ammassi rocciosi di questa categoria presentano stratificazione massiccia o in grossi banchi e fratturazione a spaziatura metrica; hanno buoni caratteri geomeccanici. Comprendono le rocce della Dolomia Principale, della Formazione di Breno, del Calcare di Angolo e del Calcare di Esino, che affiorano lungo la valle dell'Ogna, sul monte Fortino e sul versante della Cima Vaccaro.

GSI= 70-90 RQD = 70÷100 %

- calcari, dolomie e calcari marnosi: (**9**): sono rocce ben stratificate, con spaziatura da media a sottile e interstrati argillitici, con caratteri geomeccanici medi. Appartengono a questa categoria le rocce della Formazioni di Gorno, del Calcare di Buchenstein e le dolomie e le brecce dolomitiche carsificate e/o fratturate della parte basale della Dolomia Principale e del Calcare di Esino. Nel territorio di Villa d'Ogna affiorano sul versante orientale della Cima Vaccaro, sul monte Fortino, lungo il crinale che segna il confine di Clusone e anche su entrambe le sponde dell'Ogna, alle spalle del centro storico di Ogna.

GSI= 35-50 RQD = 40÷80 %

- argilliti, calcari e dolomie cariati (**10**): si tratta di calcari e dolomie cariate, con marne ed argilliti sottilmente stratificate. Questa categoria distingue la Formazione di San Giovanni Bianco e le rocce molto fratturate. Si tratta di rocce appartenenti a diverse unità (Dolomia Principale, formazioni di San Giovanni Bianco, di Gorno, di Breno e Calcare di Angolo). Affiorano in aree prossime alla "faglia di Clusone" (crinale che sale al Colle di Blum) o ad altre superfici di sovrascorrimento (versante occidentale del monte Fortino).

Angolo d'attrito > 30° GSI= 30-40 RQD = 0÷50 % Qa = 1,8–3,7 kg cm^{-2}

SIMBOLI CONVENZIONALI

In carta sono rappresentate mediante appositi simboli le principali disgiunzioni tettoniche (faglie e fratture), le giaciture principale degli strati, l'ubicazione dei sondaggi e gli altri punti in cui sono state rilevate stratigrafie del terreno (cfr. paragrafo 4.3). È riportata anche la galleria ENEL che parte dallo sbarramento di "Ogna Superiore". Sono inoltre indicati i punti nei quali diversi soggetti hanno effettuato indagini dirette per valutare i caratteri geotecnici dei terreni, in relazione a progetti edilizi; in particolare sono riportate le prove penetrometriche e le indagini geofisiche (elettriche o VLF). Sono inoltre segnati i punti in cui sono state eseguite nel corso di questo lavoro misurazioni geofisiche in sito per la caratterizzazione sismica dei terreni (cfr. capitolo sulla sismicità).

4.7 - Raffronto con gli strumenti di pianificazione sovraordinata

La componente geologica del Piano di Governo del Territorio deve recepire, a livello di conoscenza di base, le determinazioni di vari Piani sovracomunali, regionali e provinciali. Nel caso di Villa d'Ogna tali strumenti sono oggi costituiti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po (P.A.I.), approvato con D.P.C.M. 24 maggio 2001 e interessato da successive modifiche e integrazioni e dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) di Bergamo.

PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL FIUME PO (P.A.I.)

Per Villa d'Ogna la situazione è descritta nel "Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I." ("*Studio geologico di supporto al Piano Regolatore Generale – Adeguamento art. 18 N.d.A. P.A.I. "* - GEOTER, 2003). Lo studio è composto da una relazione di analisi descrittiva e da una cartografia geomorfologica, compilata secondo le prescrizioni dell'Autorità di Bacino. Le numerose forme osservate sono distinte secondo le categorie specifiche richieste, riprendendo in parte i dati della carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto redatta per lo *"Studio Geologico di Supporto al Piano Regolatore Generale"* (GEOTER, 2001) e le frane classificate nel catalogo *"Censimenti dei dissesti – Carte inventario dei fenomeni franosi in scala 1:10.000 ed archivio delle segnalazioni storiche"*, ora "Geo-IFFI" (REGIONE LOMBARDIA). Le definizioni e le perimetrazioni P.A.I. sono riprese e rappresentate nella carta dei vincoli (tavola n. 5), sulla quale si distinguono i seguenti tematismi: dissesti franosi, dissesti legati a esondazione torrentizia, dissesti delle conoidi e forme valanghive. Tra la carta P.A.I. e l'analisi geomorfologica del presente studio vi è completa corrispondenza.

Alcune aree situate sui versanti della Cima Vaccaro e del monte Fortino nella carta P.A.I. sono classificate come aree di ***frana attiva (Fa)***, poiché sono scoscese pareti calcaree interessate da stacchi di blocchi. È bene sottolineare come queste perimetrazioni individuino solamente le "aree sorgenti", cioè quelle dalle quali i massi si staccano, non anche le traiettorie che essi percorrono, né le aree che possono raggiungere. I fenomeni sono quasi sempre rappresentati da stacchi episodici ma diffusi di singoli massi o minori frazioni rocciose, assai comuni su ogni rilievo roccioso, non da crolli in massa di vasti settori montuosi. In alcuni casi osservati i blocchi hanno percorso considerevoli distanze, raggiungendo la strada provinciale n.49 (loc. Gazza) o la strada provinciale n. 50bis per Oltressenda Alta. Altri punti soggetti a questo tipo di fenomeno si trovano sul fianco sinistro della valle Ogna e alcuni in settori del pendio che sovrasta Ogna (monte Crapet).

Tra le ***frane quiescenti*** (**Fq**) rientrano diverse tipologie di dissesto, come la grossa frana antica che interessa il versante a monte della strada di Senda e la caduta di massi che si può attivare sopra la strada intercomunale della Cunella (versante occidentale del monte Fortino). In questa categoria rientrano anche alcuni punti del ciglio del terrazzo fluvioglaciale quaternario che si affacciano sulla fascia di esondazione del Serio e del torrente Ogna: anch'esse sono soggette a crolli di parti aggettanti e a smottamenti del terreno soprastante.

Sono indicate due aree di ***frana stabilizzata*** (**Fs**), ubicate rispettivamente sulla strada della Cunella e lungo la strada di Senda. In entrambi i casi si tratta di scarpate protette o consolidate con reti metalliche addossate.

Le forme di dissesto legate all'esondazione dei torrenti e classificate nel P.A.I. come aree con ***pericolosità di esondazione molto elevata*** (**Ee**) sono poco rappresentate nel territorio di Villa d'Ogna. La loro delimitazione include l'area di scarpata spondale, anche se non sempre può essere raggiunta dal deflusso di piena, poiché essa è interessata da frane e cedimenti dovuti all'erosione al piede. Queste forme sono sviluppate lungo i corsi d'acqua maggiori (Serio e Ogna), ma riguardano anche alcune aste minori sul fianco sinistro dell'Ogna (valle dei Micheli), dove sono possibili fenomeni di trasporto in massa (*debris flow*).

Le aree a ***pericolosità di esondazione elevata*** (**Eb**) del P.A.I. invece si trovano su entrambe le sponde del Serio, al di fuori dall'alvei; queste fasce coincidono con il limite di esondazione tracciato sulla carta geomorfologica in base allo studio del CNR-IRPI più volte citato; la delimitazione tiene conto di riscontri storici conservati negli archivi di diversi Enti (CNR-IRPI di Torino, Provincia di Bergamo, Comune e Biblioteca Civica di Clusone) e delle evidenze geomorfologiche colte da fotointerpretazione e verificate sul terreno.

Le azioni geomorfologiche legate alle conoidi caratterizzano il centro storico di Ogna e Villa d'Ogna e un'ampia area agricola sovrastante della S.P. 49 a monte della Festi Rasini. Quest'ultima è classificata come ***conoide parzialmente protetta (Cp)*****:** non presenta infatti segni di riattivazione recente (deflussi in alveo solo in occasione di forti piogge), ma al suo apice vi sono le condizioni favorevoli all'esondazione e alla tracimazione di colate di detriti (già avvenute).

La conoide di Ogna è classificata come area di ***conoide protetta (Cn),*** poiché attualmente la sua superficie, a motivo della profonda incassatura dell'alveo, non è raggiungibile né da colate di detriti, né da esondazione e/o divagazioni del torrente. Sul territorio comunale non si individuano forme classificabili come conoide attiva (Ca).

I dissesti valanghivi sono suddivisi in due classi, poiché sono solo due le suddivisioni disponibili nella legenda P.A.I. Sul territorio comunale ricade un'unica zona che rientra fra le aree a ***pericolosità media per valanga*** (**Vm**), a monte della località Gazza. Tale fenomeno è riportato anche nella Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (C.L.P.V.) di Regione Lombardia. Non sono state individuate zone classificabili come aree a pericolosità molto elevata per valanga (Va).

OSSERVAZIONI AL P.A.I.

In generale le categorie e le ubicazioni delle forme di dissesto indicate nella cartografia P.A.I. sono in buon accordo con la situazione rilevata sul terreno e con le conseguenti indicazioni della carta geomorfologica. Sono invece le relative proposte normative che talora non sono

pienamente coerenti con le reali possibilità d'uso delle superfici. Ciò è dovuto all'automatismo imposto dal passaggio tra "pericolosità" e classi di fattibilità, che già aveva fatto sorgere qualche problema con le precedenti direttive d'applicazione della l.r. 41/97. A Villa d'Ogna comunque non si può dire che dall'applicazione dei nuovi *Criteri* discendano significative "penalizzazioni" del territorio.

Nel territorio in esame le delimitazioni delle aree di conoide effettuate in precedenza del "*Quadro del dissesto P.A.I.*"sono confermate, poiché non sono intervenuti né eventi naturali né modificazioni antropiche (come lavori di mitigazione del rischio) a mutare la situazione.

OSSERVAZIONI AL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.) DELLA PROVINCIA DI BERGAMO

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Bergamo, approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.40 del 22.04.2004, riveste un ruolo determinante a riguardo del confronto con i dati geologici dettagliati di cui dispone il Comune di Villa d'Ogna per il suo Piano di Governo del Territorio.

Per la parte conoscitiva di base, occorre qui considerare le tavole del P.T.C.P. *E1 - Suolo e Acque - Elementi di pericolosità e criticità: compatibilità degli interventi con la trasformazione del territorio* (scala 1:25.000, tavola *E1 1g*). Tale cartografia rappresenta un compromesso tra una carta di pericolosità geomorfologica, idrogeologica, geotecnica e una carta di vulnerabilità, con indicazioni riguardo alla fattibilità di alcune di queste aree. Purtroppo questi documenti del P.T.C.P., pur redatti successivamente alla compilazione degli studi geologici a supporto del P.R.G. di Villa d'Ogna (ex L.R. 41/97) e le successive modifiche apportate in sede di aggiornamento P.A.I. (GeoTer, 2003) a tutt'oggi non recepiscono (come invece avrebbero dovuto) le indicazioni di quegli studi e per tale motivo contengono significative lacune ed errori rispetto alla situazione reale. Occorre comunque ricordare che sia nell'art. 106 delle N.d.A. del P.T.C.P. sia nei "*Criteri Attuativi delle L.r. 12/05 per il Governo del Territorio – Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*", viene riconosciuto il maggior dettaglio degli studi geologi comunali che devono divenire occasione per la verifica, l'aggiornamento e l'integrazione di quello provinciale e dei database regionali.

A proposito delle diverse distinzioni della tavola *E1 – 1g* del P.T.C.P. (indicate con campiture colorate) occorre effettuare le seguenti considerazioni:

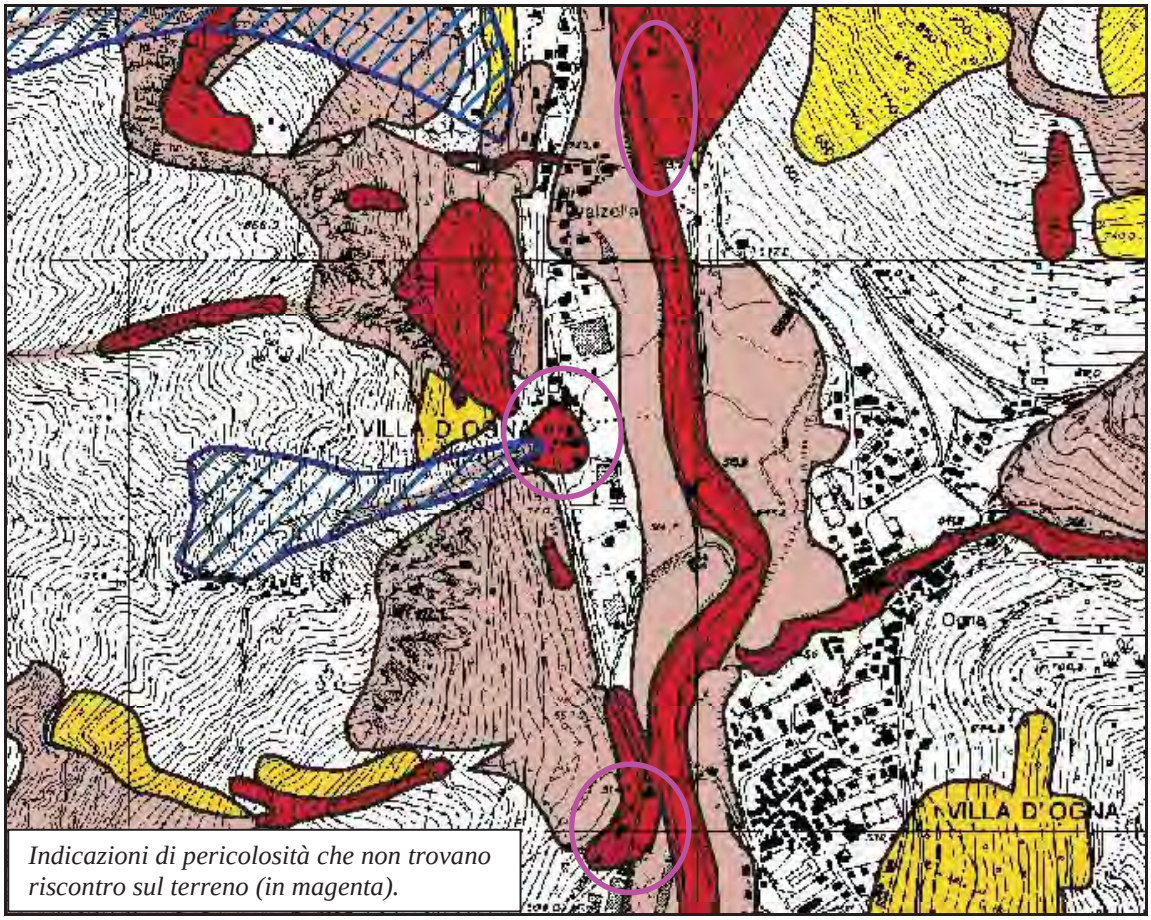
Aree valanghive che gravano su strutture e infrastrutture (centri abitati, strade, beni s.l.).

Per Villa d'Ogna il P.T.C.P. indica una sola area soggetta a valanga: essa si trova sopra la località Gazza e il fenomeno potrebbe interessare qualche fabbricato e la strada. Tale indicazione è in accordo sia con quanto riportato dalla Carta geomorfologica con legenda uniformata P.A.I. sia con il catalogo S.I.R.V.A.L. di Regione Lombardia.

Il P.T.C.P. indica numerose aree nelle quali non sono consentite trasformazioni territoriali a causa di situazioni di forte rischio idrogeologico (frane/esondazioni): in questi casi esse coincidono solo in parte con quelle delimitate nella Carta geomorfologica con legenda uniformata P.A.I. e appartengono a diverse categorie:

Aree che non consentono trasformazioni territoriali a causa di gravi situazioni dovuti alla presenza di ambiti a forte rischio idrogeologico (frane/esondazioni).

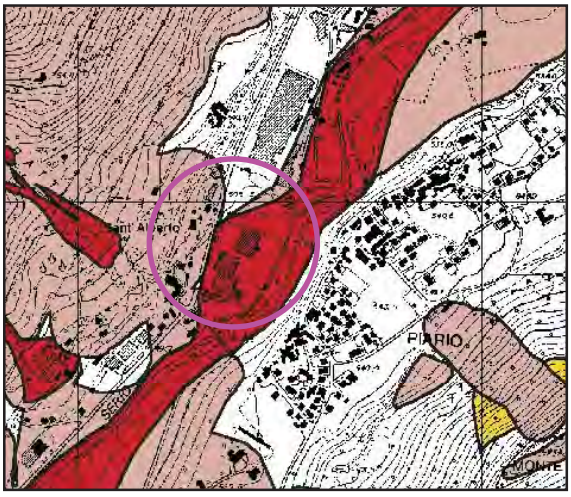
Il P.T.C.P. delimita alcune aree soggette a distacco di blocchi, in difetto rispetto a quanto contenuto nella carta del P.A.I.; ciò accade, ad esempio, per quelle che interesano i fianchi della Cima di Vaccaro e dei monti Fortino e Crapet. La categoria delle frane non comprende neppure l'antica frana di scivolamento che si trova sul versante orientale del Crapet, anzi, questa stesso delicato ambito viene inserito dal P.T.C.P. tra quelli dove gli interventi di trasformazione sono "ammissibili, previo approfondimento di studio per una migliore definizione delle condizioni al contorno".



Indicazioni di pericolosità che non trovano riscontro sul terreno (in magenta).

Al contrario, alcune aree sono incluse in questa categoria, nonostante non presentino forme di dissesto significative. È il caso, ad esempio, di quella che si trova sul fondovalle seriano, tra Gazza e le More (in parte già edificata e non soggetta a dissesto secondo la carta geomorfologica e quella P.A.I.) oppure di quella a Nord dello stabilimento Festi Rasini fino al ponte della provinciale, o di quella che comprende la piana del Serio a fianco della strada della Cunella.

La stessa categoria include anche le aree a rischio di esondazione lungo i principali corsi d'acqua: la delimitazione di tali ambiti nel P.T.C.P. nel complesso è corretta, anche se sembra eccessivamente prudenziale comprendere estensivamente in questa categoria escludente tutta l'area artigianale nei pressi di Sant'Alberto, dato che, alla stessa stregua, dovrebbero essere indicate in questa categoria anche tutte strutture industriali vicine. Questa categoria non include invece alcuni settori in cui il terreno presenta acclività assai forte, come sul versante orientale della Cima Vaccaro, su quelli occidentali dei monti Fortino e Crapet e sul fianco sinistro della valle dell'Ogna.

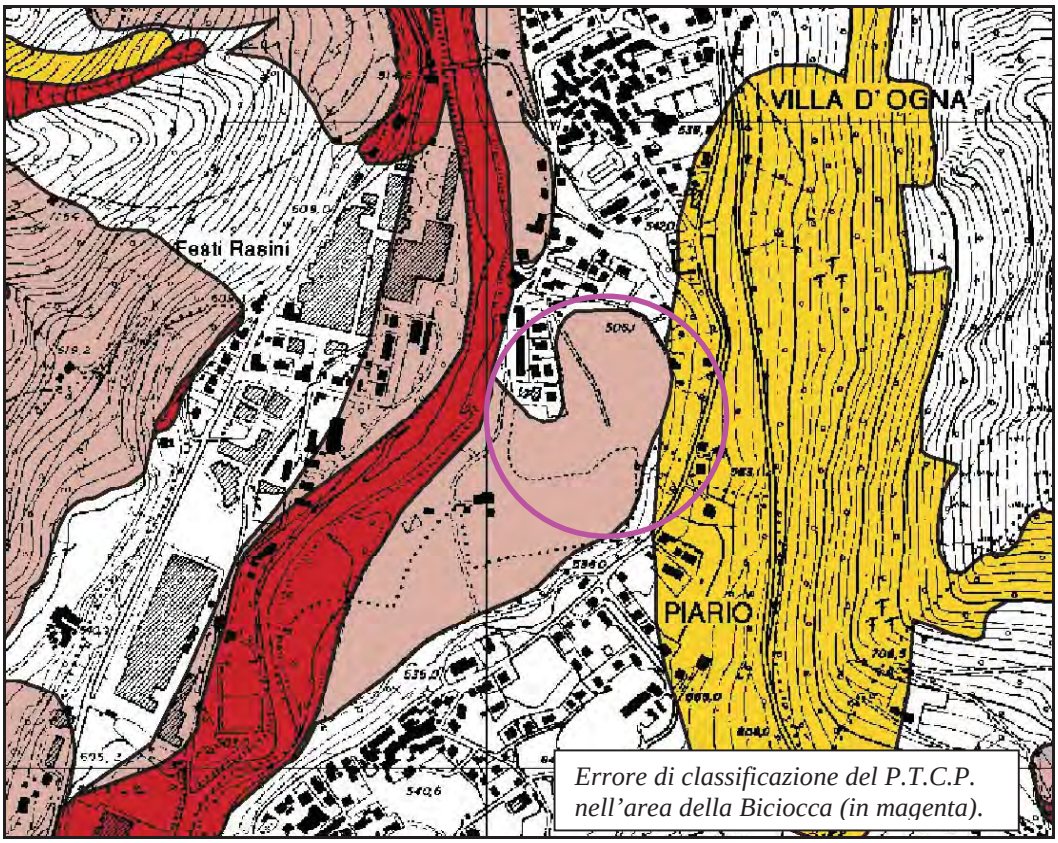


L'area industriale soggetta a esondazione del Serio a Sant'Alberto.

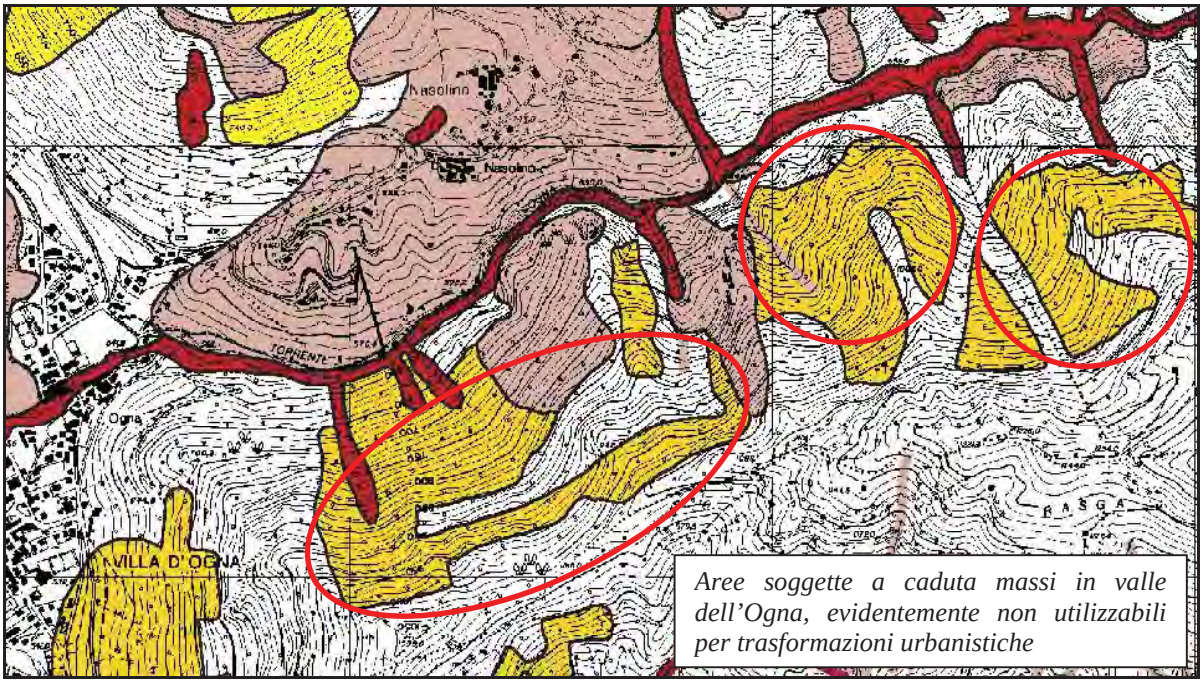
Aree prevalentemente inedificate nelle quali la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale è condizionata ad approfondimenti e studi di dettaglio di carattere idrogeologico ed idraulico che accertino la propensione dell'area all'intervento proposto. Ambiti urbani che per particolari condizioni geomorfologiche o idrogeologiche richiedono verifica delle condizioni al contorno e specifica attenzione negli interventi di modificazione edilizia e di nuova costruzione (art. 43).

Per il territorio di Villa d'Ogna si trovano nel P.T.C.P diverse situazioni cui è assegnata questa definizione. Le aree dove l'attribuzione nel complesso ha oggettivo riscontro sono quelle lungo entrambe le sponde del Serio: esse possono essere toccate dall'esondazione del fiume, anche se in alcuni punti (Biciocca) la previsione sembra eccessiva e necessita di una revisione. Incongruente con lo stato di fatto risulta invece l'indicazione posta presso la confluenza dell'Ogna, nel Serio, visto che essa segnala la possibilità che l'acqua del fiume raggiunga addirittura il terrazzo fluvioglaciale! Sono indicate correttamente in questa categoria alcune zone alle pendici del Vaccaro e quelle sotto San Lorenzo; altri ambiti invece in realtà hanno caratteri tali da escludere qualsiasi trasformazione: si tratta infatti di siti soggetti a caduta massi (fianco sinistro della valle dell'Ogna e pendici del Vaccaro e del monte Fortino (qui ci sono anche pendenze eccessive) e di fasce prossime al Serio (sponda sinistra) dove la presenza di strutture idrauliche rende possibili esondazioni. Per la posizione e la conformazione di tali aree, non si può pensare che approfondimenti di studio possano giungere a definire una possibilità di trasformazione territoriale in ambito urbanistico. D'altro

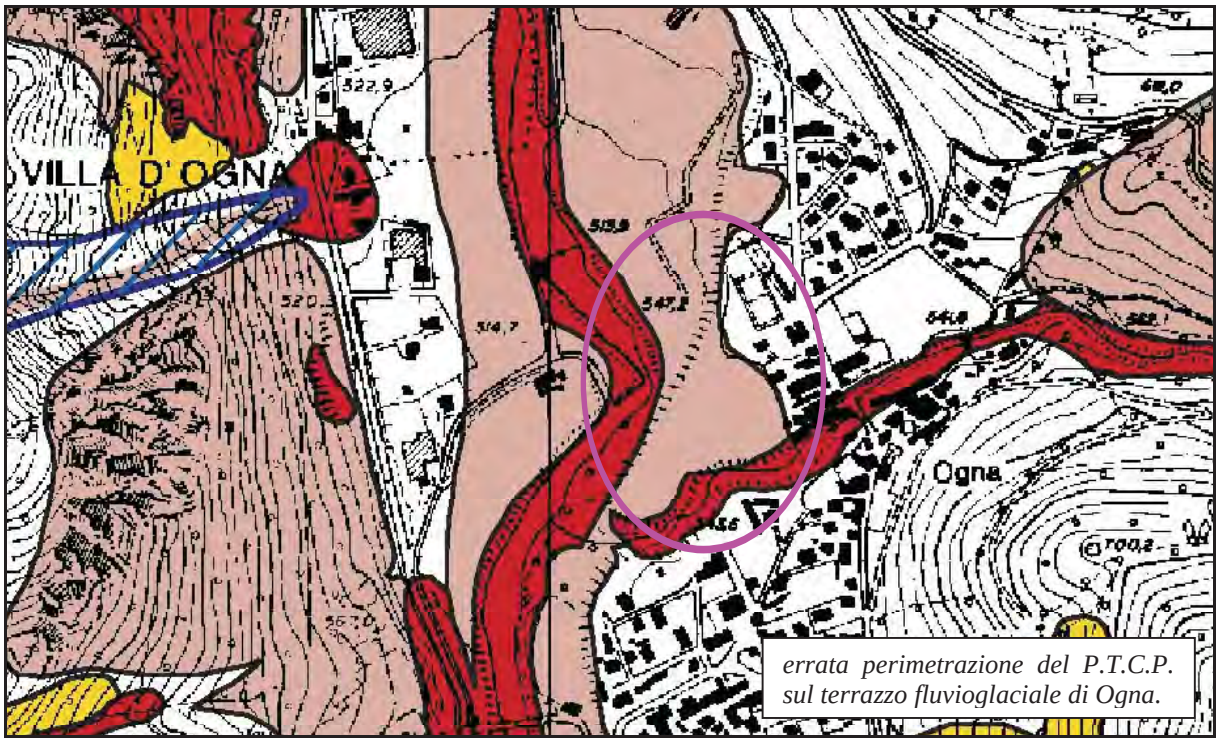
canto alcune di queste aree e altre simili sono già classificate nella Carta geomorfologica con legenda uniformata P.A.I. in modo molto più restrittivo riguardo al loro utilizzo.



Errore di classificazione del P.T.C.P. nell'area della Biciocca (in magenta).



Aree soggette a caduta massi in valle dell'Ogna, evidentemente non utilizzabili per trasformazioni urbanistiche



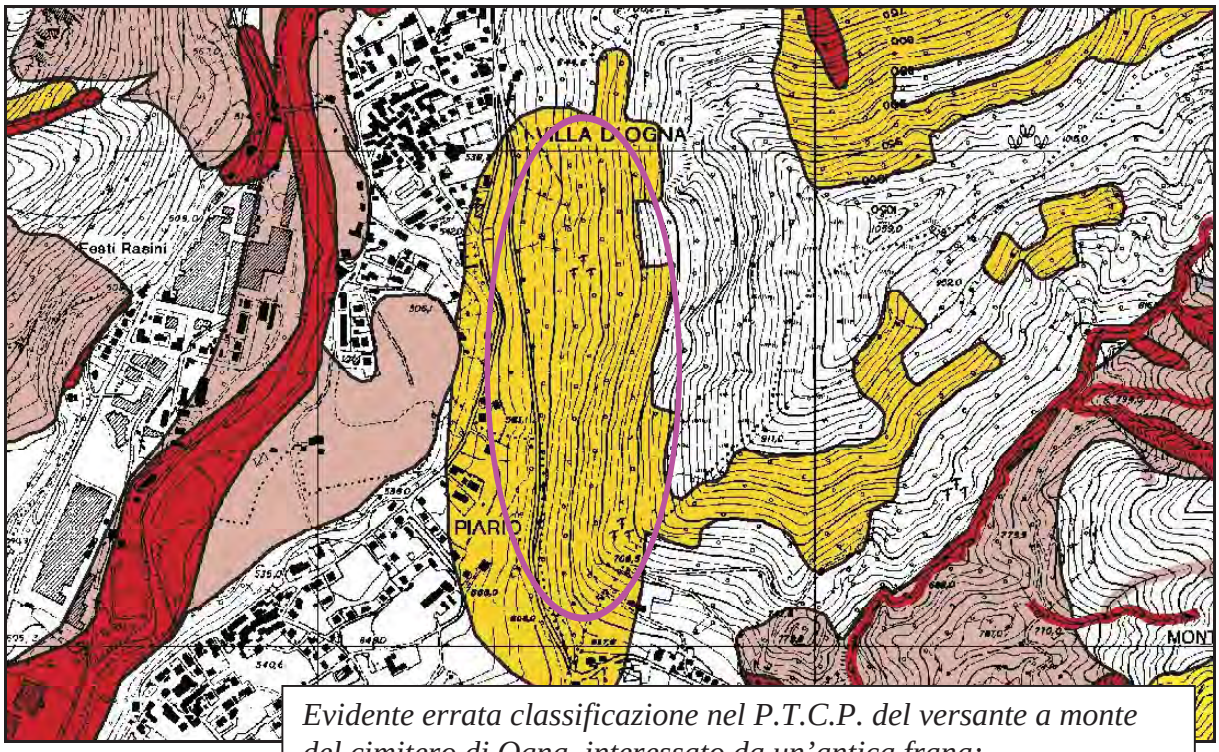
errata perimetrazione del P.T.C.P. sul terrazzo fluvioglaciale di Ogna.

Aree nelle quali gli interventi di trasformazione territoriale sono ammissibili previ approfondimenti finalizzati alla miglior definizione delle condizioni al contorno e delle caratteristiche geotecniche dei terreni (art. 43).

Aree di possibile fragilità nelle quali gli interventi sono ammessi solo previe verifiche di tipo geotecnico (art. 43).

Anche in questo caso l'attribuzione delle possibilità o delle limitazioni indicata dal P.T.C.P. nel complesso non è molto appropriata; infatti vengono inserite in questa classe ampie fasce di terreni sulla sinistra dell'Ogna e lungo il versante occidentale del Fortino, che sono caratterizzate da scoscese pareti rocciose o direttamente sottostanti a queste (e quindi interessate da caduta di massi). La classe comprende erroneamente anche un'area piuttosto estesa a monte del cimitero di Ogna e della strada di Senda, caratterizzata da forte acclività e, soprattutto, dalla presenza di un antico corpo di frana e soggetta a stacco blocchi (solo alcuni settori potrebbero essere effettivamente utilizzati).

Discorso simile si potrebbe fare per le due aree indicate sul fianco sinistro della valle dell'Ogna (vedi estratto pagina precedente) e lungo il versante della Cima Vaccaro, caratterizzate da elevata pendenze e localmente anche da stacco blocchi. Per tutte queste zone è impossibile proporre interventi di trasformazione urbanistica e edilizia.



Evidente errata classificazione nel P.T.C.P. del versante a monte del cimitero di Ogna, interessato da un'antica frana:

Aree ad elevata vulnerabilità per le risorse idriche sotterranee.

Il P.T.C.P. non individua alcuna area di questo tipo sul territorio del Comune di Villa d'Ogna: anche questo è un errore; infatti, anche se non si conoscono forme carsiche di una certa importanza ed estensione (come quelle in alta valle dell'Ogna, che riguardano Oltressenda e Rovetta), sul crinale del Colle Blum presso il confine con Clusone vi sono alcune significative forme dolinari. La carenza più seria del P.T.C.P. in questo caso riguarda la mancanza di considerazione per le aree di salvaguardia delle sorgenti Pur (fianco sinistro dell'Ogna) e dei pozzi per acqua potabile di Piario (sponda sinistra del Serio).

4.8 – Carta dei vincoli

(tavola 5)

In questa carta sono indicati i vincoli di natura geologica a livello comunale e sovracomunale che riguardano il territorio di Villa d'Ogna all'atto della compilazione del presente studio. Sono pertanto indicati:

- il ***quadro del dissesto idrogeologico*** come riportato nella "Carta del dissesto con legenda uniformata P.A.I" recepito dall'Autorità di Bacino del Po all'interno delle aree in dissesto di cui all'elaborato 2 del P.A.I.; 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 con successivi aggiornamenti.

- il ***Reticolo Idrico Principale e quello Minore***, definiti ai sensi della D.G.R. 25 gennaio 2002 – n. 7/7868 e successive modifiche, con 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 e sulla base dello studio di definizione effettuato dalla Comunità Montana Valle Seriana Superiore ("*Studio di definizione del reticolo idrico minore*" GEOTER & CASTELLETTI, 2004) anche per conto del Comune di Villa d'Ogna.

- 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, tenendo conto delle possibili direzioni di flusso, riprendendo le perimetrazioni già approvate nel precedente studio a supporto del P.R.G.

- Non sono perimetrate nel territorio di Villa d'Ogna "aree a rischio idrogeologico molto elevato" (ex ***P.S.267***).

4.9 – Carta di sintesi o della pericolosità geologica

(tavola 6)

Questa carta è ricavata dal reciproco confronto delle carte tematiche precedentemente descritte e della carta clivometrica (prodotta solo ad uso interno): da tale sovrapposizione di dati e dal loro confronto critico si ottengono numerosi quadri di caratterizzazione geoambientale del territorio che, rapportati alla vulnerabilità antropica, individuano le situazioni di *pericolosità geologica*.

Rispetto alla carta di sintesi redatta nel precedente studio a supporto del P.R.G. (GeoTer, 2001), questo elaborato è interamente rivisto e aggiornato, conformemente ai *Criteri* applicativi della l.r. 11 marzo 2005, n.12. Vengono pertanto distinti sette tipi elementari d'area (classi), ciascuna dei quali è caratterizzato da un fattore di pericolosità geologica; l'ultima di tali classi - la classe 7 - considera invece gli interventi di mitigazione del pericolo eventualmente messi in atto. Ciascuna classe è a sua volta suddivisa in ulteriori ambiti, che dettagliano maggiormente gli elementi di criticità osservati sul terreno. La frequente concomitanza di più fattori di pericolosità in alcuni casi può definire diversi quadri geoambientali, come risultato della diversa combinazione delle sette classi di pericolosità. È ovvio che l'utilizzo di questa carta non deve vedere un'eccessiva fissità nel considerare i limiti topografici delle aree delimitate, tenendo presente anche la scala di rappresentazione utilizzata.

La carta è redatta in scala 1:5.000 per l'intero territorio comunale. Le indicazioni contenute hanno un significato qualitativo e quantitativo; infatti gli ambiti così definiti, costituiscono le classi d'ingresso nella "tabella 1" dei *Criteri* regionali; tale tabella consente di ricavare le classi di fattibilità geologica, rappresentate nella tavole 8 e 9.

La procedura in genere non comporta un semplice automatismo di attribuzione di classe di fattibilità, poiché quest'ultima può essere aumentata o diminuita 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 quelle che individuano le aree interessate dei *percorsi preferenziali di colate* di detriti o di quelle delimitate mediante le procedure descritte nei criteri attuativi della l.r. n.12/05 per la zonazione della pericolosità per frana, alluvione o valanga. Nel presente lavoro gli ambiti di pericolosità geologica e le relative classi distinte sono:

- (1) pericolosità per acclività del terreno;
- (2) pericolosità per instabilità dei versanti;
- (3) pericolosità per vulnerabilità idrogeologica;
- (4) pericolosità da dinamica idraulica;
- (5) pericolosità per scadenti caratteri geotecnici;
- (6) pericolosità da modificazioni antropiche;
- (7) fattori di mitigazione della pericolosità.

PERICOLOSITÀ PER ACCLIVITÀ DEL TERRENO **(1)**

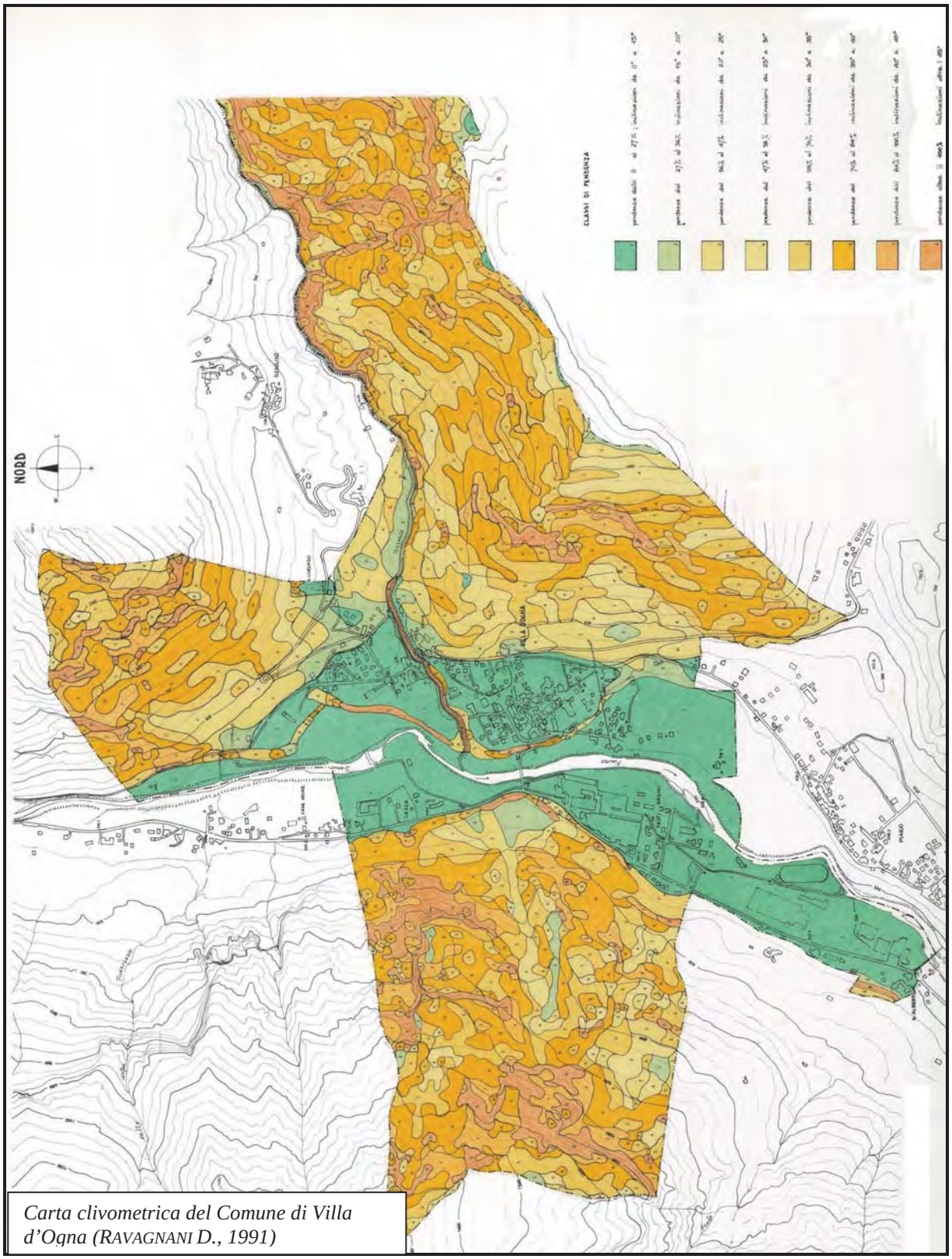
Questa classe comprende fattori di pericolosità legati a forte acclività del terreno: infatti la pendenza delle superfici, oltre certi limiti, può indurre situazioni di instabilità attive o potenziali, creando condizioni di pericolo diretto o indiretto per l'eventuale insediamento; d'altra parte in situazioni di forte pendenza gli interventi insediativi possono facilmente innescare significative forme di instabilità e comunque impatti molto più pesanti sul terreno.

Per l'elaborazione della classi di pendenza è stata utilizzata la carta clivometrica redatta nel primo studio geologico a supporto del P.R.G. di Villa d'Ogna (RAVAGNANI D., 1991). Oggi i Criteri regionali propongono due sottoclassi di pericolosità per condizioni di superfici acclivi:

- classe 1a: inclinazioni ß = 25°÷35° per i terreni e ß = 35°÷45° per le rocce;
- classe 1b: inclinazioni ß > 35° per i terreni e ß > 45° per le rocce.

Rispetto alla precedente valutazione, sono mutati i limiti delle classi clivometriche, ai quali in pratica corrispondono le situazioni di inedificabilità (ß > 35° per i terreni; ß > 45° per le rocce); viene inserita una classe intermedia 1a (ß = 25° ÷ 35° per i terreni; ß = di 35° ÷ 45° per le rocce) nella quale la pendenza della superficie topografica è significativa, ma non tale da escludere la trasformazione urbanistica/edilizia, adottando determinate precauzioni. Si tratta di una distinzione particolarmente importante per le aree di montagna, che apre possibilità anche a terreni sensibilmente acclivi, in precedenza completamente esclusi. Oltre questi limiti, la morfologia aspra, rapportata alla presenza di discontinuità dell'ammasso roccioso, dovute a fratture e a giunti di strato, o agli angoli di attrito interno dei terreni più scadenti, esclude la possibilità di utilizzo per insediamento di normale edificazione, anche in considerazione degli eccessivi sbancamenti che comporterebbero gli interventi su tali terreni. I limiti applicati per i terreni granulari sono stati applicati cautelativamente anche per le rocce deboli o i depositi cementati, i cui caratteri geotecnici sono intermedi tra quelli dei terreni e quelli delle rocce.

Gli ambiti riferiti a questa classe (1a e 1b) sono frequenti alle medie e alte quote del territorio in esame, come lungo il versante idrografico sinistro della valle Ogna, sul monte Fortino e sui pendii della Cima Vaccaro. Altre aree si individuano sul fondovalle seriano: esse individuano le ripide scarpate del terrazzo fluvioglaciale su cui sorge l'abitato di Ogna.



Carta clivometrica del Comune di Villa d'Ogna (RAVAGNANI D., 1991)

PERICOLOSITÀ PER INSTABILITÀ DEI VERSANTI (**2**)

In generale comprende fattori di pericolo dovuti a instabilità del pendio di tipo diverso, da quello rappresentato da piccoli smottamenti e da leggero soliflusso fino a quello insito nelle aree di frana. Nel caso di quest'ultimo, sono distinte le forme attive, delimitate sulla base delle evidenze di campagna e/o dall'esame di notizie storiche, da quelle quiescenti o stabilizzate. Nella classe 2, divisa in nove sottoclassi, a seconda del tipo e dell'importanza della forma gravitativa, sono comprese anche le aree di conoide protetta e parzialmente protetta, sebbene in realtà tali aree siano più soggette a esondazioni piuttosto che a fenomeni di trasporto solido, come succede nelle conoidi attive non protette. Alla classe 2 appartengono anche gli ambiti di valanga, in cui vi sono oggi condizioni che rendono possibili movimenti di masse nevose. Per una rappresentazione dettagliata delle forme di instabilità di versante si rimanda alla parte che tratta i caratteri geomorfologici.

- classe 2a: comprende fattori di pericolo legati a instabilità del pendio di lieve entità o a fenomeni localizzati. Si tratta di aree dove sono attivi ***soliflusso*** e ***ruscellamento*** più o meno generalizzati, vi sono piccoli ***decorticamenti*** dovuti a sradicamento di alberi o allo scivolamento del cotico superficiale, erosioni di piccola entità ma diffuse, ***piccoli smottamenti***, ***terrazzette da pascolo***. Nella maggior parte dei casi si tratta di problemi risolvibili con una maggior cura dei terreni superficiali o con piccoli interventi di contenimento (viminate, gabbioni, muretti) e di regimazione delle acque superficiali di ruscellamento. Fenomeni di questo tipo sono stati osservati in modo diffuso su tutto il territorio comunale, lungo i pendii piuttosto acclivi e le scarpate in valle Ogna, sul Crapet, sul Fortino e sul versante del Vaccaro. Fenomeni meno frequenti si rilevano anche lungo l'orlo del terrazzo fluvioglaciale su entrambe le sponde del Serio. L'indicazione intende sollecitare, anche in aree oggi non segnate, particolare attenzione alle condizioni di stabilità del pendio durante lo sviluppo di eventuali lavori di costruzione;

- classe 2b: in questo ambito rientrano le aree soggette a ***caduta di massi*** da pareti rocciose, comprendendo sia i punti di stacco sia le fasce di terreno raggiunte dalle traiettorie dei blocchi. Tali situazioni sono dovute alla presenza di strati scompaginati, di rocce molto fratturate, cui si possono aggiungere le condizioni di forte acclività e l'azione meccanica degli apparati radicali o quella legata ai cicli di gelo/disgelo. Per questo tipo di fenomeni si possono realizzare sia opere di difesa attiva, come tiranti d'ancoraggio, chiodature, bullonature, reti in aderenza, sia opere di difesa passiva, quali barriere paramassi, muri, gabbionature, fino a interventi più impegnativi, come valli o gallerie paramassi. Nel territorio in esame questo fattore di pericolosità è il più diffuso fra quelli gravitativi; ha interessato, in tempi più o meno recenti, e interessa infrastrutture (S.P. 49 per Valbondione, S.P. 50 bis per Oltressenda e strada intercomunale della Cunella) e edifici privati (Sant'Alberto, cascina Ronchèt). Il fenomeno riguarda soprattutto il versante della Cima Vaccaro, dove si possono staccare massi dalle ripide scarpate rocciose e il ciglio del terrazzo fluvioglaciale di Ogna. Altri stacchi si possono manifestare sul versante del monte Fortino e possono raggiungere la strada per Oltressenda o quella per Ardesio (Cunella). I fenomeni sono possibili anche su entrambe le sponde dell'Ogna, nel tratto dove il torrente attraversa il centro abitato, e sul versante

sudoccidentale del monte Crapet. Altri settori si individuano sulla destra della sponda dell'Ogna, tra la valle dei Micheli e la diga di "Ogna Superiore";

- classe 2c: comprende gli ambiti di ***frana attiva***, come gli scivolamenti e le colate detritiche (*debris flow*). Questi fenomeni si possono contrastare con opere di sostegno, di drenaggio e/o di ingegneria naturalistica con lo scopo di stabilizzare il versante e rallentare l'erosione superficiale. A Villa d'Ogna l'unico ambito attribuibile a questa classe si individua lungo la valle dei Micheli;

- classe 2d: comprende i fattori di pericolosità legati a ***frana quiescente*** (tipo scivolamenti e colate). Questi dissesti, che possono essere riattivati dalle stesse cause che li hanno originati la prima volta, si possono contrastare con le stesse opere descritte per la classe precedente. In questa classe rientra il corpo di frana antico che incombe sul cimitero di Ogna e sulla strada di Senda e alcuni dissesti minori allo sbocco dell'Ogna sul fondovalle seriano. Questa classe non comprende la maggior parte delle aree di frana quiescente *Fq* indicate nel P.A.I. poiché esse sono soggette a stacco blocchi e quindi sono da noi inserite nella classe 2b;

- classe 2e: qui rientrano le aree definite di ***frana stabilizzata***, come indicate nella carta con legenda uniformata P.A.I. e riprese nella carta dei vincoli. Queste forme non richiedono la costruzione di particolari opere di difesa, tuttavia potrebbero essere necessari e opportuni approfondimenti di studio geologico propedeutici a un loro eventuale utilizzo urbanistico/ edilizio, al fine di evitare riattivazioni del dissesto. Tali forme sono poco diffuse sul territorio in esame, e riguardano solo la strada della Cunella e la strada di Senda (in entrambi i casi si tratta di aree soggette a stacco di blocchi stabilizzate con reti addossate);

- classe 2f: comprende gli ambiti soggetti a ***erosione accelerata***. Sono ambiti nel complesso poco diffusi sul territorio comunale (la maggior parte delle volte infatti questi ambiti sono secondari e comunque sono già considerati all'interno del processo geomorfologico principale, come ad esempio le aree in frana o le aree di pertinenza fluviale) che riguardano alcuni impluvi minori in sponda idrografica sinistra del torrente Ogna (tra la valle dei Micheli e la diga di "Ogna Superiore") e una vallecola a monte di Gazza;

- classe 2g: comprende le superfici di ***conoide parzialmente protetta***, così come indicate nella carta con legenda uniformata P.A.I. e riprese nella carta dei vincoli. In realtà questa classe e quella successiva (conoide protetta) dovrebbero essere descritte fra le aree di pericolosità idraulica, ma si è scelto di inserirle in questa categoria, visto che i *Criteri* regionali pongono già le aree di conoide attiva fra le pericolosità per instabilità dei versanti. Queste aree sono potenzialmente raggiungibili o sono già state interessate in epoca storica da esondazioni e trasporto di detriti e attualmente sono protette solo in parte, per loro evoluzione naturale e/o in conseguenza di interventi antropici. In questa classe rientra solamente la piccola conoide a monte della S.P. 49 in corrispondenza del ponte sul Serio, dove sono possibili esondazioni e modesti trasporti di massa soprattutto al suo apice;

- classe 2h: riguarda le aree di ***conoide protetta***, che nelle condizioni attuali non sono raggiungibili da colate di detriti o da esondazioni e/o divagazioni dell'alveo, cioè che non si sono riattivate di recente a causa della presenza di opere di difesa o dell'approfondimento dell'alveo. È il caso dell'area dove sorge il centro storico e i quartieri residenziali di Villa d'Ogna;

- classe 2i: ambiti di pericolosità per ***valanghe potenziali*** (individuate da fotointerpretazione) come indicato nella C.L.P.V. di Regione Lombardia e ripreso nella carta con legenda uniformata P.A.I. Tali ambiti sono interessati da fenomeni che hanno bassa frequenza di accadimento e volumi minimi di massa nevosa. Nel territorio in esame solo l'area a monte di Gazza ricade in questa classe.

PERICOLOSITÀ PER VULNERABILITA IDROGEOLOGICA (**3**)

La classe comprende ambiti in cui la rapida infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo sottende condizioni di elevata vulnerabilità delle falde (o reti) acquifere sotterranee. Si tratta di zone carsiche, con rocce fessurate o coperte da terreni grossolani sciolti, molto permeabili oppure di aree con bassa soggiacenza della falda. In queste aree eventuali scarichi nel suolo di reflui fognari o di altre sostanze possono portare seri danni alle risorse idriche e, nel caso di bassa soggiacenza della falda, comportare anche qualche limitazione d'uso in caso di trasformazione urbanistica. Rientrano in questa categoria anche le zone di salvaguardia delle sorgenti e dei pozzi ad uso potabile, tracciate ai sensi del D.lgs. 152/1999, integrato dal D.lgs. 258/2000 e con riferimento alla D.G.R. n. 7/12693 del 10 aprile 2003. Le sottoclassi individuate sono:

- classe 3a: ***area di tutela assoluta*** per le captazioni d'acqua ad uso potabile, per la sorgente "Pur" (sponda sinistra dell'Ogna) attualmente captata;

- classe 3b: indica le ***aree di rispetto*** individuate solo per la sorgente "Pur" (le aree delle sorgenti di "Costa Larga" ricadono infatti nel territorio di Oltressenda Alta) e per i pozzi di Piario, lungo il confine meridionale del territorio in esame. Tali aree di salvaguardia sono tracciate secondo il criterio geometrico, cioè individuando in linea generale dei settori di cerchio di raggio minimo di duecento metri intorno alle sorgenti;

- classe 3d: ***aree interessate da carsismo*** ipogeo con presenza di doline. Questi ambiti sono poco diffusi e si rilevano solo alle quote maggiori lungo il crinale che sale alla Cima di Blum;

- classe 3e: ***aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese.*** Queste ambiti sono stati individuati solo nel settore meridionale del territorio, in un'area compresa tra il campo sportivo della Festi Rasini fino a Sant'Alberto. Questo fenomeno può comportare una limitazione d'uso dei terreni dal punto di vista edilizio, anche solo nell'ipotesi di realizzare volumi interrati.

PERICOLOSITÀ DA DINAMICA IDRAULICA (**4**)

Questa categoria include ambiti dove sono presenti fattori di pericolosità legati alla dinamica dei corsi d'acqua. Qui vi rientrano sia le fasce di normale pertinenza dei torrenti sia le aree che per effetto di condizioni di dissesto o di modificazione degli alvei (sovralluvionamenti, occlusioni, cedimenti spondali) o per condizioni idrauliche particolari (piene eccezionali) possono essere investite e danneggiate da deflussi idrici ed esondazioni. Le sottoclassi individuate sono:

- classe 4a: ambiti di diretta ***normale pertinenza dei corsi d'acqua*** superficiali. Sono gli alvei dei principali corsi d'acqua del territorio di Villa d'Ogna (Ogna e Serio) e dei loro affluenti minori, in accordo con quanto riportato nel *"Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I."* (GeoTer, 2003) e all'interno dello "*Studio di definizione del reticolo idrico minore*" (GEOTER & CASTELLETTI, 2004);

- classe 4b: indica ***aree in erosione*** e/o ***non protette*** efficacemente da opere di difesa. Questi ambiti sono frequenti su entrambe le sponde del Serio tra il ponte della provinciale fino a Sant'Alberto; altri settori si individuano lungo il torrente Ogna, soprattutto nel tratto dove incide la sua conoide, e in valle dei Micheli;

- classe 4c: comprende le ***aree a pericolosità elevata di esondazione***, indicate nel *"Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I."* (GeoTer, 2003). Tali aree si individuano su entrambe le sponde del fiume Serio;

- classe 4d: delimita le aree ***sovralluvionate***, cioè con accumuli abnormi di detriti lungo gli alvei; se ne rilevano lungo il corso del torrente Ogna sia sul Serio, all'altezza del campo sportivo e a monte dell'opera di presa di Sant'Alberto (Campignano).

PERICOLOSITÀ PER SCADENTI SCADENTI CARATTERI GEOTECNICI (**5**)

Si tratta di ambiti in cui la scadente qualità geotecnica dei terreni o degli ammassi rocciosi pone significativi problemi alle costruzioni e, se non esclude totalmente l'utilizzo insediativo, certo richiede l'adozione di accorgimenti costruttivi particolari. Sul territorio di Villa d'Ogna essa si riferisce a terreni soggetti a possibili ristagni d'acqua e con prevalente composizione argillosa/limosa e/o con scarso drenaggio. Nel caso di trasformazione edilizia di queste superfici, è necessario effettuare preventive indagini geotecniche, mirate alla quantificazione diretta e puntuale dei parametri fisici del terreno (granulometria, peso di volume, angolo di attrito interno, coesione, ecc.) e a valutazioni sul possibile drenaggio.

- classe 5a: aree di possibile ***ristagno d'acqua*** si trovano dietro alcune abitazioni dell'area industriale Radici e lungo il sentiero che porta alle sorgenti "Pur". Sono aree poco estese e comunque poco interessanti dal punto di vista insediativo;

- classe 5b: aree ***con terreni a prevalente composizione argilloso-/limosa e/o con scarso drenaggio.*** Sono incluse due aree piuttosto estese sul terrazzo fluvioglaciale dove sorge il capoluogo; altri ambiti, di minore estensione, si individuano allo sbocco dell'Ogna e in sponda sinistra del Serio, all'altezza della traversa di Gazza.

PERICOLOSITÀ DA MODIFICAZIONI ANTROPICHE (**6**)

L'indicazione mette in evidenza ambiti in cui l'intervento umano ha modificato le condizioni di stabilità o la dinamica naturale, introducendo fattori di pericolosità geologica effettiva o potenziale. Nel territorio in esame la zonazione riguarda strutture idrauliche, intubazioni o occlusioni di corsi d'acqua:

- classe 6a: questo ambito include le ***occlusioni d'alveo*** e i restringimenti eventualmente dovuti agli attraversamenti viari (ponti). Tali ambiti includono i restringimenti sul Serio prima e dopo lo sbocco dell'Ogna, oltre che alcuni punti lungo l'Ogna stesso allo sbocco delle vallecole minori. Questi punti, vista anche la loro ubicazione in prossimità dei centri abitati, richiedono attenzione, a motivo dei possibili effetti distruttivi dovuti al difficoltoso deflusso delle acque incanalate;

- classe 6b: la categoria segnala le ***traverse***, i ***canali derivatori*** e le ***condotte forzate*** per la produzione di energia elettrica. Si individuano su entrambe le sponde del Serio (centrale della Cunella e impianto di Gazzi-Pirapola sulla sponda destra del fiume, sulla sponda sinistra dell'Ogna; infine, sul versante sudoccidentale del monte Crapet (impianto ENEL di "Ogna Inferiore"). Queste opere, in condizioni di un normale presidio umano, non creano particolari problematiche, ma devono introdurre nella pianificazione del territorio alcune attenzioni, sia in termini di limitazioni d'uso delle aree adiacenti, sia in forma di controllo di una corretta gestione della struttura.

FATTORI DI MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ (**7**)

Questa classe include le opere realizzate per mitigare alcune forme di pericolosità geologica che gravano su diverse aree; si tratta di lavori di stabilizzazione e messa in sicurezza dei versanti, di opere di regimazione idraulica o di strutture di consolidamento finalizzate a migliorare i caratteri fisici del terreno. Tali opere sono state eseguite nel corso degli anni in diversi punti del territorio comunale, sia lungo l'alveo dei corsi d'acqua principali (Serio e Ogna), sia sui versanti, soprattutto contro la caduta massi. Un ambito particolare riguarda anche le opere di mitigazione in progetto. Le varie strutture sono state distinte come:

- classe 7a: ***opere trasversali in alveo*** (briglie, soglie, pennelli). Interventi di questo tipo si individuano lungo gli alvei del Serio e dell'Ogna. Alcune opere realizzate lungo il Serio sono state riparate in anni recenti, altre saranno a breve ripristinate;

- classe 7b: ***opere longitudinali di difesa spondale (muri spondali, scogliere*)**. Anche queste opere sono state realizzate lungo il Serio e l'Ogna (soprattutto nel suo tratto terminale dove incide la conoide);

- classe 7c: ***vallo o reti paramassi.*** Queste opere sono state realizzate a presidio della S.P. 49 in corrispondenza dell'attraversamento sul Serio e in località Gazza, lungo la strada intercomunale della Cunella e sulla provinciale per Oltressenda;

- classe 7d: r***eti addossate.*** Sono interventi realizzati lungo le strada della Cunella e di Senda;

- classe 7e: ***sottomurazioni***. L'unica opera di questo tipo è stata segnalata alle spalle dell'abitato di Sant'Alberto, al piede della scarpata conglomeratica dalla quale si era staccato un masso quasi una ventina di anni fa;

- classe 7f: ***opere di stabilizzazione superficiale.*** Questo tipo di intervento è stato effettuato lungo la carrozzabile per la diga di "Ogna Superiore" in prossimità dell'attraversamento del torrente Ogna.

- classe 7g: ***opere in progetto.*** La classe indica un'area dove è prevista la formazione di nuove barriere paramassi lungo i pendii del monte Fortino, per presidio della sottostante provinciale per Oltressenda.

Occorre tener presente in ogni caso che la durata di tutte queste opere, in particolar modo di quelle idrauliche, è spesso limitata nel tempo e che esse in genere hanno piena efficienza solo quando il presidio umano e la manutenzione geologica del bacino imbrifero in cui sono collocate sono assidui.

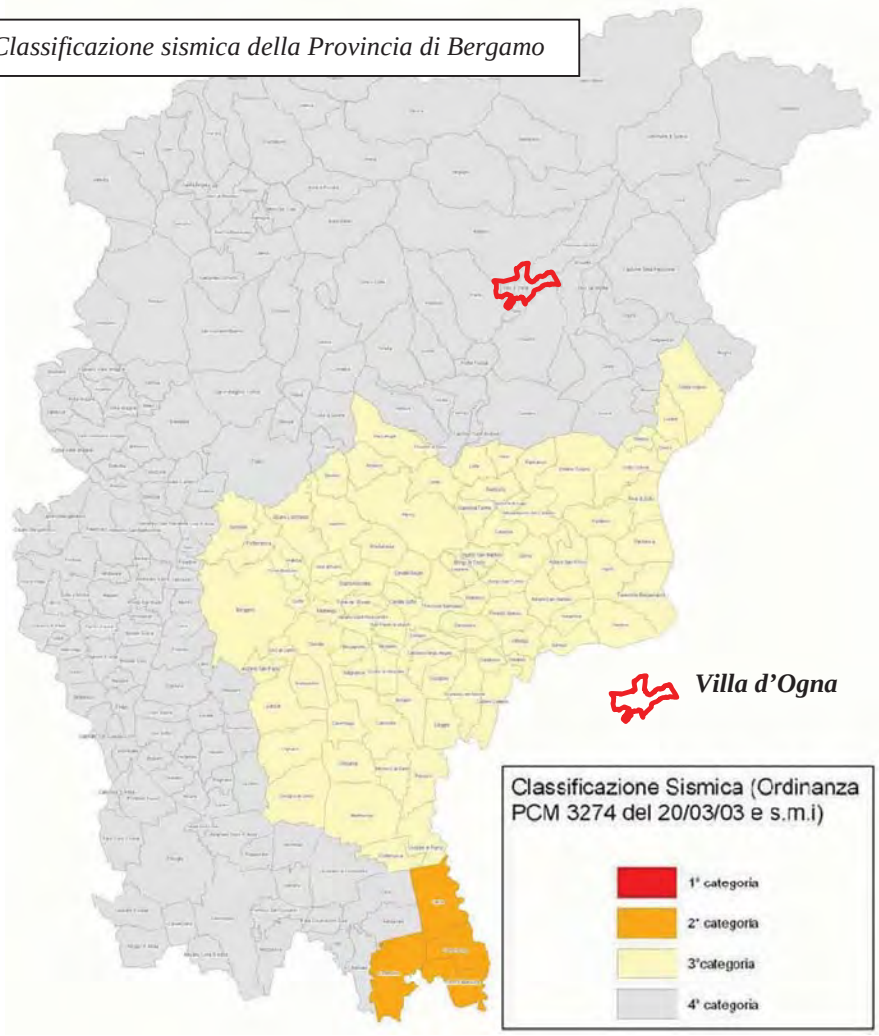
------oooooo0oooooo------

4.10 - Carta degli scenari di pericolosità sismica

(tavola 7)

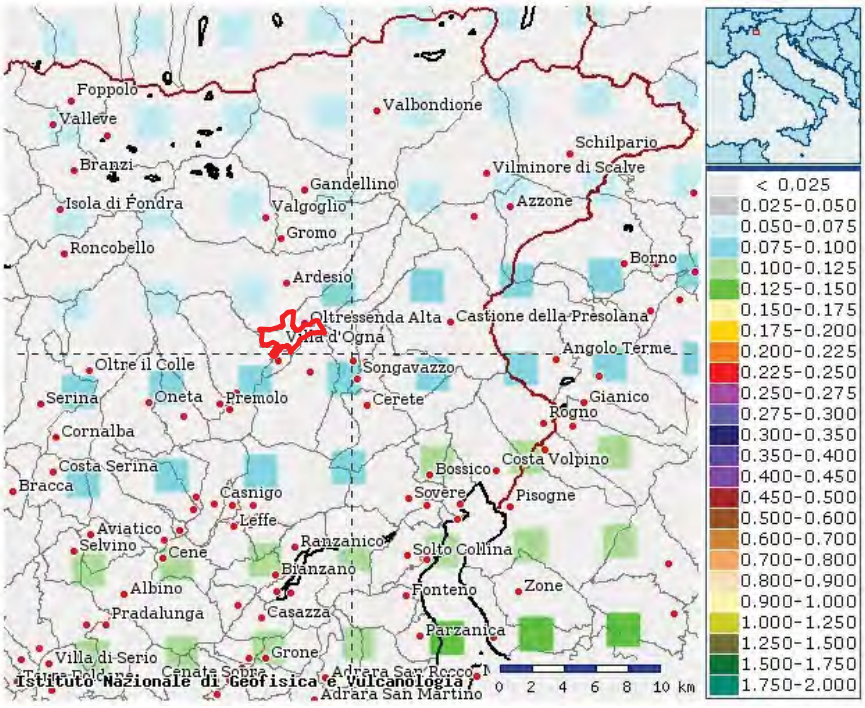
Secondo la nuova classificazione sismica nazionale (O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* pubblicata sulla G.U. n. 105 del 08.05.03, Supplemento ordinario n. 72), che individua in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornisce le norme da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse, non esiste alcun Comune d'Italia che possa essere considerato esente da sismicità. Viene quindi introdotta una macrozonazione sismica di riferimento, che comprende tutto il territorio nazionale, anch'essa dettata e normata a livello nazionale/regionale, suddividendo il territorio in quattro zone, caratterizzate da una sismicità di base decrescente dalla "ZONA 1" alla "ZONA 4". Regione Lombardia ha preso atto della nuova classificazione sismica nazionale attraverso il D.G.R. n. 14964/7 del 7 novembre 2003, passando così dalla precedente classificazione sismica a quella attuale.

Classificazione sismica della Provincia di Bergamo



Tale normativa ha attualmente effetto solo a livello pianificatorio, dal momento che le *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* (D.M. 14 gennaio 2008), vigenti a tutti gli effetti dal luglio 2009, normano qualsiasi intervento dal punto di vista sismico e data la loro cogenza sono state riprese anche dalle ultime modifiche della normativa regionale (D.G.R. n.8/7374 del 28 maggio 2008). Infatti, con l'entrata in vigore di queste norme, nell'atto progettuale non viene considerata solamente la zonazione in quattro classi, ma si fa riferimento a una griglia a maglia quadrata, costituita da 10.751 nodi ai quali sono associati i seguenti parametri sismici:

a_g,= accelerazione orizzontale massima al sito
F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T^*_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale



Villa d'Ogna

Mappa di pericolosità sismica dei dintorni di Villa d'Ogna espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs > 800 m/s; cat.A), punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008)

Per effetto dell'assunzione delle nuove norme il territorio di Villa d'Ogna passa dalla classe "N.C." (non classificabile) all'attuale "ZONA 4". Sulla base di questa classificazione viene stabilito quale livello minimo di approfondimento sismico debba essere necessariamente fornito per la componente geologica a supporto del P.G.T; nel caso specifico Regione Lombardia rende obbligatorio lo svolgimento di uno studio di ***primo livello.*** È previsto il ***secondo livello*** per edifici di rilevanza strategica (Regione Lombardia, D.d.u.o. 21 novembre 2003, n.19904).

Lo studio di PRIMO LIVELLO è propedeutico ai successivi livelli di approfondimento e consiste nell'analisi dei dati già esistenti nella cartografia di inquadramento del presente lavoro (carte geologica, geomorfologica, idrogeologica e litotecnica) e nella redazione della *"Carta degli scenari di pericolosità sismica"*. Quest'ultima riporta perciò la perimetrazione areale e gli elementi lineari delle diverse situazioni-tipo in grado di determinare effetti sismici locali, come riportati nella sottostante tabella:

Sigla	***Scenario di pericolosità sismica***	***Effetti attesi***
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	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio con H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese 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 indicazioni generali, sul territorio in esame non si riconoscono né aree che si possano attribuire alla zona Z1c (potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana), né aree appartenenti alla zona Z2 (terreni di fondazione particolarmente scadenti, come riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale), né zone Z4d (argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale).

Sulla carta sono indicati inoltre i punti nei quali sono state effettuate indagini sismiche specifiche nel corso del presente studio (*indagini sismiche HVSR*).

ZONA Z1

In questa categoria rientrano tutte le ***aree in frana***, attiva o quiescente, individuate secondo i criteri P.A.I. e sulla carta geomorfologica. In queste 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). Gli effetti possono andare dai semplici stacchi di blocchi da pareti instabili fino a grandi movimenti di versante (che in questo caso sono noti come *"Frana sismoindotte"*) nei terreni o nelle rocce fortemente disgregate.

Aree in frana attiva (**Z1a**) sono diffuse soprattutto sul versante della Cima di Vaccaro, sul Fortino e sul Crapet. Altre aree sono state individuate sulla sinistra dell'Ogna verso il confine con Oltressenda Alta. In tutti questi casi si tratta di aree soggette a stacchi di blocchi dalle scoscese pareti calcaree. Solo nella valle dei Micheli l'area Z1a si distingue per forme d'erosione lungo il ciglio di sponda, che danno luogo a smottamenti e frane.

Le aree in frana quiescente (**Z1b**) si trovano soprattutto alle quote minori del territorio in esame. Esse si individuano lungo il ciglio dei terrazzi fluvioglaciali che bordano il fondovalle seriano e lungo un tratto della strada intercomunale della Cunella. Anche in questi casi si tratta di forme associate prevalentemente a sporadiche cadute di blocchi dalle scarpate conglomeratiche o da pareti calcaree. Diversa è la forma che si individua a monte del cimitero di Villa d'Ogna: in questo caso si tratta di una paleofrana di scivolamento, un collasso legato allo stato di profonda fessurazione dell'ammasso roccioso in prossimità della faglia di Clusone sia alla detensionamento del pendio dovuto al ritiro dei ghiacciai quaternari.

ZONA Z3

I cigli delle scarpate alte più di dieci metri (**Z3a**) e le creste rocciose (**Z3b**) sono suscettibili di ***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 roccia lungo i versanti più impervi e gli orli dei terrazzi fluvioglaciali che delimitano la piana alluvionale del Serio. Gli altri orli di scarpata sono associati all'erosione lungo le sponde della valle dei Micheli.

ZONA Z4

Questa categoria comprende i terreni di varia origine che possono generare effetti di ***amplificazione*** di tipo "litologico" (legati cioè alle proprietà meccaniche del materiale che costituisce il terreno stesso) e/o geometrico (cioè dovute alla forma e alla geometria del corpo sedimentario, come lenti, eteropie, ecc). Queste condizioni possono provocare amplificazioni locali,

risonanza tra onda sismica incidente e moto sismico proprio del terreno, oppure doppia risonanza tra il periodo fondamentale del moto sismico incidente e quello del terreno e le eventuali sovrastrutture presenti. A livello macroscopico si può quindi osservare la liquefazione del terreno (in caso di terreni sabbiosi con un certo contenuto d'acqua) o cedimenti legati a un maggior grado di addensamento (nelle ghiaie).

Aree di fondovalle costituite da terreni alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi (**Z4a**) si ritrovano sulla sponde del Serio e nel tratto terminale della valle dell'Ogna, mentre un'altra, di estensione limitata, è individuata a San Lorenzo.

Nella zona **Z4b** sono inseriti le falde di detriti di versante, i terreni di conoide alluvionale e quelli di riporto. Questi ambiti sono diffusi soprattutto lungo i versanti del Fortino, del Crapet e della Cima Vaccaro, oltre che sulla sinistra idrografica dell'Ogna. Anche l'area dove sorge Villa d'Ogna e alcuni settori del fondovalle seriano (dove sono stati effettuati consistenti riporti) rientrano in questa categoria.

I terreni glaciali o morenici che contengono sedimenti granulari e/o coesivi e che ricadono nella zona **Z4c** sono meno diffusi rispetto alle due categorie precedentemente descritte. Questi si ritrovano solamente alle spalle della conoide dell'Ogna e sul versante che sale verso Parre.

ZONA Z5

Le aree della Zona **Z5** sono soggette ad ***amplificazioni*** locali difficilmente classificabili, legate alle proprietà meccaniche dei materiali coinvolti, alla presenza d'acqua e di sovrastrutture o ad altro. Sulla "*Carta degli scenari di pericolosità sismica*" sono riportati con tratto verde i contatti tra le parti rocciose del territorio e i terreni sciolti (depositi alluvionali e di conoide, detriti di falda, depositi fluvioglaciali e glaciali). Per questa zona non è necessario procedere alla valutazione quantitativa, mediante un approfondimento d'indagine a livello superiore (secondo e terzo livello), poiché questo scenario esclude la possibilità di costruire costruzioni che poggino su due litotipi diversi, mentre viene consentita la costruzione qualora la struttura sia appoggiata su un unico tipo di materiale, mediante appositi accorgimenti.

Le zonazioni della*"Carta degli scenari di pericolosità sismica"* sono riportate, mediante 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 D.M. 14.01.2008.

------oooooo0oooooo------

4.11 – Indagine sismica di 2° livello

L'attuale normativa prevede che per i Comuni in zona sismica 4, qual è Villa d'Ogna, debbano essere effettuati approfondimenti di studio sismico di II livello nelle aree Z3 e Z4 individuate nella Carta degli Scenari di Pericolosità Sismica (I livello), solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione, in base all'elenco tipologico definito nella d.d.u.o. n.19904/03 (ad esempio costruzioni con affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, strade o ferrovie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti).

Sui terreni dove ricadono queste strutture e che possono dare un'amplificazione sismica locale (topografica, litologica o geometrica) è necessario effettuare gli approfondimenti di studio di secondo livello, in fase pianificatoria al fine di determinare in modo semiquantitativo il fattore di amplificazione locale *Fa*. Tale valore viene utilizzato in fase progettuale per ottimizzare la struttura sotto l'aspetto della prevenzione antisismica.

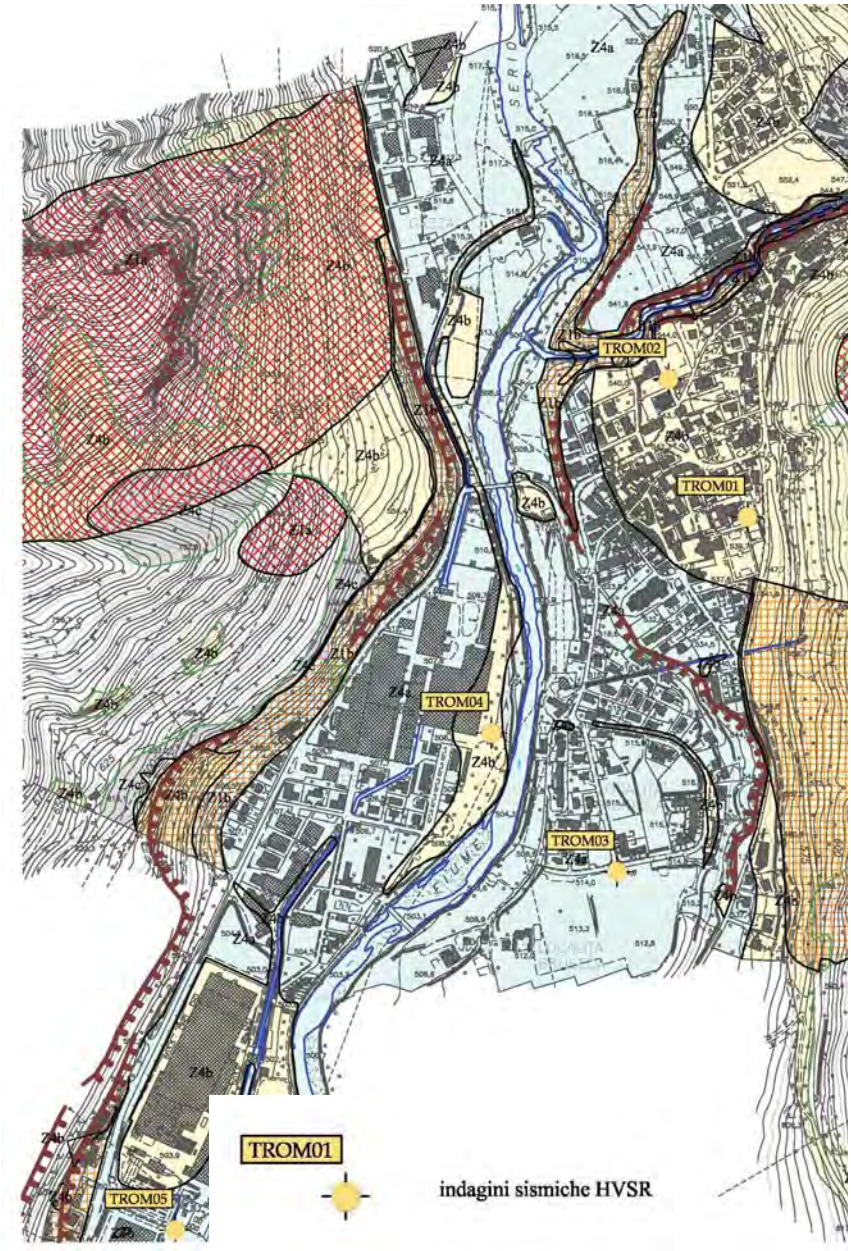
In effetti a Villa d'Ogna è prevista la costruzione del nuovo Centro Sociale presso l'oratorio (area Z4a) che ricade nell'elenco degli edifici prima descritto e per tale area aree l'Amministrazione ha inteso ampliare la parte di analisi sismica fino al secondo livello, chiedendo espressamente che nell'ambito del presente studio siano effettuate indagini appropriate sul terreno interessato.

Per la valutazione degli effetti litologici di amplificazione, la procedura descritta nell'Allegato 5 dei *Criteri* applicativi (D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374) indica la necessità di effettuare indagini sismiche di dettaglio, che permettano di individuare l'andamento della velocità delle onde V_S al variare della profondità, fino a valori pari o maggiori di 800 m/s (quando possibile). Tali "*stratigrafie sismiche*" devono essere confrontate con le specifiche schede di valutazione riportate nei *Criteri*, suddivise in base alla classe granulometrica prevalente della stratigrafia. Utilizzando la matrice relativa ad una determinata scheda, si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del ***Fattore di Amplificazione*** "***Fa***" nell'intervallo s = 0,1÷0,5 e nell'intervallo s = 0,5÷1,5, secondo il valore del periodo proprio del sito (T). Il valore ***Fa*** determinato deve essere confrontato con il corrispondente valore di soglia (***Fs***) calcolato per il territorio comunale e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008) 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 grazie a una banca-dati che raccoglie i dati di tutto il territorio regionale.

Dal confronto tra i due valori, considerando equivalenti i fattori per una variabilità di ±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 (**Fa < Fs**) o non lo sia (**Fa > Fs**). Nel primo caso, come conseguenza di questo studio, può essere applicato lo spettro previsto dalla normativa (D.M. 14 gennaio 2008); nell'altro caso invece dovranno essere effettuati studi più approfonditi (***terzo livello***) in fase di progettazione di strutture edilizie o si dovrà utilizzare lo spettro di norma della categoria di suolo superiore.

Nello svolgimento di questo lavoro, onde adempiere a quanto previsto dai *Criteri* regionali è stata effettuata un'apposita indagine sismica, mediante **misure di rumore ambientale con tecnica HVSR (Horizontal/Vertical Spectral Ratio) a stazione singola**.

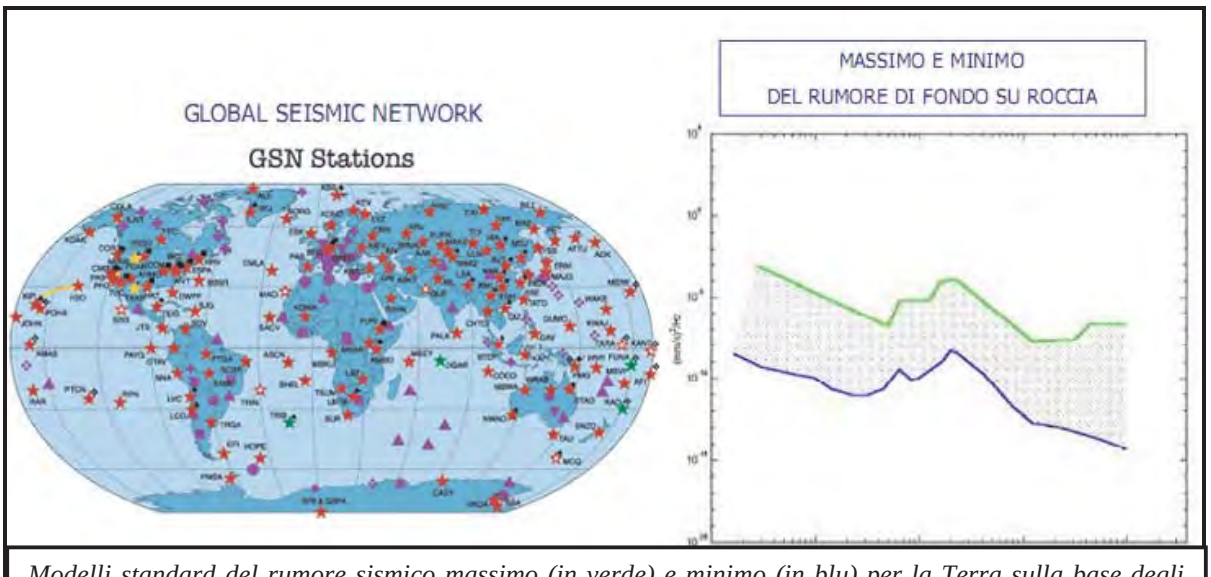
Oltre al sito per cui è specificatamente richiesto il secondo livello sono state effettuate altre quattro misure in altri zone del territorio comunale, presso punti di stratigrafia nota, in modo da ottenere una "taratura" e una prima indicazione sull'amplificazione sismica dei vari terreni interessati dall'urbanizzazione; tali misure sono state effettuate in corrispondenza dei terrazzi fluvioglaciali o delle conoidi e sulla piana del Serio.



RUMORE SISMICO AMBIENTALE

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato sia dalla dinamica propria del pianeta, sia dai fenomeni atmosferici e dai moti oceanici, sia dall'attività antropica. Esso viene definito anche *microtremore*, poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro (10^{-15} $(m/s^2)^2$ in termini di accelerazione).

I metodi che si basano sull'acquisizione del rumore sismico si dicono "passivi", poiché tale rumore non è generato *ad hoc*, ad esempio come quando si agisce con esplosioni o con la mazza della sismica tradizionale, detta appunto "attiva". Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato nella figura seguente, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo "minimo" di riferimento secondo il Servizio Geologico statunitense (USGS), mentre la curva verde rappresenta il "massimo" di tale rumore. Qui i picchi a Hz 0,14 e Hz 0,07 sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri, per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali, che però si attenuano molto a frequenze maggiori di Hz 20, a causa dell'assorbimento anelastico dovuto all'attrito interno delle rocce.

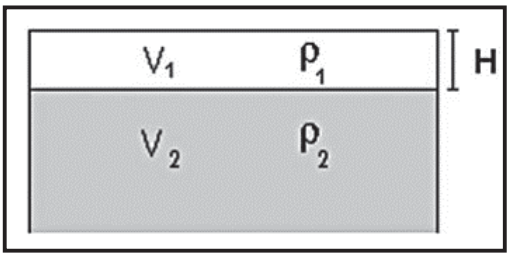


Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra sulla base degli spettri di potenza registrate in osservatori sismici distribuiti su tutto il globo terrestre; gli spettri sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

I microtremori sono costituiti solo in parte da onde di volume, P o S: in essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali (onde di Love e di Rayleigh), che hanno velocità prossima a quella delle onde S (0,9÷0,95 V_S). La ricostruzione delle onde superficiali permette quindi, in base a questa correlazione con le onde S, di definire la velocità di queste ultime e di ottenere dati utili per la conoscenza della stratigrafia del terreno e soprattutto per la valutazione del parametro VS_{30}, fondamentale negli studi in cui è necessaria la valutazione sismica secondo la recente Normativa.

Diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontale e verticale del moto (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da NOGOSHI E IGARASHI (1970), ma generalmente nota come **METODO DI NAKAMURA**. La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (LACHET & BARD, 1994; LERMO & CHAVEZ-GARCIA, 1993, 1994; BARD, 1998; IBS-VON SEHT & WOHLENBERG, 1999; etc.). La sola particolarità della strumentazione è che questa deve essere costituita da tre geofoni ortogonali fra loro con uguali caratteristiche di risposta.

Il tipo di stratigrafia che questa tecnica di sismica passiva può restituire si basa sull'*impedenza* del singolo strato geofisico, che è determinata dal prodotto della velocità delle onde sismiche (V_S o V_P) e della densità (ρ) di quello strato. Solo se vi è *contrasto di impedenza* tra i vari strati (che generalmente dovrebbe essere superiore a 2,5÷3) si ha un effetto rilevabile con il metodo di Nakamura.



In un diagramma spettrale, in cui le frequenze f (o il periodo T) sono in ascisse e il rapporto tra le componenti del moto orizzontale e del moto verticale sono in ordinata, l'effetto dovuto a tale contrasto è rappresentato da un picco.

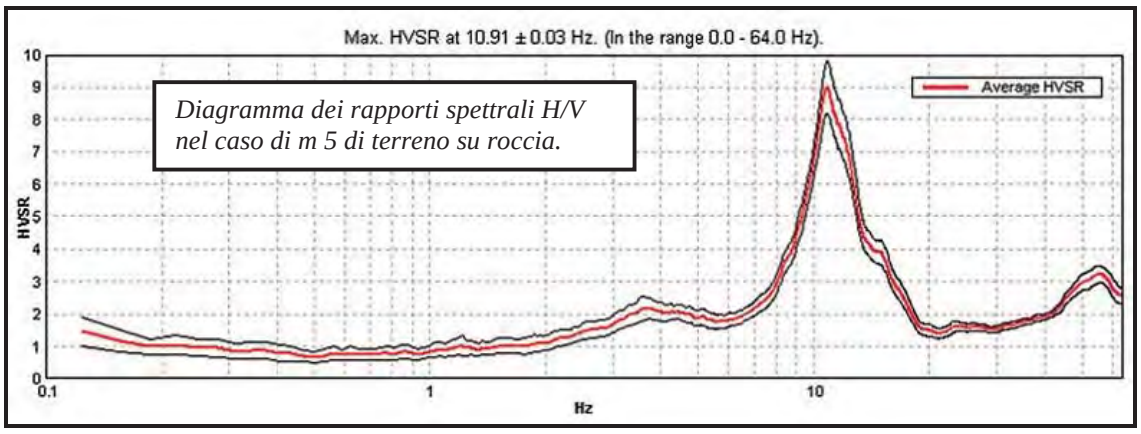


Diagramma dei rapporti spettrali H/V nel caso di m 5 di terreno su roccia.

Questo picco costituisce la frequenza di risonanza per quel tipo di terreno, determinata in prima approssimazione attraverso la seguente relazione:

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4H}$$

dove:

f_r = frequenza di risonanza (Hz)
V_{S1} = velocità delle onde di taglio relativa all'intera profondità (H) a cui si trova l'interfaccia con alto contrasto di impedenza;
H = profondità dell'interfaccia con alto contrasto di impedenza rispetto al piano campagna

Quindi, utilizzando il metodo di Nakamura e un'opportuna funzione di inversione, basata su equazioni un po' più complesse rispetto alla formula su indicata, valida solo come prima approssimazione, si può ottenere l'andamento delle onde V_S nel sottosuolo.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di 15÷20 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale ("TROMINO" di Micromed), progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e secondo l'asse zenitale, di GPS interno e non ha necessità di cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz. L'interpretazione dei dati avviene attraverso uno specifico sofware ("*Grilla*" di Micromed), che permette di visualizzare gli spettri di frequenza e di creare le curve di inversione, mediante la simulazione del campo di onde superficiali (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli (AKI K., 1964; BEN MENHAEM A. & SINGH S.J., 1981).

5.1.1.1.1 Misura di rumore ambientale effettuata con TROMINO presso l'oratorio

RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA

I cinque rilevamenti sismici sono stati effettuati il 30 ottobre 2009; le misurazioni eseguite permettono di ottenere risultati significativi ed estremamente utili per la classificazione sismica. Per ciascuna misurazione è redatta un'apposita scheda riassuntiva, fornita direttamente dal programma *Grilla*, e successivamente elaborata per maggiore chiarezza espositiva e sintesi. Tali schede sono allegate alla presente relazione e ciascuna presenta:

a) le informazioni contenute nel database, relative alla traccia di rumore ambientale registrata: denominazione; inizio e fine della registrazione; localizzazione GPS e relativi parametri (quando viene utilizzata questa opzione); lunghezza temporale della traccia; frequenza di campionamento; metodo di selezione e percentuale della traccia utilizzata per l'analisi; apertura della finestra utilizzata per l'analisi della traccia; tipo di *smoothing* e sua percentuale per una miglior visualizzazione e restituzione dello spettro di frequenza;

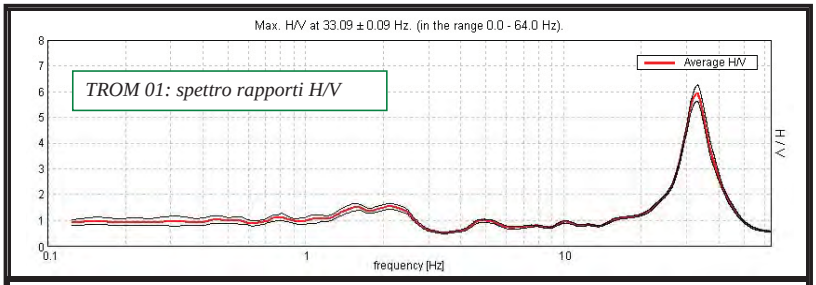
VILLADOGNA, TROM 01 - ORATORIO

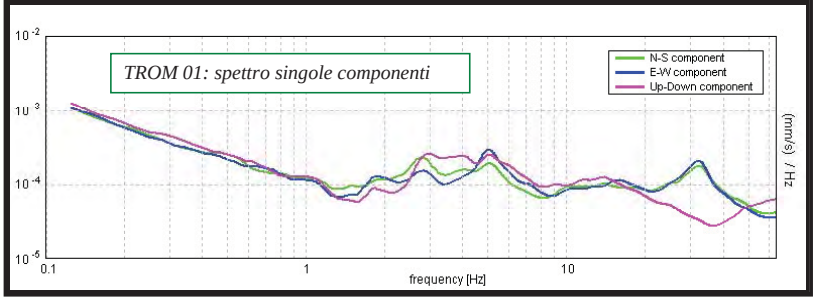
Start recording: 30/10/09 10:33:40 End recording: 30/10/09 10:53:41
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h19'48". Analyzed 85% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

b) i risultati dell'analisi in formato grafico:

- lo *spettro rapporti HVSR*, dove si riconoscono picchi relativi alle frequenze di risonanza;

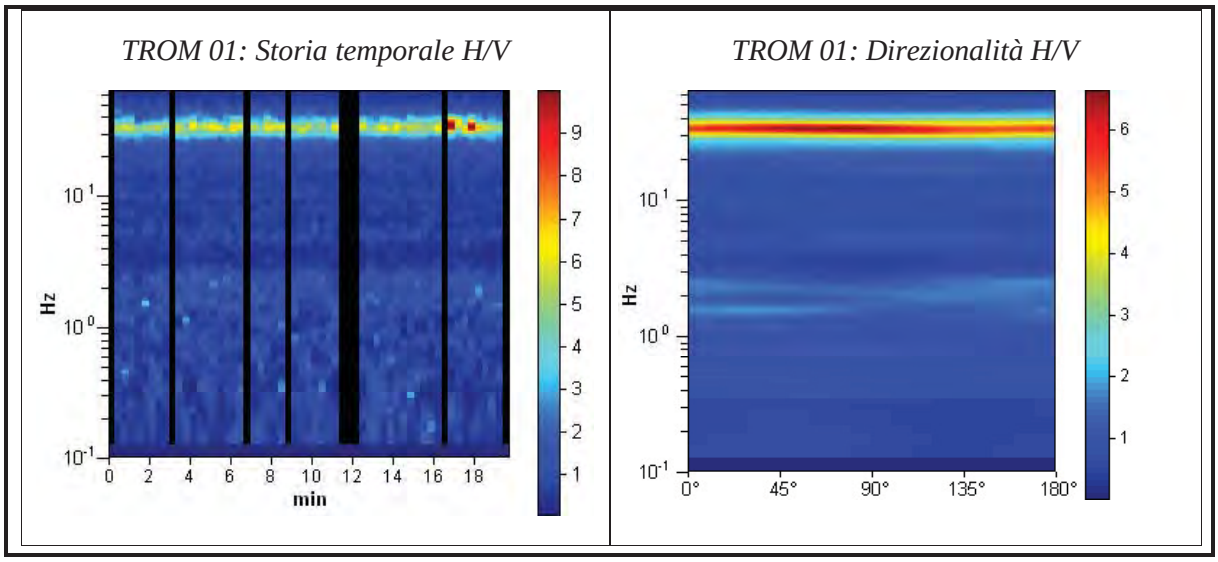
- lo *spettro delle singole componenti* della registrazione del rumore ambientale, che permette di riconoscere effettivi picchi di risonanza dovuti a motivi litologici ("occhielli" dove i valori della componente verticale sono inferiori a quelli dell' orizzontale) da artefatti, cioè picchi dovuti a disturbi antropici persistenti (macchinari in movimento, pompe dei pozzi d'acqua, ecc.);



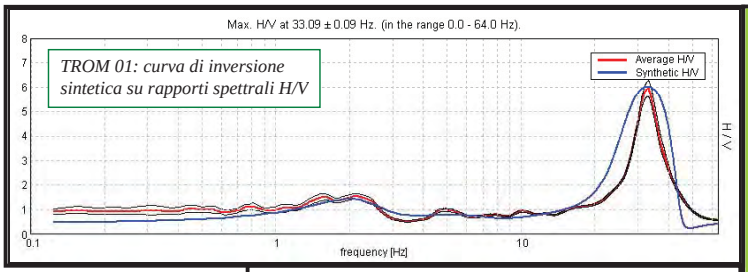


- il diagramma della serie temporale di acquisizione dell'HVSR, suddiviso in intervalli in base alla finestra di analisi prescelta (nel nostro caso 20 sec) che permette di evidenziare ed eliminare i disturbi;

- il diagramma direzionale HVSR (directional HVSR), che permette di valutare se una componente orizzontale del diagramma HVSR prevale sull'altra, venendo meno il criterio di monodimensionalità per il quale è possibile effettuare un'accurata interpretazione della registrazione di rumore sismico;



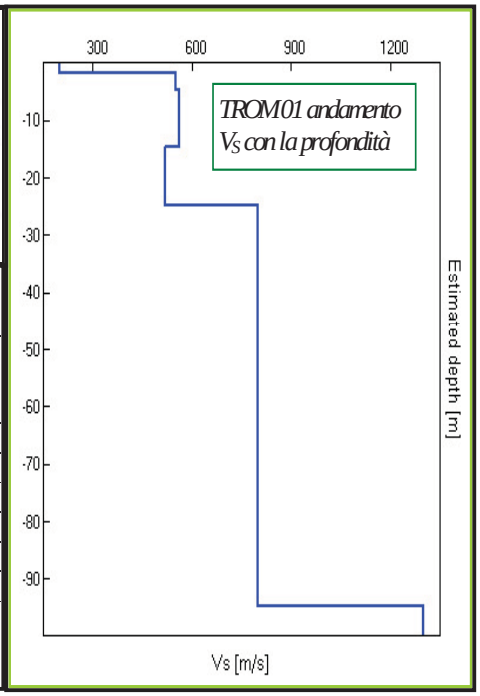
c) i risultati del processo di inversione, che permette di ottenere i valori di velocità Vs dei vari orizzonti litostratigrafici attraverso la sovrapposizione grafica del modello di inversione sul diagramma HVSR; la tabella delle velocità dei singoli strati, con i relativi spessori, e del parametro V_{S30} e il diagramma della velocità V_S con la profondità. A questi dati è aggiunta anche un'immagine fotografica del sito dove è stata effettuata la misurazione;



TROM 01: tabella valori di V_S per curva di inversione sintetica e V_{S30}

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.70	1.70	200
4.70	3.00	550
14.70	10.00	560
24.70	10.00	520
94.70	70.00	800
inf.	inf.	1300

Vs(0.0-30.0)=520m/s



d) una tabella dei criteri di valutazione delle misure HVSR attraverso l'approccio proposto dal progetto europeo "SESAME" (Site EffectS assessment using AMbient Excitations), che fornisce la bontà delle misure effettuate e la significatività dei picchi H/V trovati.

TROM 01: *Criteri di valutazione progetto SESAME, 2005*

Max. H/V at 33.09 ± 0.09 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	33.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	33093.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1520 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	27.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.95 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00133| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.04418 < 1.65469	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1636 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Secondo le indicazioni di quest'ultima scheda, tutti i risultati ottenuti per le varie misurazioni a stazione singola effettuate a Villa d'Ogna sono affidabili, sia per gli spettri HVSR determinati sia per i picchi HVSR relativi alla frequenza fondamentale di risonanza.

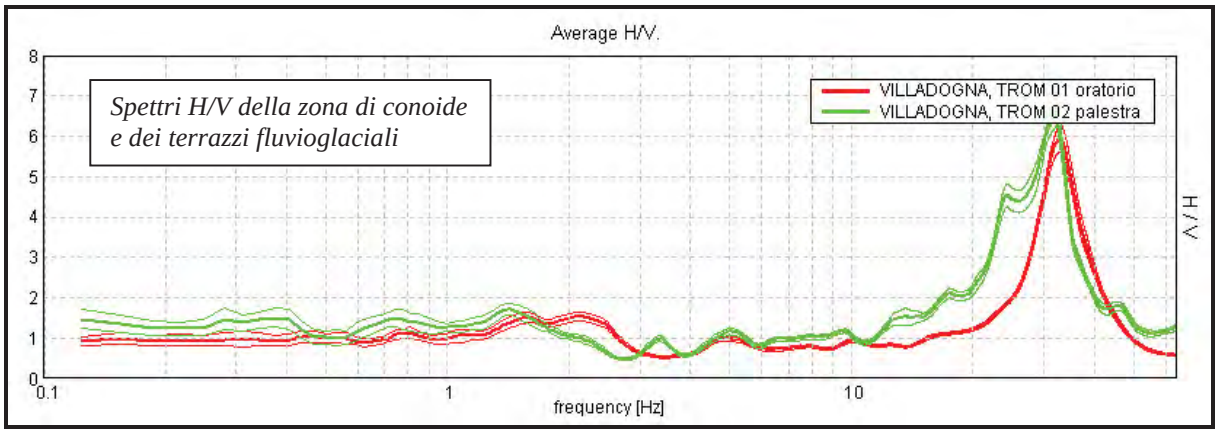
In alcune curve si notano dei disturbi ambientali monocromatici, come quelli introdotti da pompe di pozzi d'acqua o da attività industriali; essi alterano parzialmente l'andamento delle curve HVSR, senza però creare problemi interpretativi, poiché sono facilmente riconoscibili.

L'esame dello spettro dei rapporti HVSR ottenuti dalla cinque misurazioni permette di distinguere due aree in funzione della posizione del picco di massima amplificazione e della distribuzione dello spettro.

La zona della conoide e del terrazzo fluvioglaciale su cui sorgono i centri storici di Villa e di Ogna sono caratterizzati da frequenze di risonanza dei terreni, corrispondenti alle massime ampiezze nel rapporto H/V, comprese tra 32 e 34 Hz (periodo T pari a 0.03 sec). Si tratta di frequenze decisamente elevate, superiori alle normali frequenze ingegneristiche per le costruzioni civili, che non creano problemi particolari alla tipologia di edifici esistenti o di nuova costruzione a Villa d'Ogna.

A tale proposito si tenga presente come regola generale che il periodo fondamentale di un edificio in cemento armato regolare (T_E) espresso in secondi è circa 0,1N, dove N corrisponde al numero dei piani della stessa costruzione. Le costruzioni a Villa d'Ogna sono inferiori a cinque piani e le loro frequenze di risonanza, comprese tra 2 e10 Hz (periodo tra 0,1 e 0,5 sec), sono di gran lunga inferiori a quelle misurate dalla tecnica dei rapporti spettrali. Di conseguenza non vi è possibilità che si verifichi un effetto moltiplicativo delle frequenze di risonanza in tali aree.

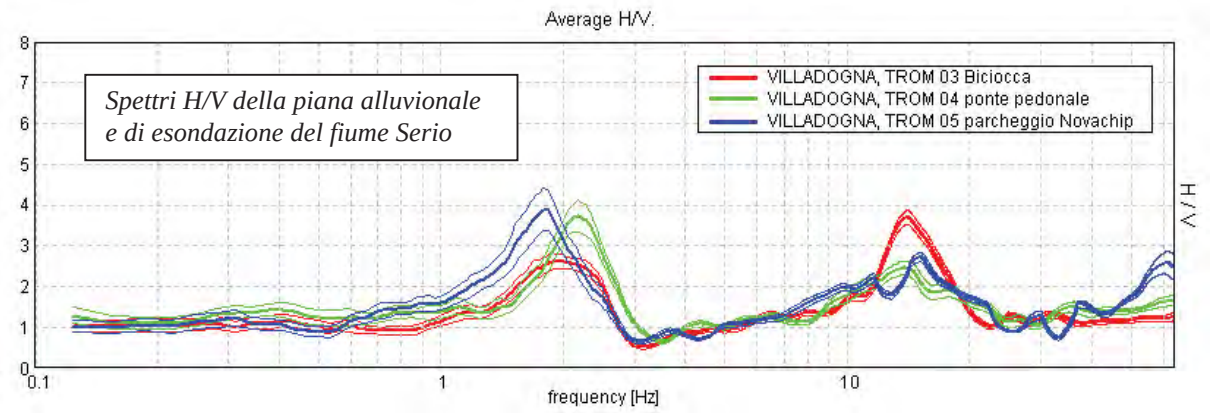
Il massimo di ampiezza in questi due spettri è dovuto al contatto tra i terreni superficiali di alterazione prevalentemente sciolti e i sottostanti terreni ghiaioso ciottolosi da parzialmente a totalmente cementati, contatto che avviene nei primi due metri dalla superficie topografica.



La zona della piana alluvionale e di esondazione del Serio sopraelevata solo di qualche metro dal livello di magra del fiume su cui si è sviluppata gran parte dell'area industriale sulla sponda destra del Serio presso il villaggio Festi Rasini e parte delle più recenti costruzioni residenziali nella zona della Biciocca sono invece caratterizzate da frequenze di risonanza attorno a 2 Hz e a 14 Hz evidenziando una successione sedimentaria ben differente da quella dei terrazzi fluvioglaciali e delle conoidi su di esso sospese.

L'edificato presente in queste due aree è comunque caratterizzato da frequenze di risonanza simili a quelle definite in precedenza e in genere ben differenti rispetto a quelle del terreno.

Solo per edifici di circa 5-6 piani si avrebbero condizioni critiche soprattutto sulla sponda destra del fiume Serio.



L'analisi di dettaglio dello spettro H/V e la ricostruzione della curva di inversione sintetica ha permesso di ottenere valori di V_{S30} nettamente distinti per le due zone precedentemente descritte riassunte nella seguente tabella.

PROVA	*LOCALITA'*	*V_{S30} m/s*	*CATEGORIA DI SOTTOSUOLO*
TROM 01	*ORATORIO*	**520**	**B**
TROM 02	*PALESTRA*	**523**	**B**
TROM 03	*BICIOCCA*	**275**	**C**
TROM 04	*PONTE PEDONALE SUL SERIO*	**278**	**C**
TROM 05	*PARCHEGGIO NOVACHIP*	**276**	**C**

Sulla base di questi valori e secondo la normativa vigente (D.M.14 gennaio 2008) vengono quindi distinte la categoria di sottosuolo **B** nella zona del centro storico di Villa e Ogna sulla conoide e sui terrazzi fluvioglaciali e la categoria di sottosuolo **C** sulla piana del fiume Serio. Si tratta di indicazioni che dovranno comunque essere valutate puntualmente in fase progettuale.

Per la zona dell'oratorio e del nuovo centro sociale, ubicata in classe Z4b, su cui viene effettuato lo studio specifico di secondo livello dall'analisi della misura TROM 01 si nota sotto circa due metri di terreni sciolti sabbioso ghiaiosi una successione di m 25 di ghiaie addensate e/o cementate con valori di velocità delle onde di taglio (V_S) compresi tra m/s 520 e 560 sotto i quali si incontrano terreni cementati con velocità analoga a quella del "bedrock sismico" (V_S = 800 m/s). Solo a profondità di circa cento metri l'indagine individua

la roccia vera e propria (V_S = 1300 m/s) in forte analogia con la profondità a cui è stata incontrata la roccia ad esempio nei pozzi presso la località Biciocca (oltre 80 m di profondità del piano campagna).

In quest'area si haV_{S30} = 520 m/s cui corrisponde la *categoria di sottosuolo B* e dal momento che le litologie sono prevalentemente ghiaioso sabbiose nella verifica si deve utilizzare la scheda dedicata alla litologia ghiaiosa o quella dedicata alle sabbie.

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA

Per l'area di studio di dettaglio del nuovo centro sociale si effettua l'analisi dei fattori di amplificazione litologica, sulla base delle schede proposte dalla normativa regionale. In questa procedura si tiene conto dei parametri litologici, geotecnici e geofisici ricavati dall'esame della documentazione d'archivio e dalle indagini effettuate direttamente nello svolgimento del presente studio geologico a supporto del P.G.T. del comune di Villa d'Ogna.

I dati della stratigrafia dell'area (spessori delle diverse unità), dei caratteri geotecnici (granulometria) e di quelli geofisici (andamento di V_S con la profondità e periodo caratteristico del sito T_0), utilizzati per la valutazione sismica di *secondo livello* del territorio di Villa d'Ogna sono di **attendibilità medio-alta**, poiché tutti i dati provengono da prove e indagini dirette, come indica la *Tabella dei livelli di Attendibilità* della procedura di analisi normativa (D.G.R. n.8/7374 del 28.05.2008, Allegato 5) qui di seguito esposta.

Dati	*Attendibilità*	*Tipologia*
Litologici	Bassa	da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	da **prove di laboratorio su campioni** e **da prove in sito**
Stratigrafici (spessori)	Bassa	da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	**da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)**
	Alta	**da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)**
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	**da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)**

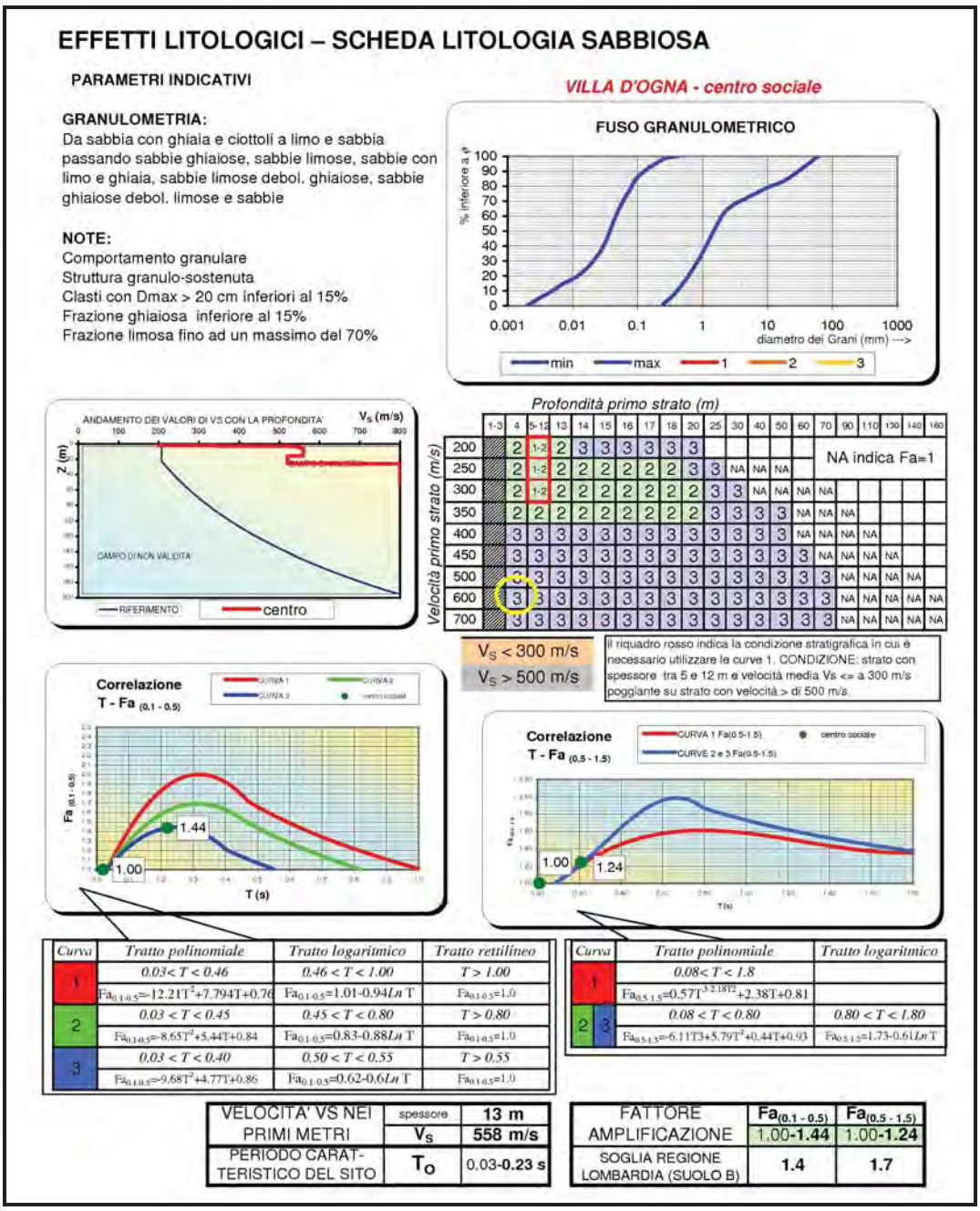
in grassetto evidenziato i casi che si riferiscono al presente studio

I diversi parametri vanno inseriti in specifiche schede predisposte da Regione Lombardia, le quali permettono di scegliere, in base alla litologia, all'andamento di V_S in profondità, allo spessore e alla velocità V_S nei primi metri di terreno, la curva più appropriata per valutare l'amplificazione negli intervalli 0,1÷0,5 s e 0,5÷1,5 s , in base al periodo proprio del sito T_0.

Il fattore di amplificazione F_A viene confrontato con i valori di soglia F_S predeterminati per ogni Comune dalla Lombardia, in funzione della categoria di sottosuolo, individuata secondo le prescrizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008). In questo modo si valuta se il valore di norma è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica ($F_A < F_S \pm 0,1$) o se esso non è sufficiente ($F_A > F_S \pm 0,1$). In

quest'ultimo caso, in fase di progettazione edilizia sarà necessario effettuare indagini sismiche più approfondite (*terzo livello*) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore, secondo un apposito schema.

Per il sito del nuovo centro sociale è qui compilata e riportata una scheda, che permette di seguire l'intera analisi che porta alla determinazione del fattore di amplificazione e al suo confronto con i fattori di soglia definiti dalla Regione e all'idoneità o meno dello spettro di risposta elastica di quella categoria di sottosuolo.



Tra le diverse schede litologiche proposte nei *Criteri*, è qui utilizzata la "*scheda litologia sabbiosa*" poiché l'andamento delle onde di taglio non rientra nel campo di validità di quella specifica per le ghiaie.

Sulla base dello spessore del terreno e della velocità V_S del primo strato superficiale (strato superficiale equivalente con V_S calcolata come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera i quattro metri di spessore), la curva che fornisce i fattori di amplificazione negli intervalli s 0,1÷0,5 e s 0,5÷1,5 è sempre quella con i fattori minori (numero 3 -blu).

Per ottenere il valore di amplificazione del terreno occorre utilizzare il periodo proprio del sito T_0. A tale proposito, oltre al valore calcolato sulla base della velocità V_S fino a profondità in cui esso diviene uguale o maggiore di 800 m/s, come indicano i *Criteri* regionali, è utilizzata anche la frequenza di risonanza del picco relativo allo stesso contrasto, ottenuta dalle indagini HVSR, poiché tale frequenza (e il suo inverso, che è il periodo di risonanza del sito) ha un significato analogo a quello del periodo proprio del sito T_0 della Normativa.

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \right)}$$

dove h_i e Vs_i sono lo spessore e la velocità dello strato i-

Occorre tra l'altro osservare che talvolta tale frequenza di risonanza non è quella che determina la massima amplificazione del sito e che sarebbe più corretto utilizzare anche i altri picchi significativi per le frequenze ingegneristiche (1÷10 Hz) rilevati con le prove HVSR.

In base al periodo proprio del sito, emerge che sia nell'intervallo s 0,1÷0,5, sia nell'intervallo s 0,5÷1,5 il sito del centro sociale risulta caratterizzato da fattori di amplificazione F_A ($1,0 < F_{A\ 0,1\text{-}0,5} < 1,44$; $1,0 < F_{A\ 0,5\text{-}1,5} < 1,24$) contenuti entro i fattori di soglia forniti dal database di Regione Lombardia (categoria di sottosuolo "B" $F_{S\ 0.1\text{-}0.5} = 1,4$ e $F_{S\ 0.5\text{-}1.5} = 1,7$).

Ciò significa che gli spettri di risposta elastica ottenuti con la Normativa (D.M. 14 gennaio 2008) per quella categoria di sottosuolo (B) sono sufficienti a garantire un'adeguata prevenzione nei confronti dell'amplificazione litologica nell'area di progetto del Centro Sociale.

------oooooo0oooooo------

4.12 – Carta della Fattibilità Geologica di Piano

(tavole 8, 9)

In conformità con i *Criteri* regionali, questa carta è redatta sia in scala 1:5.000 per l'intero territorio comunale sia in scala 1:2000 per la sola area urbanizzata, onde permettere una diretta sovrapposizione con l'azzonamento urbanistico. Per la redazione di queste carte sono state utilizzate come basi topografiche i rilievi alle scale 1:5.000 e 1:2.000 del Comune, entrambe realizzate da Canavesi S.r.l. nel 2000, aggiornati a cura del Progettista del P.G.T..

La "Carta della fattibilità geologica di Piano" rappresenta il documento finale sul quale si focalizza l'attenzione degli Amministratori e dei Cittadini; deve quindi essere 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 nel contempo 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. Questo elaborato deve essere utilizzato congiuntamente alle altre tavole (in particolar modo quella di sintesi) e alle "norme geologiche di piano", descritte nella pagine successive, che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, ecc.,).

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 della l.r. 12/05.

Sulla carta di fattibilità alla scala 1:10.000 è sovrasegnata con retinatura trasparente la zonazione di amplificazione sismica locale e il punto dove è stata effettuata l'indagine di secondo livello (Centro Sociale).

È opportuno sottolineare che la distinzione degli ambiti di diversa amplificazione sismica locale non ha influenza sull'attribuzione delle classi di fattibilità, ma ha solamente lo scopo di fornire indicazioni a riguardo dei fattori da considerare e delle indagini da effettuare in chiave sismica, ove necessarie, in fase di progettazione in conformità dei *Criteri* regionali e ai sensi del D.M. 14.01.2008.

Conformemente alle indicazioni di Regione Lombardia sono state distinte quattro classi di fattibilità, delle quali la prima senza particolari limitazioni, mentre le altre con grado di limitazione crescente dalla seconda alla quarta:

- **aree di fattibilità senza particolari limitazioni** (**1 - verde**): si tratta di aree per le quali non sono state individuate particolari situazioni di pericolosità geologica; per esse non vi sono

preclusioni o attenzioni di carattere geologico che in qualche modo possano limitarne l'utilizzo a fini insediativi e edilizi. Si tratta tutt'al più di prevedere, come dovrebbe essere opportuno comunque in qualsiasi luogo, quegli accorgimenti che consentano un corretto smaltimento delle acque reflue e una sistemazione dei terreni movimentati stabile e rispettosa dell'ambiente. In tali ambiti, come in ogni altra zona del territorio nazionale, le progettazioni e le costruzioni devono attenersi alle norme contenute nel D.M. 14 gennaio 2008.

Nel territorio di Villa d'Ogna tali zone comprendono una parte dei ripiani terrazzati fluvioglaciali sulla sponda sinistra del Serio, a Nord ed a Sud della confluenza del torrente Ogna, come l'area del centro storico di Ogna, peraltro già densamente urbanizzata. L'altra area comprende invece i quartieri residenziali delimitati da via Colleoni, via Battisti e via Terranini.

- **aree di fattibilità con modeste limitazioni** (**2 - giallo**): si tratta di ambiti in cui i terreni sono limosi o limo-argillosi (scarse qualità geotecniche); comprende anche aree in cui l'acclività del terreno è significativa ma rientra in valori accettabili (fino a 25° per i terreni e rocce deboli o fratturate e fino a 35° per rocce poco fratturate), senza che siano richieste particolari attenzioni nei confronti della stabilità del pendìo. Questi ambiti sono o possono essere interessati da fenomeni gravitativi ed erosivi di modesta entità o da forme sulle quali si è già intervenuti con valide sistemazioni, da piccoli smottamenti, da ruscellamenti e da ristagni d'acqua. Si tratta dunque 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 dove 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 finalizzati al singolo progetto edilizio.

Tali zone comprendono i terrazzi sulla sponda sinistra del Serio estendendosi fino sotto la località San Lorenzo e la Cunella. In particolare lungo il confine con Piario (località Bruseda), alcuni terreni ricadono nell'area di salvaguardia dei pozzi ad uso potabile: su queste superfici è ipotizzabile un'edificazione a basso impatto geoambientale con misure di salvaguardia delle acque sotterranee con scavi poco profondi e realizzazione di sistemi fognari speciali. Su tali aree è opportuno porre divieto allo svolgimento d'attività inquinanti agrozootecniche, industriali, artigianali e di quanto altro previsto dal D.P.R. 236/88 e dal T.U. sulle acque (D.Lgs.258/2000).

Sulla sponda destra del Serio, invece, sono incluse in questa classe di fattibilità buona parte dei terreni pianeggianti alluvionali, dalla località Gazza, a Nord, fino alla zona industriale dal quartiere Festi Rasini e a Sant'Alberto. All'esterno dell'area urbanizzata, tali ambiti sono meno diffusi. Le maggiori aree si individuano lungo il versante sudorientale della Cima Vaccaro, alle medie e alte quote; altri terreni sono stati individuati in valle Ogna e lungo il crinale che da Madonna di Senda arriva fino al Colle Blum.

- **aree di fattibilità con consistenti limitazioni** (**3 e 3a - arancione**): si tratta di zone interessate da erosione accelerata, da smottamenti e/o diffusi solchi di ruscellamento, da

deflussi disordinati delle acque superficiali, oppure rappresentano superfici sottostanti a scarpate rocciose o sponde instabili. Questa categoria comprende anche ambiti che possono essere investiti da esondazione di corsi d'acqua, dovute anche a inopportune modificazioni antropiche, o zone di esondazione o erosione fluviale difendibili con arginature. Sono qui comprese le superfici mediamente acclivi (fino a 35° per le terre e le rocce deboli e 45° per le rocce sane) e le aree di frana quiescente o stabilizzata. Rientrano in questa classe anche aree dove la falda acquifera è prossima alla superficie e può subire forti escursioni. Con la sottoclasse "**3a**" sono state distinte le aree dove si applicano le norme più restrittive indicate nell'Art. 9, commi 3, 6, 8 delle N.t.A. del P.A.I..

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, tali terreni possono essere resi edificabili solo con interventi specifici di notevole consistenza. Sono dunque necessari accurati e preventivi 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. 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.

Rientrano in questa classe il versante compreso tra la Chiesa di San Lorenzo fino alla via Arla, che può essere soggetto a stacco di blocchi (una volta terminata la posa di nuove reti paramassi in progetto si potrà pensare di riclassificare in parte o totalmente questi terreni) e i pendii erbosi alle spalle del centro storico di Ogna, affetti da moderata acclività.

Una fascia è stata individuata anche tra le vie Madre Teresa di Calcutta e XXV Aprile (strada per Piario), dove l'acclività dei terreni può dar luogo a piccoli fenomeni gravitativi (smottamenti).

In tale ambito rientrano anche diverse aree su entrambe le sponde del Serio, comprese tra il limite d'esondazione fluviale e la scarpata dei terrazzi fluvioglaciali. Queste aree possono essere rese o mantenute edificabili solamente in funzione della realizzazione di opere atte alla difesa da eventi di piena (arginature etc.) e/o al presidio continuo di queste opere ed all'analisi approfondita e risoluzioni in merito alla stabilità degli scoscendimenti a monte (area in corrispondenza della centrale S.E.R. in località Cunella e fasce individuate lungo la S.P. 49 a Sant'Alberto e a Gazza). Una delle aree di questo tipo si trova in sponda destra del Serio a valle di Case More: essa, già in buona parte occupata da insediamenti artigianali, è delimitata a fiume dalla depressione allungata e abbastanza ben marcata del solco di un alveo abbandonato.

Infine, sono incluse in questa classe anche le aree che sono direttamente o indirettamente interessate da canali di derivazione industriale e condotte idroelettriche, sia lungo il Serio (S.E.R., Vallalta, Geogreen), sia dal torrente Ogna (ENEL), poiché l'utilizzo in sicurezza di

questi terreni non può prescindere dal presidio e dalla manutenzione di queste opere. È stata così delimitata una fascia intorno alla condotta forzata ENEL tra via XXV Aprile e la centrale idroelettrica sul fondovalle; mentre altre aree sono state individuate in sponda destra del Serio, comprese tra il canale derivatore Vallalta (già Festi Rasini) e il Serio stesso. Tali limitazioni non sono completamente ridefinibili se non nel momento in cui venisse dismessa e smantellata la struttura idraulica. Su questa linea per la verità occorrerebbe anche ricordare che l'intero fondovalle del Serio (non solo in Villa d'Ogna) e i suoi affluenti principali e minori sono sottostanti ad un cospicuo numero di invasi idroelettrici la cui influenza reale (rilasci controllati) e potenziale (rotture) nel contesto dell'analisi geoambientale qui condotta e di fattibilità di Piano urbanistico non è considerata.

Altri ambiti si individuano all'esterno del paese lungo il versante che sale verso Parre, tra San Lorenzo e la centrale ENEL dell'impianto "Ogna Superiore", lungo il crinale che da Madonna di Senda arriva fino al Colle Blum e in alcuni settori in sinistra idrografica dell'Ogna. In tutti questi casi la limitazione è dovuta principalmente all'acclività del versante che può originare fenomeni gravitativi di una certa entità.

Per i terreni compresi nella classe 3 di fattibilità geologica, quando ammessa, è ipotizzabile un'edificazione di basso impatto sul terreno: qui in genere l'acclività delle superfici richiede la scelta di edificazioni più aderenti al profilo stesso del pendio, con il contenimento delle altezze e delle ampiezze degli scavi di sbancamento, per non alterare negativamente le condizioni statiche dei terreni stessi.

Nelle zone di rispetto dei pozzi (terreni in località Bruseda lungo il confine con Piario) e delle sorgenti è ipotizzabile un'edificazione a basso impatto geoambientale con misure di salvaguardia delle acque sotterranee: scavi poco profondi e realizzazione di sistemi fognari speciali. È opportuno porre divieto allo svolgimento d'attività inquinanti agrozootecniche, industriali, artigianali e di quanto altro previsto dal D.P.R. 236/88 e dal T.U. sulle acque (D.Lgs.258/2000).

Diversi ambiti inclusi in **classe 3a** si trovano sul fondovalle seriano, in fregio al fiume stesso. Tali aree rientrano nella classe di *pericolosità di esondazione elevata* (Eb) del P.A.I.. Tale delimitazione riprende lo studio eseguito da CNR-IRPI di Torino per conto di Regione Lombardia (Progetto Strategico n° 5.3.1 volto alla definizione delle zone a rischio idrogeologico alla scala di sottobacino idrografico all'interno del quale l'alta Valle Seriana è stata scelta come area campione unitamente ad altre zone) che ha individuato tali fasce seguendo soprattutto il criterio geomorfologico e consultando archivi storici di vari enti pubblici. Per questi ambiti nuovi insediamenti sono prevedibili solo dopo aver realizzato nuovi argini spondali, soprattutto nel tratto compreso tra i parcheggi del Gruppo Tessile Radici fino al ristorante "Il Moro". Prima di tali trasformazioni sarà necessario ridelimitare le fasce di esondazione in una nuova carta del dissesto P.A.I. e trasmessa all'Autorità di Bacino per la sua approvazione. Va inoltre sottolineato che nell'area compresa tra i parcheggi del Gruppo Tessile Radici e il ristorante "Il Moro" (Comune di Parre), la falda acquifera è prossima alla superficie e può subire forti escursioni.

Altre aree sono state individuate alla base dei terrazzi fluvioglaciali che bordano il fondovalle seriano: in questo caso si tratta di ambiti dove sono possibili sporadici stacchi di blocchi dalle scarpate conglomeratiche soprastanti, classificate come *frane quiescenti (Fq)* all'interno del "Quadro con legenda uniformata P.A.I." (GEOTER, 2003). Un'altra fascia è stata delimitata tra la via XXV Aprile e la strada di Senda (corpo di frana quiescente). Infine, rientra in questa classe anche la conoide sospesa a monte della S.P. 49 (Cascina Buschè), identificata come *conoide parzialmente protette (Cp)* nel P.A.I..

Per tutte queste aree devono essere applicate le norme più restrittive contenute nell'articolo 9 delle N.t.A del P.A.I., nei commi 3, 6 e 8.

- aree di fattibilità con gravi limitazioni (**4 - rossa**): questa classe comprende: i pendìi eccessivamente acclivi (ß > 35° per le terre; ß > 45° per le rocce); le aree soggette a diffusi e cospicui distacchi di blocchi o a crolli di masse rocciose; le zone interessate direttamente o indirettamente da movimenti franosi attivi o quiescenti; i terreni carsici interessati da forme ipogee, dove sono possibili crolli di cavità sotterranee e apertura di voragini; le zone di pertinenza dei corpi idrici superficiali e le loro fasce di esondazione. Sono qui comprese anche le zone di tutela assoluta delle sorgenti e dei pozzi (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 D.G.R. 10 aprile 2003, n. 7/12693, All.1, cap.2).

In questa categoria sono comprese vaste aree di territorio montano che, pur non soggette a particolare dinamica evolutiva geologica o a dissesti, dunque scevre da significativi ed evidenti fattori di pericolosità geologica, tuttavia per i loro caratteri morfologici ed ambientali non mostrano comunque convenienza ad essere utilizzate. In questa ottica la carta di fattibilità 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 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).

Per tutte le aree comprese in classe 4 di fattibilità geologica è da escludere nuova edificazione, ad eccezione di volumi tecnici di limitato impatto, opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica e alla messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente la demolizione senza ricostruzione, ovvero interventi di recupero del patrimonio edilizio, limitati a manutenzioni ordinarie e straordinarie, restauri conservativi e adeguamenti igienici, come definiti dall'articolo 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05 senza incremento di superficie o volume e senza incremento del carico insediativo. Sono consentiti i lavori necessari per l'adeguamento di tali edifici alla normativa antisismica.

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.

Nelle aree in classe 4 di fattibilità corrispondenti a situazioni di elevato rischio (a Villa d'Ogna al momento non se ne ravvisano), la l.r.12/05 prevede la possibilità di delocalizzazione di strutture e nuclei abitativi o, nell'impossibilità, l'obbligatoria predisposizione di piani di Protezione Civile, anche con l'attivazione di idonei sistemi di monitoraggio che permettano di controllare l'evoluzione del fenomeno e la gestione dell'allarme.

In questa classe rientrano le fasce di pertinenza dei corpi idrici superficiali (alvei), del fiume Serio e del torrente Ogna oltre che gli impluvi minori normati dal P.A.I. e/o dal R.I.M. (Reticolo Idrico Minore). In particolare lungo il Serio sono state delimitate delle fasce che tengono conto di un franco di livello idraulico di circa quattro metri rispetto al centro dell'alveo, ritenuto misura di sufficiente sicurezza in base a calcoli idraulici e in base ad osservazioni sulle tracce lasciate degli eventi alluvionali maggiori. Questo limite per altro è tracciato non solo tenendo conto del livello idrometrico di piena del fiume, ma anche della dinamica del fiume, in rapporto alla forma e alla consistenza delle sponde che lo racchiudono (criterio geomorfologico).

In classe di fattibilità 4 sono anche le scarpate morfologiche che delimitano inferiormente i terrazzi fluvioglaciali e la parte terminale del torrente Ogna, dove possono manifestarsi stacchi di blocchi e altri fenomeni gravitativi (smottamenti, frane). A oggi tali fenomeni mostrano una sostanziale quiescenza (in effetti sono classificati nel P.A.I. come tali), ma comunque va loro prestata una certa attenzione per la possibilità che si possano riattivare. Particolarmente delicata è la situazione lungo l'Ogna: il torrente, che ha inciso gli stessi banconi conglomeratici, ha determinato scarpate molto ripide, quasi aggettanti, la cui stabilità rimane abbastanza delicata anche dopo che in alcuni punti sono stati realizzati lavori di consolidamento.

Anche a monte dell'area artigianale della Cunella è stata delimitata una fascia in classe 4, dove in un piccolo impluvio, non regimato e asciutto per buona parte dell'anno, si possono verificare improvvise inondazioni e modesti trasporti di materiale detritico.

Per gli scadenti caratteri tecnici del terreno e per la presenza d'importanti fenomeni gravitativi ed erosivi, è inclusa in questa classe anche la valletta che da San Lorenzo scende al torrente Ogna.

Sono in classe di fattibilità 4 anche i ripidi versante del monte Fortino e della Cima Vaccaro all'esterno dell'abitato e dell'area industriale: in questi ambiti, caratterizzati localmente da forti pendenze (scarpate rocciose subverticali), sono frequenti fenomeni di stacco e accumulo di blocchi eterometrici, spesso accompagnati da smottamenti e decorticamenti superficiali. Le medesime problematiche si presentano anche lungo il fianco sinistro della valle dell'Ogna, a cui possono associarsi fenomeni erosivi e gravitativi minori (smottamenti e decorticamenti superficiali). Infine, in questa classe rientra anche la frana a monte della strada di Senda.

Il rispetto e la regimazione degli alvei che solcano le conoidi, in presenza di insediamenti antropici, sono una precauzione indispensabile, così come una particolare cura deve essere posta nelle sistemazioni dei bacini a monte.

La cura dei boschi e delle antiche sistemazioni agricole è un aspetto non trascurabile nella prevenzione del degrado del territorio, soprattutto per quanto riguarda la stabilità dei versanti a maggior pendenza, che sono più facilmente soggetti ai fenomeni erosivi e gravitativi. In alcune situazioni è necessario provvedere ad opere di regimazione delle acque superficiali (come, ad esempio, all'apice della conoide del Buschè), previa attuazione di specifici studi geologici.

strada provinciale n.49 loc Gazza 5 dicembre 2008 ore 20:00

5 – Osservazioni conclusive

Il territorio di Villa d'Ogna, nonostante sia poco esteso, presenta una notevole ricchezza di paesaggi geologici e ambientali. L'elemento prevalente è sicuramente il fiume Serio, con le particolarità qui aggiunte dalla confluenza del torrente Ogna e dall'apprezzabile estensione e continuità dei terrazzi fluvioglaciali quaternari, che con le loro articolazioni danno significato allo sviluppo urbanistico e socioeconomico del paese, ricchezza al contesto paesaggistico e una precisa scansione dell'ambiente geologico naturale.

Il territorio di Villa d'Ogna nel complesso non è affetto da gravi problematiche geologiche, anche se lo sviluppo dei diversi insediamenti che fin qui lo hanno interessato mostra qualche punto di contraddizione con l'ambiente geologico (soprattutto sulla piana fluviale del Serio). D'altra parte vi sono ancora aree che hanno buoni caratteri geologici, adatte all'urbanizzazione (aree comprese tra la via Colleoni e la provinciale per Nasolino, zona della Cunella e diverse altre aree comprese tra via S.S. Trinità e il ciglio del terrazzo fluvioglaciale sulla sponda destra dell'Ogna), in qualche caso, per l'appunto, molto meglio di quanto non lo siano altre già edificate.

Le maggiori modificazioni antropiche riguardano la conoide dell'Ogna e la zona di fondovalle. Qui l'edificazione ha occupato aree anche troppo vicine ai cigli delle scarpate del terrazzo fluvioglaciale, come, come a fianco della via Provinciale, oppure ha interessato terreni potenzialmente a rischio di inondazione (area artigianale di Sant'Alberto). Alcune situazioni di rischio sono introdotte dalla presenza di strutture idrauliche e idroelettriche (canali) e da "forzature" della dinamica fluviale (Fasti Rasini) o da livellamenti in fregio ai corsi d'acqua che possono interagire negativamente con il sistema fluviale (zone di espansione di piena).

Occorre anche sottolineare che la limitata estensione del territorio di Villa d'Ogna e la sua particolare posizione ai piedi dei rilievi e nel tratto finale di un grosso bacino imbrifero, qual è quello dell'Ogna, comporta il fatto che importanti elementi geologici non siano in esso compresi interamente e che, essendo la pianificazione gestita (a nostro avviso inopportunamente) a livello comunale anziché a livello di bacino, non si possa intervenire per la sistemazione o la prevenzione in termini normativi locali e con gestione univoca, autonoma e rapidamente efficace. È anche il caso del fiume Serio, ma è soprattutto quello della valle dell'Ogna, che gravita proprio sul paese, e delle risorse idropotabili, che Villa d'Ogna capta principalmente in territorio di Oltressenda Alta, dove purtroppo si sta assistendo da alcuni anni ad uno sviluppo urbanistico problematico per la salvaguardia di questa risorsa.
Sull'altro lato Villa d'Ogna ha nel suo perimetro una importante zona acquifera, cioè quella dei pozzi sulla sponda sinistra del Serio nei pressi di Piario, per la quale ha limitazioni d'uso del proprio territorio, ma non certo un approvvigionamento idrico molto vantaggioso. Evidentemente sono problematiche che nascono da un'eccessiva frammentazione e a volte da una sovrapposizione a vari livelli di competenze gestionali del territorio e delle risorse, ma che già all'origine vengono complicate dalla dimensione troppo ristretta degli ambiti amministrativi comunali.

Oltre al fiume, una risorsa naturale non trascurabile dell'area è quella agricola, in stretta connessione con quella naturalistica e paesaggistica: si tratta di elementi indispensabili per il mantenimento di equilibri ambientali, già per altro sensibilmente compromessi in alcune zone del territorio di Villa d'Ogna, che è necessario preservare laddove presentano ancora intatta la loro fisionomia, rappresentando essi anche una forte attrattiva turistica.

5.1 – Prevenzione sismica

Villa d'Ogna è classificato in "**ZONA 4**" di sismicità, pertanto in fase di pianificazione territoriale un approfondimento di carattere sismico secondo la normativa regionale vigente al momento della redazione del presente studio è richiesto solamente nel caso in cui si prevedano **edifici strategici o sensibili**, definiti ai sensi della D.d.u.o. 21 novembre 2003; n.19904; invece in fase progettuale resta inteso che per la costruzione di qualsiasi edificio e di altre opere edili valgono le prescrizioni tecniche antisismiche dettate dal D.M. 14 gennaio 2008 e sue successive modifiche e integrazioni.

Con la carta degli scenari di pericolosità sismica si individuano gli ambiti in cui possono verificarsi amplificazioni degli effetti dovuti a un eventuale sisma, distinguendo in particolare le aree franose di vario tipo, che riguardano soprattutto i versanti più acclivi del monte Fortino, del Crapet e della Cima di Vaccaro, e le aree in cui è possibile amplificazione litologica, che invece caratterizzano proprio il fondovalle seriano e i terrazzi fluvioglaciali, dove si trova praticamente la totalità degli insediamenti residenziali e produttivi.

L'approfondimento di indagine di ***secondo livello*** nel sito del previsto nuovo Centro Sociale, presso l'oratorio di Villa d'Ogna, ha dimostrato che in questo caso è sufficiente applicare lo spettro di risposta indicato dalla normativa per quelle litologie (D.M. 14 gennaio 2008): infatti i fattori di amplificazione Fa calcolati risultano minori dei valori di soglia forniti da Regione Lombardia per il territorio di Villa d'Ogna.

Per la progettazione e la costruzione di edifici "strategici o sensibili" nelle altre zone del territorio comunale soggette ad amplificazione sismica Z3 (amplificazioni topografiche) e Z4 (amplificazioni litologiche e geometriche), nelle quali non sia già stato effettuato, deve essere svolto uno studio di **2° livello**, come definito nei *Criteri* (D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374), che prevede specifiche indagini geofisiche in sito finalizzate alla stima della velocità delle onde sismiche di taglio $Vs_{(30)}$ e la conseguente determinazione sperimentale del fattore di amplificazione Fa.

Nei casi in cui tale Fa calcolato risulta **inferiore** al valore Fa di soglia, predefinito per il territorio di Villa d'Ogna (cfr. tabella seguente), quest'ultimo è da ritenersi sufficiente per la prevenzione degli effetti di amplificazione sismica locale.

FATTORE Fa DI SOGLIA PER GLI EDIFICI DA UNO A CINQUE PIANI FUORI TERRA:

Fa = 1,0 per le rocce e altri suoli di tipo A
Fa = 1,4 per i suoli di tipo B
Fa = 1,8 per i suoli di tipo C
Fa = 2,2 per i suoli di tipo D
Fa = 2,0 per i suoli di tipo E

FATTORE Fa DI SOGLIA PER GLI EDIFICI PIÙ ALTI DI CINQUE PIANI FUORI TERRA:

Fa = 1,0 per le rocce e altri suoli di tipo A
Fa = 1,7 per i suoli di tipo B
Fa = 2,4 per i suoli di tipo C
Fa = 4,2 per i suoli di tipo D
Fa = 3,1 per i suoli di tipo E

Nei casi in cui Fa calcolato sia **superiore** a Fa di soglia, predefinito per il territorio di Villa d'Ogna (cfr. tabella sopra), si deve procedere all'analisi e all'approfondimento sismico di **3° livello**, conformemente a quanto indicato dai *Criteri* (D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374); in alternativa, si deve utilizzare lo spettro definito dalla normativa come caratteristico della categoria di suolo superiore, secondo il seguente schema:

- *anziché lo spettro della categoria di suolo B, si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente, si utilizzerà lo spettro di categoria di suolo D;*
- *anziché lo spettro della categoria di suolo C, si utilizzerà quello della categoria di suolo D;*
- *anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.*

per la progettazione di edifici "strategici e sensibili" che ricadono nelle zone Z1 (instabilità dei versanti), indicate dalla retinatura sovrapposta alla Carta di Fattibilità Geologica di Piano, deve essere applicato direttamente l'approfondimento di **3° livello** previsto dai *Criteri* attuativi (D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374).

È vietato costruire "edifici stategici e sensibili" nelle zone Z5 (contatto stratigrafico tra litotipi con differenti caratteri fisico-meccanici), indicate dagli elementi lineari sovrapposti alla Carta di Fattibilità Geologica di Piano, fatto salvo i casi in cui si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

6 – 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. 28 maggio 2008 n.8/7374 - "*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*".

EDILIZIA, INGEGNERIA

D.M. 14 gennaio 2008 - "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*" e "*Proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni finali urgenti"*

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*".

ACQUE SUPERFICIALI

D.G.R. 1 agosto 2003 n°7/13950, **"** *Modifica della D.G.R. 25 gennaio 2002, n.7/7868 - Determinazione del Reticolo Idrico Principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il Reticolo Idrico Minore come indicato dall'art. 3, comma 114 della L.r. 1/2000. Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica***".**

D.G.R. 12 aprile 2002 n°7/8743, **"** *Rettifica del dispositivo di cui al punto 1 dell'allegato C alla d.g.r. n°7/7868 del 25 gennaio 2002***".**

D.G.R. 25 febbraio 2002 n°7/7868, "*Determinazione del Reticolo Idrico Principale. Trasfe-rimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il Reticolo Idrico Minore come indicato all'art. 3 comma 114 della L.r.; 1/2000 – Determinazione dei canoni regionali di polizia 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'indivi-duazione del Reticolo Idrico Principale**.**

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.

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

TUTELA DELLE ACQUE AD USO POTABILE

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

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 l, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128*".

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

GeoTer
dott.geol. Daniele Ravagnani
dott.geol. Sergio Santambrogio

con la collaborazione di
dott.geol. Dennis Bonetti

Ardesio, 27 novembre 2009.

INDICAZIONI GEOLOGICHE PER IL PIANO DELLE REGOLE

L'intero territorio di Villa d'Ogna è stato oggetto di uno studio delle sue peculiari caratteristiche geologiche, ai sensi della L.r. 11 marzo 2005, n°12 e della D.G.R. 22 dicembre 2005, n° 8/1566; tale studio (GeoTer, 2009) si compone di una relazione illustrativa e di nove tavole tematiche, che documentano analiticamente la consistenza fisica del suolo e del sottosuolo, nonché gli aspetti evolutivi e che li riguardano.

Ogni iniziativa di trasformazione e di uso del suolo a fini insediativi è subordinata al rispetto delle corrispondenti classificazioni contenute nella carte di fattibilità geologica di Piano, in scala 1:2.000 e 1:5.000, allegate al presente Piano delle Regole; esse sono costituite da due fogli che coprono l'estensione del territorio comunale normata dal P.G.T. di Villa d'Ogna.

In generale, gli ambiti del territorio comunale che rientrano nelle diverse classi di fattibilità e che dunque evidenziano, in misura diversa, problematiche di tipo geologico, idrogeologico o sismico, dovranno essere oggetto di indagini di diverso e specifico tipo, a seconda dei casi e a vari gradi di approfondimento, e di relazioni geologiche e/o geotecniche particolareggiate, predisposte da Tecnici abilitati, le quali chiariscano ed esplicitino il tipo di problematica geologica o di pericolosità in essere, nonché gli interventi di sistemazione e di bonifica atti a limitare o eliminare il rischio, oltre che le cautele di ordine progettuale da adottare in fase di attuazione degli interventi.

Oltre agli obblighi previsti dalla normativa vigente in materia di costruzioni e di relative caratterizzazioni geotecniche, per le aree con "*modeste limitazioni*" nelle carte di fattibilità geologica di Piano (**Classe 2**) è necessario corredare i progetti edilizi con una **relazione geologica** che, individuata la problematica del sito, indirizzi e motivi adeguatamente le scelte progettuali.

Nelle aree con "*consistenti limitazioni*", individuate nelle carte di fattibilità geologia di Piano con le **classi 3**, i corrispondenti progetti edilizi potranno essere assentiti solo in subordine alla **preventiva approvazione di un progetto esecutivo di consolidamento dei terreni e/o di stabilizzazione dei pendii e/o di difesa e messa in sicurezza e/o di bonifica dei luoghi**, secondo i casi, da esaminare da parte della Commissione Edilizia separatamente da quello edilizio e preliminarmente allo stesso: per gli ambiti individuati dalla classe **3a** ogni intervento di trasformazione dovrà essere preceduto e supportato da uno **studio che qualifichi e illustri in dettaglio il quadro idrogeologico dell'area**.

Più in dettaglio le indicazioni prescrittive per le attenzioni di carattere geologico e idrogeologico da adottare ai sensi della L.r. 11 marzo 2005, n°12 e della D.G.R. 22 dicembre 2005, n° 8/1566 sono le seguenti:

FATTIBILITÀ GEOLOGICA SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI (**classe 1**)

In queste aree, nelle quali non sono state individuate significative situazioni di pericolosità geologica, le progettazioni e le relative costruzioni sono oggi normalmente sottoposte solamente alle norme del D.M. 14 gennaio 2008.

FATTIBILITÀ GEOLOGICA CON MODESTE LIMITAZIONI **(classe 2)**

Per questi ambiti la situazione geologica ha una discreta 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 appoggiate da accertamenti geologici di fattibilità finalizzati al singolo progetto edilizio, oltre che dalle normali verifiche geotecniche ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008. Per la trasformazione delle aree di "conoide protetta" che ricadono in questa classe di fattibilità (indicate con "Cn" nel "*Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I.*") sono da prevedere opere di difesa preventiva e sono da evitare aperture rivolte a monte della conoide e a livello o più basse del piano di campagna.

Nelle zone di rispetto dei pozzi (confine con Piario), delimitate ai sensi del D.lgs. 11.05.1999, n.152, integrato dal D.lgs. 18.08.2000, n.258, art. 21 commi 1, 3, 4 e 7 e con riferimento alla D.G.R. 10.04.2003, n. 7/12693, All.1, cap.2, è necessaria l'adozione di misure atte alla salvaguardia delle acque sotterranee ai sensi del D.G.R. 10.04.2003, n. 7/12693 e del D.P.R. 236/88 (e successive modifiche)

FATTIBILITÀ GEOLOGICA CON CONSISTENTI LIMITAZIONI (3)

Premesso che anche in questi ambiti i fattori di pericolosità possono essere mitigati e superati, fino a ricondurre la situazione alla normalità, tuttavia la tipologia e l'ampiezza dei fenomeni richiedono interventi di notevole consistenza, che debbono essere definiti mediante studi e progettazioni specifiche a livello di intero comparto. Sono dunque necessari accurati approfondimenti di indagine geologica e/o idraulica, con conseguente progettazione e realizzazione di lavori dedicati alla difesa, al consolidamento, alla bonifica o al riordino idraulico e idrogeologico, ove necessario anche per l'esistente, e con eventuale attivazione di adeguati sistemi di monitoraggio. Tale specifica progettazione e la messa in sicurezza delle aree devono necessariamente precedere e conformare la realizzazione degli interventi edili, ferma restando l'applicazione delle norme di carattere geotecnico contenute nel Testo Unico sulle Costruzioni D.M. 14.01.2008;

- nelle zone di rispetto dei pozzi e delle sorgenti, delimitate ai sensi del D.lgs. 11.05.1999, n.152, integrato dal D.lgs. 18.08.2000, n.258, art. 21 commi 1, 3, 4 e 7 e con riferimento alla D.G.R. 10.04.2003, n. 7/12693, All.1, cap.2, è necessaria l'adozione di misure atte alla salvaguardia delle acque sotterranee ai sensi del D.G.R. 10.04.2003, n. 7/12693 e del D.P.R. 236/88 (e successive modifiche). Oltre a questo, ogni trasformazione urbanistica e edilizia deve considerare eventuali forme di evoluzione geologica e/o di dissesto presenti nell'area di interesse e nei suoi dintorni che possano interferire.

- per le aree con sensibile acclività del terreno devono essere considerate soluzioni progettuali adatte a ridurre l'incidenza degli scavi e/o realizzare opportuni e preventivi lavori di consolidamento dei terreni e/o dell'ammasso roccioso, ai sensi del D.M. 14.01.2008;

- per le aree soggette a ristagni d'acqua è necessario eseguire approfondimenti di studio di carattere idrogeologico, al fine di progettare e realizzare adeguati sistemi di drenaggio, e di tipo geotecnico per la sicura progettazione delle strutture di fondazione, poiché è possibile che debbano essere adottate fondazioni speciali e accorgimenti progettuali per contrastare gli effetti di eventuali cedimenti;

- per le trasformazioni da effettuare nelle aree caratterizzate da lieve instabilità del pendio (smottamenti, decorticamenti, soliflusso, terrazzette da pascolo) e/o fenomeni di erosione superficiale dovranno prevedersi preventivi lavori di consolidamento, atti a migliorare la stabilità del pendio stesso, e opere di protezione dall'erosione, anche ricorrendo a tecniche di ingegneria naturalistica;

- per costruire nelle aree che presentano terreni di scadente qualità geotecnica (terreni a prevalente composizione argillosa/limosa e/o con scarso drenaggio) dovranno essere effettuati specifici studi geotecnici per definire la tipologia di fondazione da adottare;

- per interventi di trasformazione nelle aree caratterizzate da franosità quiescente, normate nel *"Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I."* (classe **3a**), si applicano le norme più restrittive indicate dall'articolo 9, comma 3 delle N.d.A. del P.A.I. (cfr. www.adbpo.it); inoltre devono essere effettuati studi idrogeologici e geotecnici di approfondimento, al fine di evitare una riattivazione del dissesto stesso; ove necessario, nel corso e per un congruo periodo oltre il termine dei lavori, deve condursi un monitoraggio per verificare il mantenimento del grado di stabilità dell'area;

- per le aree soggette a pericolosità elevata di esondazione (classe **3a -** fasce "Eb" nel *"Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I."*) si applicano le norme più restrittive indicate dall'articolo 9, comma 6 delle N.d.A. del P.A.I. (cfr. www.adbpo.it); sono ammese la realizzazione di opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio;

- nelle aree soggette a pericolosità elevata di esondazione (classe **3a -** aree "Cp" nel "*Quadro del dissesto con legenda uniformata P.A.I.*") si applicano le norme più restrittive indicate dall'articolo 9, comma 8 delle N.d.A. del P.A.I. (cfr. www.adbpo.it); sono altresì ammesse la realizzazione di opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio.

FATTIBILITÀ GEOLOGICA CON GRAVI LIMITAZIONI (4)

Per tutte le aree comprese in classe 4 di fattibilità geologica è da escludere nuova edificazione, ad eccezione di opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica e alla messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente lavori di demolizione senza ricostruzione oppure interventi per il recupero del patrimonio edilizio esistente, limitati a manutenzioni ordinarie e straordinarie, restauri conservativi e adeguamenti igienici, come definiti dall'articolo 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05 senza incremento di superficie o volume e del carico insediativo. Sono consentite le opere necessarie per l'adeguamento di tali edifici alla normativa antisismica.

Nelle situazioni più gravi di pericolo è necessario prevedere il trasferimento dei nuclei abitativi o, se questo non fosse possibile, dovranno essere predisposti idoneo piani di Protezione Civile, con l'attivazione di adeguati sistemi di monitoraggio che permettano di controllare l'evoluzione del fenomeno e di gestire l'allarme.

Nelle zone in classe 4 di fattibilità è consentita la realizzazione di infrastrutture e reti pubbliche e di interesse pubblico, qualora non altrimenti localizzabili; tali opere dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione sia della tipologia del quadro geologico in atto sia del grado di rischio connesso. Perciò alle istanze sottoposte all'approvazione del Comune, deve essere allegata una relazione geologica e/o geotecnica e/o idraulica che dimostri la compatibilità degli interventi proposti con la situazione di pericolosità geologica. Nelle aree di classe 4 di fattibilità è altresì consentita la realizzazione di lavori di bonifica, consolidamento e messa in sicurezza dei siti.

PRESCRIZIONI DI PREVENZIONE SISMICA

Villa d'Ogna è classificato in "**ZONA 4**" di sismicità, pertanto in fase progettuale per la costruzione di qualsiasi edificio e di altre opere edili valgono le prescrizioni tecniche antisismiche dettate dal D.M. 14 gennaio 2008 e sue successive modifiche e integrazioni. In particolare la Circolare LL.PP. n.617 del 02.02.2009 "*Istruzioni per l'applicazione delle N.T.C. di cui al D.M. 14 gennaio 2008*" chiarisce che per qualsiasi edificio, e non solo per quelli definiti "strategici o sensibili", deve essere effettuata una verifica sismica puntuale.

Per la progettazione e la costruzione di edifici "strategici o sensibili", definiti ai sensi della D.d.u.o. 21 novembre 2003, n.19904, nelle zone di amplificazione sismica Z3 (amplificazioni topografiche) e Z4 (amplificazioni litologiche e geometriche) dove non sia già stato effettuato un approfondimento sismico, deve essere svolto uno studio di **2° livello**, come definito nei *Criteri* (D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374), che comprende lo svolgimento di specifiche indagini geofisiche in sito finalizzate alla stima della velocità delle onde sismiche di taglio $Vs_{(30)}$ e la conseguente determinazione sperimentale del fattore di amplificazione Fa.

Nei casi in cui Fa calcolato risulta **inferiore** al valore Fa di soglia, predefinito per il territorio di Villa d'Ogna (tabella seguente), quest'ultimo è da ritenersi sufficiente per la prevenzione degli effetti di amplificazione sismica locale:

FATTORE Fa DI SOGLIA PER GLI EDIFICI DA UNO A CINQUE PIANI FUORI TERRA:

Fa = 1,0 per le rocce e altri suoli di tipo A
Fa = 1,4 per i suoli di tipo B
Fa = 1,8 per i suoli di tipo C
Fa = 2,2 per i suoli di tipo D
Fa = 2,0 per i suoli di tipo E

FATTORE Fa DI SOGLIA PER GLI EDIFICI PIÙ ALTI DI CINQUE PIANI FUORI TERRA:

Fa = 1,0 per le rocce e altri suoli di tipo A
Fa = 1,7 per i suoli di tipo B
Fa = 2,4 per i suoli di tipo C
Fa = 4,2 per i suoli di tipo D
Fa = 3,1 per i suoli di tipo E

Nei casi in cui Fa calcolato sia **superiore** a Fa di soglia, predefinito per il territorio di Villa d'Ogna (tabella sopra), si deve procedere all'analisi e all'approfondimento sismico di **3° livello**, conformemente a quanto indicato dai *Criteri* (D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374); in alternativa, si deve utilizzare lo spettro definito dalla normativa come caratteristico della categoria di suolo superiore, secondo lo schema seguente:

- *anziché lo spettro della categoria di suolo B, si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente, si utilizzerà lo spettro di categoria di suolo D;*
- *anziché lo spettro della categoria di suolo C, si utilizzerà quello della categoria di suolo D;*
- *anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.*

per la progettazione di edifici "strategici e sensibili" che ricadono nelle zone Z1 (instabilità dei versanti), indicate dalla retinatura sovrapposta alla Carta di Fattibilità Geologica di Piano, deve essere applicato direttamente l'approfondimento di **3° livello** previsto dai *Criteri* attuativi (D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374).

È vietato costruire "edifici stategici e sensibili" nelle zone Z5 (contatto stratigrafico tra litotipi con differenti caratteri fisico-meccanici), indicate dagli elementi lineari sovrapposti alla Carta di Fattibilità Geologica di Piano, fatto salvo i casi in cui si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

------oooooo0oooooo------

BIBLIOGRAFIA

La bibliografia scientifica ufficiale, di seguito riportata, è stata reperita presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano, il Museo di Scienze Naturali "E. Caffi" di Bergamo e il Museo Civico di Storia Naturale di Milano.

Nel presente lavoro si è fatto riferimento, oltre che alla bibliografia scientifica ufficiale, che risulta di carattere piuttosto generale, poco dettagliata e non specifica per lo scopo del lavoro, ad una serie di lavori di carattere geologico, geotecnico ed idrogeologico già eseguiti per il territorio di Villa d'Ogna e per i comuni limitrofi.

Altri dati sono stati reperiti presso gli archivi comunali e Regione Lombardia (relazioni di sopralluogo del Servizio Geologico, interventi dello S.T.A.P. e dei LL.PP., "Carta Inventario dei Dissesti" e documentazione relativa al P.A.I.).

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. (2002) – *Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia*, B.U.R.L. n.31, edizione speciale, Regione Lombardia.

AA. VV. (2002) – *SIRVAL Sistema Informativo Regionale Valanghe, scala 1:25.000*, Regione Lombardia.

AA.VV. - *Relazioni geotecniche e relazioni idrogeologiche*. - Archivio dell'Ufficio Tecnico del Comune di Villa d'Ogna.

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.

CERIANI M., CARELLI M. (2000) – *Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo* – Regione Lombardia, Milano.

CNR-IRPI Torino e IRER (2000 - Inedito) – *Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici* – Regione Lombardia, Milano.

DE JONG K.A. (1979) - *Overthrust in the Central Bergamasc Alps* - Italy - Geol. en Mijnbouw , 58, pp. 277-288, Roma.

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.

FORCELLA F. (1988) - *Assetto strutturale delle Orobie Orientali tra la Val Seriana e la Val Camonica* - Rend. Soc. Geol. It., 11 (1988), pp.269-278, 9 ff.

FURLANETTO D. (1986) – *La Valle del Freddo* – Istituzioni e Territorio, I, 3, Luglio-Agosto pp 20-24, Provincia di Bergamo, Bergamo.

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.

GEOTER (1991) - *Studio geologico di supporto al Piano Regolatore Generale* - Comune di Villa d'Ogna.

GEOTER (1992) – *Studio idrogeologico delle sorgenti Pur, valle dell'Ogna.* - Comune di Villa d'Ogna.

GEOTER (2001) - *Studio geologico di supporto al Piano Regolatore Generale.* - Comune di Villa d'Ogna.

GEOTER (2003) - *Studio geol.supp. P.R. G.: Adeguamento art.18 N.d.A. P.A.I.* - Comune di Villa d'Ogna.

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.

JADOUL F., POZZI R., PESTRIN S., 1985 – *La sorgente Nossana: inquadramento geologico e idrogeologico (Valle Seriana, Prealpi Bergamasche)* – Riv. Mu. Civ. St. Nat, Bergamo, n.9, pp. 129-140, Bergamo.

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.*

PAGANONI A. & ZAMBELLI R. (1981) - *Catalogo delle grotte del settore bergamasco* - Riv. Mu. Civ. St. 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.

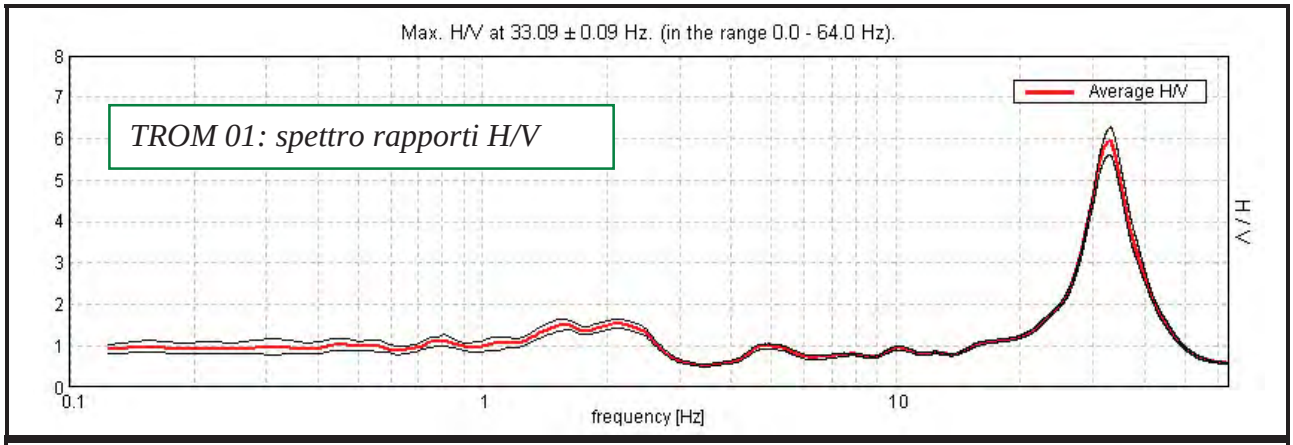
REGIONE LOMBARDIA, COMUNITA' MONTANA VALLE SERIANA SUP., 1992 – *Progetto carte geoambientali* – Milano, 1992.
SCHONBORN G., 1992 – *Alpine tectonics and kinematics models of the Central Southern Alps* – Mem. Ist. Geol. e Min. Un. Padova, vol. XLIV, pp. 229-393, Padova.

ALLEGATI

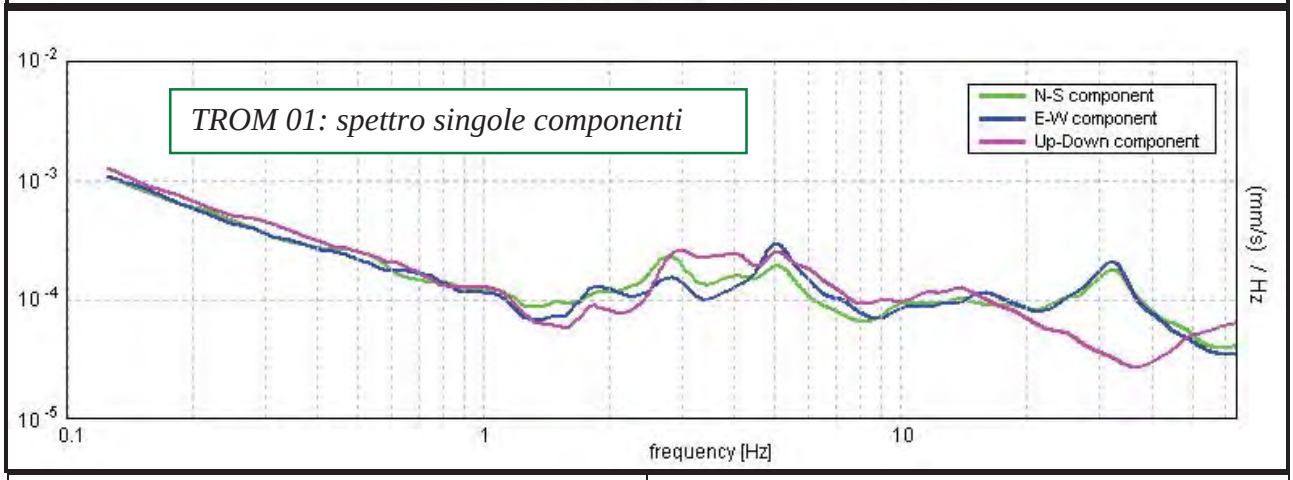
RILEVAMENTI SISMICI

VILLADOGNA, TROM 01 - ORATORIO

Start recording: 30/10/09 10:33:40 End recording: 30/10/09 10:53:41
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h19'48". Analyzed 85% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

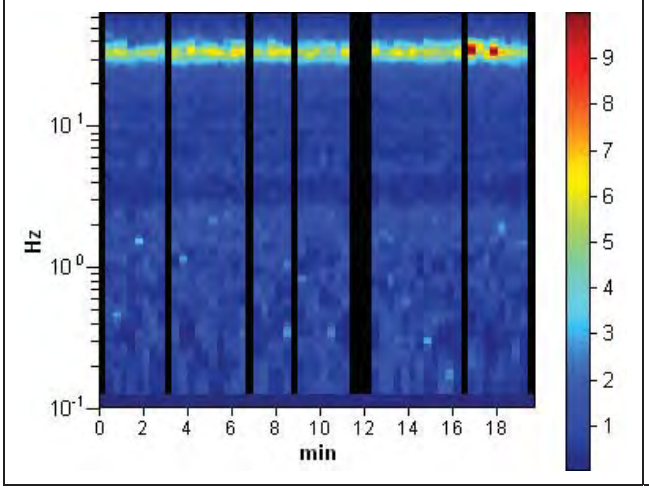


TROM 01: spettro rapporti H/V

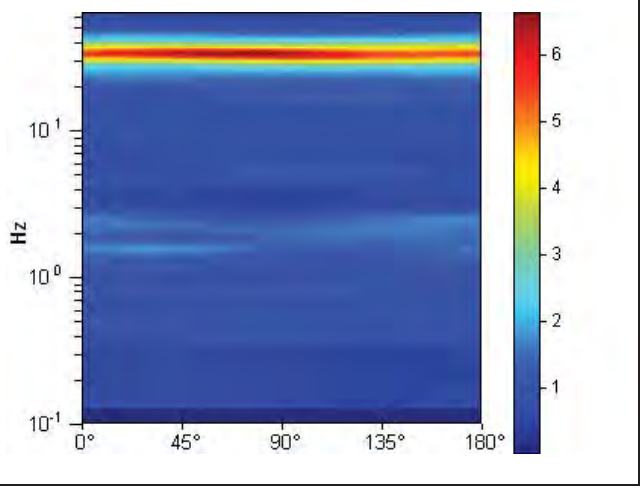


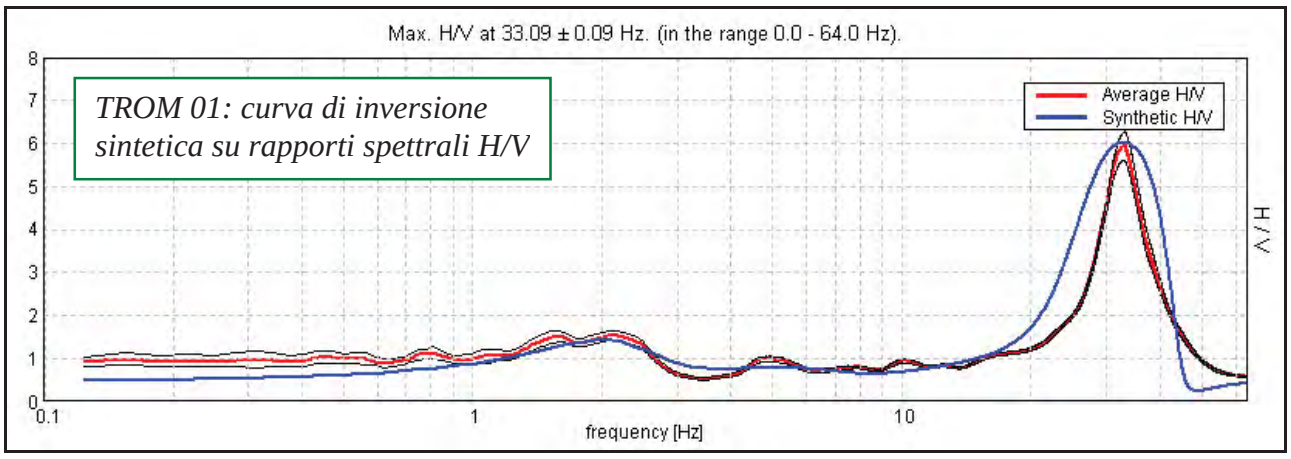
TROM 01: spettro singole componenti

TROM 01: Storia temporale H/V



TROM 01: Direzionalità H/V

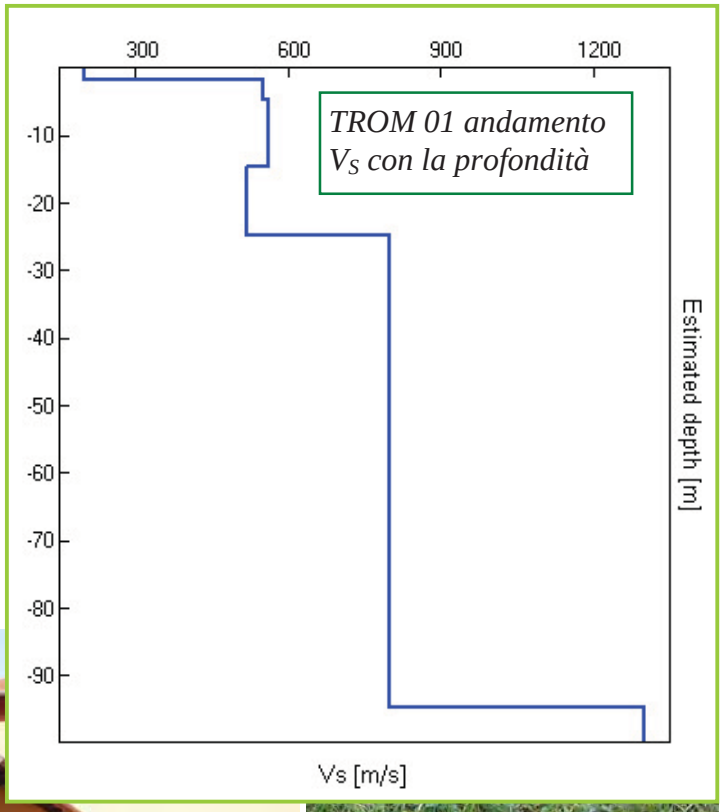




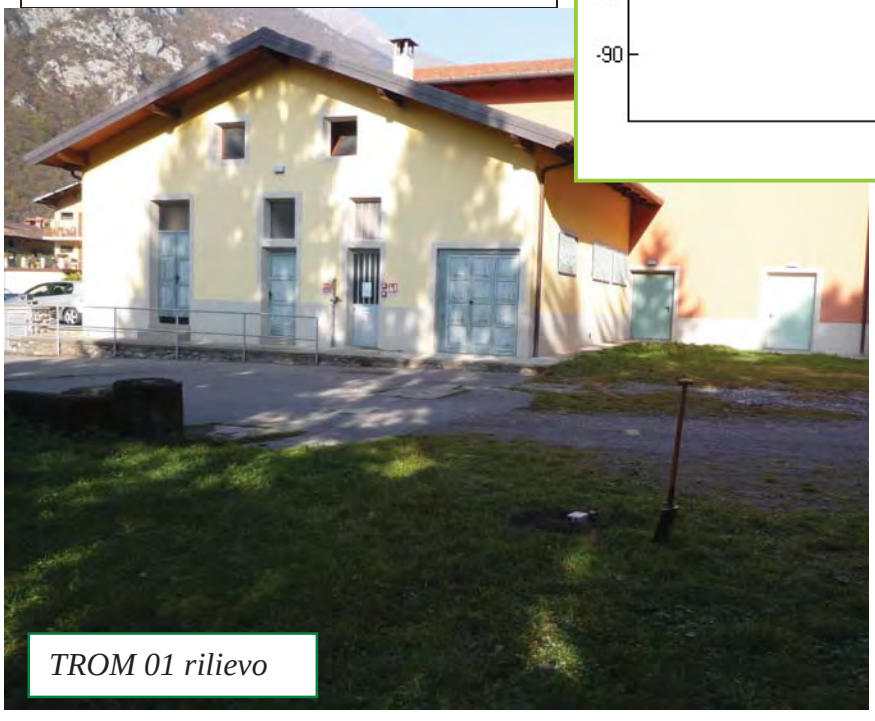
TROM 01: curva di inversione sintetica su rapporti spettrali H/V

TROM 01: tabella valori di V_S per curva di inversione sintetica e V_{S30}

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.70	1.70	200
4.70	3.00	550
14.70	10.00	560
24.70	10.00	520
94.70	70.00	800
inf.	inf.	1300
Vs(0.0-30.0)=520m/s		



TROM 01 andamento V_S con la profondità



TROM 01 rilievo

TROM 01 particolare

TROM 01: *Criteri di valutazione progetto SESAME, 2005*

Max. H/V at 33.09 ± 0.09 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	33.09 > 0.50	5.4.1 OK	
$n_c(f_0) > 200$	33093.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 1520 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	27.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.95 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00133| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.04418 < 1.65469	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1636 < 1.58	OK	

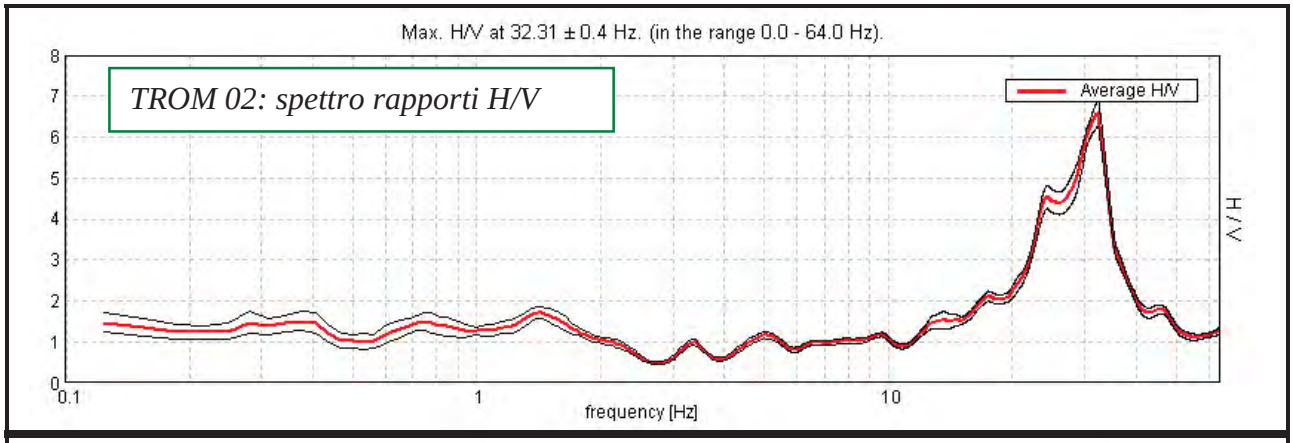
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

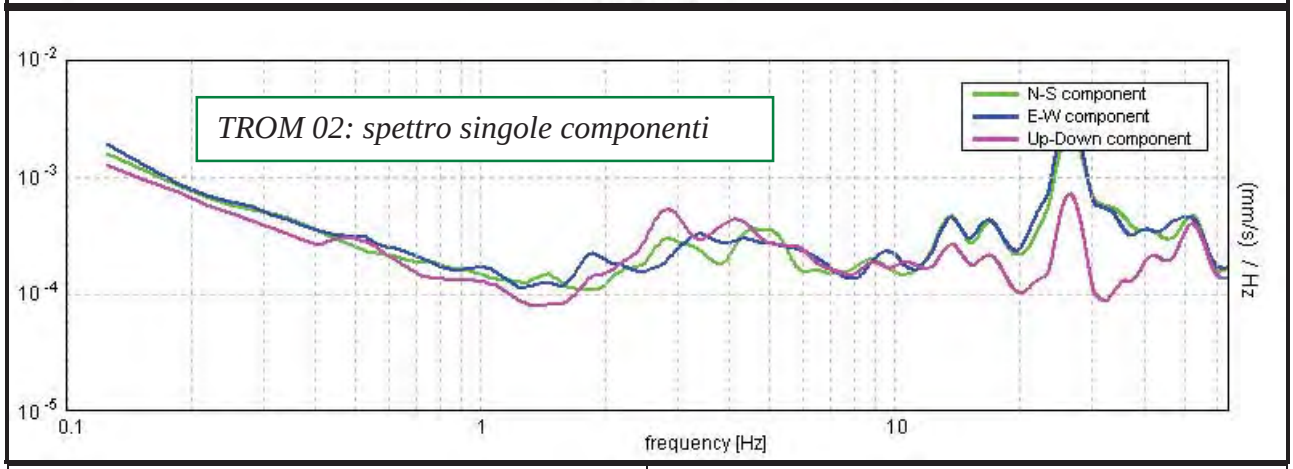
VILLADOGNA, TROM 02 - PALESTRA

Start recording: 30/10/09 11:35:12 End recording: 30/10/09 11:55:13
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h20'00". Analyzed 60% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

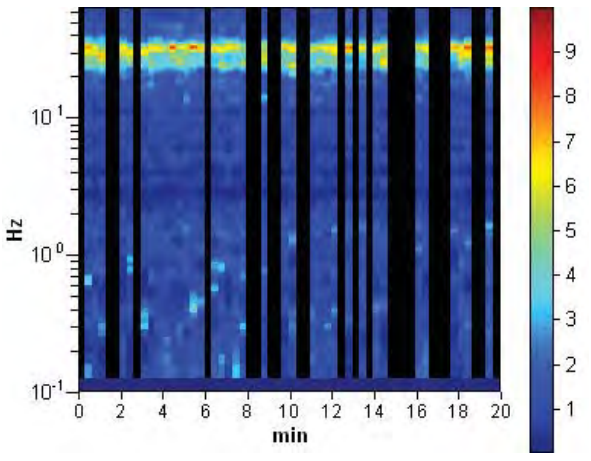
TROM 02: spettro rapporti H/V



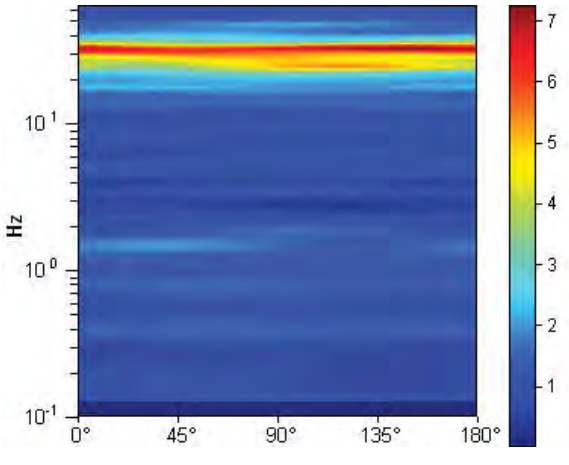
TROM 02: spettro singole componenti

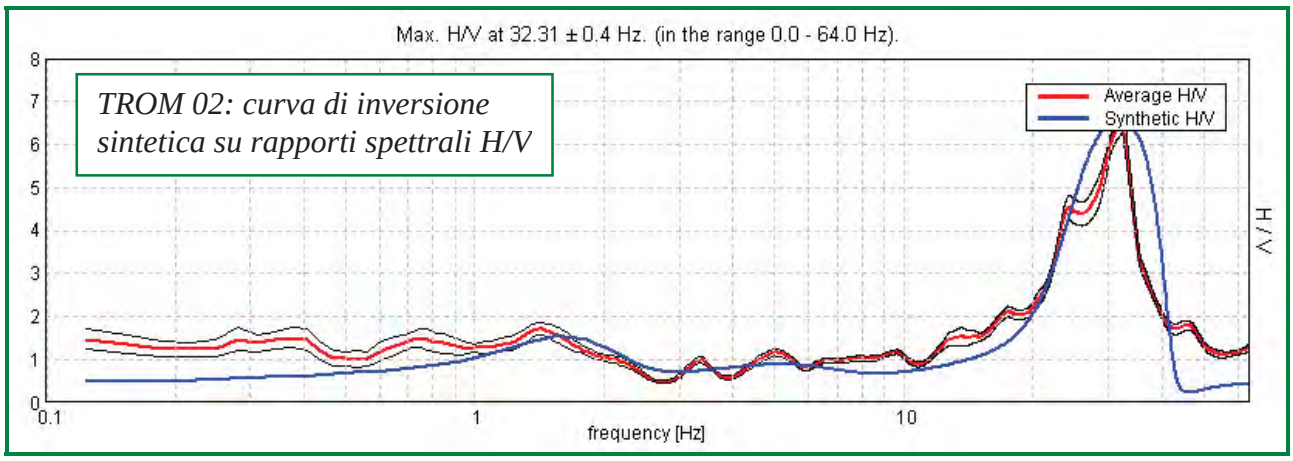


TROM 02: Storia temporale H/V



TROM 02: Direzionalità H/V



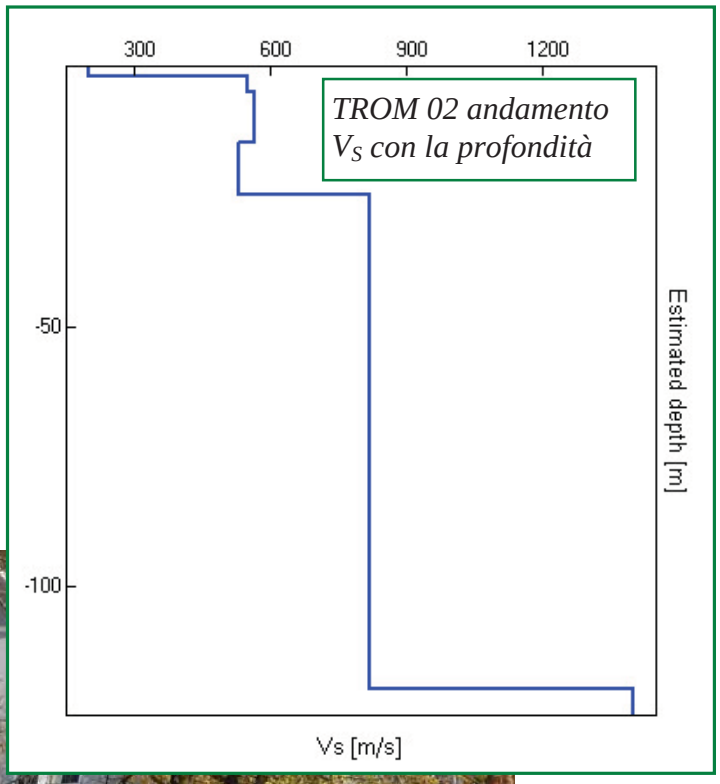


TROM 02: curva di inversione sintetica su rapporti spettrali H/V

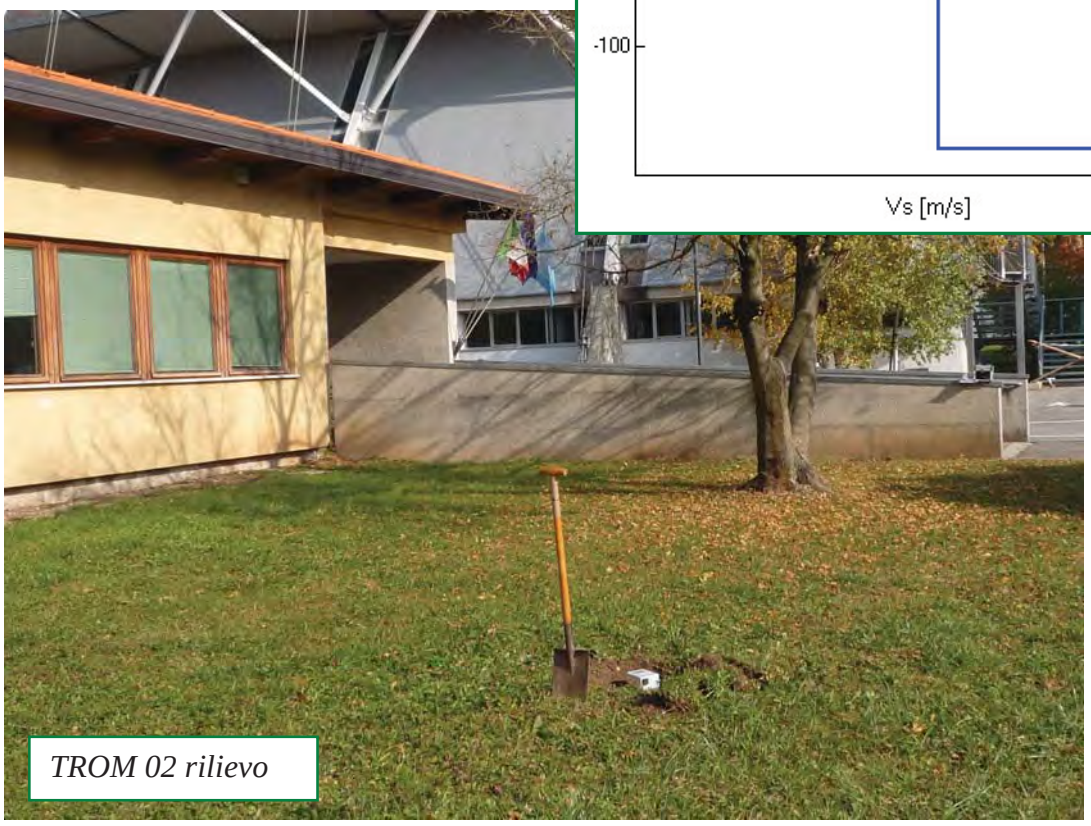
TROM 02: tabella valori di V_S per curva di inversione sintetica e V_{S30}

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.80	1.80	200
4.80	3.00	550
14.80	10.00	565
24.80	10.00	530
119.80	95.00	820
inf.	inf.	1400

Vs(0.0-30.0)=523m/s



TROM 02 andamento V_S con la profondità



TROM 02 rilievo

TROM 02: *Criteri di valutazione progetto SESAME, 2005*

Max. H/V at 32.31 ± 0.4 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

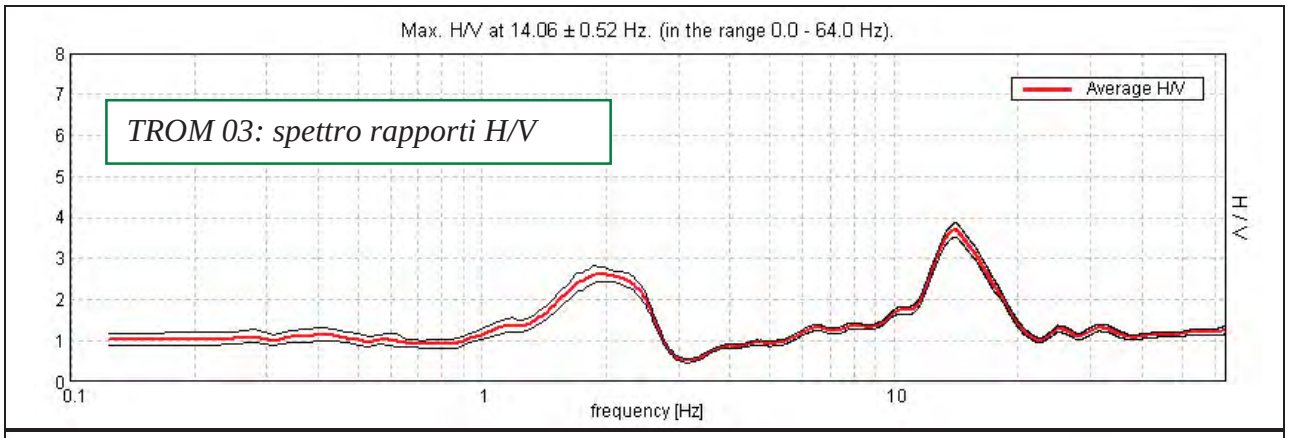
Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	32.31 > 0.50	5.4.2 OK	
$n_c(f_0) > 200$	23265.0 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1532 times	**OK**	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	22.438 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	35.531 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	6.59 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00599| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.19363 < 1.61563	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1662 < 1.58	**OK**	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

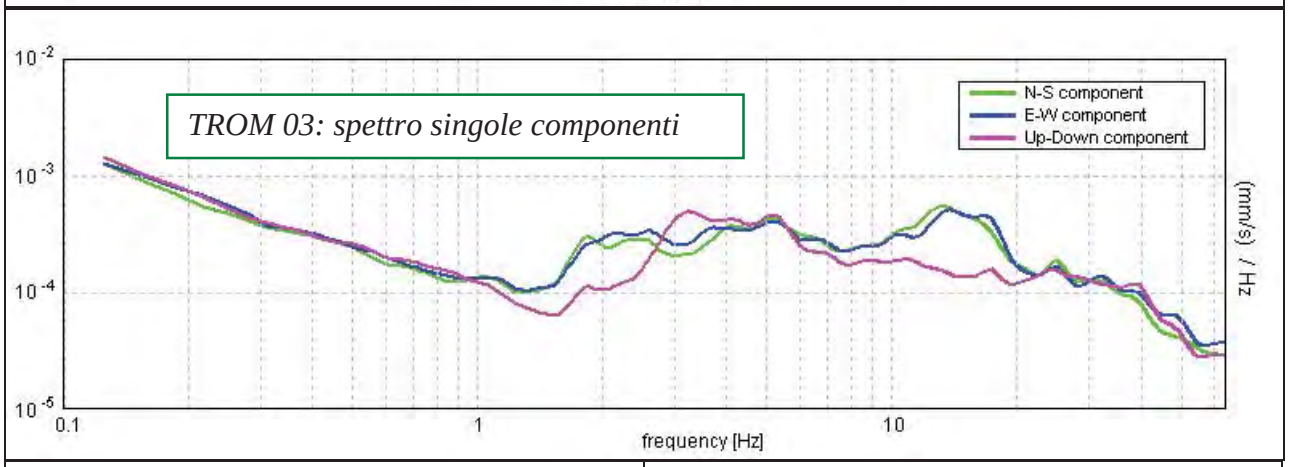
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

VILLADOGNA, TROM 03 BICIOCCA

Start recording: 30/10/09 12:15:10 End recording: 30/10/09 12:35:11
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h20'00". Analyzed 82% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

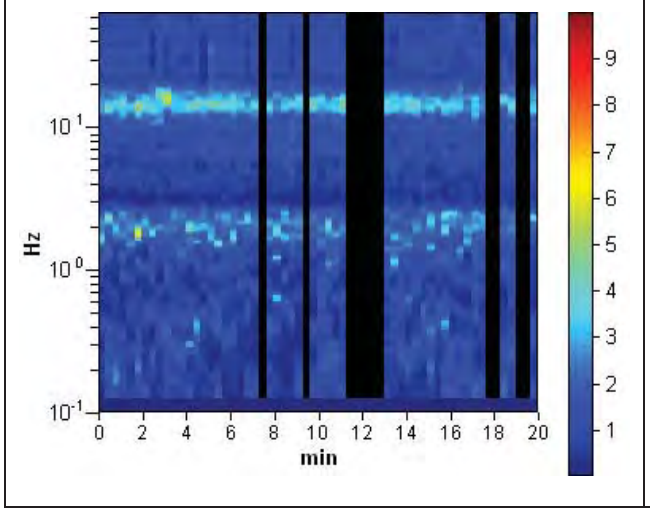


TROM 03: spettro rapporti H/V

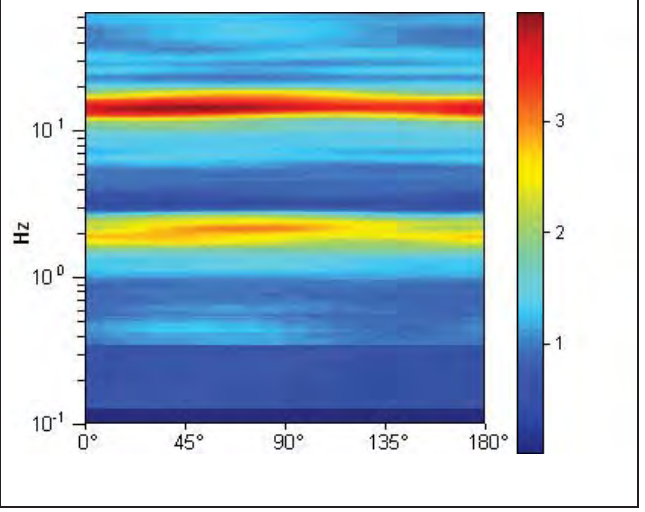


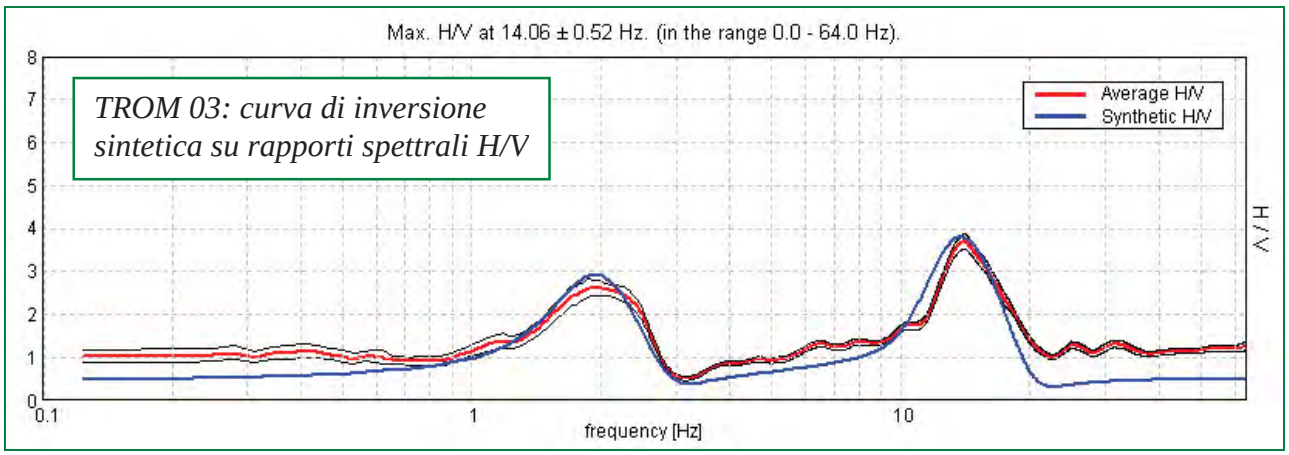
TROM 03: spettro singole componenti

TROM 03: Storia temporale H/V



TROM 03: Direzionalità H/V



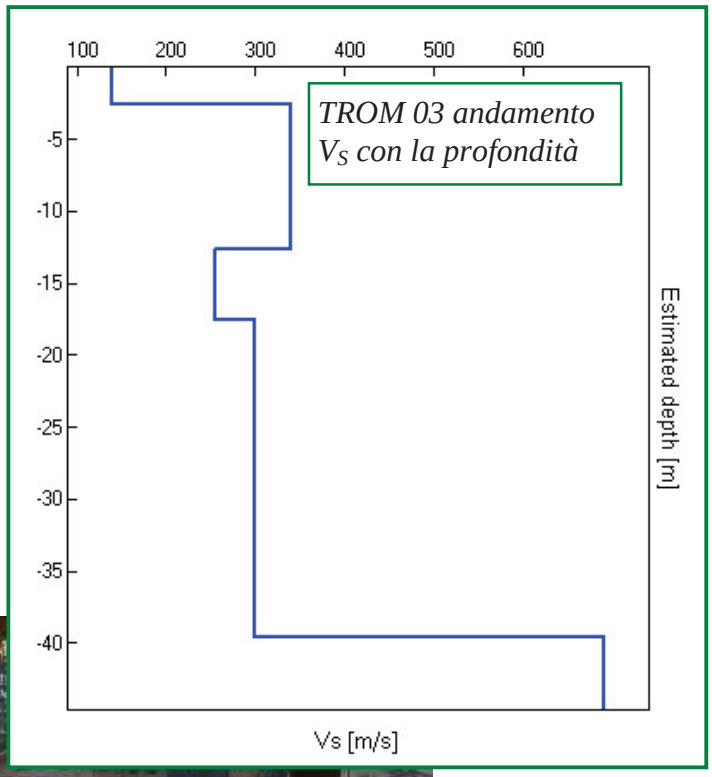


TROM 03: curva di inversione sintetica su rapporti spettrali H/V

TROM 03: tabella valori di V_S per curva di inversione sintetica e V_{S30}

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
2.60	2.60	140
12.60	10.00	340
17.60	5.00	255
39.60	22.00	300
inf.	inf.	690

Vs(0.0-30.0)=275m/s



TROM 03 andamento V_S con la profondità

TROM 03 rilievo

TROM 03: *Criteri di valutazione progetto SESAME, 2005*

Max. H/V at 14.06 ± 0.52 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	14.06 > 0.50	5.4.3 OK	
$n_c(f_0) > 200$	13781.3 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 676 times	**OK**	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	11.344 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	18.813 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	3.69 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.01824| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.25653 < 0.70313	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0847 < 1.58	**OK**	

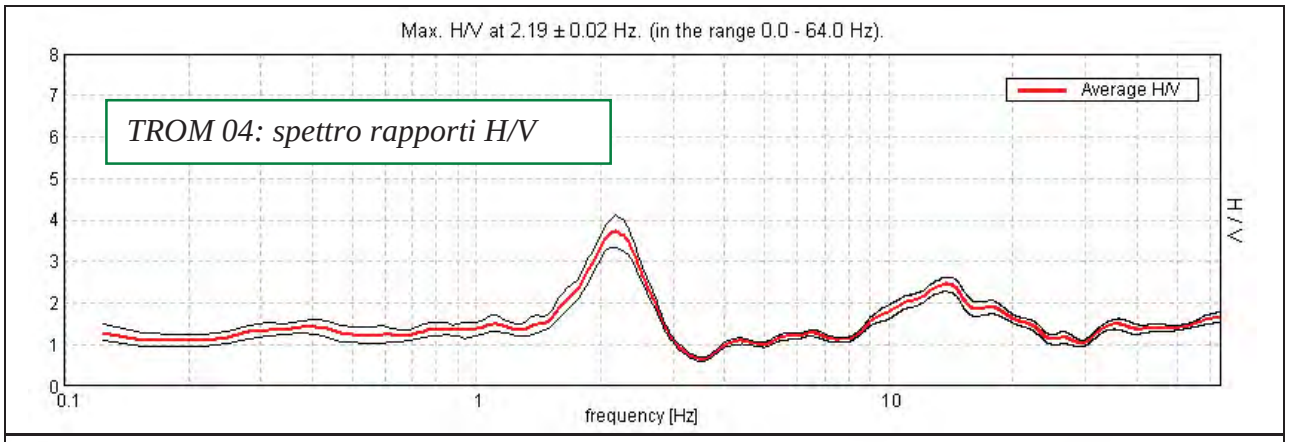
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

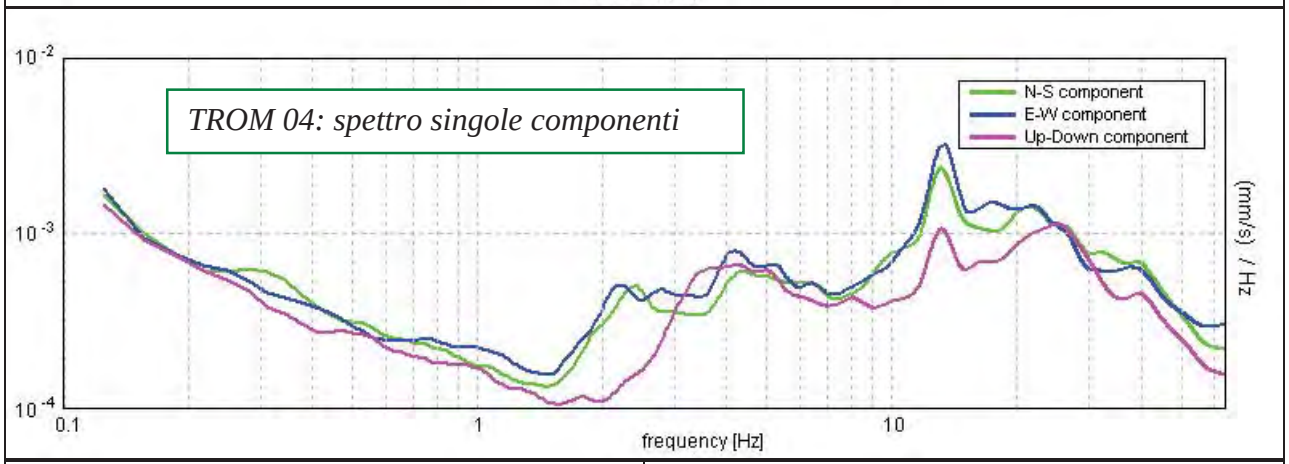
VILLADOGNA, TROM 04 PONTE PEDONALE

Start recording: 30/10/09 14:33:32 End recording: 30/10/09 14:53:33
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h20'00". Analyzed 72% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

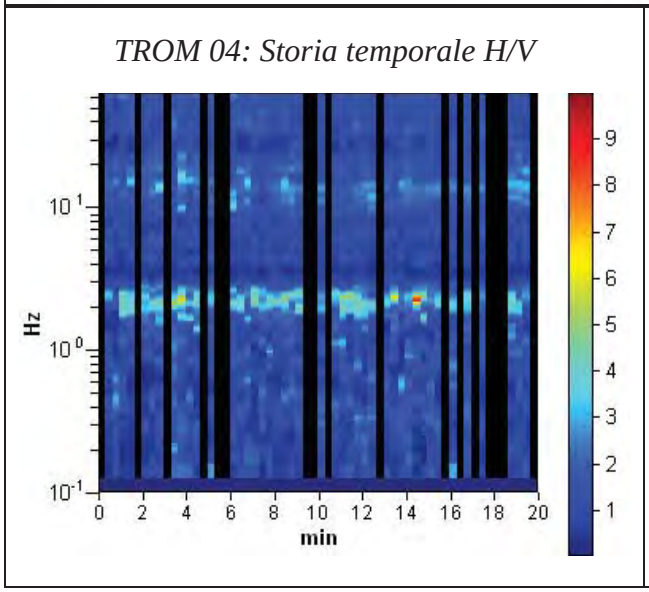
TROM 04: spettro rapporti H/V



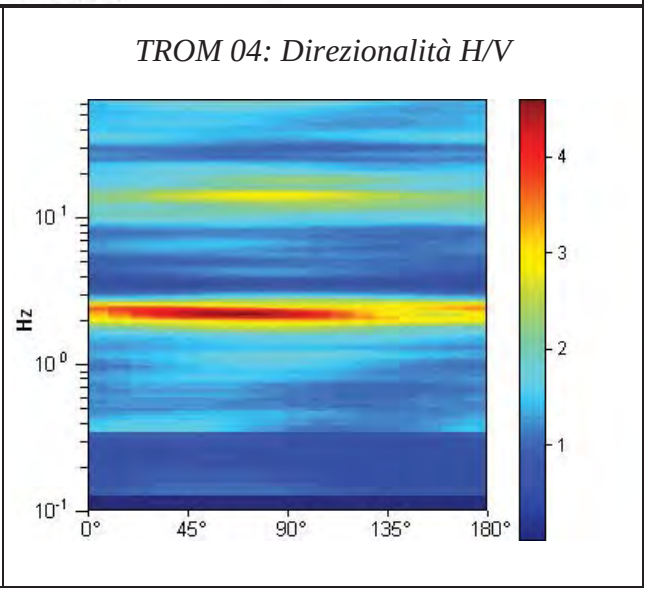
TROM 04: spettro singole componenti

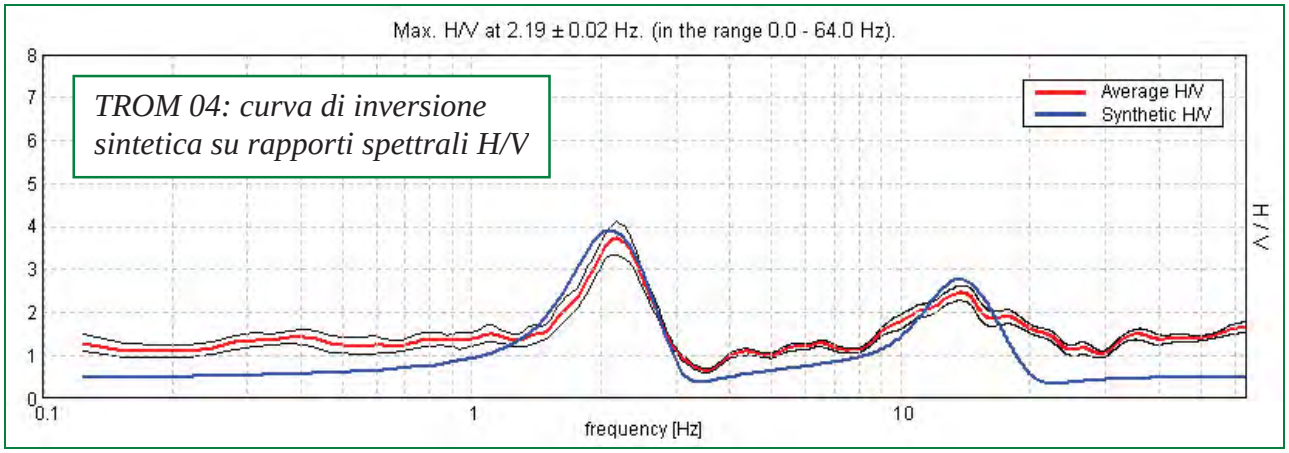


TROM 04: Storia temporale H/V



TROM 04: Direzionalità H/V

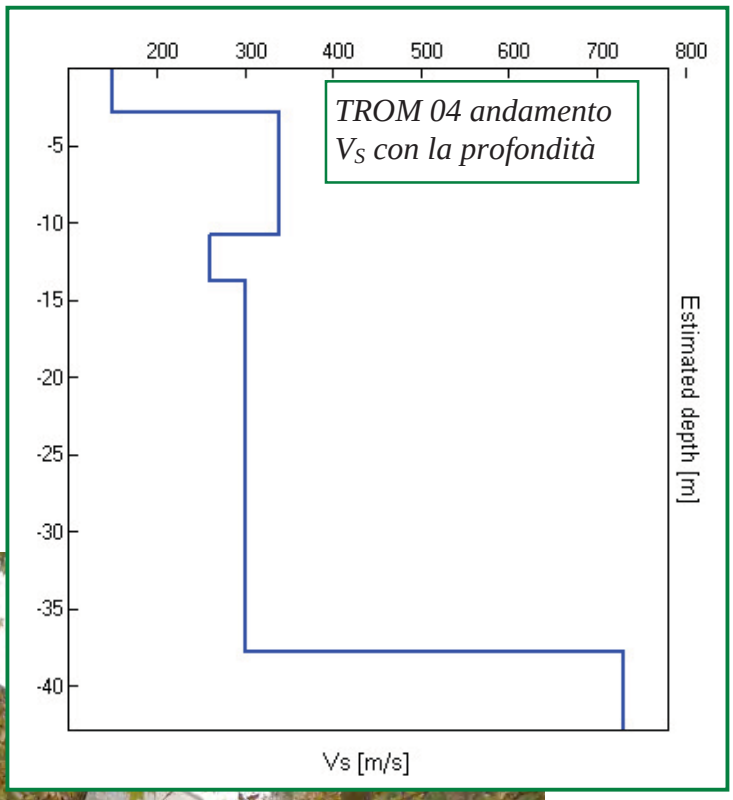




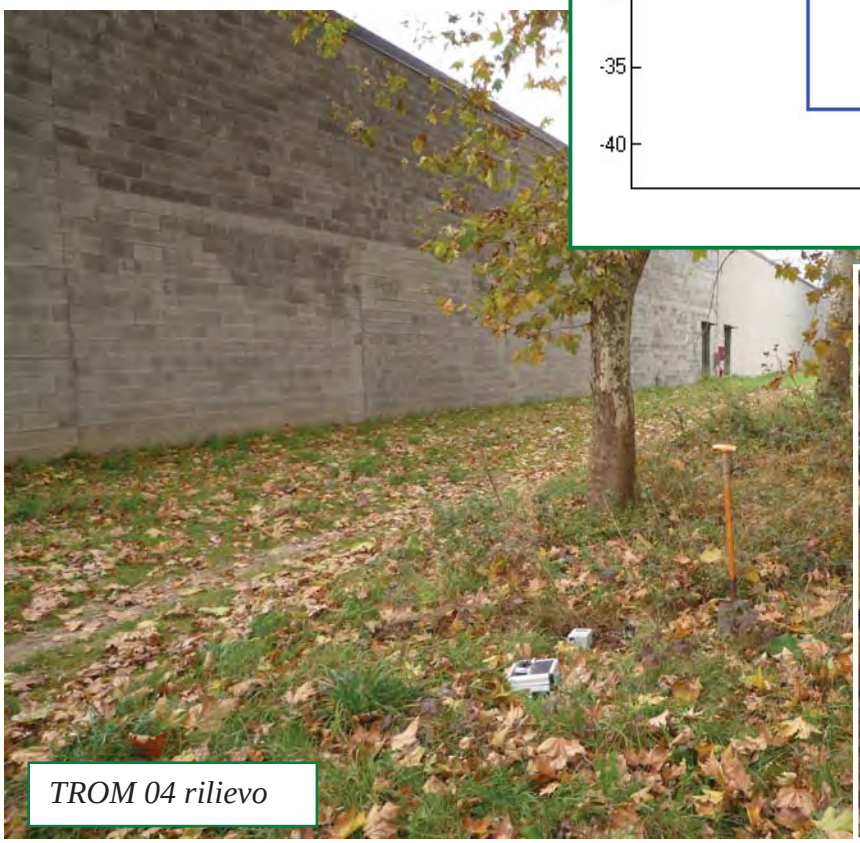
TROM 04: curva di inversione sintetica su rapporti spettrali H/V

TROM 04: tabella valori di V_S per curva di inversione sintetica e V_{S30}

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
2.80	2.80	150
10.80	8.00	340
13.80	3.00	260
37.80	24.00	300
inf.	inf.	730
Vs(0.0-30.0)=278m/s		



TROM 04 andamento V_S con la profondità



TROM 04 rilievo

TROM 04 particolare

TROM 04: *Criteri di valutazione progetto SESAME, 2005*

Max. H/V at 2.19 ± 0.02 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	2.19 > 0.50	5.4.4 OK	
$n_c(f_0) > 200$	1881.3 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 106 times	**OK**	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.563 Hz	**OK**	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.781 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	3.73 > 2	**OK**	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00518| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.01133 < 0.10938	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1933 < 1.58	**OK**	

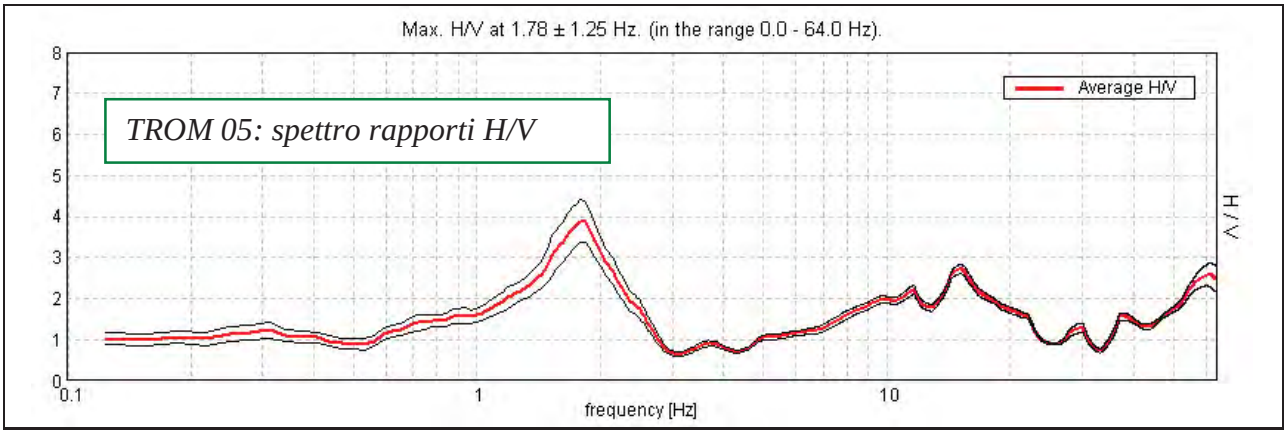
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

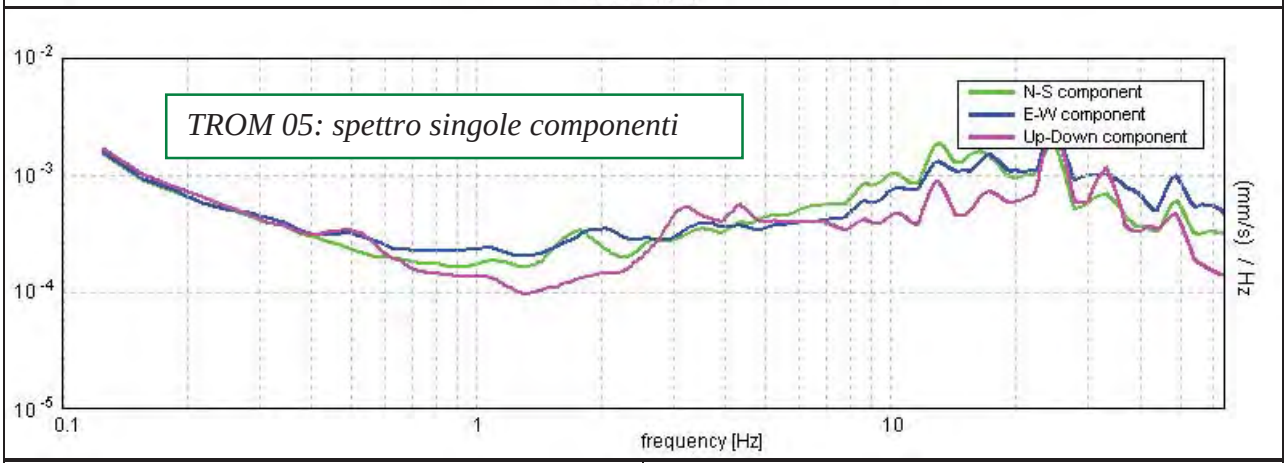
VILLADOGNA, TROM 05 PARCHEGGIO NOVACHIP

Start recording: 30/10/09 15:23:11 End recording: 30/10/09 15:43:12
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h20'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)
Sampling frequency: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing window: Triangular window
Smoothing: 10%

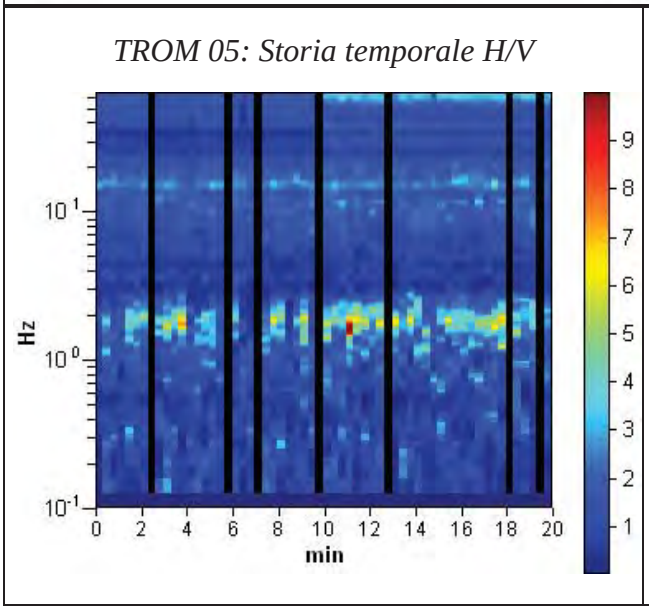
TROM 05: spettro rapporti H/V



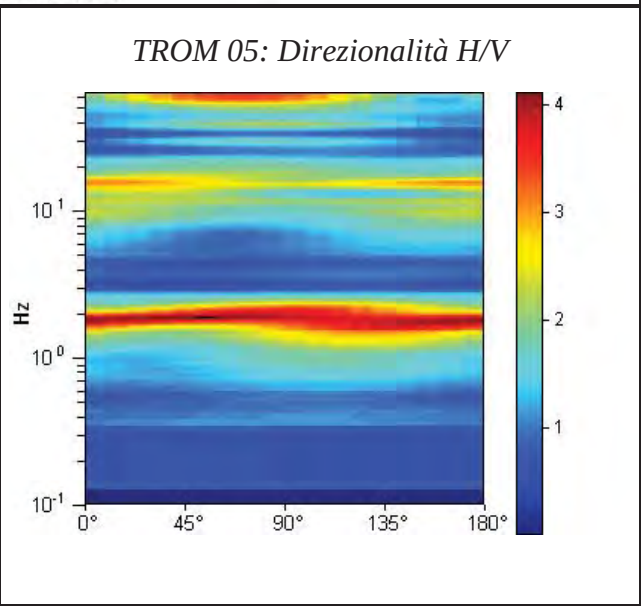
TROM 05: spettro singole componenti

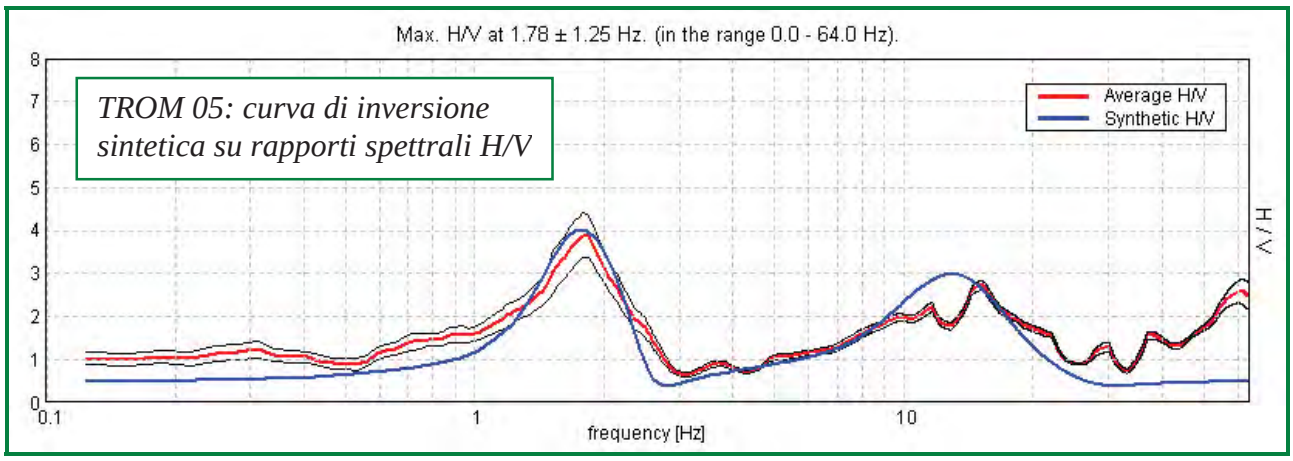


TROM 05: Storia temporale H/V



TROM 05: Direzionalità H/V

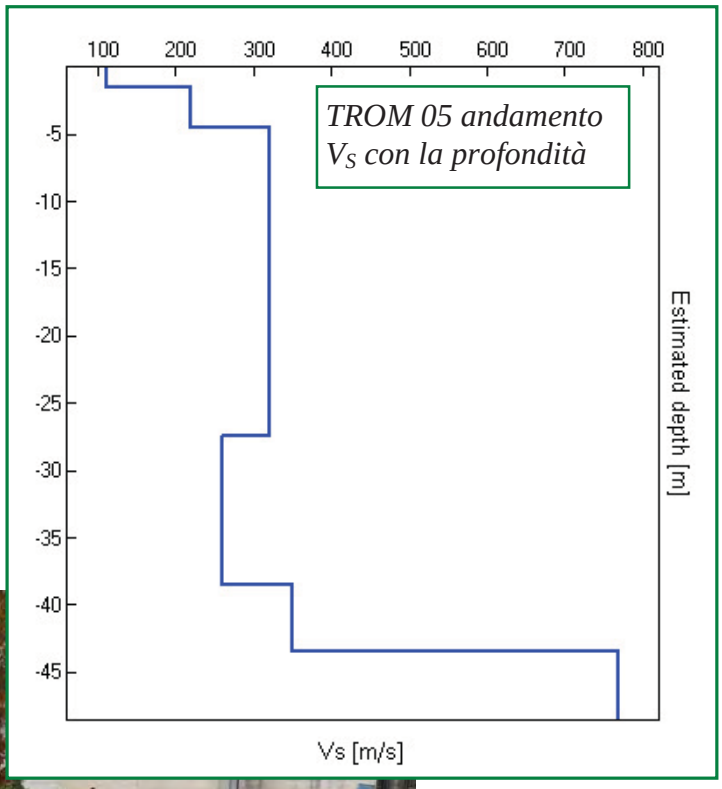


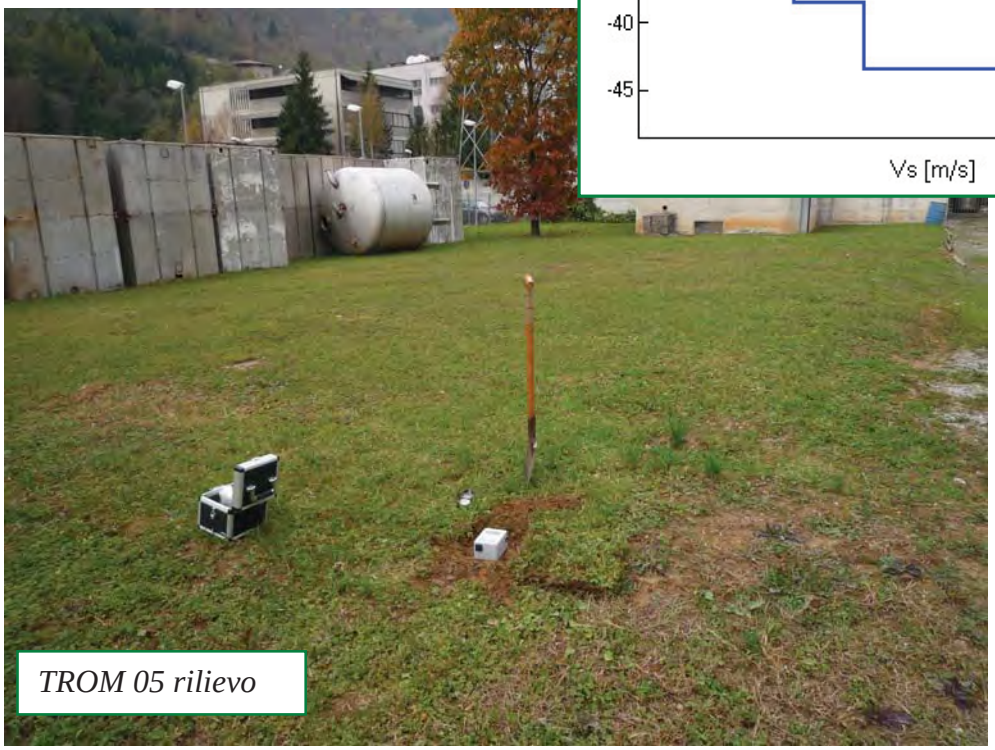


TROM 05: tabella valori di V_S per curva di inversione sintetica e V_{S30}

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.50	1.50	110
4.50	3.00	220
27.50	23.00	320
38.50	11.00	260
43.50	5.00	350
inf.	inf.	1300

Vs(0.0-30.0)=276m/s





TROM 05: *Criteri di valutazione progetto SESAME, 2005*

Max. H/V at 1.78 ± 1.25 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.78 > 0.50	5.4.5 OK	
$n_c(f_0) > 200$	1888.1 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 86 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.88 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.34669| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.61754 < 0.17813		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2547 < 1.78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20