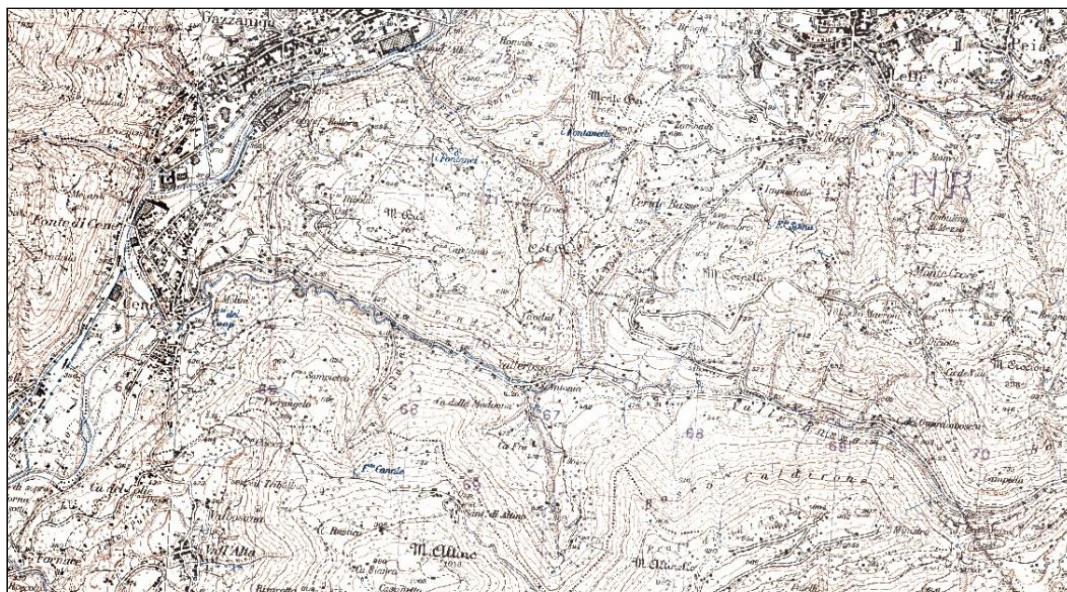




COMUNE DI CENE

(Provincia di Bergamo)



Piano di Governo del Territorio – Variante 1 **Componente geologica** **Relazione Descrittiva**

Grassobbio (BG), 27 luglio 2018

Dr. Geol. Fabio Plebani
Iscriz. Ordine Regionale Geologi n. 884

Dr. Geol. Andrea Gritti
Iscriz. Ordine Regionale Geologi n. 1461

Dr. Nat. Marcello Mutti
Iscriz. AIN-RNSE n. 150

Dr. Geol. Simone Cocchi
Iscriz. Ordine Regionale Geologi n. 1678AP

INDICE

1. PREMESSA	6
2. IL SIGNIFICATO DEGLI STUDI GEOLOGICI NEL CAMPO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE	8
3. DOCUMENTAZIONE PRODOTTA	11
4. METODOLOGIA DELLO STUDIO	12
4.1 Introduzione	12
4.2 Fase 1 - Analisi	12
4.3 Fase 2 - Sintesi	14
4.4 Fase 3 - Proposta	14
5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	15
6. INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO	17
6.1 Inquadramento generale	17
6.2 Inquadramento locale	21
7. QUADRO GEOLOGICO	29
7.1 Inquadramento geologico generale	29
7.2 Unità cartografate	35
7.2.1 Dolomia Principale	35
7.2.2 Dolomie Zonate	35
7.2.3 Calcare di Zorzino	35
7.2.4 Argillite di Riva di Solto	36
7.2.5 Calcare di Zu	36
7.2.6 Filoni Porfiritici Terziari	36
7.2.7 Conglomerato di Semonte	36
7.2.8 Formazione di Masserini	37
7.2.9 Sintema di Piodera	37
7.2.10 Gruppo di Vertova	37
7.2.11 Supersintema di Fiorano	37
7.2.12 Sintema di Torre Boldone	38
7.2.13 Sintema di Scanzorosciate	38

7.2.14	Supersintema di Palazzago	38
7.2.15	Gruppo di Prato Grande	38
7.2.16	Sintema del Po (Unità Postglaciale)	39
8.	QUADRO GEOMORFOLOGICO	40
8.1	<i>Inquadramento geomorfologico generale</i>	40
8.2	<i>Il carsismo</i>	40
8.3	<i>Morfologie cartografate</i>	42
9.	QUADRO IDROGEOLOGICO	46
9.1	<i>Premessa</i>	46
9.1	<i>Unità idrogeologiche cartografate</i>	47
9.3	<i>Acquiferi presenti nel substrato roccioso</i>	49
9.4	<i>Fonti di approvvigionamento</i>	50
9.5	<i>Vulnerabilità degli acquiferi</i>	53
10.	RETE IDROGRAFICA SUPERFICIALE	54
11.	CARTA CLIVOMETRICA	59
12.	CARTA P.A.I. – P.G.R.A.	60
13.	IL RISCHIO RADON	64
14.	LA CARTA DEI VINCOLI	77
14.1	<i>Vincoli di pianificazione sovraordinata</i>	77
14.2	<i>Vincoli di polizia idraulica</i>	78
14.3	<i>Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile</i>	79
14.4	<i>Geositi</i>	87
15.	ADEGUAMENTO AI SENSI DELLA D.G.R. 2616/2011 RELATIVAMENTE ALLA COMPONENTE SISMICA	88
15.1	<i>Introduzione</i>	88
15.2	<i>Zonazione sismica del territorio</i>	89
15.3	<i>Scenari di amplificazione sismica</i>	91
15.4	<i>Zonazione della pericolosità sismica locale</i>	94
15.4.1	Applicazione del 1° livello	94
15.4.2	Zona Z1	97

15.4.3	Zona Z3 _____	97
15.4.4	Zona Z4 _____	99
15.5	<i>Classificazione sismica dei terreni nel Comune di Cene</i> _____	100
15.6	<i>Caratterizzazione geotecnica qualitativa dei terreni</i> _____	103
15.7	<i>Applicazione del secondo livello</i> _____	106
15.7.1	Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione topografica/morfologica (Scenari Z3) _____	106
15.7.2	Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazioni litologiche e geometriche (Scenari Z4) _____	111
15.8	<i>Applicazione del terzo livello in fase progettuale</i> _____	132
15.8.1	Effetti di instabilità (PSL Z1) _____	132
15.8.2	Effetti di amplificazione morfologica (PSL Z3) _____	133
15.8.1	Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4) _____	134
16.	LA CARTA DI SINTESI _____	136
17.	I BENI GEOLOGICI E AMBIENTALI _____	138
18.	LA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO 142	
18.1	<i>Criteri classificativi delle aree e zonazione del comune</i> _____	144
18.1.1	Classe II – Fattibilità con modeste limitazioni _____	144
18.1.2	Classe III – Fattibilità con consistenti limitazioni _____	146
18.1.3	Classe IV – Fattibilità con gravi limitazioni _____	147
18.2	<i>Norme tecniche di attuazione per le costruzioni in Zona Sismica 3</i> 149	
18.3	<i>Norme tecniche di attuazione per le costruzioni in Zona PAI-PGRA</i> 151	
18.4	<i>Indicazioni per il rispetto del principio di invarianza idraulica</i> _____	153
19.	RICHIAMI NORMATIVI _____	154
20.	BIBLIOGRAFIA _____	158

ALLEGATI

- Risultati indagini geofisiche per gli approfondimenti sismici di P.G.T. (Hattusas, 2017)

TAVOLE

Cartografie d'analisi

- Tavola E1 - Carta Geologica.
- Tavola E2 - Carta Geomorfologica.
- Tavola E3 - Carta Idrogeologica.
- Tavola E4 - Carta Clivometrica.
- Tavola E5 - Carta della Pericolosità Sismica Locale di I Livello.
- Tavola E6 - Carta della Pericolosità sismica Locale di II Livello.
- Tavola E7 - Carta dei Vincoli.
- Tavola E8 - Carta di Sintesi.
- Tavola E9 - Carta di Fattibilità Geologica scala 1:5.000.
- Tavola E10 - Carta di Fattibilità Geologica scala 1:10.000.
- Tavola E11 - Carta P.A.I. – P.G.R.A.

1. PREMESSA

Il Comune di Cene (Provincia di Bergamo) ha affidato allo *Studio Associato Hattusas* l'incarico per una completa rivisitazione dello studio geologico vigente. Al primo studio geologico risalente all'anno 1999 e redatto dai dottori Geol. Daniele Ravagnani e Geol. Sergio Santambrogio, è seguito un aggiornamento redatto nel 2009 da uno degli scriventi (Dott. Geol. Andrea Gritti), al fine di adeguarlo alle normative nel frattempo entrate in vigore, come la L.R. 12/2005.

Questa nuova variante allo studio geologico è stata redatta, inoltre, in aderenza alla più recente D.G.R. 2616/2011 (Aggiornamento dei "Criteri ed 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') e della d.g.r. 19 giugno 2017 n. X/6738 "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 del comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po".

Entrambe le d.g.r. citate definiscono, tra l'altro, una più puntuale determinazione delle aree in dissesto, con particolare riferimento al P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) e degli aspetti sismici del territorio in funzione della nuova pianificazione comunale (Piano di Governo del Territorio – P.G.T.).

Il precedente studio geologico (anno 1998) comprendeva una relazione tecnica, ripresa nella presente, e una serie di carte tematiche, nel rispetto di quanto previsto dall'allora vigente legge regionale 24 novembre 1997, n. 41 "Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti".

L'aggiornamento e la verifica di tale studio geologico, con il completo ridisegno delle cartografie di base, è oggetto del presente elaborato, nel quale, come accennato, vengono riprese le descrizioni generali riferite al quadro conoscitivo, comprese le tavole grafiche, integrando il tutto con nuovi rilievi e verifiche di terreno e dati bibliografici resisi disponibili nel tempo, mentre le fasi di analisi/valutazione sono

state sostituite ed aggiornate sulla base delle più recenti indicazioni normative (Norme Tecniche per Costruzioni, 2018, D.g.r. 30 marzo 2016 – n. X/5001, D.g.r. 30 novembre 2016 – n. IX/2616, D.g.r. 19 giugno 2017 - n.X/6738 e Regolamento regionale n°7 del 23 novembre 2017).

Gli elaborati costitutivi del presente studio, dunque, sostituiscono integralmente lo studio geologico del 1998 e gli aggiornamenti redatti nel 2009, ed entrano a far parte della documentazione fondamentale del Piano di Governo del Territorio.

2. IL SIGNIFICATO DEGLI STUDI GEOLOGICI NEL CAMPO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Il ruolo e i compiti del geologo nel campo della pianificazione sono stati riconosciuti e giustamente definiti già nel Decreto della Giunta della Regione Lombardia n.5/36147 del 18/5/1993, indicante i “Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale”, pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia, 2° Supplemento Straordinario al n. 28 del 16 luglio 1993. Nella presente introduzione, pur riconoscendo l’evoluzione della normativa negli anni recenti, si vogliono riprendere alcuni passi dal documento regionale sopra citato, alcune considerazioni che bene esprimono gli obiettivi e le finalità che hanno spinto i responsabili dei competenti uffici regionali a produrre il documento successivamente approvato dalla giunta regionale e rivolto in primis “alle amministrazioni comunali, provinciali, all’ente regione ed ai professionisti incaricati della progettazione degli strumenti urbanistici, con particolare riferimento ai geologi che partecipano ai gruppi interdisciplinari di progettazione” (dalla “scheda di presentazione”).

Nella “Scheda di presentazione” si dice con chiarezza che l’obiettivo del documento “è quello di individuare i contenuti essenziali degli studi geologici da eseguire ai fini della predisposizione degli strumenti urbanistici generali comunali e delle loro varianti generali nell’ottica di contribuire alla prevenzione del dissesto idrogeologico”.

Sempre nelle “Premesse”, sono richiamate altre considerazioni generali che pare opportuno sottolineare: “Ogni particella del territorio deve essere considerata dal pianificatore con la massima attenzione in quanto anche porzioni apparentemente marginali manifestano una importanza ambientale che deve essere sempre presa in dovuta considerazione nei processi pianificatori”. A tal fine, “il contributo della geologia appare un elemento essenziale per effettuare corretti studi analitici di settore e conseguentemente proporre significative indicazioni tecniche da recepire negli strumenti urbanistici”.

La conoscenza e la descrizione di un territorio, relativamente ai suoi aspetti geologici, geomorfologici e idrografici è dunque di primaria importanza anche per i

successivi approfondimenti legati alla cultura e alla presenza dell'uomo su di esso, e dunque anche per le future decisioni di pianificazione, purché rivolte anche al rispetto e alla valorizzazione delle qualità ambientali e della qualità di vita dei cittadini.

Si è infatti consapevoli di come i caratteri fisici condizionino anche fortemente l'ubicazione degli insediamenti ed anzi, in molti casi siano essi stessi la ragione della presenza di una comunità di persone in un determinato luogo.

Capire innanzitutto il proprio territorio, nelle sue forme e nelle sue strutture, significa dunque capire almeno in parte la ragione stessa di un paese e valutare le possibilità per una comunità di crescere anche economicamente.

Ciò che un territorio offre è necessariamente legato ai caratteri fisici che lo condizionano, e dunque alla pendenza e all'esposizione dei versanti, alla tipologia delle rocce e alla qualità dei suoli: tutto ciò può consentire la presenza diffusa di un certo tipo di vegetazione e non altra o può permettere determinate coltivazioni e non altre; così, nelle aree collinari, solo la presenza di rocce stratificate, calcareniti o arenarie, ha permesso la costruzione dei muri a secco che a loro volta hanno sostenuto le più comuni pratiche agricole; nell'alta pianura la presenza e la facile reperibilità di materiali ciottolosi ha consentito la costruzione di muri che sono vere e proprie opere d'arte, oppure la loro mancanza ha indotto l'uomo ad elaborare tecniche per l'utilizzo dei terreni argillosi per la produzione di mattoni. Ancora, il fluire delle acque, anch'esso legato alle condizioni geologiche dei luoghi, ha consentito lo sviluppo di determinate coltivazioni o lavori.

Certo, l'uomo ci ha messo del suo, la fatica e l'ingegno, ma se le comunità hanno potuto crescere e progredire nei secoli è stato anche perché esse hanno trovato condizioni ambientali almeno un poco favorevoli.

Molti, dunque, sono gli elementi e gli spunti che anche la geologia e la geomorfologia possono dare per una valorizzazione complessiva del territorio, soprattutto se integrati con gli aspetti vegetazionali e storici, culturali e di uso tradizionale del territorio, di localizzazione dei centri abitati e delle attività economiche degli uomini, della toponomastica e dello sfruttamento delle risorse naturali.

Anche oggi, in tempi in cui sembra essersi allentato il rapporto tra l'uomo e la natura; quando sembra che l'ambiente esterno condizioni in modo molto più limitato

di una volta le decisioni dell'uomo; quando ciò che è importante non è più quello che un territorio può dare in termini di risorse per soddisfare i bisogni immediati della gente; quando ciò che conta non è tanto la tranquillità, la preziosità o l'amenità del paesaggio, ma piuttosto la vicinanza alle aree economicamente più forti, alle industrie, alle principali vie di comunicazione; allora, proprio oggi è forse maggiormente necessario ritornare a prendere coscienza del proprio ambiente, della sua ossatura, delle sue forme, della sua cultura, della sua valenza, soprattutto per riconoscere il valore e l'importanza di quanto hanno fatto le generazioni precedenti alla nostra e per responsabilizzarci su ciò che noi lasceremo a quelle che verranno e, inoltre, per pensare ad uno sviluppo che non trascuri le esigenze attuali, ma che sia coerente con i valori che il territorio ancora oggi esprime, prima che essi vengano completamente dimenticati.

Infine, non bisogna dimenticare che un comune, un paese, una località, non è mai sola con sé stessa, ma che ogni territorio fa parte di un contesto geografico ben più ampio, nel quale esso trova almeno in parte la giustificazione di alcuni dei propri caratteri.

Avvicinarsi allo studio di un territorio deve essere dunque una sfida da raccogliere in collaborazione tra le diverse discipline, con l'obiettivo di una sempre più approfondita conoscenza del territorio e delle comunità che lo abitano e di un sempre maggiore rispetto per l'ambiente, che significa anche riconoscerne i limiti oltre che le valenze, ma soprattutto significa essere curiosi di ciò che ci circonda al fine di trovarne le ragioni e di chiarire le motivazioni che hanno spinto altri prima di noi ad abitare in un luogo e a lavorare, spesso con fatica, perché anche noi potessimo crescere ed abitare in esso: ogni corretta pianificazione dovrebbe quanto meno essere realizzata nel ricordo e nel rispetto della fatica e del lavoro di quanti ci hanno preceduto, i quali hanno saputo modellare a loro vantaggio la natura, controllandone gli eccessi e nello stesso tempo, e proprio per questo, rispettandola.

3. DOCUMENTAZIONE PRODOTTA

La finalità del lavoro svolto è stata dunque la descrizione, su tutto il territorio comunale, degli aspetti relativi alla geologia, alla geomorfologia, all'idrografia superficiale e all'idrogeologia, oltre a quelli sismici, in modo tale da fornire un valido supporto alla pianificazione urbanistica.

La relazione geologica è stata integrata da una serie di cartografie che visualizzano, con opportune simbologie, i caratteri ambientali salienti del territorio comunale.

Nel dettaglio, le cartografie prodotte, a corredo della presente relazione, sono le seguenti:

- Tavola E1 – Carta Geologica (scala 1:10.000).
- Tavola E2 – Carta Idrogeologica (scala 1:10.000).
- Tavola E3 – Carta Geomorfologica (scala 1:10.000).
- Tavola E4 – Carta Clivometrica (scala 1:10.000).
- Tavola E5 – Carta della Pericolosità Sismica Locale di primo livello (scala 1:5.000).
- Tavola E6 – Carta della Pericolosità Sismica Locale di secondo livello (scala 1:10.000).
- Tavola E7 – Carta dei Vincoli (scala 1:5.000).
- Tavola E8 – Carta di Sintesi (scala 1:5.000).
- Tavola E9 – Carta della Fattibilità geologica (base aerofotogrammetrico, scala 1:5.000).
- Tavola E10 – Carta della Fattibilità geologica (base C.T.R., scala 1:10.000).
- Tavola E11 - Carta P.A.I. – P.G.R.A. (base C.T.R., scala 1:10.000).

4. METODOLOGIA DELLO STUDIO

4.1 *Introduzione*

Lo studio è stato effettuato secondo quanto indicato nelle direttive regionali di riferimento all'atto dell'attribuzione dell'incarico: Delibera della Giunta Regionale 30 novembre 2011, n. IX/2616 "Aggiornamento dei Criteri ed 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 (...)".

La direttiva citata stabilisce i criteri e i contenuti degli studi geologici di supporto agli strumenti urbanistici, delineando altresì degli standard di riferimento. Secondo tali raccomandazioni lo schema metodologico adottato si è basato su tre distinte fasi di lavoro: analisi, sintesi/valutazione e proposta.

4.2 *Fase 1 - Analisi*

La fase di analisi è consistita inizialmente nella raccolta di dati bibliografici e nella disamina della cartografia comunale esistente (1998 e 2009).

Per la fase di raccolta dei dati bibliografici l'Amministrazione Comunale, dal canto suo, ha fornito il materiale a sua disposizione, consistente essenzialmente, oltre che nelle previsioni di piano, nella cartografia di base, in studi e relazioni precedentemente eseguiti.

Sono stati inoltre analizzati i dati relativi alle frane storiche che hanno interessato in passato il territorio comunale e quelli limitrofi, le indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche effettuate e tutte quelle conoscenze storiche legate alla gestione delle risorse ambientali, che risultano di fondamentale importanza per il corretto svolgimento del lavoro.

Sono stati consultati e verificati gli studi generali esistenti, prodotti dall'Autorità di Bacino per il Fiume Po nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), la Carta dei dissesti della Regione Lombardia e l'Inventario dei movimenti franosi (IFFI), le tavole di riferimento del Piano Territoriale Provinciale (PTCP)

Sulla base dei dati bibliografici disponibili sono state redatte le nuove carte geologiche di base successivamente verificate ed aggiornate con molteplici rilievi di terreno e sopralluoghi svolti su tutto il territorio.

Il lavoro di riedizione della documentazione d'inquadramento e di dettaglio, ha portato alla produzione della seguente cartografia:

- **Carta geologica alla scala 1:5.000 (Tavola E1):** redatta sulla base della Cartografia Regionale (Progetto CARG Foglio n°98 – Bergamo (Shape file alla scala 1:10.000) e verificata puntualmente con rilievi geologici di terreno.
- **Carta geomorfologica alla scala 1:5.000 (Tavola E2):** redatta dall'incrocio della carta geomorfologica redatta nel 1999 e dalla carta geologica Regionale (Progetto CARG Foglio n°98 – Bergamo (Shape file alla scala 1:10.000) verificata ed aggiornata con i dati derivanti dell'attività di terreno.
- **Carta idrogeologica alla scala 1:5.000 (Tavola E3):** redatta sulla base litologica del CARG a cui sono stati attribuiti, su base bibliografica, i valori permeabilità. La carta idrogeologica è stata integrata con le sorgenti indicate sulla “carta idrogeologica” di PGT redatta nel 1999 e con i dati dei pozzi disponibili sulle “Carta delle piccole derivazioni d'acqua” (Siter@ della provincia di Bergamo).
- **Carta clivometrica alla scala 1:5.000 (Tavola E4):** elaborazione fatta con un applicativo di ArcGis basandosi sui dati riportati dal DEM regionale (modello digitale del terreno) con risoluzione 5m X 5m.
- **Carta della pericolosità sismica locale di Primo Livello alla scala 1:5.000 (Tavola E5):** è stata aggiornata sulla base della nuova cartografia geologica proposte nel presente studio.
- **Carta della pericolosità sismica locale di Secondo Livello alla scala 1:5.000 (Tavola E6):** è stata redatta sulla base dei risultati delle analisi di secondo livello realizzate in fase pianificatoria. I dati necessari per le analisi sono stati raccolti attraverso una campagna di indagini costituita da: n°3 stendimenti di sismica a rifrazione tipo MASW e n°4 misure dei microtremori naturali – Prove HVSR.

4.3 **Fase 2 - Sintesi**

La fase di sintesi/valutazione è consistita nell'analisi critica delle informazioni raccolte e cartografate. Dall'incrocio tra i diversi fattori ambientali è stato possibile evidenziare le zone a maggior criticità e produrre le seguenti cartografie:

- **Carta dei Vincoli – Tavola E7.**
- **Carta di Sintesi– Tavola E8.**
- **Carta P.A.I. – P.G.R.A– Tavola E11.**

4.4 **Fase 3 - Proposta**

La fase propositiva che è seguita, ha permesso la redazione di:

- **Carta della fattibilità geologica scala 1:5000 (base aerofotogrammetrico)**
- **Carta della fattibilità geologica scala 1:10000 (base C.T.R.)**

All'interno di questa carta è stata effettuata una zonazione del territorio in tre classi principali con diversa attitudine, dal punto di vista geologico, a sostenere gli interventi antropici; alla carta della fattibilità geologica sono stati infine sovrapposti i poligoni relativi alla Pericolosità Sismica Locale (questi ultimi riportati solo sulla carta con base aerofotogrammetrica).

Le indicazioni espresse nello studio possono quindi essere utilmente recepite dagli strumenti urbanistici, con lo scopo di minimizzare gli effetti connessi alla fruizione del territorio.

Si ricorda ancora che gli studi condotti nell'attuazione della ex L.R. 41/97 e della L.R. 12/2005 e dei “criteri relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale”, non devono essere in alcun modo sostitutivi, anche se le possono comprendere, delle indagini geognostiche e geofisiche di maggior dettaglio prescritte dalla normativa vigente in materia di edilizia sia per la pianificazione attuativa che per la progettazione esecutiva (Norme Tecniche per le Costruzioni).

5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il comune di Cene, distante 15 km da Bergamo, si colloca integralmente lungo la sponda idrografica sinistra del Fiume Serio.

La superficie del territorio è pari a circa 8,5 km². Cene confina a nord con Fiorano al Serio e Casnigo, a est con Leffe e Bianzano, a sud con Gaverina Terme e Albino e ad ovest con Albino e Gazzaniga. Il principale nucleo abitativo è ubicato nel fondovalle seriano, mentre lungo il fondovalle della Valle Rossa e sulle propaggini del Monte Bue sono presenti sparsi insediamenti. Il centro abitato si è formato per aggregazione dei due borghi originari di Cene di Sopra e Cene di Sotto, i quali erano separati dal Torrente Doppia.

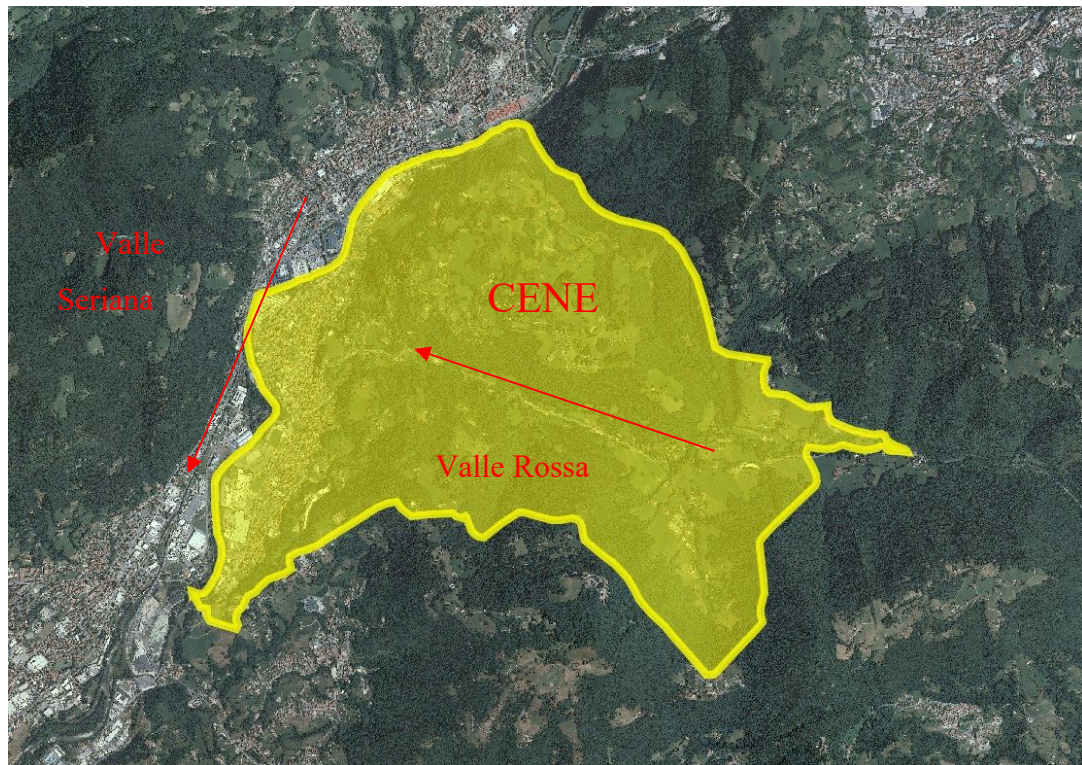


Figura 1 – Ortofoto digitale 2012 (Siter della Provincia di Bergamo).

Per quanto riguarda le quote, il centro abitato principale si colloca ad una quota media di 365 m s.l.m. mentre i punti più elevati sono rappresentati dai rilievi che cingono il territorio comunale da sud verso est (le aree sommitali di tali rilievi sono posizionate esterne al comune).

Tra questi i principali sono:

- Monte Altino (1018 m s.l.m.),
- Costa Altinello (994 m s.l.m.),
- Corna Cornello (775 m s.l.m.).

6. INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO

6.1 *Inquadramento generale*

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

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

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

Il clima è l'insieme degli stati dell'atmosfera osservati su di un periodo di tempo sufficientemente lungo (30 anni secondo l'Organizzazione Meteorologica Mondiale - OMM). Partendo da tale principio si può descrivere il clima della Lombardia a diverse scale, da quella macroclimatica (es. il clima europeo) a quella mesoclimatica (mesoclima padano, mesoclima alpino e mesoclima insubrico), fino a giungere al clima locale e al microclima.

La scala mesoclimatica, scelta in questa descrizione, è quella che sembra più idonea a dare una visione sufficientemente significativa del territorio lombardo.

Se si considera l'assetto territoriale della Lombardia si nota una serie di elementi fisici che incidono profondamente sul clima:

- relativa vicinanza del Mediterraneo, fonte di masse d'aria umida e mite;
- presenza dell'Arco Alpino e dell'Appennino, barriere in grado di creare notevoli discontinuità orografiche, conferendo caratteri di elevata stabilità alle masse d'aria della pianura; fenomeno questo che risulta particolarmente evidente nel periodo invernale ed in quello estivo;
- la presenza di tutti i principali laghi prealpini italiani con il ben noto effetto sul

clima;

- la presenza di una delle maggiori conurbazioni europee: l'area metropolitana milanese.

Tutta la Pianura Padana, e la Lombardia in particolare, rappresentano una zona climatologicamente svantaggiata rispetto alla capacità dell'atmosfera di disperdere gli inquinanti: infatti, la presenza della barriera alpina determina condizioni atmosferiche uniche rispetto alla situazione italiana ed europea.

I fattori più caratteristici sono rappresentati dalla debole intensità del vento al suolo e da una circolazione dell'atmosfera nei bassi strati, separata da quella degli strati superiori che ostacola il ricambio delle masse d'aria, favorendo fenomeni di persistenza e accumulo degli inquinanti all'interno del bacino padano.

Nel periodo invernale l'evento meteorologico più significativo e ricorrente è rappresentato dalle inversioni termiche che determinano condizioni più o meno favorevoli all'accumulo degli inquinanti al suolo; in particolare, la situazione più critica si registra nei mesi invernali, in quanto caratterizzati da combinazioni d'inversione con base al suolo con inversioni da subsidenza.

In generale si possono individuare tre mesoclimi principali: padano, alpino e dei laghi (mesoclina insubrico), a cui si deve aggiungere il clima delle aree urbane.

Clima Padano e clima Insubrico: la Pianura Padana è relativamente uniforme dal punto di vista climatico, con piogge limitate (da 600 a 1000 mm), ma ben distribuite nell'anno, temperature medie annue tra 11 e 14°C, nebbie frequenti, ventosità ridotta con molte ore di calma, elevate umidità relative e frequenti episodi temporaleschi.

In inverno l'area padana presenta sovente uno strato di aria fredda in vicinanza del suolo che, in assenza di vento, determina la formazione di gelate e di nebbie spesso persistenti, che tendono a diradarsi solo nelle ore pomeridiane. È raro che in questo periodo le perturbazioni influenzino la zona, tuttavia in qualche caso tali condizioni si verificano con precipitazioni che possono essere nevose in presenza di apporti di aria fredda siberiana (anticiclone russo).

Il passaggio alla stagione primaverile risulta di norma brusco e caratterizzato da perturbazioni che determinano periodi piovosi di una certa entità; man mano che la stagione avanza i fenomeni assumono un carattere temporalesco sempre più spiccato.

L'attività temporalesca tuttavia vede il suo apice nel periodo estivo, quando si

registrano elevati accumuli di energia utile per innescarla e sostenerla. Essa risulta relativamente intensa con precipitazioni quantitativamente superiori a quelle invernali.

In autunno il tempo è caratterizzato dal frequente ingresso di perturbazioni atlantiche, che possono dare luogo a precipitazioni di entità rilevante. Il periodo autunnale è anche quello più favorevole al manifestarsi di situazioni alluvionali nell'area padana (es. alluvione del Polesine del '51, alluvione del Piemonte del '94).

In quest'area si distingue tuttavia l'area insubrica caratterizzata da abbondanza di precipitazioni ed in cui l'azione delle masse d'acqua dei laghi contiene gli abbassamenti termici invernali e mitiga la calura estiva. Altri elementi caratteristici della zona dei laghi sono la scarsità delle nebbie e la presenza di venti locali.

Clima alpino: altra zona mesoclimatica è quella alpina, zona ad orografia complessa, con temperature invernali rigide, temperature estive poco elevate, piogge piuttosto abbondanti e concentrate soprattutto nel periodo estivo; i valori più alti si registrano nella fascia altimetrica dei 500-1500 m, con intensa radiazione solare e ventosità elevata, garantita tanto dalle brezze (di monte e di valle) che dall'interazione del rilievo con la circolazione generale.

In realtà il clima di quest'area presenta una spiccata variabilità locale sia a causa delle diverse altitudini sia per effetto dell'esposizione dei versanti. Da segnalare, in particolare, la zona alpina interna, caratterizzata da scarsità di precipitazioni (clima endoalpino).

Clima urbano: parlando del clima della Lombardia non possiamo trascurare il clima delle aree urbane, la cui importanza è sempre crescente. Le aree urbane sono caratterizzate da temperature sensibilmente superiori a quelle delle aree rurali circostanti ("isola di calore") ed anche i livelli di precipitazioni, umidità relativa, vento e radiazione solare risultano alterati.

Il clima urbano trae origine dall'interazione di una vasta e complessa serie di fattori, fra cui un ruolo primario hanno le emissioni di calore, umidità e polveri collegate all'attività dell'uomo.

In Lombardia l'isola di calore più consistente è quella di Milano, come attesta il fatto che in inverno, in condizioni di tempo stabile e cielo sereno, le temperature minime notturne del centro città risultano ormai di circa 4-6°C al di sopra di quelle registrate nelle aree rurali limitrofe.

Descrizione climatologica su scala locale

La caratterizzazione climatologica del sito oggetto dell'intervento è importante per comprendere quanto il progetto in esame influenzerà l'ambiente circostante. In particolare quanto l'aumento delle immissioni di gas inquinanti indotti andrà ad influenzare le condizioni al suolo. Infatti il potenziale impatto ambientale può avere conseguenze diverse su un territorio proprio a causa delle sue caratteristiche geografiche e climatiche.

I parametri che vengono elaborati per la caratterizzazione sono:

- temperatura;
- altezza dello strato di rimescolamento;
- direzione e velocità del vento;
- stabilità.

I parametri appena citati sono rappresentativi della dinamicità atmosferica, infatti favoriscono la diffusione degli agenti inquinanti nei vari strati oppure la stagnazione al suolo.

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

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

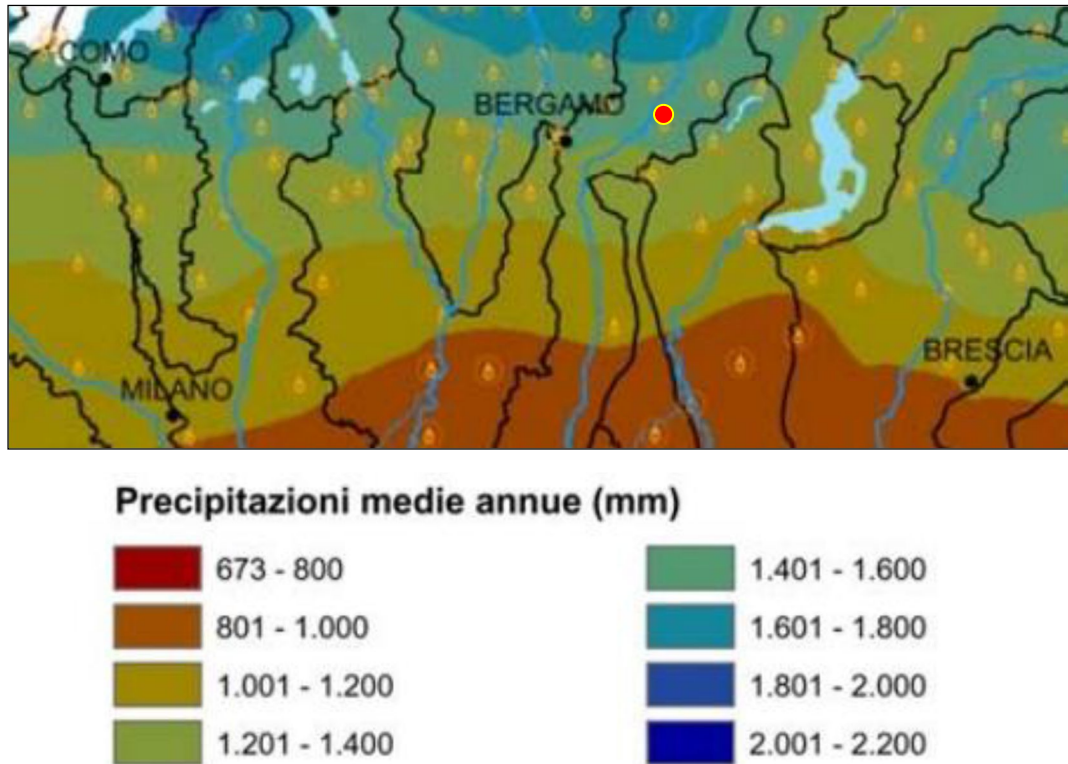


Figura 2 – Carta delle precipitazioni medie annue con relativa legenda (Regione Lombardia).

6.2 *Inquadramento locale*

Il comune di Cene si inserisce all'interno di un territorio le cui principali caratteristiche fisiche sono la spiccata continentalità dell'area, il debole regime del vento e la persistenza di condizioni di stabilità atmosferica. Dal punto di vista dinamico, la presenza della barriera alpina influenza in modo determinante l'evoluzione delle perturbazioni di origine atlantica, determinando la prevalenza di situazioni di occlusione e un generale disaccoppiamento tra le circolazioni nei bassissimi strati e quelle degli strati superiori. Tutti questi fattori influenzano in modo determinante le capacità dispersive dell'atmosfera e quindi le condizioni di accumulo degli inquinanti, soprattutto nel periodo invernale, ma anche la presenza di fenomeni fotochimici nel periodo estivo. Il clima è, pertanto, di tipo continentale, ovvero caratterizzato da inverni piuttosto rigidi ed estati calde. Le precipitazioni di norma sono poco frequenti e concentrate in primavera ed autunno, mentre la ventilazione è

scarsa in tutti i mesi dell'anno. Durante l'inverno il fenomeno di accumulo degli inquinanti è più accentuato, a causa della scarsa circolazione di masse d'aria al suolo.

La temperatura media è piuttosto bassa e l'umidità relativa è generalmente molto elevata. La presenza della nebbia è particolarmente accentuata durante i mesi più freddi. Lo strato d'aria fredda, che determina la nebbia, persiste spesso tutto il giorno nel cuore dell'inverno, ma di regola si assottiglia in modo evidente durante le ore pomeridiane. La zona centro-occidentale della Pianura Padana, specie in prossimità delle Prealpi, è interessata dalla presenza di un vento particolare, il foehn, corrente di aria secca che si riscalda scendendo dai rilievi. La frequenza di questo fenomeno è elevata nel periodo compreso tra dicembre e maggio, raggiungendo generalmente il massimo in marzo. Il fenomeno del foehn, che ha effetti positivi sul ricambio della massa d'aria quando giunge fino al suolo, può invece determinare intensi fenomeni di accumulo degli inquinanti quando permane in quota e comprime gli strati d'aria sottostanti, formando un'inversione di temperatura in quota. Il clima di Milano, di cui sono noti i parametri termopluviometrici sin dal 1763 – 64, nel corso di questi ultimi 243 anni ha mostrato alcune fluttuazioni abbastanza significative. Esse indicano un periodo più freddo tra il 1830 ed il 1860, a cui è seguito un costante aumento della temperatura, che nell'ultima decade è superiore di 1,3°C rispetto alla media secolare. Queste variazioni fanno seguito alle fluttuazioni climatiche naturali, seguite al termine della "Piccola Era Glaciale" (1550 – 1750), caratteristiche della nostra era, ed alle variazioni di origine antropica conseguenti all'aumento della superficie edificata dell'area urbana milanese. Dagli anni 1940 – 50 fino agli anni 1970 – 80 questa tendenza si è in parte bloccata: infatti, gli inverni hanno ripreso ad essere più rigidi e le estati più calde, successivamente negli anni 1960 – 70 gli inverni hanno continuato ad essere sempre più miti, ma le estati più fresche, mentre dal 1970 gli inverni rigidi sono diventate delle eccezioni e le estati tornano sempre più torride, oltre che afose. Ne consegue una maggiore variabilità stagionale e, in definitiva, un peggioramento, dal punto di vista ambientale, delle condizioni climatiche. La tropicalizzazione del clima è sempre più evidente ed è confermata anche dalla variazione del regime pluviometrico, che a fronte di una stazionarietà delle precipitazioni invernali e ad una diminuzione delle precipitazioni primaverili ed autunnali, mostra un incremento dell'intensità delle precipitazioni estive.

La precipitazione media annua, come risulta anche dalla “Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia registrate nel periodo 1891-1990” (CERIANI M. e CARELLI M., 2000) è compresa tra 1400 e 1600 mm; Il valore massimo di precipitazione annua ha raggiunto 2800 mm, mentre il valore minimo 600 mm. La temperatura media annua è compresa fra 10 ° e 13° C; nel mese più caldo dell’anno (luglio) la media oscilla fra 20° e 23° C ed in quello più freddo (gennaio) fra -2° e 2°C.

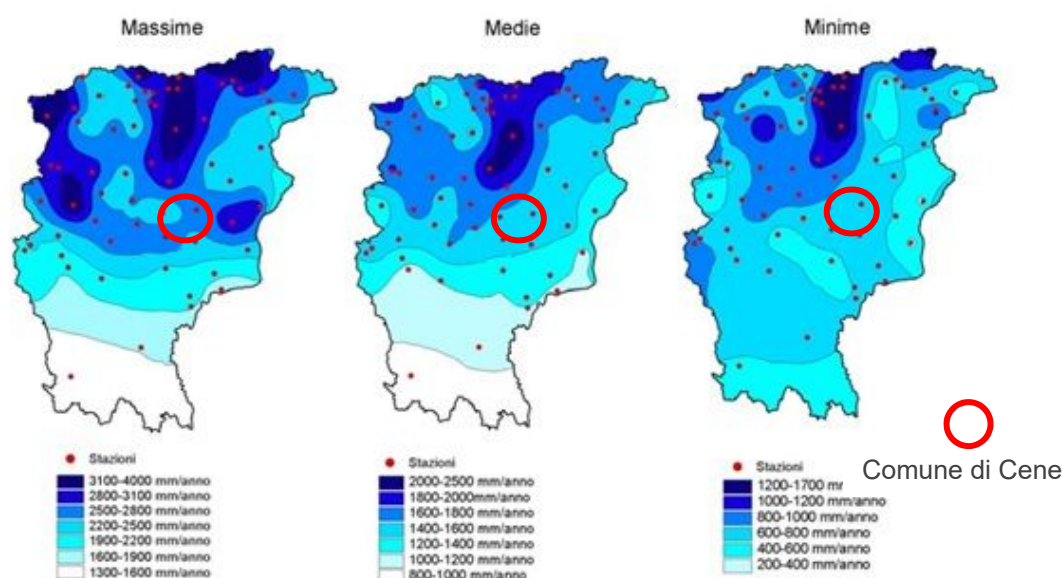
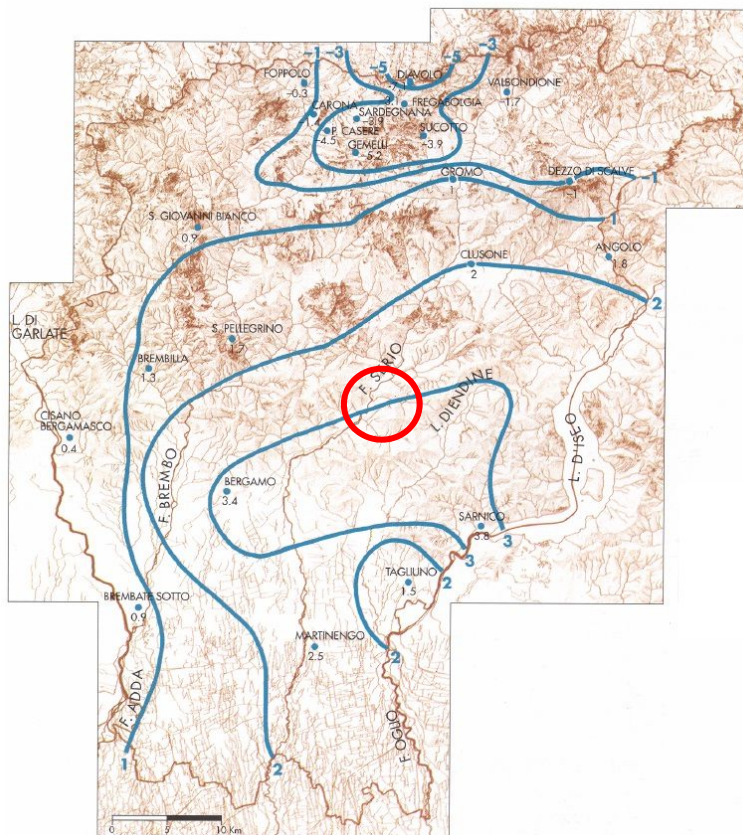
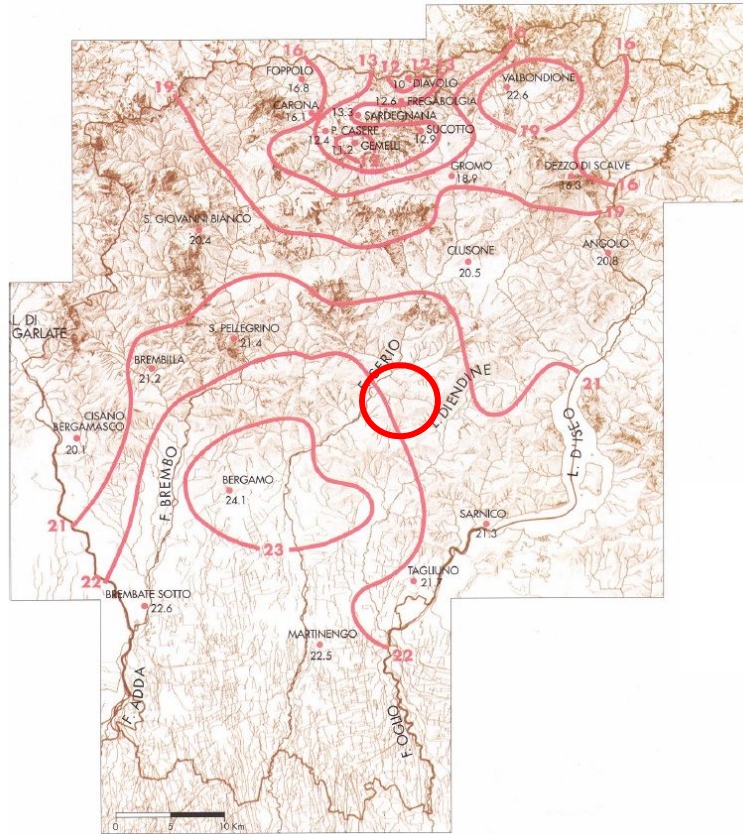


Figura 3 – Estratto “Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia registrate nel periodo 1891-1990”.

Durante il periodo 1955 – 1984 hanno funzionato nella provincia di Bergamo ventidue stazioni termometriche, che hanno fornito le temperature massima e minima diurna di ogni giorno del periodo esaminato.



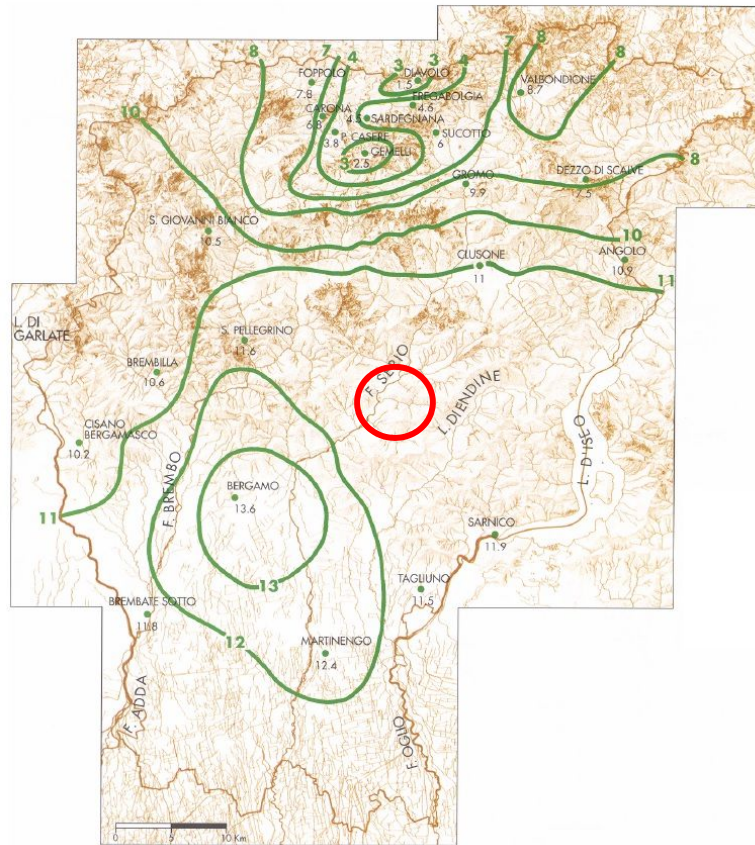


Figura 4 – In alto (pagina precedente), carta delle isoterme del mese di luglio (isotere); in basso (pagina precedente), carta delle isoterme del mese di gennaio (isochimene), e sopra carta delle isoterme annue.

Nel complesso i dati dell'insieme delle stazioni evidenziano che il regime annuo della temperatura media mensile è caratterizzato da un massimo in luglio ed un minimo in gennaio. Le temperature medie di ogni singolo mese dell'anno sono generalmente superiori alla temperatura media annua nei mesi da aprile – maggio ad ottobre, mentre negli altri mesi dell'anno sono inferiori alla temperatura media annua.

Con i dati della temperatura media annua, della temperatura del mese di luglio e della temperatura media del mese di gennaio sono state predisposte rispettivamente la carta delle isoterme annue, la carta delle isoterme del mese di luglio (isotere) e la carta delle isoterme del mese di gennaio (isochimene) presentate nelle figure sopra riportate ed estratte ed estratte dalla documentazione di base del PTCP. Dall'esame di tali carte si può concludere che il clima delle stazioni della Provincia di Bergamo è di tipo temperato subcontinentale per le stazioni situate in pianura, mentre è di tipo freddo per quelle situate in montagna.

Tali dati permettono di ricostruire il regime annuo della temperatura media mensile dove si ha un massimo in luglio e il minimo in gennaio. Si osserva inoltre come le temperature medie di ogni singolo mese dell'anno siano superiori alla temperatura media annua nei mesi da aprile/maggio a ottobre, mentre negli altri mesi dell'anno sono inferiori alla temperatura media annua.

Le caratteristiche del clima freddo, tipico del territorio in esame, sono le seguenti:

- temperatura media del mese più freddo dell'anno circa 3° C;
- temperatura media del mese più caldo dell'anno circa a 22° C;
- temperatura media annua circa 13°C.

Alla luce dei dati pluviometrici e termometrici riportati, si potrebbe pertanto classificare il clima del territorio del Comune di Cene come **temperato continentale, con caratteri di transizione al clima alpino**.

Per quanto riguarda i dati anemometrici, nella Provincia di Bergamo l'orografia delle valli principali determina l'orientazione del vento nella direzione delle stesse, mentre i bacini lacustri influenzano la circolazione del vento nelle zone più limitrofe ad essi; nella pianura, invece, la variazione del campo di vento prevalente risulta quella da nord verso sud. Nella pubblicazione de "I caratteri originali della bergamasca" si è effettuata una valutazione del regime anemometrico sulla base delle stazioni di Monte Grigna (1949 – 1957), di Ponte S. Pietro (1946 – 1950), di Orio al Serio (1951 – 1956) e di Bergamo (1891 – 1900). I dati sulle velocità massime del vento sono stati riportati per la stazione di Orio al Serio (1951 – 1956). La frequenza della direzione e la velocità del vento sono state studiate per la stazione di Bergamo (1962 – 1981).

I dati evidenziano come nelle due stazioni le direzioni preferenziali di provenienza siano a Ponte S. Pietro la direzione N – NE S – SO ed a Orio al Serio la direzione N – S. Per il periodo 1952 – 1956, nella stazione di Orio al Serio i dati delle ore 7.00 sono stati tenuti distinti da quelli delle ore 19:00, fornendo così la possibilità di mettere in evidenza la radicale differenza di regime fra mattino e pomeriggio, legata alla diversa condizione termica dei due momenti di misura. In merito alla velocità del vento si osserva come nella Provincia di Bergamo predominano i venti di origine termica, cioè le brezze. Talora la regione è interessata da venti moderati a componente E, quando si scatena la bora nell'alto Adriatico, mentre venti con

velocità elevate non sono frequenti. Le raffiche massime registrate ad Orio al Serio nel periodo 1951 – 1956 sono comprese fra 48 km/h da N e 91 km/h da SO. Lo studio della frequenza di velocità in giorni dell'anno ha mostrato come in questa stazione il vento di 15 km/h si verifica in media 95 giorni all'anno e quello di 30 km/h 20 giorni all'anno. Per quanto si riferisce alla stazione di Bergamo, relativamente al periodo 1962 – 1981, il vento ha superato 11 volte la velocità di 80 km/h con la maggior frequenza durante i mesi di agosto e di settembre, raggiungendo i 120 km/h il 3 marzo 1967 con tempo asciutto, i 115 km/h il 2 agosto 1968 con pioggia e i 110 km/h l'8 agosto 1980 con pioggia e grandine.

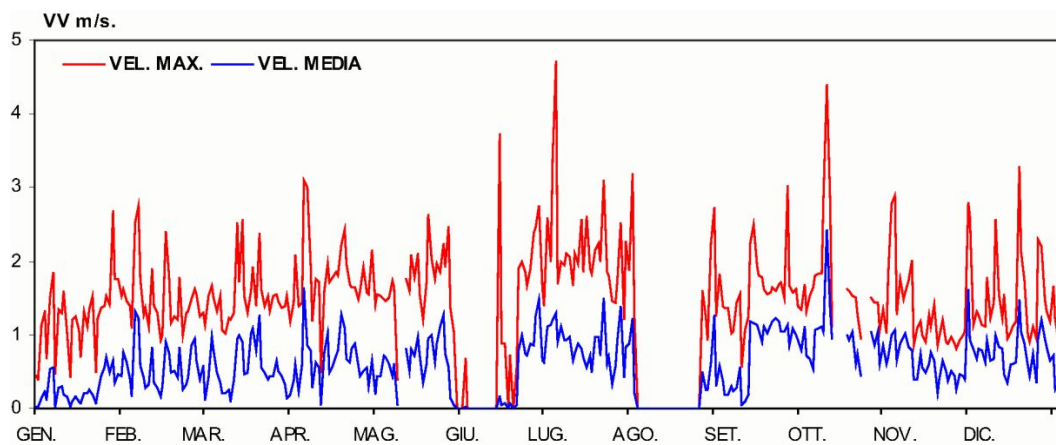


Figura 5 – Andamento velocità dei venti nella stazione di Bergamo (fonte ARPA).

Sulla base dei dati dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Bergamo (1958 – 1974) relativi a valori massimi, medi e minimi mensili, l'insolazione media presenta il valore massimo in luglio e il valore minimo in novembre. Su base stagionale si hanno in media in inverno (successione dei mesi di dicembre, gennaio e febbraio) 267 ore, in primavera 509 ore, in estate 681 ore e in autunno 396 ore. Poiché l'insolazione è condizionata dalla nebulosità, sempre relativamente alla stazione di Bergamo ed allo stesso periodo di tempo, sono stati considerati i numeri massimi, medi e minimi mensili di giorni con cielo sereno, coperto al 50% e coperto al 100%. La radiazione solare, termine utilizzato per descrivere la radiazione emessa dal sole nel campo del visibile e del prossimo al visibile (ultravioletto e prossimo all'infrarosso). Le differenti regioni sono definite dal campo delle lunghezze d'onda comprese nella banda da 0,20 a 4,0 micron con la seguente denominazione:

- ultravioletto: 0,20 – 039 nanometri;
- visibile: 0,39 – 0,78 nanometri;
- vicino all'infrarosso: 0,78 – 4,00 nanometri;
- infrarosso: 4.00 – 100,00 nanometri.

Circa il 99% della radiazione solare che giunge sulla superficie terrestre è contenuta nella regione compresa tra 0,3 e 3,0 nanometri, mentre la radiazione terrestre è contenuta nella regione tra 3,5 e 50,0 nanometri.

Tra gli ulteriori dati meteorologici disponibili, si riporta l'evaporazione di riferimento calcolata mediante la formula di Thornthwaite relativa alla stazione di Bergamo durante il periodo 1926 – 1955 ed espressa in mm.

Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Anno
Bergamo	4	9	27	55	89	123	146	130	90	50	20	7	750

Figura 6 – Evaporazione di riferimento relativa alla stazione di Bergamo durante il periodo 1926 – 1955 (in mm).

L'evapotraspirazione annuale risulta di 750 mm che è confrontabile con il valore potenziale (734,3 mm/anno) registrato presso la stazione di Stezzano durante il trentennio 1958 – 1987.

7. QUADRO GEOLOGICO

7.1 *Inquadramento geologico generale*

Il Comune di Cene si colloca nella Media Valle Seriana, all'altezza dello sbocco della Valle Rossa lungo la sponda idrografica sinistra del fiume Serio.

Il substrato roccioso è costituito da unità Triassiche, tra le quali dominano le litologie calcaree, e da unità quaternarie poligeniche.

Le Alpi Orobic rappresentano un comprensorio molto variegato da un punto di vista geologico poiché caratterizzate da litotipi differenti. Questa diversità si riflette anche a livello della copertura vegetale: la litologia influenza infatti la pedogenesi, cioè la formazione del suolo, il quale è direttamente a contatto con la vegetazione. La vegetazione, a sua volta, è spesso influenzata dalla reazione, dalla permeabilità e dalla granulometria del suolo.

Il settore più settentrionale, alpino, è caratterizzato perlopiù da litologie silicatiche (basamento cristallino e formazioni paleozoiche metamorfosate). La matrice geologica del tratto superiore della valle è caratterizzata da diverse formazioni; tra queste importante è la Formazione di Collio, formazione composta da varie litofacies terrigene, vulcanoclastiche e vulcaniche, che affiora nelle aree più elevate (Pizzo del Diavolo); vasti sono anche gli affioramenti del Verrucano Lombardo, costituito da una successione clastica prevalentemente conglomeratica. Lungo il crinale affiora il Basamento cristallino, in cui compaiono rocce metamorfiche tra le più antiche del territorio bergamasco. Tra queste si osservano micascisti e filladi accanto a rocce più massicce come paragneiss ed ortogneiss, questi ultimi in particolare nella zona a nord di Foppolo (Passo Dordona).

Il settore prealpino è separato dal precedente da un sistema di faglie noto come linea Orobica o Valtorta-Valcanale, lungo il quale sono impostate alcune importanti convalli come la Valtorta.

Il settore prealpino è caratterizzato da litologie carbonatiche (principalmente calcari e dolomie); la parte inferiore della valle è caratterizzata dalla formazione del Calcare di Esino, che costituisce parte dei più importanti massicci prealpini come il Pizzo Arera e il Monte Menna, mentre più a sud affiora la Dolomia Principale, che

conferisce al paesaggio una caratteristica morfologia aspra a guglie e pinnacoli. Gli affioramenti di litotipi carbonatici si spingono particolarmente vicino al crinale principale orobico proprio in Val Brembana, in corrispondenza del massiccio del Monte Pegherolo.

Sui substrati silicatici si sviluppano principalmente suoli a reazione neutra o acida, mentre su quelli carbonatici i suoli hanno reazione neutra o basica, anche se possono presentarsi localmente acidificati in situazioni pianeggianti.

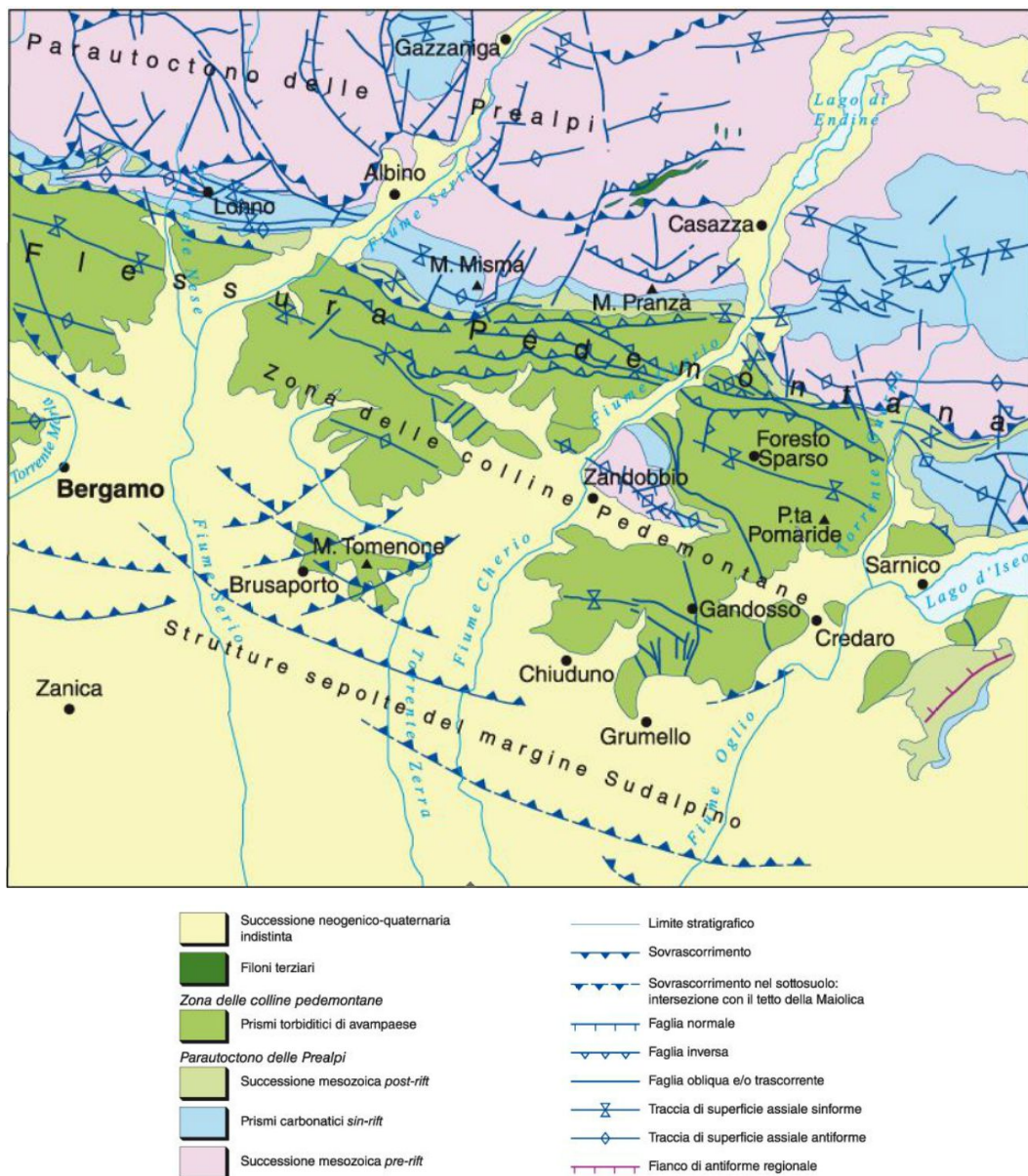


Figura 7 – Schema tettonico delle Prealpi Bergamasche (fonte: Foglio 098 “Bergamo” del progetto CARG - ISPRA).

Le informazioni che seguono sono state desunte dal Progetto CARG dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (ISPRA).

L'ISPRA sta realizzando, in proprio e attraverso appositi atti contrattuali stipulati con regioni, province autonome, università e istituti di ricerca, il progetto di cartografia geologica alla scala 1:50.000 (Progetto CARG), la cui finalità è la realizzazione e informatizzazione dei 636 Fogli geologici e geotematici alla scala 1:50.000 che compongono il puzzle della copertura dell'intero territorio nazionale.

Dal punto di vista geostrutturale il territorio di Cene è compreso nell'ambito delle Alpi Meridionali calcaree (Prealpi Orobiche) ed è costituito in linea generale da formazioni rocciose calcareo-dolomitiche datate Triassico Superiore. L'area si colloca quindi in prossimità del margine pedemontano delle Alpi Meridionali, dove si sono manifestati gli eventi tardivi dell'orogenesi alpina.

Sotto il profilo tettonico, il Foglio 098 "Bergamo" del progetto CARG edito da ISPRA individua, da N verso S, i seguenti settori:

- Parautoctono delle Prealpi;
- Flessura pedemontana;
- Zona delle Colline Pedemontane
- Strutture sepolte del margine sudalpino, Unità terziarie embricate del sottosuolo.

Cene afferisce al Parautoctono delle Prealpi, nell'area di transizione con la Flessura pedemontana.

Nel loro complesso le masse rocciose presentano giaciture variamente inclinate per effetto di piegamenti, sia alla piccola che alla grande scala; le inclinazioni variano da subverticali nella bassa Valle Rossa e in Valle Brusnì fino a divenire suborizzontali sul tavolato carsico del Monte Bue. Faglie importanti tagliano in senso NNE-SSO e NNO-SSE il territorio di Cene; una di esse, all'estremità occidentale del settore montano del territorio, segna il passaggio tra il Calcarea di Zorzino (più antico) e la formazione delle Argilliti di Riva di Solto (più giovani).

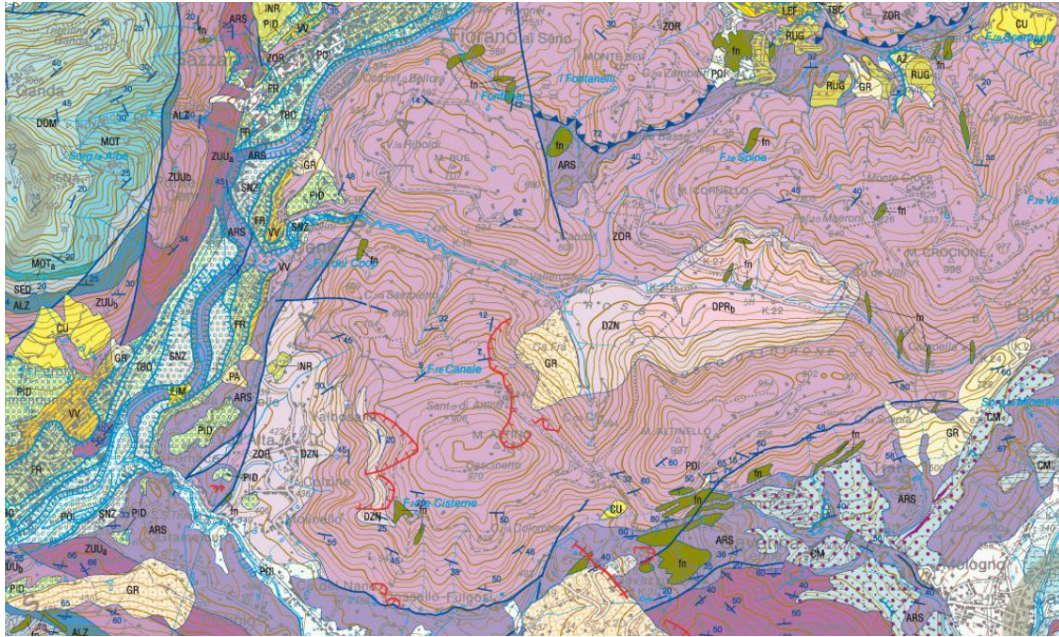


Figura 8 – Stralcio del Foglio Geologico n. 098 “Bergamo” del progetto CARG (fonte: ISPRA).

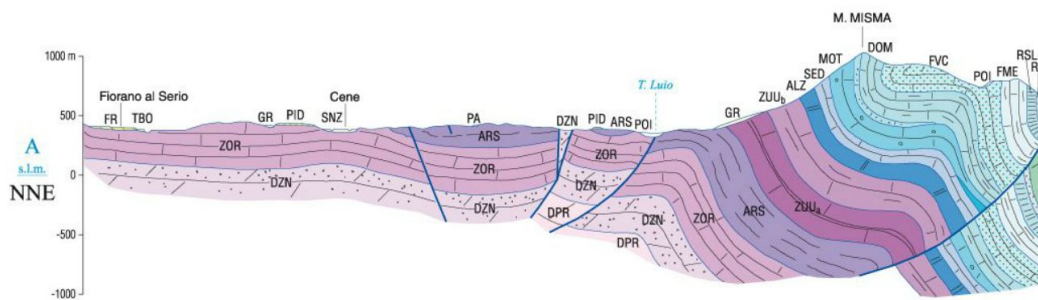


Figura 9 – Sezione geologica lungo il territorio di Cene (fonte: ISPRA).

Il Foglio 098 “Bergamo” comprende un settore settentrionale, appartenente alle Prealpi Bergamasche, delimitato a S dallo sviluppo di una catena di rilievi di media quota (dorsale M. Canto Alto – M. Misma – M. Bronzone), cui si affianca a meridione la fascia collinare pedemontana, allineata in direzione WNW–ESE (dai Colli di Bergamo al M. S. Onofrio, presso Capriolo). Nell’area sono presenti successioni sedimentarie marine in prevalenza mesozoiche, con limitati affioramenti riferibili a successioni plioceniche, nonché sedimenti continentali di età compresa tra l’emersione della catena e l’Olocene. La successione mesozoica è intrusa da corpi magmatici di bassa profondità di età terziaria, associati ad un corteggio di filoni e localizzati nel settore settentrionale del foglio, tra la Val Brembana e la Valle del

Cherio. La zonazione morfologica riflette l'assetto tettonico dell'area, che comprende differenti unità strutturali appartenenti al Sudalpino Lombardo, allineate in prevalenza secondo fasce a direzione media prossima ad E-W.

Dal punto di vista paleoambientale, le formazioni presenti materializzano l'evoluzione della copertura mesozoica delle Alpi Meridionali, dalla messa in posto della Dolomia Principale ai Filoni Porfirritici terziari.

Le unità quaternarie sono di natura eterogenea: sono presenti, infatti, depositi antropici, di versante, fluviali e fluvioglaciali.

Nell'area del Foglio 098 "Bergamo", le fasi di strutturazione mesoalpina sono documentate da associazioni strutturali distensive (graben di Selvino, faglie normali della Valle di Gaverina) che accolgono l'insediamento di corpi magmatici ipoabissali (porfiriti basiche di Gaverina – Val Rossa, bassa Val Cavallina e sciami di filoni associati), recentemente attribuiti a differenti cicli magmatici.

Nel Foglio non sono noti in affioramento sedimenti terziari pre-pliocenici che consentano di datare con precisione le fasi di strutturazione neoalpina. A questa si deve la messa in posto dei sovrascorrimenti del Parautoctono e le fasi fuori sequenza connesse allo sviluppo della Flessura Pedemontana. Gli elementi a disposizione sono l'alloctonia del graben di Selvino, la troncatura e il piegamento dei filoni terziari da parte dei sovrascorrimenti della Flessura e la discordanza planare alla base dei sedimenti del Pliocene marino al margine pedemontano, a loro volta basculati debolmente verso S.

Dalla più antica alla più recente, nel territorio comunale di Cene, affiorano le seguenti unità.

Formazioni triassiche:

- Dolomia Principale – Dolomia Peritidale (Norico Inferiore – Norico Medio),
- Dolomie Zonate (Norico Medio),
- Calcare di Zorzino (Norico Medio),
- Argillite di Riva di Solto (Norico Medio – Norico Superiore),
- Calcare di Zu - Litozona Inferiore (Norico Superiore – Retico).

Filoni e piccole masse ignee:

- Filoni porfiritici terziari (Paleocene Sommitale – Oligocene Basale).

Unità quaternarie:

- Conglomerato di Semonte (Neogene),
- Formazione di Masserini (Calabriano?),
- Sintema di Piodera (Calabriano),
- Gruppo di Vertova (Pleistocene Medio),
- Supersintema di Fiorano (Pleistocene Medio),
- Sintema di Torre Boldone (Pleistocene Medio),
- Sintema di Scanzorosciate (Pleistocene Medio),
- Supersintema di Palazzago (Pliocene – Pleistocene),
- Gruppo di Prato Grande (Pleistocene),
- Sintema del Po - Unità Postglaciale (Pleistocene Superiore – Olocene).

7.2 **Unità cartografate**

Nella **Carta Geologica**, alla scala 1:5.000, sono rappresentati tutte le unità geologiche presenti sul territorio comunale di Cene.

Qui di seguito si riporta una descrizione sintetica delle unità geologiche cartografate.

7.2.1 Dolomia Principale

L'unità è costituita da strati spessi e banchi di dolomie grigio scure con piccole cavità rivestite da cementi fibrosi chiari e dolomie biancastre, ove a grana grossolana, associate a piccole biocostruzioni a serpulidi, lenti biocostruite. Nello specifico le Dolomie Peritidali sono presenti unicamente nella Valle Rossa. Lo spessore massimo è di circa 300 - 500 m. Unità tipica della piattaforma carbonatica e pendio marginale. L'età è Norico Inferiore - Medio.

7.2.2 Dolomie Zonate

L'unità è costituita da calcareniti e calcisiltiti dolomitizzate, gradate e laminate o massive, di colore da grigio scuro a nerastre, in strati da sottili a molto spessi, planari, organizzati in sequenze ripetitive. Localmente sono intercalate lenti doloruditiche con clasti intraformazionali da centimetrici a metrici ed elementi provenienti dai margini della Dolomia Principale. Lo spessore massimo raggiunge valori di circa 300 m. L'ambiente di formazione dell'unità è pendio e bacino intrapiattaforma. L'età di queste dolomie è Norico Medio.

7.2.3 Calcarea di Zorzino

L'unità è costituita da calcilutiti nere o grigio scure, in strati planari di spessore da 10 a 30 cm, con interstrati di marne nerastre, a laminazioni piano-parallele, ricche di materia organica. Nella porzione sommitale dell'unità sono presenti livelli ricchi in coproliti, pesci e frammenti di rettili. Lo spessore massimo è di circa 400 m.

L'ambiente di formazione dell'unità è solco intrapiattaforma (ambiente anossico). L'età di queste dolomie è Norico Medio.

7.2.4 Argillite di Riva di Solto

Unità composta da argilliti e marne argillose nerastre, finemente laminate o fogliettate (litozona inferiore), con intercalazioni o alternanze cicliche di calcari micritici neri in strati sottili (litozona superiore). Unità tipica di bacino poco profondo inizialmente ristretto. L'età attribuita è Norico Medio – Superiore.

7.2.5 Calcare di Zu

La formazione è suddivisa in due litozone, all'interno del comune di Cene affiora la Litozona inferiore: composta da alternanze cicliche, più frequentemente con sequenze negative, di spessore fino a decametrico, costituite da marne argillose, calcari marnosi e calcari micritici grigi con dispersi bivalvi. Lo spessore della formazione è compreso tra i 150 m e i 350 m. L'età della formazione è Norico Superiore - Retico.

7.2.6 Filoni Porfiritici Terziari

Corpi subvulcanici e filoniani, inseriti all'interno della successione norico – retica costituiti da filoni fino a decametrici di porfiriti basaltiche, a fenocristalli di plagioclasio e massa di fondo microcristallina con plagioclasio, pirosseni ed opachi; corpi intrusivi di bassa profondità, pluridecametrici, a composizione da andesitica a trachianandesitica e basaltica. Età comprese tra Paleocene Sommitale e Oligocene Basale.

7.2.7 Conglomerato di Semonte

Conglomerati stratificati a supporto di matrice arenacea grossolana o a supporto clastico, clasti arrotondati e selezionati, prevalentemente carbonatici; sabbie e

arenarie grossolane (depositi alluvionali). Diamictiti a clasti eterometrici spigolosi e matrice litificata (depositi di frana). Depositi da ottimamente cementati a litificati. L'età attribuibile è Neogene.

7.2.8 Formazione di Masserini

Diamicton a supporto di matrice argillosa con sparsi clasti residuali a disco, carbonati assenti, vulcaniti arenizzate, decolorate, (alterite su depositi alluvionali). L'età della formazione è Calabriano (?).

7.2.9 Sintema di Piodera

Diamicton massivi a supporto di matrice derivati dalla pedogenizzazione di ghiaie per spessori superiori a 10 m. Matrice argillosa, clasti da appiattiti a discoidali, carbonati assenti, vulcaniti da arenizzate ad argillificate (alteriti su depositi alluvionali).

L'età attribuibile è Calabriano.

7.2.10 Gruppo di Vertova

Conglomerati a supporto clastico o di matrice arenacea con clasti silicei e carbonatici arrotondati, da appiattiti a discoidali, ben selezionati; intercalazioni decimetriche di arenarie; cementazione ottima; spesso con scavernamenti (depositi alluvionali).

Diamicton massivi a supporto di matrice pedogenizzata argilloso – limosa con clasti residuali silicei da arenizzati ad argillificati, spessore superiore a 10 m (alterite su depositi alluvionali).

L'età del Gruppo di Vertova è Pleistocene Medio.

7.2.11 Supersintema di Fiorano

Conglomerati in corpo stratoidi, a supporto clastico o di matrice e clasti ben arrotondati, cementazione da buona ad ottima (depositi alluvionali); diamicton a supporto di matrice e clasti locali, pedogenizzati (depositi di debris flow). Spessore osservato superiore ai 3 m.

L'età attribuibile è Pleistocene Medio.

7.2.12 Sintema di Torre Boldone

Ghiaie pedogenizzate in corpi stratoidi con clasti residuali silicei arrotondati (depositi alluvionali). Profilo di alterazione evoluto, con spessore maggiore di 3,5 m, clasti carbonatici assenti.

L'età del Sintema di Torre Boldone è Pleistocene Medio.

7.2.13 Sintema di Scanzorosciate

Diamicton massivo a supporto di matrice con clasti arrotondati (depositi alluvionali pedogenizzati). Profilo di alterazione evoluto con singola coltre loessica non sempre conservata; spessore osservato superiore a 2 m, con silicoclasti arenizzati, carbonati assenti, diffusa patina di Fe-Mn.

L'età attribuita è Pleistocene Medio.

7.2.14 Supersintema di Palazzago

Limi e argille limose, massivi, con clasti di provenienza locale da millimetrici a centimetrici (depositi di versante); diamicton con abbondante matrice sabbioso – limosa e argillosa e clasti locali sino a centimetrici (depositi di debris flow).

Profilo di alterazione con profondità molto variabile.

L'età attribuita è Pliocene - Pleistocene.

7.2.15 Gruppo di Prato Grande

Diamicton massivi con clasti spigolosi; ammassi rocciosi disarticolati e coperture di blocchi accatastati in situ alla sommità di ammassi disarticolati (depositi di versante e di frana). La superficie limite superiore erosionale, il grado di alterazione è variabile. L'età della formazione è Pleistocene.

7.2.16 Sintema del Po (Unità Postglaciale)

Diamicton e ghiaie con clasti spigolosi (depositi di versante, di frana e di debris flow). Ghiaie e sabbie stratificate (depositi alluvionali); limi laminati, argille, torbe (depositi lacustri e di torbiera); diamicton massivi a blocchi (depositi glaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da alterazione assente e morfologie ben conservate o ancora in evoluzione. L'età della formazione è Pleistocene Superiore - Olocene.

8. QUADRO GEOMORFOLOGICO

8.1 *Inquadramento geomorfologico generale*

La morfologia del territorio di Cene e delle aree limitrofe è di tipo prevalentemente strutturale, da imputare cioè direttamente alla sua natura rocciosa, dunque alla disposizione degli strati ed alla loro differente erodibilità. Spiccano poi per estensione le aree a morfologia carsica del Monte Bue, del Monte Altino e, nella parte alta della Valle Rossa fuori dai confini comunali, la zona di crinale dei Monti Cornello, Crocione e Pler.

Alcune forme del paesaggio traggono la loro origine da azioni di agenti geomorfici antichi ora non più attivi, come i ghiacciai quaternari, che occupavano la Valle Seriana alcuni chilometri a monte di Cene e fin qui facevano sentire i loro effetti. Il terrazzo fluvioglaciale sul quale sorge la Casa di Riposo ne è un esempio. Alle forme più antiche si sono aggiunte e si sovrappongono le azioni delle acque superficiali, di quelle sotterranee e della forza di gravità, che anche attualmente contribuiscono alla trasformazione fisica del territorio (ne sono esempi l'alveo molto inciso della Valle Asinina, le fasce di detriti e i depositi eluvio-colluviali presenti in modo diffuso al raccordo tra i versanti e il fondo della Valle Rossa).

Non va inoltre trascurata la secolare ed incisiva azione antropica con la quale localmente si è profondamente rimodellato il territorio, adattandolo alle esigenze delle attività e degli insediamenti umani, tanto da nasconderne talora completamente i tratti naturali. A Cene questo aspetto è particolarmente evidente lungo la fascia subpianeggiante adiacente al Fiume Serio, nella quale non sono più riconoscibili i tratti morfologici originari, tanto è stata intensa la trasformazione del territorio, sia per scopi civili che industriali.

8.2 *Il carsismo*

La fascia collinare-montana del territorio comunale, come noto, è interessata dall'affioramento di sedimenti carbonatici del Triassico. In corrispondenza dei corsi d'acqua che percorrono queste pendici sono osservabili solchi carsici, profondi fino

a pochi metri, derivanti dall'attività dell'acqua sulle litologie calcaree. Se il fenomeno si verifica su una formazione calcarea fessurata per la presenza di diaclasi strutturali, le fessure vengono sempre più allargate e in parte approfondite.

Il carsismo di profondità interessa diffusamente i calcari. Attraverso la dissoluzione delle rocce carbonatiche si creano dei sistemi di vuoti con fessure ad andamento e sezione molto irregolari, fra loro intercomunicanti, con sviluppo orizzontale (grotte) o verticale (voragini, pozzi, inghiottitoi).

Per quanto riguarda l'area in questione, è facilmente constatabile la diffusione di una morfologia carsica superficiale nella zona del Monte Bue, estrema propaggine della dorsale Monte Crocione-Monte Pler e del Monte Altinello, con la presenza d'inghiottitoi e doline anche estese.

In generale, sul territorio orobico si possono distinguere quattro fasce geografiche, morfologicamente diverse e interessate da differenti tipi di carsismo; inoltre ogni fascia, dal Miocene in poi, ha subito sollevamenti di diversa entità che hanno diversamente condizionato lo sviluppo del carsismo.

Partendo da Sud si distinguono:

- A la pianura quaternaria;
- B la fascia collinare con rocce del Cretacico e del Giurassico;
- C la fascia intermedia sulla quale affiorano le rocce del Triassico;
- D la fascia settentrionale pre-Triassica.

La zona di studio rientra per gran parte nella terza fascia, caratterizzata da rocce triassiche.

Per quanto riguarda le litologie in questione, sia la formazione del Calcarea di Zorzino (facies calcarea) che quella della Dolomia Principale sono oggetto di un carsismo superficiale molto sviluppato anche in profondità, con numerose cavità sotterranee di discreto sviluppo.

Sono presenti in superficie, sulle clinostratificazioni dello Zorzino, vaschette, scallop e solchi a doccia; tipiche forme di carsismo superficiale, classificate come microforme di corrosione superficiale, dovute all'azione dell'acqua leggermente acida sul calcare.

Il fenomeno trova diffusione su una formazione calcarea che si presenta fessurata, per la presenza di diaclasi strutturali, le cui fessure vengono sempre più allargate ed approfondite.

8.3 *Morfologie cartografate*

Nella **Carta Geomorfologica**, alla scala 1:5.000, sono rappresentati i processi morfogenetici più significativi che agiscono sul territorio. Di seguito viene proposta una breve descrizione degli elementi che caratterizzano tali processi:

Aree a franosità diffusa

Sono aree di versante su cui insistono fenomeni franosi attivi o quiescenti. Tale aree, poco diffuse sul territorio comunale, sono ubicate principalmente in sinistra idrografica allo sbocco della Valle Rossa e sulla porzione del versante orografico sinistro della Valle Seriana compreso tra la valle Rossa ed il confine comunale con Albino.

Depositi di Paleofrana

Si tratta di depositi di accumulo di materiale staccatosi dalle pareti presenti a monte in tempi antichi e che da molto tempo risultano inattivi. Queste forme, che sono presenti solo in sinistra orografica della Valle del Cli sotto le pareti a valle del santuario di Altino, sono evidenza di fenomeni di instabilità complessiva dei versanti avvenuta tempo addietro, ma ormai inattiva.

Distacco di blocchi

Si tratta di pareti rocciose da cui spesso si distaccano blocchi di roccia che cadono verso valle. Le aree di distacco dei blocchi sono localizzate principalmente sul versante compreso tra l'area Ex-Bellora e ed il confine comunale di Fiorano (sponda orografica sinistra del fiume Serio). Nei pressi della pista ciclabile, le aree sottostanti le pareti di distacco, sono state messe in sicurezza attraverso la messa in opera di reti paramassi.

Terrazette da pascolo e soliflusso

Si tratta di movimenti lenti superficiali di tipo gravitativo; il fenomeno è abbastanza diffuso lungo i pendii della valle Rossa e della valle del Cli dove sono presenti depositi eluvio colluviali prevalentemente argillosi. Essi sono identificabili nella morfologia a dossi, cunette, rotture e solchi delle coltri colluviali o, dove presenti, da una più o meno pronunciata curvatura alla base dei tronchi degli alberi.

Ristagni d'acqua

Si tratta di zone di accumulo di acque meteoriche dovute alla presenza di terreni argillosi impermeabili che non permettono la dispersione delle stesse nel sottosuolo o all'assenza di una rete naturale efficace al deflusso superficiale. Queste forme sono presenti principalmente lungo la valle Rossa e la valle del Cli in corrispondenza dei depositi eluvio colluviali prevalentemente argillosi e sul versante orografico sinistro della val Seriana al confine con il territorio comunale di Albino.

Alveo in erosione

Si tratta di processi fluviali erosivi laterali e approfondimento dell'alveo dovuti ad un incremento della portata e del carico solido. Questa forma è presente soltanto allo sbocco della val Rossa sulla destra orografica.

Alveo sospeso

Si tratta di un corso d'acqua il cui alveo è interrotto nella sua parte terminale e non è possibile osservarne lo sbocco. Tale forma è presente soltanto sul versante posto a monte del campo sportivo parrocchiale.

Nicchia di frana

La nicchia di frana, posta monte della zona di accumulo, caratterizzata da un andamento lineare e curvo, evidenzia la zona di distacco del materiale franoso. E' possibile osservare tale forma, ben evidente, sul versante a monte di via Bellora.

Orlo di scarpata

In questa categoria sono rappresentati indistintamente sia gli orli di scarpata fluviale sia quelli di degradazione/frana.

La prima categoria, presente più o meno diffusamente su tutti i versanti del territorio comunale, rappresenta segni di instabilità del territorio siano essi antiche, inattive e attive (infrequenti).

La seconda categoria, presente in tutte le aste torrentizie del territorio comunale, rappresenta il risultato dell'attività erosiva svolta dagli stessi.

Localmente l'erosione lineare ha inciso non solo i depositi sciolti superficiali ma anche il substrato roccioso, dando origine ad alvei incassati. Lungo il Torrente Doppia e gli altri torrenti minori sono evidenti terrazzi alluvionali, spesso delimitati a monte da orli di scarpata.

Orlo di scarpata di origine antropica

Rappresentano gli orli di scarpata derivante dall'attività antropica e principalmente derivanti dall'attività estrattiva o edilizia. Tali forme sono localizzate principalmente lungo la val Rossa.

Area a carsismo diffuso – Doline – Grotte carsiche

Come accennato in precedenza l'area collinare del monte Bue, intestata sul substrato roccioso calcareo e/o calcareo marnoso, è caratterizzata da fenomeni di carsismo diffuso le cui evidenze geomorfologiche sono rappresentate superficialmente dalle numerose doline presenti e, in profondità, dalla presenza di grotte e condotti carsici.

Deposti di conoide

Sono aree, poste allo sbocco dei corsi d'acqua, dove si depositano detriti di suolo e roccia trasportati dei corsi d'acqua stessi, quando l'acqua si spande e perde la sua capacità di trasportare i solidi in sospensione. I conoidi alluvionali sono localizzati in corrispondenza delle valli laterali sul versante sinistro del fiume Serio.

Sorgenti

Sono riportate le sorgenti, distribuite omogeneamente su tutto il territorio comunale, riportate sulla Carta idrogeologica, suddivise in captate dall'acquedotto comunale o da privati e non captate.

9. QUADRO IDROGEOLOGICO

9.1 *Premessa*

Anche l'assetto idrogeologico del territorio di Cene è strettamente collegato ai suoi caratteri geostrutturali e geomorfologici. Vi sono "reti" acquifere in roccia e, dunque, i bacini di alimentazione delle acque sotterranee e i punti di recapito superficiali sono condizionati dalla natura del substrato roccioso, dalla disposizione e dall'orientazione delle discontinuità in esso presenti.

In generale le sorgenti di Cene derivano da un sistema di circolazioni sotterranee carsiche, la cui alimentazione avviene nei pianori a doline del Monte Altino, del Cornello, del Crocione, del Pler e del Monte Bue. Il controllo di queste acque è legato ai principali sistemi di frattura, oltre che alle discontinuità delle superfici di strato. La venuta a giorno delle acque è favorita non tanto da contrasti di permeabilità, come avviene ad esempio in un contatto tra calcari e argilliti, quanto dalla chiusura dei circuiti carsici in profondità, alle quote altimetriche inferiori, in corrispondenza delle incisioni della Valle Rossa e della Valle del Clì. Questo tipo di circolazioni sotterranee si riflette anche nella elevata variabilità di portata delle sorgenti, in funzione della piovosità, e nella tendenza di alcune di esse ad intorbidarsi in occasione di temporali o di forti piogge.

Dal confronto dei dati disponibili si possono effettuare alcune considerazioni di carattere generale sulle acque di Cene:

- la conducibilità e il pH sono tipici di acquiferi calcareo-marnosi con contributi anche da rocce porfiritiche;
- le sorgenti hanno valori di conducibilità e pH del tutto confrontabili tra loro, indice di appartenenza ad una stessa tipologia di acquifero;
- i valori pressoché uguali di temperatura delle acque delle sorgenti è anche dovuto al fatto che esse scaturiscono più o meno nella stessa fascia altimetrica; la Valrudana risulta la più fredda anche perché scaturisce in un versante esposto a Nord;

- le acque dei corsi d'acqua rispetto alle sorgenti hanno mediamente pH e temperature leggermente più elevati. Questa similitudine con le acque di sorgente indica come gli stessi torrenti siano alimentati soprattutto da acque sorgive;

I fenomeni di intorbidimento e inquinamento cui vanno soggette alcune di queste sorgenti sono un'ulteriore conferma della tipologia carsica dell'acquifero e della sua potenziale vulnerabilità.

In questo capitolo sono raccolte le conoscenze riguardanti la circolazione idrica sotterranea. Tali informazioni possono essere utilizzate per la localizzazione, la gestione e la difesa, dal punto di vista della vulnerabilità, della risorsa idrica.

Le sorgenti censite sul territorio comunale sono state riportate sulla carta idrogeologica, distinguendo tra le sorgenti non captate, quelle captate da privati, quelle captate ad uso idropotabile (acquedotto comunale) e i serbatoi di acqua potabile.

Nella carta idrogeologica sono stati inseriti inoltre l'ubicazione dei pozzi derivanti dalla carta delle piccole derivazioni della Provincia di Bergamo (Siter@) e l'ubicazione della stazione idrometrica presente sul fiume Serio nei pressi del ponte di collegamento alla Strada provinciale.

9.1 *Unità idrogeologiche cartografate*

Nella **Carta Idrogeologica**, alla scala 1:5.000, viene data una valutazione di massima della permeabilità superficiale delle diverse unità litologiche, distinguendo i terreni, per i quali la permeabilità è di tipo primario, dalle rocce caratterizzate in certi casi da permeabilità secondaria.

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

Il territorio comunale è stato suddiviso in zone omogenee dal punto di vista della conducibilità idraulica in funzione del terreno o della roccia individuata in affioramento. Pertanto si sono individuate le classi di permeabilità, così riassunte:

- **Permeabilità alta:** vengono compresi in questa classe le alluvioni presenti lungo l'alveo e nella piana alluvionale del Fiume Serio e in minor misura della Valle Rossa, i detriti di falda sciolti privi di suolo o con suolo discontinuo. Le alluvioni del Fiume Serio sono in generale sede di acquiferi di una certa importanza, come dimostrano alcuni pozzi utilizzati a scopo industriale nei limitrofi Comuni di Gazzaniga, di Fiorano e di Vertova; ma in territorio di Cene lo spessore delle alluvioni è scarso e la roccia affiora nel greto del Serio.
- **Permeabilità media:** vengono considerate in questa classe tutte le aree dove affiora il substrato di origine calcarea, dolomitico o dove sono presenti conglomerati. Per le rocce si considera che rientrino in questa classe prendendo in considerazione gli effetti della permeabilità secondaria. Le rocce in questione afferiscono alle formazioni del Calcarea di Zorzino, del Calcarea di Zu, della Dolomia Principale e delle Dolomie Zonate, in particolare dove queste sono più affette da disgiunzioni di origine tettonica. Inoltre sono stati aggiunti anche i depositi conglomeratici presenti nel fondovalle seriano appartenenti al gruppo di Vertova e al Conglomerato di Semonte.
- **Permeabilità bassa:** fanno parte di questa categoria i terreni di origine varia che costituiscono i pendii retrostanti l'abitato di Cene. I terreni eluviali di aree carsiche in realtà presentano quasi ovunque una importante componente limoso-argillosa, prodotto residuale del processo carsico.

Le rocce presenti nel territorio comunale alle quali è stata assegnata questa classe di permeabilità sono la formazione dell'Argillite di Riva di Solto, presente sul versante alle spalle di Cene di Sotto e nei pressi del confine comunale con Leffe e dalle porfirite terziarie.

9.3 *Acquiferi presenti nel substrato roccioso*

Occorre pensare che il valore della permeabilità riportato in carta, nelle zone dove affiora/subaffiora il substrato roccioso, non tiene conto dell'eventuale presenza in superficie della copertura detritica. Tale scelta è legata alla discontinuità laterale che caratterizza tali depositi; solo localmente essi possono possedere spessori significativi.

Le rocce che costituiscono il substrato roccioso sono normalmente caratterizzate da una permeabilità primaria (da scarsa a nulla) e da una permeabilità secondaria variabile a seconda della giacitura della stratificazione, del grado di fratturazione e della loro composizione chimica. In particolare si sottolinea che il substrato, nel caso in cui sia fratturato, può contenere falde idriche limitate ma di buona qualità.

La suddivisione, valida in senso generale, adottata per le formazioni rocciose che costituiscono il substrato è riassunta nella tabella seguente.

Classe di permeabilità	Formazioni rocciose
Bassa	Filoni porfirritici Argilliti di Riva di Solto
Media	Calcarea di Zorzino Calcarea di Zu Dolomie zonate Dolomia principale

9.4 *Fonti di approvvigionamento*

Nel territorio comunale sono presenti diverse sorgenti. Alcune di queste sono utilizzate per alimentare il sistema acquedottistico comunale, assumendo quindi particolare rilevanza nell'ambito territoriale non solo da un punto di vista morfologico/idrogeologico, ma anche dal punto di vista della gestione della risorsa naturale.

L'alimentazione della rete del Comune di Cene, infatti, avviene attualmente per il 100% a mezzo delle seguenti sorgenti, tutte dislocate entro il bacino della Valle Rossa:

- sorgente Fontana Mora;
- sorgente Fami;
- sorgente Valrudana;
- sorgente Masserini;
- sorgente Becciù.

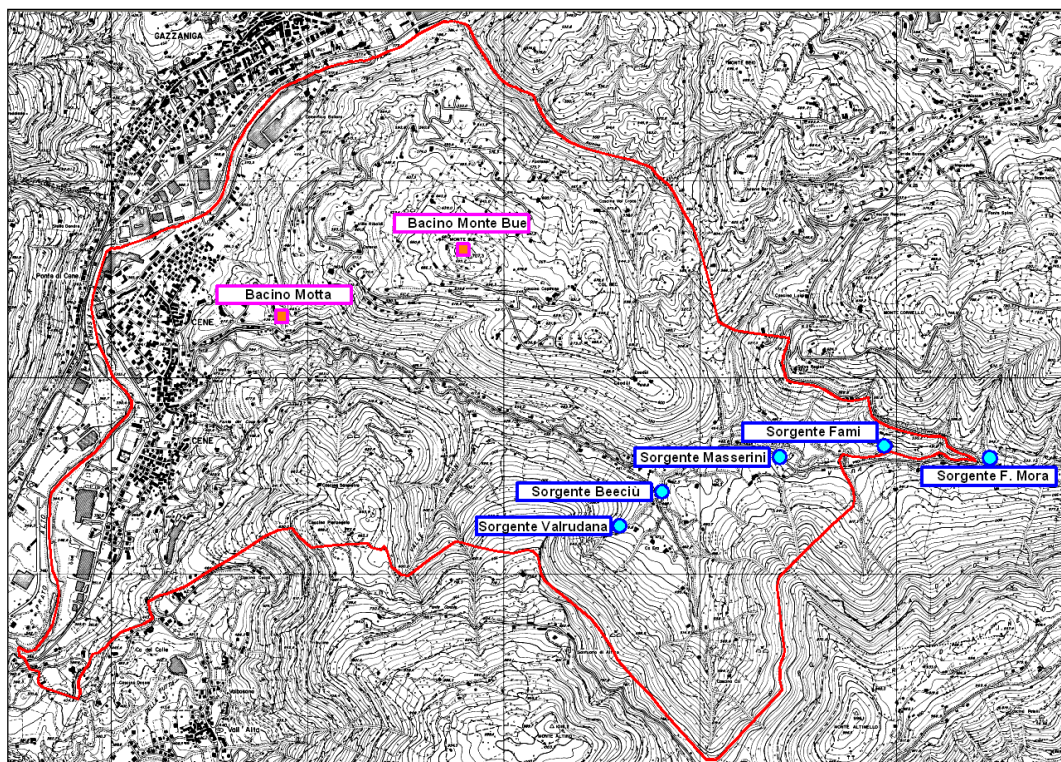


Figura 10 – Localizzazione delle sorgenti captate a Cene.

<i>Sorgente</i>	<i>Fontana Mora</i>
<i>Ubicazione</i>	<i>Valle Rossa</i>
<i>Disponibilità idrica</i>	<i>25 ÷ 50 l/s</i>
<i>Formazione geologica</i>	<i>Dolomia Principale</i>
<i>Caratteristiche di affioramento</i>	<i>per circolazione carsica</i>
<i>Possibile origine di fonte di inquinamento</i>	<i>civile</i>

<i>Sorgente</i>	<i>Fami</i>
<i>Ubicazione</i>	<i>Valle Rossa</i>
<i>Disponibilità idrica</i>	<i>8 ÷ 18 l/s</i>
<i>Formazione geologica</i>	<i>Dolomia Principale</i>
<i>Caratteristiche di affioramento</i>	<i>lungo frattura di faglia</i>
<i>Possibile origine di fonte di inquinamento</i>	<i>nessuna</i>

<i>Sorgente</i>	<i>Valrudana</i>
<i>Ubicazione</i>	<i>Valle Rossa</i>
<i>Disponibilità idrica</i>	<i>3 l/s</i>
<i>Formazione geologica</i>	<i>Dolomie Zonate</i>
<i>Caratteristiche di affioramento</i>	<i>lungo strato</i>
<i>Possibile origine di fonte di inquinamento</i>	<i>agricola</i>

<i>Sorgente</i>	<i>Masserini</i>
<i>Ubicazione</i>	<i>Valle Rossa</i>
<i>Disponibilità idrica</i>	<i>2 ÷ 5 l/s</i>
<i>Formazione geologica</i>	<i>Dolomie Zonate / Calcare di Zorzino</i>
<i>Caratteristiche di affioramento</i>	<i>non rilevate</i>
<i>Possibile origine di fonte di inquinamento</i>	<i>agricola</i>

<i>Sorgente</i>	<i>Beechiù</i>
<i>Ubicazione</i>	<i>Valle Rossa</i>
<i>Disponibilità idrica</i>	<i>10 l/s</i>
<i>Formazione geologica</i>	<i>Dolomie Zonate</i>
<i>Caratteristiche di affioramento</i>	<i>lungo strato, frattura o faglia</i>
<i>Possibile origine di fonte di inquinamento</i>	<i>agricola</i>

La sorgente Fontana Mora, ubicata al di fuori del territorio comunale a quota 515 m s.l.m., viene convogliata a valle tramite due condotte; la prima condotta svolge essenzialmente la funzione di adduttrice, la seconda - sulla quale sono collegate varie derivazioni - svolge la funzione di distributrice a tutte le abitazioni presenti lungo la Valle Rossa.

Entrambe le condotte percorrono la Valle Rossa sino a raggiungere il serbatoio Motta. La principale derivazione è quella a servizio del Monte Bue; infatti, tramite un sollevamento le acque vengono inviate al serbatoio del Monte Bue che alimenta la rete costituita da tronchi indipendenti che scendono sui versanti del rilievo sino alla quota di 590 m s.l.m.

Verso gli anni '90 è stata inoltre captata la nuova sorgente Masserini le cui prove di portata hanno registrato il valore di circa 4 l/s; tramite un pompaggio viene distribuita acqua ad alcune case poste a lato della strada provinciale a confine con il Comune di Bianzano.

Il centro cittadino viene alimentato dal serbatoio Motta tramite una rete a maglie chiuse estesa a tutte le aree insediate.

Lo schema altimetrico del sistema acquedottistico è riportato a seguire.

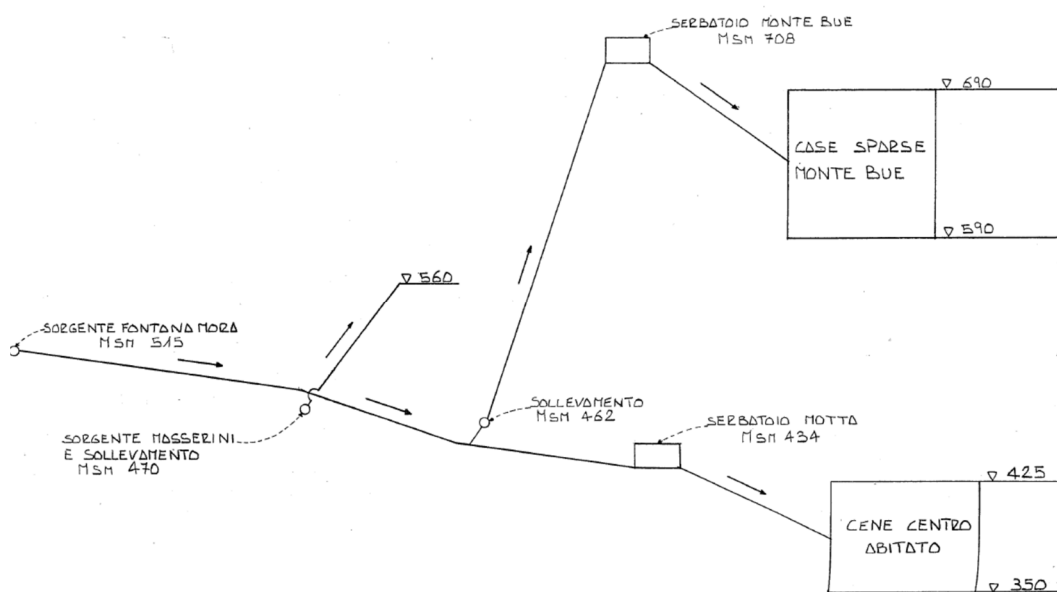


Figura 11 – Schema della rete acquedottistica esistente.

9.5 *Vulnerabilità degli acquiferi*

In linea generale si è potuto constatare come la circolazione idrica sotterranea avvenga secondo le modalità riconducibili al seguente schema:

- in una prima fase, parte delle acque meteoriche si infiltra nel sottosuolo attraverso le discontinuità delle rocce e raggiunge la zona satura (moti prevalentemente verticali, gravitativi);
- successivamente tali acque, prima di raggiungere il recapito naturale, subiscono una serie di deviazioni dovute alla presenza di importanti discontinuità tettoniche e carsiche.

Sulla base di quanto esposto è evidente che le aree maggiormente vulnerabili per quanto concerne la circolazione idrica delle acque coincidono con le zone del bacino in cui la permeabilità è media/alta. I settori maggiormente pianeggianti del territorio comunale sono caratterizzati da acquiferi con una struttura tale da non poter sopperire, in caso di contaminazione delle acque captate, con l'attingimento da acquiferi indenni e più profondi. La modesta soggiacenza della falda rende particolarmente vulnerabile l'acquifero, sia nel caso di infiltrazione di acque contaminate dalla superficie, sia per l'apporto di acque degradate veicolate nei corpi idrici superficiali.

10. RETE IDROGRAFICA SUPERFICIALE

Per quanto riguarda la dinamica fluviale l'elemento principale è il Fiume Serio il quale scorre nella porzione occidentale del comune con andamento sinuoso e con direzione circa Nord Est – Sud Ovest. Altri elementi importanti sono il Torrente Doppia, il quale scorre lungo la Valle Rossa tagliando il comune da Est verso Ovest e andando a immettersi nel Fiume Serio nei pressi della Chiesa Parrocchiale di San Zenone; il Torrente Doppia raccoglie numerose vallette minori che attraversano l'intera Valle Rossa con un andamento approssimativamente parallelo Nord – Sud. Tra queste ultime le più importanti sono la Val Brüsni e la Valle Cli, entrambe ubicate lungo la sponda idrografica sinistra della Valle Rossa.

Il confine comunale con Casnigo è localizzato nei pressi della Valle Asinina, valle avente direzione Sud Est – Nord Ovest la quale si immette nel Fiume Serio a nord-est del complesso industriale “ex-Bellora”.

La normativa vigente classifica i corsi d'acqua nel seguente modo:

- Reticolo Idrico Principale (allegato A della D.g.r. 18 dicembre 2017, n. X/7581);
- rete di rogge e canali del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, come definito dall'Allegato D della stessa D.g.r.;
- canali privati;
- Reticolo Idrico Minore, costituito da tutti i corsi d'acqua che non appartengono alle tre categorie precedenti.

Il Fiume Serio e la Valle Rossa sono identificati nell'elenco del Reticolo Idrico principale di cui alla D.G.R. n. 7/7868 del 15.02.2002 e confermati nelle successive deliberazioni. I rimanenti corsi d'acqua afferiscono al reticolo idrico minore.

Il Fiume Serio ha origine dalle Alpi Orobie e propriamente dal bacino formato dalle alte gioaie nevose dei Monti Pizzo del Diavolo (2914 m s.l.m.), Gleno (2883 m s.l.m.) e Pizzo di Coca (3052 m s.l.m.). Le Carte topografiche indicano con il toponimo “Sorgenti del Serio”, le pendici sud-occidentali del M. Torena a circa 2500 m di quota in una zona impervia, priva di sentieri, modellata dal ghiacciaio che nel Pleistocene qui aveva la sua origine.

Poche centinaia di metri più sotto, ad un'altitudine di 2129 m, vi è il Lago Barbellino superiore (detto naturale per distinguerlo da quello artificiale sottostante) che raccoglie direttamente l'acqua di queste sorgenti convenzionalmente indicate come punto di nascita del fiume.

In quella stessa zona, consistenti apporti al Serio vengono da vallecole laterali quali quelli della Malgina, nella quale scorre lo scaricatore dell'omonimo lago, e soprattutto delle acque di fusione dei piccoli ghiacciai del Gleno, un tempo uniti ma ora distinti in due corpi separati.

Numerosi torrenti delle valli laterali, concentrati nel tratto tra Valbondione e Ponte Nossana, versano le loro acque nel Fiume Serio: sono il Bondione (Lizzola), il Fiume Nero, il Grabiasca, il Goglio, l'Acqualina (Valcanale), l'Ogna (Valzurio) ed il Riso, per non citare che i maggiori.

Oltre Ponte Nossana vi sono altri torrenti significativi che apportano altra acqua al Fiume Serio: fra questi meritano una citazione la Nossana, che dà un grosso contributo alle sorgenti che alimentano gli acquedotti di Bergamo (circa 1000 l/s); il Torrente Vertova che deriva dalla omonima valle; la Valle del Torrente Romna (Valgandino); l'Albina ed il Torrente Luio di Abbazia in Comune di Albino; il Luio, il Lonzo e la Gavarnia di Nembro e la Nesa in Alzano Lombardo.

Il fiume, che come detto costituisce l'asta fluviale della Valle Seriana, percorre la zona centrale della provincia bergamasca fino al suo confine sud in corrispondenza dell'abitato di Mozzanica; da qui entra nel territorio cremonese dove sfocia nel Fiume Adda poco più a sud di Montodine.

La lunghezza del corso del Fiume Serio è di circa 120 chilometri di cui circa 38 chilometri in zona montana, che si chiude idrologicamente alla stazione idrometrografica di Ponte Cene, e 82 chilometri in zona di pianura che si chiude con l'immissione in Adda. Di questi 120 chilometri, 39 corrono in territorio cremonese ed i rimanenti in Provincia di Bergamo.

Il Fiume Serio presenta caratteristiche di natura eminentemente torrentizia in quanto nelle stagioni estive e invernali l'alimentazione è sostanzialmente limitata alle sorgenti ed al tenue contributo di scarsissimi nevai, di minimo rilievo, mentre durante le piene primaverili ed autunnali la portata ascende a volumi di 40 volte la portata di magra e, per piene eccezionali, anche di 100 volte la portata di magra.

Il bacino imbrifero, dalla sorgente alla foce, è di circa 1200 chilometri quadrati e può considerarsi diviso in due porzioni:

- di *montagna*, della superficie di 455 chilometri quadrati, giacente per 250 chilometri quadrati sopra quota 1000-1200 metri sul livello del mare e 205 chilometri quadrati compresi fra le quote di 1000-1200 e 400 metri sul livello del mare, con chiusura alla sezione di Ponte Cene; si può ritenere che il fiume raggiunga qui il modulo massimo alpino in quanto è impinguato da tutte le sue confluenze montane e non ha subito alcun impoverimento per derivazioni di canali artificiali;
- di *pianura*, della superficie di 745 chilometri quadrati, giacente su quota compresa fra 400 e 50 metri sul livello del mare, con chiusura in corrispondenza dello sbocco in Adda. Il bacino imbrifero della zona di pianura da Ponte Cene alla sezione di Crema è di 560 chilometri quadrati.



Figura 12 – Il Fiume Serio nei pressi della ciclabile di Cene.

Il bacino idrografico del Fiume Serio viene convenzionalmente chiuso per i rilevamenti idrologici al Ponte di Cene, dove è collocato, sotto le incombenti pareti di rocce giurassiche del Monte Rena, l'idrometro che da decenni controlla il livello delle acque e le portate del fiume, fornendo preziose indicazioni sulle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua. All'altezza di Cene, infatti, la piana alluvionale recente del Serio si restringe nuovamente, per poi allargarsi definitivamente fino allo sbocco

nella pianura; in alto, i terrazzi fluvioglaciali antichi si seguono con una certa continuità solo sul versante idrografico sinistro, almeno fino ad Albino dove, in destra e in sinistra, si fronteggiano le ampie vallate dei torrenti Albina e Luio. All'interno della diffusa urbanizzazione che ha occupato gli ampi spazi un tempo liberi ai lati del corso fluviale, rimangono ancora limitati spazi aperti, non solo importanti per testimoniare l'antica e tradizionale organizzazione del territorio, ma utili anche per lasciare al fiume qualche residua possibilità di espansione in occasione dei principali eventi alluvionali.

Il Torrente Doppia scorre entro l'inciso vallivo della Valle Rossa. Nasce dal Monte Crocione, in territorio di Bianzano, tra la Val Seriana e la Val Cavallina. Confluisce dopo 8 km da sinistra nel Serio a Cene, scorrendo quindi nei comuni di Bianzano, Leffe ed appunto Cene, comune maggiormente interessato dal corso del torrente, attraversato completamente da Est ad Ovest.

La sua rilevanza in ambito storico è data dal fatto che per secoli, indicativamente dal XV al XVIII, è stato la linea di confine tra i comuni di Cene di Sopra e Cene di Sotto, fusi poi nell'attuale Cene.

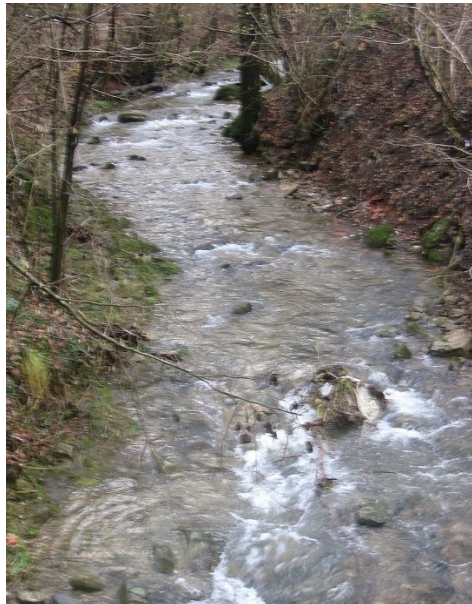


Figura 13 – Il Torrente Doppia.

Sempre in ambito idrografico, è da segnalare il canale artificiale che alimenta il complesso industriale “Bellora”. Questo preleva le acque presso lo sbarramento detto

della “Rosta”, posto a Nord poco distante dallo sbocco della valle Asinina, per restituire completamente la portata poche centinaia di metri più a valle, dove permette il funzionamento di una piccola centrale idroelettrica.

11. CARTA CLIVOMETRICA

Nell'ambito del presente studio geologico è stata redatta anche una **Carta Clivometrica** alla scala 1:5000.

La carta clivometrica è stata redatta utilizzando un applicativo di ARCGIS 9.3 come codice di calcolo e il DEM (Modello digitale del terreno) della Regione Lombardia con risoluzione 5mX5m come base topografica.

La carta clivometrica riporta l'angolo di pendenza ad intervalli di 10°.

La carta mostra come il territorio del Comune di Cene può essere suddiviso, dal punto di vista della pendenza, in 3 aree omogenee:

- L'area di fondovalle pianeggiante o poco acclive (angolo di inclinazione prevalente <10°) su cui insiste la maggior parte dell'edificato.
- L'area apicale del Monte Bue che risulta da poco a mediamente inclinata (angolo medio compreso tra 10-20°)
- Le aree di versante, sia della val Seriana che della Val Rossa, che risultano da mediamente a molto inclinate.

12. CARTA P.A.I. – P.G.R.A.

Per la redazione della Carta P.A.I – P.G.R.A si è partiti dalla Carta P.A.I., redatta da uno degli scriventi (Dott.Geol. Andrea Gritti), nel 2009.

Sulla nuova Carta P.A.I. – P.G.R. sono state mantenute tutte le perimetrazioni indicate nella Carta P.A.I. redatta nel 2009, tranne le 2 aree Fq presenti al confine con il territorio di Albino e le 2 aree Ee presenti all’apice della valle Brusnì, tolte dalla cartografia poiché inizialmente rappresentate ma ricadenti al di fuori del limite comunale.

Sulla stessa carta P.A.I. 2009 è stata fatta inoltre una modifica all’area Ee presente sulla sponda orografica sinistra del fiume Serio a valle del campo sportivo parrocchiale per la quale è stata presentata apposita “Istanza di correzione errore materiale della perimetrazione PAI e PGRA” (Studio Associato Hattusas, maggio 2018).

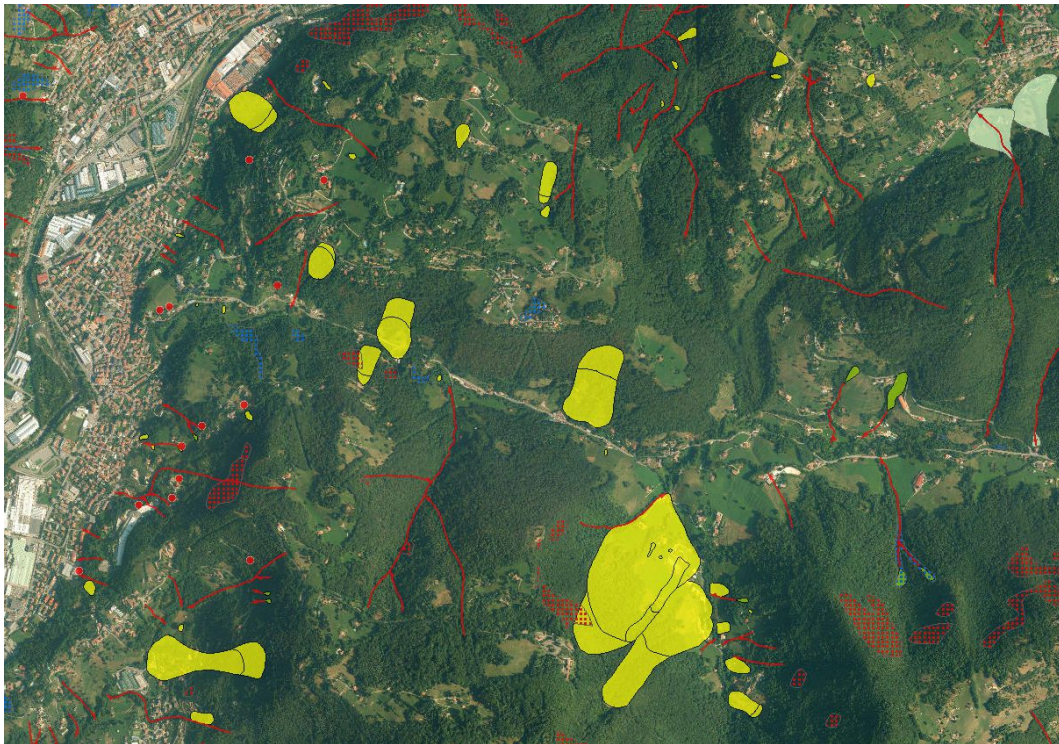


Figura 14 – Comune di Cene - Estratto cartografia GeoIFFI Regione Lombardia.

Questa carta è stata poi confrontata anche con il Quadro del dissesto regionale.

Le analisi di terreno e la verifica della documentazione cartografica esistente (consistente sostanzialmente nella cartografia del servizio IFFI), hanno portato ad una revisione critica ed aggiornamento della carta P.A.I. sui cui sono state riportate solo le aree dissestate effettivamente riscontrate dalle analisi di terreno ed eventualmente riclassificate/rivalutate secondo le evidenze del rilievo stesso.

A questo elaborato grafico, sulla base delle evidenze dei rilievi di terreno (non cartografate nell'IFFI e non presenti nella cartografia PAI del 2009) sono state aggiunte 3 nuove aree di dissesto; un'area di dissesto Fa ubicata sul versante destro della val Rossa allo sbocco della stessa nella val Seriana e due aree di dissesto Fq localizzata sul versante sinistro della val Seriana nella fascia compresa tra la Val Rossa ed il confine comunale di Albino.

Inoltre, sempre derivanti dalla cartografia geologica, confermata dai rilievi di terreno, sono state cartografate le aree di conoide.

Durante il rilievo sono state poi rilevate e cartografate tutte le aree Ee (Reticolo Minore con pericolosità di esondazione molto elevata) e tutte le perimetrazioni Em – Esondazioni (Area a pericolosità media o moderata) derivanti dal Documento semplificato del rischio idraulico comunale, redatto ai sensi del r.r. 23 novembre 2017- n. 7 redatto dagli scriventi nel luglio 2018.

Infine a completamento dell'aggiornamento della carta PAI, come dettagliatamente descritto, in ottemperanza alla d.g.r. 19 giugno 2017 n.X/6738 “DISPOSIZIONI REGIONALI CONCERNENTI L'ATTUAZIONE DEL PIANO DI GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONE (PGRA) NEL SETTORE URBANISTICO E DI PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA”, alla carta PAI sono state sovrapposte le perimetrazioni delle aree a rischio alluvione relative sia al reticolo principale di pianura o fondovalle sia al reticolo secondario collinare e montano.

Sull'**elaborato finale** che prende il nuovo nome di **Carta PAI – PGRA** sono indicate infine le seguenti perimetrazioni:

AREE DI PERIMETRAZIONE PAI

- Aree di frana attiva (Fa)
- Aree di frana quiescente (Fq)

- Aree di frana stabilizzata (Fs)
- Esondazioni: area a pericolosità medio elevata (Ee)
- Esondazioni: area a pericolosità media o moderata (Em)
- Conoide Area di conoide attivo non parzialmente protetta (Cp)

RETICOLO PRINCIPALE DI PIANURA O FONDOVALLE

- Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H)
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M)
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L)

All'interno delle aree potenzialmente interessate da alluvioni che ricadono nel reticolo principale di pianura o di fondovalle valgono le seguenti norme (stralcio della D.g.r. 19 giugno 2017 - n.X/6738), nelle more del completamento delle specifiche varianti al PAI a scala di asta fluviale:

- a) nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme di cui al "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle Norme di Attuazione (N.d.A.) del PAI;
- b) nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle N.d.A. del PAI;
- c) nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), si applicano le disposizioni previste per la fascia C di cui all'art. 31 delle N.d.A. del PAI.

RETICOLO SECONDARIO COLLINARE MONTANO

- Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H)
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M)
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L)

All'interno delle aree potenzialmente interessate da alluvioni che ricadono nel reticolo secondario collinare montano, invece, valgono le seguenti norme (stralcio della D.g.r. 19 giugno 2017 - n.X/6738):

- le aree esondabili che sono già individuate nell'Elaborato 2 del PAI mantengono la normativa già vigente, ai sensi dell'articolo 9, commi da 5 a 9 (aree Ee, Eb, Em, Ca, Cp, Cn) e del Titolo IV, per le aree a rischio idrogeologico molto elevato.

- le altre aree esondabili presenti nell'ambito RSCM che non derivano dall'Elaborato 2 del PAI così come aggiornato dai Comuni, sono assoggettate alle norme di cui all'articolo 9 delle N.d.A. del PAI, ed in particolare:

- a) nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 5, per le aree Ee;
- b) nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6 per le aree Eb;
- c) nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6bis per le aree Em.

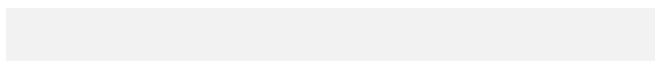
13. IL RISCHIO RADON

Il gas radon, classificato come sostanza cancerogena, è causa in Lombardia di circa il 15% di tumori al polmone secondo i dati dell'Istituto Superiore della Sanità.

I radionuclidi delle famiglie radioattive naturali sono presenti nella crosta terrestre in tutte le rocce e nel suolo, in concentrazioni che dipendono dal tipo di formazione geologica, generalmente comprese fra 0,5 e 5 mg/kg. L'uranio, che genera il radio che a sua volta genera il radon attraverso il decadimento radioattivo, ha la tendenza a concentrarsi in alcuni tipi di roccia di origine vulcanica, e si trova spesso in concentrazioni elevate anche nelle rocce fosfatiche e sedimentarie.

LITOLOGIE	FREQUENZA SU: 875	%
Granitoidi	4	0,5
Intrusive basiche	3	0,3
Gneiss e Micascisti	33	3,8
Metamorfiti acide in genere	12	1,4
Metamorfiti basiche in genere	11	1,3
Quarziti	26	3
Porfiriti	4	0,5
Porfidi	4	0,5
Rioliti	5	0,6
Calcari	556	63,5
Dolomie	19	2,2
Selci	3	0,3
Conglomerati calcarei	6	0,7
Conglomerati non calcarei	40	4,6
Arenarie calcaree	42	4,8
Arenarie non calcaree	69	7,9
Calcari marnosi e marne	24	2,7
Litologie non riconosciute	14	1,6

Figura 15 - Litologie del Complesso del Serio (comprende Unità della Selva di Clusone, Unità di Val Cavnale, Unità di Valzurio, Unità di Gazzaniga, Unità di Cologno)



Non tutto il radon generato dal decadimento del radio nella roccia viene rilasciato nell'ambiente ma più i grani che costituiscono la roccia sono fini, maggiore è la possibilità di rilascio. Il radon, una volta uscito dalla roccia, può essere trasportato dai fluidi contenuti nel sottosuolo anche a grande distanza dall'origine.

Quando fuoriesce dal terreno, dai materiali da costruzione e anche dall'acqua, nell'atmosfera tende a disperdersi rapidamente, mentre tende ad accumularsi negli ambienti chiusi, raggiungendo concentrazioni pericolose per la salute, se i ricambi di aria non sono adeguati.

Il radon si diffonde all'interno degli ambienti chiusi a causa della differenza di pressione fra gli edifici e il suolo: l'aria calda che sale nella casa provoca negli scantinati e nei piani inferiori una lieve depressione dando così luogo a un'aspirazione dal suolo, il cosiddetto effetto "camino". Oltre all'effetto camino, anche il vento o l'uso di dispositivi quali stufe, camini contribuiscono alla depressurizzazione dei locali e quindi all'ingresso del radon negli edifici.

Il radon può penetrare nelle abitazioni attraverso fessure e giunti di muri e pavimenti, canalizzazioni degli impianti idraulici, elettrici e di scarico.

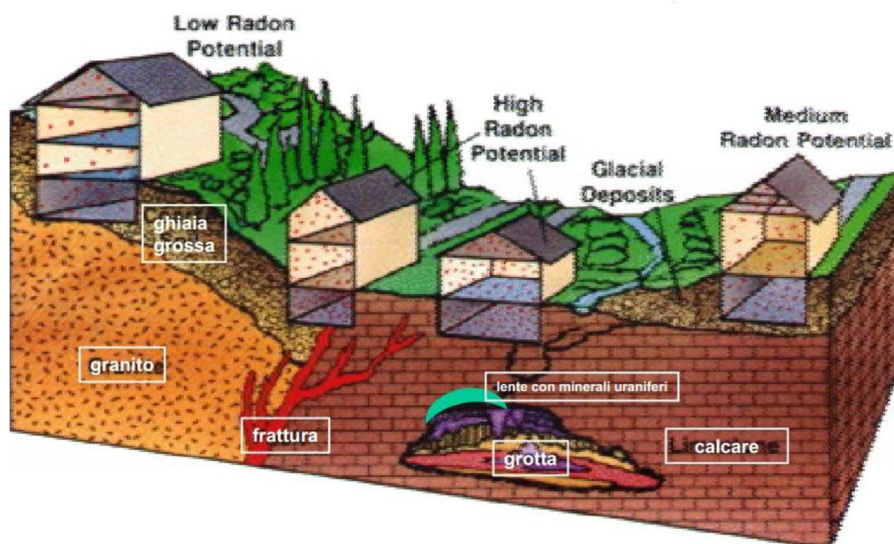


Figura 16 - Suscettibilità degli ambienti al rischio radon (Giovanni Zannoni, Università di Ferrara).

A fini preventivi risulta quindi opportuno, o in taluni casi necessario, verificare la penetrazione e l'accumulo del gas Radon nelle abitazioni civili e nelle strutture pubbliche.

È risaputo che la presenza del gas radon è collegata a determinate formazioni geologiche quali graniti, porfidi, fillade quarzifera, tufi, ecc. che contengono maggiori concentrazioni di uranio o radio. Sebbene sia lecito immaginare che le concentrazioni di Radon siano maggiori nei materiali di origine vulcanica spesso si riscontrano elevati tenori di radionuclidi anche nelle rocce sedimentarie come marmi, marne, flysch etc. Perciò informazioni sulla geologia di una zona possono dare delle indicazioni molto utili a riguardo. Normalmente queste conformazioni sono abbastanza estese e permettono di individuare delle zone a rischio. In alcuni casi però questi minerali possono affiorare in spazi molto ristretti e causare solo in questi punti concentrazioni elevate. Attraverso larghe crepe e fenditure nel terreno le correnti d'aria possono trasportare elevate concentrazioni di radon in superficie. Il valore di radon in una casa non dipende solo dalla concentrazione di uranio/radio presenti nel terreno ma anche, in modo decisivo, da altri fattori contingenti del sito quali la permeabilità del terreno, il modo in cui è costruita la casa, ecc.

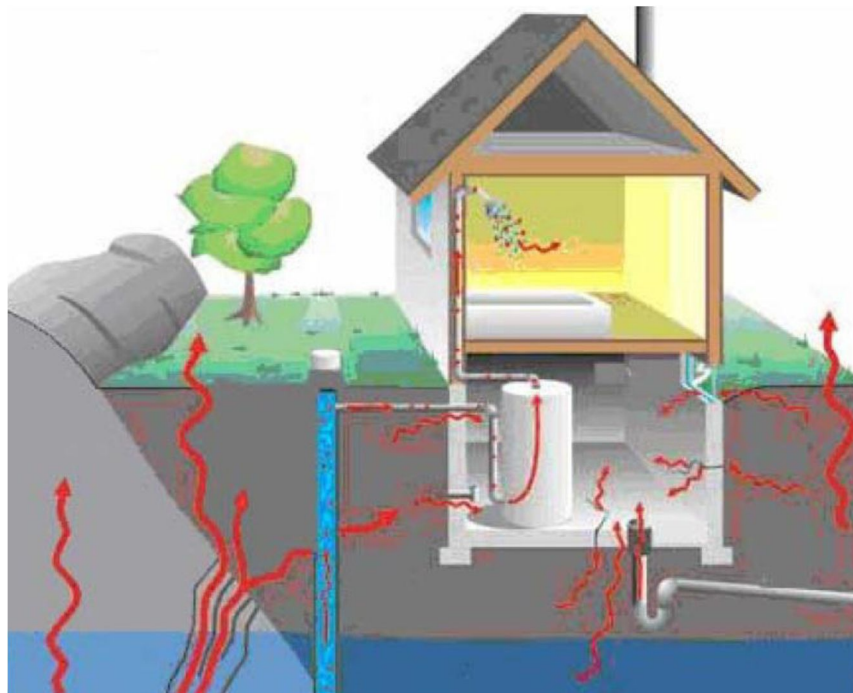


Figura 17 – Vie di diffusione e circolazione preferenziale del gas radon nei luoghi e negli ambienti domestici.

In generale, considerando il substrato geologico, gli elementi che influenzano la concentrazione di radon nel sottosuolo e il suo rilascio all'interfaccia suolo/fondazione possono essere così riassunti:

- natura delle rocce;
- composizione mineralogica;
- concentrazione degli elementi precursori (U, Ra, ...);
- posizione dell'atomo ^{226}Ra rispetto al margine della granulometria;
- porosità e permeabilità;
- contenuto d'acqua;
- presenza di fratturazione e faglie;
- presenza di cavità e carsismo.

Provenendo dal sottosuolo, il radon entra poi negli edifici:

- dalle fratture delle fondamenta degli edifici;
- dalle giunture e connessioni delle costruzioni;
- dalle crepe dei muri;
- dalle sconessioni o fratture nelle superfici di calpestio;
- da rotture e infiltrazioni nelle tubature di approvvigionamento dell'acqua;
- dalle cavità sotto le fondazioni;
- tramite le connessioni delle reti fognarie;
- tramite ogni forma di continuità dell'ambiente esterno sotterraneo con quello interno;
- dai materiali da costruzione.;

Il Rischio Radon è dunque in definitiva un Rischio eminentemente Geologico e le aree di rischio, per fini di pianificazione urbanistico-territoriale, dovrebbero essere perimetrate non tanto o non solo su valutazioni indoor, ma anche su indicatori geologici e possibilmente corredate da misure di Radon nel suolo.

Pietra Ornamentale	Tipo	Provincia d'origine	Radon-226 in Bq/Kg
MONTE BIANCO	Gneiss	AO	166
PIETRA DI LUSERNA	Gneiss	CN	125
BEOLA GHIANDONATA	Beola	NO	68
BEOLA VERDE	Beola	NO	34
BEOLA GRIGIA	Beola	NO	101
BEOLA BIANCA	Beola	NO	48
ROSA BAVENO	Granito	NO	50
SERIZZO FORMAZZA	Serizzo	NO	35
SERIZZO ANTIGORIO	Serizzo	NO	24
BIANCO MONTORFANO	Granito	NO	72
SERIZZO SEMPIONE	Serizzo	NO	29
ROSA BAVENO	Granito	NO	65
SIENITE DELLA BALMA	Sienite	VC	375
SIENITE GRIGIA A GRANA FINE	Sienite	VC	364
GRANITO ROSATO S. PAOLO CERVO	Sienite	VC	239
GRANITO BIANCO DI CAMPIGLIO	Sienite	VC	269
ROSA CERVO	Granito	VC	348
ARDESIA	Ardesia	GE	46
PORTORO	Marmo	SP	4.02
SERIZZO VALMASINO	Serizzo	SO	42
SERIZZO GHIANDONE	Serizzo	SO	31
TONALITE	Gneiss	SO	30
PORFIDO DI ALBIANO	Porfido	TN	51
CEPPO DI POLTRAGNO	Ceppo	BG	63
GRANODIORITE	Gneiss	BS	30
MULTICOLOR	Granito	BS	29
PORFIDO	Porfido	BS	39
NUVOLERA	Marmo	BS	2
BOTTICINO	Marmo	BS	13

Tuttavia, come dimostrano anche recenti studi ed esperienze della Regione Piemonte, le cui considerazioni generali possono essere utili ed estese anche al nostro caso, la grande variabilità geologica e geomorfologica dei nostri territori “può a priori suggerire che l’ipotesi di una non uniforme distribuzione territoriale dei livelli di radon sia molto credibile. Le diverse formazioni rocciose presenti, con litologie assai differenziate, e le notevoli varietà che si incontrano tra strutture abitative poste in diverse zone del territorio (...), sono tutti fattori che rendono assai probabile una distribuzione non uniforme delle concentrazioni di radon”. Sono comunque note da tempo, grazie alla precoce e lungimirante attenzione al tema prestata da ARPA regionale e dalla ATS locale, che alcune aree del territorio bergamasco presentano più di altre concentrazioni anomale di radon e radioattività naturale, e ciò sulla base delle sole indagini eseguite, in numero contenuto rispetto alle necessità. Infatti, lo stato delle attuali conoscenze “non consente di derivare “mappe del rischio” a partire dalla conoscenza delle caratteristiche litologiche e geologiche del territorio a

prescindere da una base dati sperimentale di misure di concentrazione radon negli edifici”. Pur con tutte le attenzioni e le consapevoli limitazioni del solo approccio geologico, condividendo comunque quanto bene espresso dalla Regione Piemonte, “la necessità di possedere una mappa radon del territorio resta comunque uno strumento necessario per attuare le corrette politiche di prevenzione e rendere più mirati ed efficaci gli interventi”, anche mediante misure e studi delle concentrazioni di radon nel suolo, per le quali esistono consolidate esperienze, necessariamente associate e confrontate con i risultati delle misure indoor, auspicabilmente estese al maggior numero possibile di abitazioni ed edifici, grazie alla sensibilizzazione degli enti pubblici territoriali.

Nel caso in esame, il quadro geologico di riferimento è rappresentato dalla estesa presenza di depositi di origine alluvionale, fluvio-glaciale e di versante che si appoggiano e parzialmente ricoprono il substrato geologico in buona parte rappresentato da formazioni giurassiche e cretatiche, tra le quali dominano le litologie calcaree.

I depositi di versante sono costituiti da diamicton a ciottoli e blocchi spigolosi, matrice sabbiosa o limosa, supporto di matrice o clastico, in depositi massivi o grossolanamente clinostratificati; talora sono costituiti semplicemente da suoli rimaneggiati. Localmente sono rimaneggiati dalle acque meteoriche. I clasti sono poligenici, a seconda dei versanti di alimentazione.

I depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie a ciottoli e blocchi eterometrici da spigolosi ad arrotondati, matrice sabbiosa, supporto in prevalenza clastico; è presente talvolta una grossolana stratificazione, con gradazione normale.

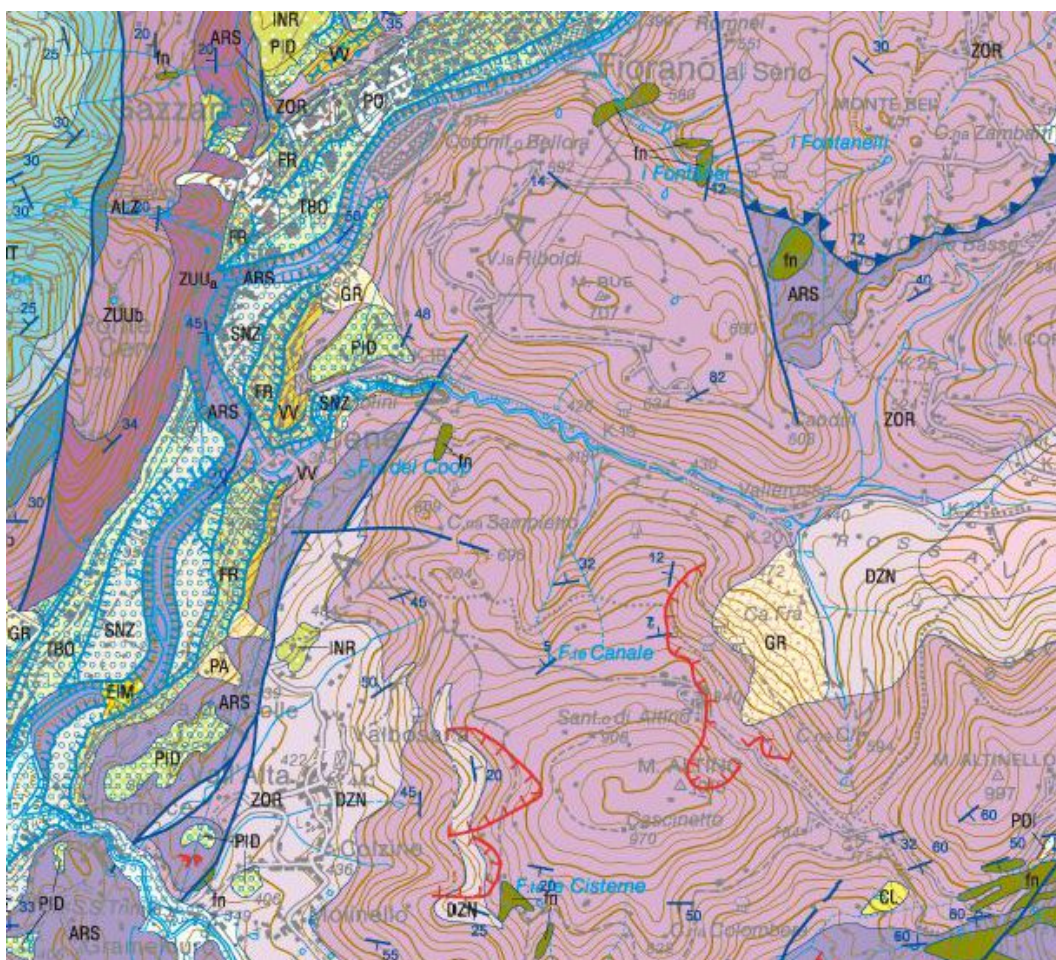


Figura 18 – Stralcio della carta geologica (ISPRA foglio 098 – Bergamo).

In occasione di un convegno organizzato nel novembre 2012 dall'ASL di Bergamo, sono stati illustrati i dati relativi alle misurazioni dell'intensità di gas radon in numerosi comuni della Provincia, determinandone preliminarmente il grado di rischio.

GRADO DI RISCHIO	COMUNE	criterio seguito se il grado di rischio è stato modificato rispetto alla maglia	assenza di misure in territorio comunale	GRADO DI RISCHIO DELLA MAGLIA di appartenenza dei punti di misura (vedi foglio "dati per Comuni")
rosso	Cazzano Sant'Andrea			rosso
giallo	Cenate Sopra			giallo
giallo	Cenate Sotto	prevale il più cautelativo		giallo e verde
giallo	Cene	prevale il più cautelativo		giallo e verde

In seguito ad analisi dei dati misurati il comune di Cene è stato definito a rischio basso.

COMUNE	MEDIA GEOMETRICA (Bq/m ³)	ANNO CAMPAGNA REGIONALE	NUMERO PUNTI DI MISURA	MEDIA (Bq/m ³)	DEVIAZIONE STANDARD (Bq/m ³)	MEDIANA (Bq/m ³)
CAZZANO SANT'ANDREA	274	2003	2	285	112	285
CENATE SOPRA	125	2003	2	144	99	144
CENATE SOTTO	50	2003	4	59	40	49
CENE	117	2003	2	117	20	117

Codice Maglia	Riferimento CTR	Comune	valore misurato (Bq/m ³)	valore misurato (Bq/m ³)	media annua singolo punto
C4d5A	C4d5	CENE	97,89	164,56	131,22
C5d1A	C5d1	CENE	34,41	172,49	103,45

COMUNE	ANNO CAMPAGNA REGIONALE	NUMERO PUNTI DI MISURA	MEDIA (Bq/m ³)	DEVIAZIONE STANDARD (Bq/m ³)	MEDIANA (Bq/m ³)	MEDIA GEOMETRICA (Bq/m ³)
CENE	2003	2	117	20	117	117

È dunque ormai acquisita, dalle normative, dalle buone pratiche e dalla consapevolezza del rischio per la salute che può rappresentare una elevata concentrazione di gas radon, l'importanza di opportuni controlli, non solo nei locali pubblici, ma anche nelle residenze private, della presenza di gas radon, facendo riferimento in particolare alle normative vigenti in materia e alle note ed approfondimenti tecnici specifici, di cui al seguente elenco, solo esemplificativo:

- Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, “Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio, del 5 dicembre 2013, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti”;
- Raccomandazione del Sottocomitato Scientifico del progetto CCM “Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia”, approvata il 10 novembre 2008;
- D.lgs 17 marzo 1995, n. 230 e s.m.i.;
- Ministero della Salute, 2002 - “Piano Nazionale Radon”;
- Regione Lombardia, Direzione Generale Sanità, Decreto n. 12678 del 21.12.2011, “Linee guida per la prevenzione delle esposizioni al gas radon in ambienti indoor”;

- Raccomandazioni e circolari Regione Lombardia, ARPA Lombardia e ATL Bergamo;
- APAT, 2004 - “Linee guida per le misure di radon in ambienti residenziali”;
- Regione Veneto – ARPAV, 2000 - “Indagine regionale per l’individuazione delle aree ad alto potenziale di radon nel territorio veneto”;
- ARPA Piemonte - “La mappatura del radon in Piemonte”;
- Castelluccio M. ed al., Università di Roma, 2012 - “La classificazione della pericolosità radon nella pianificazione territoriale finalizzata alla gestione del rischio”;
- Moroni M. - Geoex sas - “Determinazione del rischio radon geologico: dalla scala regionale a quella di cantiere”.

In conclusione, si ricorda che operativamente la misurazione della concentrazione del gas radon in un luogo di lavoro e/o in un’abitazione dovrebbe essere valutata su due semestri consecutivi, in modo da avere un valore rappresentativo che tenga conto della forte fluttuabilità del radon (parametri atmosferici, variabilità stagionale, condizioni del suolo, clima, ecc.), ma possono essere eseguite anche misure più brevi, almeno 3 mesi, purché siano riconducibili a ben definiti periodi temporali ed eventualmente i valori ottenuti possano essere ricondotti ad una stima annua. Le misure di breve durata (fino a una-due settimane) dovrebbero essere eseguite possibilmente nelle condizioni più critiche (per es. nei mesi invernali, nei locali ai piani più bassi, con il sistema di riscaldamento in funzione, mettendo in depressione la stanza, ...), favorevoli all’ingresso del radon, sia relativamente alle caratteristiche dell’edificio e alla disposizione degli ambienti più a “rischio”, sia relativamente alle condizioni climatiche, per cui debbono essere preferite le stagioni fredde (dall’autunno alla primavera), in cui le abitazioni sono meno arieggiate e il riscaldamento è acceso (v. Linee guida APAT).

In particolare, si fa riferimento alla sopra citata Direttiva dell’Unione Europea, nella quale, oltre a determinare in 300 Bq/mq la concentrazione massima ammissibile in ambienti chiusi, nell’elenco degli *“elementi da considerare nell’elaborazione del piano d’azione nazionale per affrontare i rischi di lungo termine derivanti dall’esposizione al radon ...”* (Allegato XVIII), al punto 1 si raccomandano gli stati

membri di adottare “*strategie per l’esecuzione di indagini sulle concentrazioni di radon in ambienti chiusi o concentrazioni di gas nel suolo al fine di stimare la distribuzione delle concentrazioni di radon in ambienti chiusi, per la gestione dei dati di misurazione e per la determinazione di altri parametri pertinenti ...*”.

Si propone, per una più completa trattazione della tematica, una bozza di articolo che potrebbe essere presa quale riferimento per il regolamento edilizio comunale in tema di prevenzione e mitigazione del rischio radon, anche con riferimento alle più recenti disposizioni in materia.

Art. Radioattività e radon

1. Riferimenti legislativi e norme tecniche di riferimento.

Direttiva Europea n. 90/143/Euratom, Direttiva Europea n. 2013/51/Euratom, D.Lgs. n. 230/1995, D.Lgs. n. 241/2000, DDG Regione Lombardia n. 1267 del 21.12.2011, Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano “Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei”, APAT “Linee guida per le misure di radon in ambienti residenziali”, Nota ASL Bergamo n. U0015410/III.7.22.

2. Limiti delle concentrazioni di gas radon negli edifici

Nell’edilizia residenziale il riferimento per le concentrazioni di gas indoor è la Direttiva Europea n. 90/143, che suggerisce livelli di azione di 400 Bq/mc e livelli di progetto di 200 Bq/mc. Negli ambienti destinati ad uso lavorativo la suddetta direttiva è stata recepita dalla normativa nazionale relativa alla radioprotezione dei lavoratori e della popolazione dai rischi di radiazioni ionizzanti (D.Lgs. 241/2000); in tale caso il livello di azione è pari a 500 Bq/mc come concentrazione media annua di radon.

I limiti e i valori verranno automaticamente adeguati in funzione di nuove norme e direttive eventualmente emanati ed approvati dagli enti competenti (es. Direttiva Europea n. 2013/59/Euratom, in attesa di recepimento nella normativa nazionale).

3. Applicabilità delle presenti norme

Le presenti disposizioni sono obbligatorie per tutti gli interventi di nuova costruzione, nonché per gli interventi relativi al patrimonio edilizio esistente (interventi di ristrutturazione edilizia, di restauro e risanamento conservativo, manutenzione straordinaria) destinati in qualsiasi modo alla permanenza di persone (abitazioni, insediamenti produttivi, commerciali,

di servizio, ecc.), in modo da assicurare criteri e sistemi di progettazione e costruzione tali da eliminare o mitigare a livelli di sicurezza l'esposizione della popolazione al gas radon.

Per garantire il rispetto dei limiti riportati è necessario adottare alcuni accorgimenti costruttivi, che possono variare in funzione delle caratteristiche morfologiche e litologiche del sito, nonché della tipologia di edificio e dalle specifiche esigenze degli occupanti.

Il riferimento per tali accorgimenti costruttivi è costituito dal Decreto regionale DDG 12678 del 21.12.2011 "Linee guida per la prevenzione delle esposizioni a gas radon negli ambienti indoor" ed eventuali s.m.i..

La scelta delle tipologie e modalità di intervento, o la non necessità delle stesse, dovrà essere decisa in funzione dei risultati di specifiche campagne di indagine e di rilevamento delle concentrazioni di gas radon, eseguite secondo le indicazioni generali descritte nel successivo comma. L'esito delle indagini eseguite, i lavori eventualmente resisi necessari per la mitigazione del rischio, nonché la verifica di efficacia delle misure adottate, mediante determinazione delle concentrazioni residue ad intervento ultimato e prima dell'occupazione dei fabbricati, dovranno essere descritti in una relazione tecnica corredata da idonea documentazione volta ad illustrare gli esiti delle misure.

La verifica dell'efficacia delle misure adottate – o la non necessità delle stesse – andrà certificata dal committente, dal progettista e dal direttore dei lavori, accompagnata dalla documentazione sopra richiamata, in fase di progetto e/o prima del rilascio dell'abitabilità/agibilità dell'edificio.

In generale, nei locali di abitazione e in particolare nelle zone notte, dovrà essere evitato l'uso di materiali costruttivi e di finitura contenenti significative concentrazioni di radionuclidi naturali, quali tufi, graniti, sieniti, basalti, pozzolane, Della salubrità dei materiali adottati nella costruzione edilizia (compreso il contenuto di radionuclidi) sono ritenuti responsabili il progettista e il direttore dei lavori.

4. Modalità di rilevazione delle concentrazioni di gas radon ed organismi di rilevazione

La descrizione e l'indicazione delle modalità di rilevazione del gas radon sono contenute e riassunte della DDG n. 12678/2011 della Regione Lombardia, a cui si fa più completo riferimento.

Le misure di concentrazione di radon in aria indoor sono essenziali per valutare l'esposizione delle persone che frequentano o abitano i locali; tali misurazioni sono relativamente semplici da realizzare, ma devono essere realizzati secondo protocolli standardizzati affinché i risultati siano affidabili, confrontabili e riproducibili.

Una indicazione in tal senso è fornita dalle “Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterraneo” (adottate dal Coordinamento delle Regioni e delle Province autonome di Trento e Bolzano nel febbraio 2003), che fornisce alcune indicazioni sugli “organismi idoneamente attrezzati”, cioè gli enti, privati o pubblici, ai quali può essere affidata l’esecuzione di misure di radon indoor. Si ricorda a questo proposito che ai sensi della normativa vigente, in assenza del decreto che stabilisce le modalità di abilitazione degli istituti riconosciuti ai sensi dell’art. 107, comma 3, del D. Lgs. 230/95 e s.m.i., i requisiti minimi degli organismi “idoneamente attrezzati” ad eseguire le misure di concentrazione del gas radon, dovrebbero consistere in: presenza di un responsabile tecnico con formazione professionale adeguata ed esperienza documentata in materia; individuazione delle persone abilitate ad eseguire le misure e ad attestarne la validità; utilizzo di tecnica di misura idonea; periodica taratura della tecnica di misura; periodico controllo di qualità dei dati; utilizzo di procedure ed istruzioni riconosciute; rilascio del resoconto con descrizione e valutazione delle misure firmato dal responsabile tecnico; a garanzia della capacità tecnica di tali enti è consigliabile pertanto richiedere documentazione attestante la taratura periodica della strumentazione utilizzata e l’esecuzione di controlli di qualità, nonché la partecipazione a circuiti di interconfronto comprovanti l’esito positivo.

Le tipologie disponibili sono i rivelatori a tracce, gli elettretti, i rivelatori a carbone attivo, i rivelatori ad integrazione elettronica e il monitor in continuo che si differenziano per il tipo di informazione fornita: alcuni rivelatori misurano la concentrazione media di radon del periodo misurato, altri permettono di monitorare l’andamento temporale della concentrazione di radon, in genere su tempi più limitati.

Una distinzione tra le tipologie si basa sulla durata della misurazione: si definiscono short term, cioè a breve termine, le rilevazioni che effettuano misure di qualche giorno e long term quelle su lungo periodo (almeno qualche mese).

Le misure short-term sono adatte a dare una prima e immediata indicazione sulla concentrazione di gas presente in un ambiente, con il limite che tale concentrazione si riferisce al solo periodo di effettuazione della misura e quindi fortemente influenzata dai numerosi parametri, soprattutto meteorologici e stagionali; si dovrebbe infatti evitare di eseguire misure di questo tipo in condizioni particolari (per es. in presenza di forte vento, piogge intense e prolungate, ghiaccio...). Questo tipo di misurazione deve comunque essere eseguita generalmente in condizioni peggiorative, con riduzione di ricambi d’aria e degli accessi ai locali, in modo da consentire la rilevazione delle concentrazioni massime presenti. Le misure short-term sono utili quando si vuole conoscere l’efficacia di interventi di mitigazione con misure ex ante ed ex post e quelle effettuate con monitor in continuo sono

utilmente impiegate per fornire informazioni quantitative e di efficacia sulle variazioni temporali delle concentrazioni di radon in un ambiente quando siano stati attivati sistemi di ricambio d'aria che necessitano di temporizzazione.

Le misurazioni a lungo termine, eseguite in normali condizioni di utilizzo e di ventilazione dei locali, sono quelle più adatte a determinare la concentrazione di radon presente in un ambiente.

Per valutare la concentrazione media annua di radon in un locale, è preferibile quindi eseguire due misure semestrali consecutive, una in periodo invernale ed una in periodo estivo al fine di tener conto della variabilità stagionale e delle diverse condizioni meteorologiche.

La scelta del metodo di misura deve quindi essere fatta in funzione dell'obiettivo, del tipo di informazione desiderata e del tempo a disposizione.

Seguendo le indicazioni e le direttive tecniche seguite anche in numerosi paesi europei, è possibile, preliminarmente alla costruzione di nuovi fabbricati, l'esecuzione di misure di concentrazione del radon nel terreno, in modo da caratterizzare preventivamente le aree da destinare ad edificazione: ciò in ottemperanza a quanto proposto anche nella recente Direttiva dell'Unione Europea, nella quale, nell'elenco degli "elementi da considerare nell'elaborazione del piano d'azione nazionale per affrontare i rischi di lungo termine derivanti dall'esposizione al radon ..." (Allegato XVIII), al punto 1 si raccomandano gli stati membri di adottare "strategie per l'esecuzione di indagini sulle concentrazioni di radon in ambienti chiusi o concentrazioni di gas nel suolo al fine di stimare la distribuzione delle concentrazioni di radon in ambienti chiusi, per la gestione dei dati di misurazione e per la determinazione di altri parametri pertinenti".

Le tecniche e le modalità per la determinazione della concentrazione di radon nel suolo sono ormai ben definite e sostenute da una buona letteratura tecnica a livello internazionale che consente di stimare il rischio d'area che espone un edificio senza accorgimenti alla possibilità di elevati valori indoor in relazione alla tipologia edilizia. Con opportune formule è possibile infatti determinare i livelli di radon indoor a partire dai livelli di esalazione e dunque stimare quale sarà il rischio di un edificio fondato su un terreno che presenta un determinato livello di concentrazione di radon nel suolo.

14. LA CARTA DEI VINCOLI

La fase di sintesi/valutazione è stata definita inizialmente tramite la carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico, e la successiva carta di sintesi, che propone una zonizzazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica. La carta dei vincoli è stata redatta su tutto il territorio comunale e vi sono state rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico con particolare riferimento a:

14.1 *Vincoli di pianificazione sovraordinata*

Si rappresentano i vincoli derivanti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e dalla Piano di Gestione dei Rischi di Alluvioni, per il quale valgono prioritariamente le normative di cui alle relative Norme di Attuazione (NdA), che si richiamano esplicitamente. Per quanto riguarda in particolare il Quadro del dissesto regionale, le analisi di terreno e la verifica della documentazione cartografica esistente (consistente sostanzialmente nelle tavole di PTCP, nella Cartografia Geoambientale, dal precedente studio geologico e da nuove verifiche e valutazioni sul campo), hanno portato ad una parziale revisione ed aggiornamento di alcune situazioni segnalate. Tale aggiornamento ha naturalmente una importante ricaduta, combinando le tipologie dei dissesti con le classi di fattibilità all'interno degli schemi proposti nella D.g.r 2616/2011, sulla Carta di fattibilità finale.

Relativamente al P.A.I. sulla carta dei vincoli sono riportate: le aree di frana attiva (Fa), quiescente (Fq) e stabilizzata (Fs), le aree di esondazione a pericolosità molto elevata (Ee) e a pericolosità media o moderata (Em) e le aree di conoide attivo non parzialmente protetta (Cp).

Per quanto riguarda invece il P.G.R.A. sono riportate le aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare relative sia al Reticolo Principale di Pianura o di Fondovalle sia Reticolo Secondario Collinare Montano.

14.2 *Vincoli di polizia idraulica*

Ai sensi della originaria D.g.r 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni, fino alla recente D.g.r. n. 7581/2017, sono riportate le fasce di rispetto individuate nello studio finalizzato all'individuazione del reticolo idrico minore, così come definite dalla legge 5 gennaio 1994, n. 36, e relativo regolamento, e sono evidenziati i vincoli disposti dall'art. 96, lettera f), del regio decreto 25 luglio 1904, n. 523.

A proposito del reticolo idrico minore, si segnala che ai sensi della normativa vigente in materia, lo studio finalizzato all'individuazione di tale reticolo deve essere preventivamente sottoposto all'Ufficio Territoriale Regionale competente per l'espressione di parere vincolante e che, fino all'espressione del parere sopra menzionato e al recepimento dello studio mediante variante urbanistica, sulle acque pubbliche, così come definite dalla legge 5 gennaio 1994, n. 36, e relativo regolamento, valgono le disposizioni di cui al regio decreto 25 luglio 1904, n. 523, e in particolare il divieto di edificazione ad una distanza inferiore ai 10 metri.

Il Comune di Cene ha prodotto lo studio per la determinazione del reticolo idrico minore ai sensi della D.g.r 25 gennaio 2002 n° 7/7868 aggiornato al 2005. In sede di definizione della cartografia dei Vincoli sono emerse alcune difformità tra il reticolo approvato e la reale situazione dello stato di fatto rapportata alla cartografia ufficiale. Per tale ragione l'Amministrazione comunale ha incaricato gli scriventi di produrre un aggiornamento del Reticolo Idrico Minore rettificando le difformità e adeguando lo stesso alla D.G.R. n. X/7581 del 18 dicembre 2017.

Si sottolinea che per quanto riguarda la definizione del reticolo idrico e delle relative fasce di rispetto vale prioritariamente lo studio verificato e validato dall'UTR territoriale, al quale direttamente si rimanda per qualsiasi applicazione delle normative di polizia idraulica e che prevale su quanto riportato nella presente carta dei vincoli.

Nella cartografia dei Vincoli viene dunque riportato il reticolo minore, così come definito in seguito alle ricognizioni su terreno, nella versione aggiornata secondo la normativa vigente.

14.3 *Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile*

Sono state riportate le aree di tutela assoluta e di rispetto, ai sensi del d.lgs. 258/2000, art. 5, comma 4. Si ricorda che le aree di rispetto individuate con i criteri idrogeologico e temporale ai sensi della D.g.r n. 6/15137 del 27 giugno 1996 diventano efficaci solo a seguito del rilascio del relativo atto autorizzativo da parte dell'Autorità competente; per il comune di Cene i relativi vincoli sono stati applicati sull'ambito individuato con criterio geometrico – topografico in quanto l'ubicazione delle sorgenti su determinati versanti permette di restringere l'area di rispetto determinata con il solo criterio geometrico (aree a valle della sorgente).

Le norme relative alle captazioni ad uso idropotabile, alle aree di rispetto e di tutela assoluta devono essere adeguate alle disposizioni previste dalla Circolare 38/SAN/83 della Regione Lombardia e dalla D.g.r. n. 6/15137 del 27.6.1996, dal D.P.R. del 24/05/1988 n.236 e dal D. Lgs. 152/2006, nonché della D.g.r. n. 7/12693 del 10 aprile 2003 e del **R.r. n. 2 del 24 marzo 2006**.

In particolare si richiamano di seguito alcune indicazioni relative alle opere di captazione per approvvigionamento idropotabile contenute nella citata delibera regionale (n. 7/12693 del 10 aprile 2003).

Nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi a eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione e alla protezione delle caratteristiche quali - quantitative della risorsa idrica;

- h) gestioni di rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m) pozzi perdenti;

Eventuali nuovi tratti di fognatura da collocare nell' area di rispetto devono:

- costituire un sistema a tenuta bidirezionale, e recapitare esternamente all'area;
- ai fini della tenuta tali tratti potranno essere realizzati con tubazioni a cunicolo interrato dotato di pareti impermeabilizzate, corredato di pozzetti rompitratta opportunamente ispezionabili.

Nella zona di rispetto di un acquifero non protetto:

- non è consentita la realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo liquami, e impianti di depurazione.
- È in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti e la realizzazione di vasche di laminazione.
- Per tutte le nuove fognature (principali, secondarie) è richiesta la verifica di collaudo.

Per gli insediamenti o le attività preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento: in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

I comuni al fine di proteggere le risorse idriche captate, attraverso gli strumenti di pianificazione urbanistica favoriscono la destinazione delle aree di rispetto a verde pubblico.

Nelle zone di rispetto:

- per la progettazione e realizzazione di edifici non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda.
- I volumi interrati delle nuove abitazioni dovranno avere una distanza di 5 metri dalla superficie freatica.

In tali zone non è inoltre consentito:

- realizzazione di depositi di materiali pericolosi;
- insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;
- utilizzo di diserbanti e pesticidi in parchi e giardini.

Pratiche agricole:

Nelle zone di rispetto sono consigliate coltivazioni biologiche, nonché bosco o prato stabile. È vietato:

- a) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche.

La **zona di tutela assoluta di 10 metri:** deve essere delimitata secondo le indicazioni delle regioni per assicurare la protezione del patrimonio idrico.

Esse devono essere adeguatamente protette ed adibite esclusivamente alle opere di captazione ed a infrastrutture di servizio.

I pozzi e le sorgenti comunali censiti sono riassunti nella seguente tabella, le adduzioni idropotabili effettivamente adibite a consumo umano sono elencate e descritte nel paragrafo 9.4.

NOME	QUOTA (m s.l.m.)	PORTATA (l/s)	USO
Sorgente Fontana Mora	515	25,00 – 50,00	Idropotabile

Sorgente Fami	485	8,00 – 18,00	Idropotabile
Sorgente Valrudana	490	3,00	Idropotabile
Sorgente Masserini	460	2,00 - 5,00	Idropotabile
Sorgente Becciù	450	10,00	Idropotabile
Pozzo Cotonificio Zambaiti 1	348	0,70	Industriale
Pozzo Cotonificio Zambaiti 2	348	3,00	Industriale
Pozzo Cotonificio Zambaiti 3	348	0,50	Industriale
Pozzo Sitip	349	5,00	Antincendio
Pozzo Texcene	362	23,00	Industriale
Pozzo Epicatex	370	0,50	Industriale
Pozzo Manifattura Filotex	368	1,00	Industriale
Pozzo Manifattura nazionale Pezzoli	370	10,00	Antincendio
Pozzo Manifattura di Cene	373	/	Industriale

(Dati da SITER Provincia di Bergamo, aggiornati al giugno 2018)

Pozzo Cotonificio Zambaiti 1

id pratica BG0114111988 Codice faldone 2146 n. captazione 2
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune CENE Località Foglio Mappale 673
 Tipo pratica In sanatoria Stato pratica Chiusa
 Data domanda 18/3/1988 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,7	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COTONIFICIO ZAMBAITI	VIA CADUTI 42	CENE	BG

Informazioni colonna

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	132	16,8	7	21	126

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		400	Terreno vegetale
2	400	3800	Argilliti poco compatte con alternanze di strati argillitici compatti
3	4200	6300	Argilliti molto compatte
4	10500	2700	Argilliti compatte con intercalazioni argillose

Pozzo Cotonificio Zambaiti 2

id pratica BG0114111988 Codice faldone 2146 n. captazione 3
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune CENE Località Foglio Mappale 673
 Tipo pratica In sanatoria Stato pratica Chiusa
 Data domanda 18/3/1988 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
3	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COTONIFICIO ZAMBAITI	VIA CADUTI 42	CENE	BG

Informazioni colonna

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	90	33	7	16	87

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		400	Terreno di riporto
2	400	3200	Argilliti poco compatte con alternanze di strati argillitici compatti
3	3600	600	Argilliti compatte con alternanze di strati argillitici meno compatti di colorazione chiara
4	4200	4600	Argilliti molto compatte
5	8800	200	Argilliti compatte con intercalazioni argillose

Pozzo Cotonificio Zambaiti 3

id pratica BG0114111988 Codice faldone 2146 n. captazione 1
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune CENE Località Foglio Mappale 673
 Tipo pratica In sanatoria Stato pratica Chiusa
 Data domanda 18/3/1988 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,5	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COTONIFICIO ZAMBAITI	VIA CADUTI 42	CENE	BG

Informazioni colonna

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	85	35	7	16	85

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		400	Terreno di riporto
2	400	3200	Argilliti poco compatte con alternanze di strati argillitici compatti
3	3600	600	Argilliti compatte con alternanze di strati argillitici meno compatti di colorazione chiara
4	4200	4300	Argilliti molto compatte

Pozzo Sitip

id pratica BG03132422006 Codice faldone 2575 n. captazione 1
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune CENE Località Foglio 9/A Mappale 638
 Tipo pratica Variante Stato pratica In istruttoria
 Data domanda 18/7/2006 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
5	0	Antincendio

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
SITIP	VIA VALL'ALTA 13	CENE	BG

Informazioni colonna

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	120	21,9	8	29,3	114

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		300	Terriccio con trovanti
2	300	400	Roccia nera
3	700	2600	Roccia friabile con argilliti
4	3300	200	Roccia nera
5	3500	600	Roccia con argilliti
6	4100	2900	Roccia con poche argilliti
7	7000	1400	Roccia nera
8	8400	2300	Roccia di varie colorazioni con poche argilliti
9	10700	800	Roccia con venature bianche e poche argilliti
10	11500	500	Rocci nera

Note prelievo L.S.=-3,50 m; L.D.=-12,00 m (10.1989)

Pozzo Texcene

id pratica BG0114161987 Codice faldone 1753 n. captazione 1
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune CENE Località Foglio 5 Mappale 232
 Tipo pratica Nuova Stato pratica Attiva
 Data domanda 6/11/1987 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
23	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
TEXCENE	VIA E. CAPITANIO 9	CENE	BG

Informazioni colonna

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	10,7	40	1	9,4	10,4

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		50	Terreno agrario
2	50	840	Sabbia e ghiaia
3	890	180	Roccia

Pozzo Epicatex

id pratica BG03144901990 Codice faldone 210 n. captazione 1
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune CENE Località Foglio Mappale 946/C
 Tipo pratica Nuova Stato pratica Chiusa
 Data domanda 13/4/1990 Inizio concessione // Fine concessione //

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,5	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
EPICATEX S.R.L.	VIA MATRIS DOMINI 21	BERGAMO	BG

Pozzo Manifattura Filotex

id pratica BG0118141995 Codice faldone 2529 n. captazione 1
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune CENE Località Foglio 5 Mappale 931
 Tipo pratica In sanatoria Stato pratica Revocata
 Data domanda 1/2/1995 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
1	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
MANIFATTURA FILOTEX	VIA ULISSE BELLORA	CENE	BG

Informazioni colonna

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	7,5	50	1	6	7,5

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		750	Terreno alluvionale

Pozzo Manifattura nazionale Pezzoli

id pratica BG03151812010 Codice faldone 2020 n. captazione 1
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune CENE Località Foglio 3 Mappale 3138
 Tipo pratica Rinnovo in sanatoria Stato pratica Attiva
 Data domanda 16/12/2009 Inizio concessione 10/8/2009 Fine concessione 10/8/2039

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
10	0	Industriale
0	0	Antincendio

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
MANIFATTURA NAZIONALE PEZZOLI S.R.L.	VIA CAV. L. MARTINELLI 1/6	LEFFE	BG

Informazioni colonna

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	86,5	45	3	30	83,2

Stratigrafia

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		130	Terreno organico e ghiaioso
2	130	270	Ghiaia argilla
3	400	2400	Roccia friabile
4	2800	300	Argilla dura
5	3100	2700	Terreno roccioso
6	5800	400	Granito
7	6200	1600	Roccia friabile
8	7800	400	Roccia fessurata
9	8200	450	Roccia compatta

Note prelievo L.S.=-5,00 m; L.D.=-45,00 m

Pozzo Manifattura di Cene

id pratica BG0118471987 Codice faldone 1485 n. captazione 2
 Descrizione Pozzo Nome pratica
 Comune GAZZANIGA Località Foglio Mappale 976
 Tipo pratica Nuova Stato pratica Attiva
 Data domanda 6/11/1987 Inizio concessione 10/8/1999 Fine concessione 9/8/2029

Usi

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0	0	Industriale

Titolari

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
MANIFATTURA DI CENE S.P.A.	VIA ULISSE BELLORA 83	CENE	BG

Informazioni colonna

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	9	130	0	0	0

14.4 *Geositi*

Nella carta dei vincoli devono essere indicati, se presenti, i geositi ubicati all'interno del territorio comunale.

L'elenco dei geositi è presente all'interno dell'Allegato 14 della D.g.r. n. IX/2616 del 30 novembre 2011.

Nel comune di Cene è presente n.1 geosito di valore paleontologico denominato Parco Paleontologico di Cene. Il sito è ubicato nella porzione nord del comune, identificato nel 1965 a seguito di una frana che ha messo a giorno un giacimento fossilifero notevole.

15. ADEGUAMENTO AI SENSI DELLA D.G.R. 2616/2011 RELATIVAMENTE ALLA COMPONENTE SISMICA

15.1 *Introduzione*

Lo studio per zonazione sismica del territorio comunale, così come indicato nell'Allegato 5 della D.g.r. n. 8/1566 del 22/12/2005, prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente. Le procedure da seguire ed i livelli di approfondimento da adottare sono riportati, in funzione della Zona sismica di appartenenza e della fase progettuale (si veda tabelle seguente).

	<i>Livelli di approfondimento e fasi di applicazione</i>		
	<i>1° livello fase pianificatoria</i>	<i>2° livello fase pianificatoria</i>	<i>3° livello fase progettuale</i>
Zona sismica 2-3	obbligatorio	<i>Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili</i>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;</i> – <i>Nelle zone PSL Z1 e Z2.</i>
Zona sismica 4	obbligatorio	<i>Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)</i>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;</i> – <i>Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.</i>

PSL = Pericolosità Sismica Locale

15.2 *Zonazione sismica del territorio*

A partire dal 2003 sono stati emanati i criteri della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

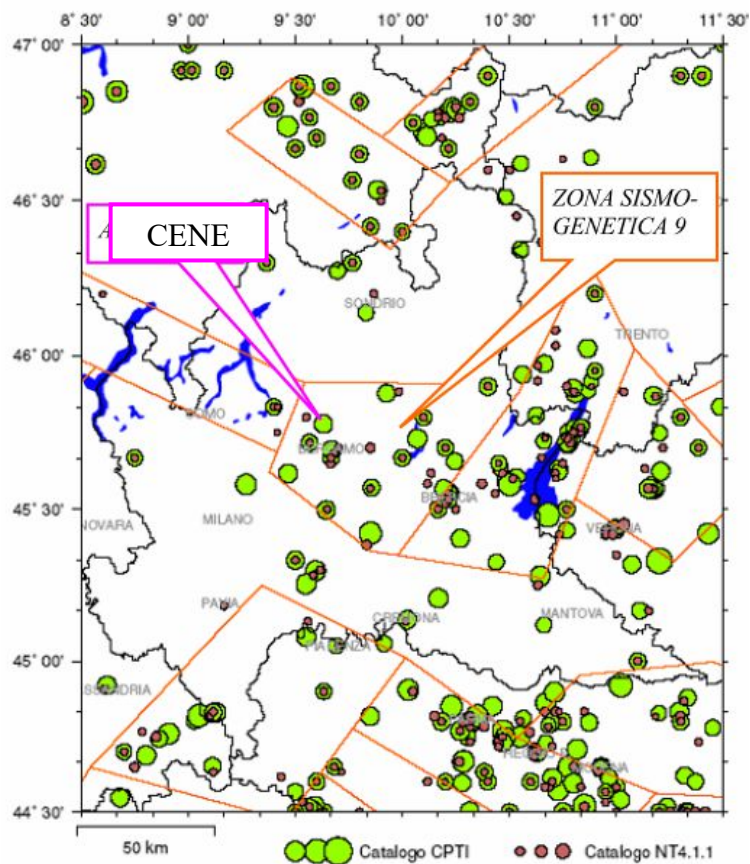


Figura 19-Estratto catalogo Sismicità Lombardia.

Il territorio italiano è stato diviso in 4 zone a pericolosità sismica decrescente.

Il **comune di Cene (Bg)** ricade nella **zona sismica 3** (Bassa sismicità) a cui corrisponde una accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni minore di 0,15 (a_g/g), che si traduce in una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico compreso tra 0,05 e 0,15 (a_g/g) riferita a suoli molto rigidi.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a _g /g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Zone sismiche e relativi valori di accelerazione (O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006).

I livelli di approfondimento e le fasi di applicazione richieste dalla normativa per il comune di Cene, classificato come zona sismica 3 a bassa sismicità, sono riportate nella tabella seguente.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	<i>Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;</i> - <i>Nelle zone PSL Z1 e Z2.</i>

I primi due livelli sono obbligatori, in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse.

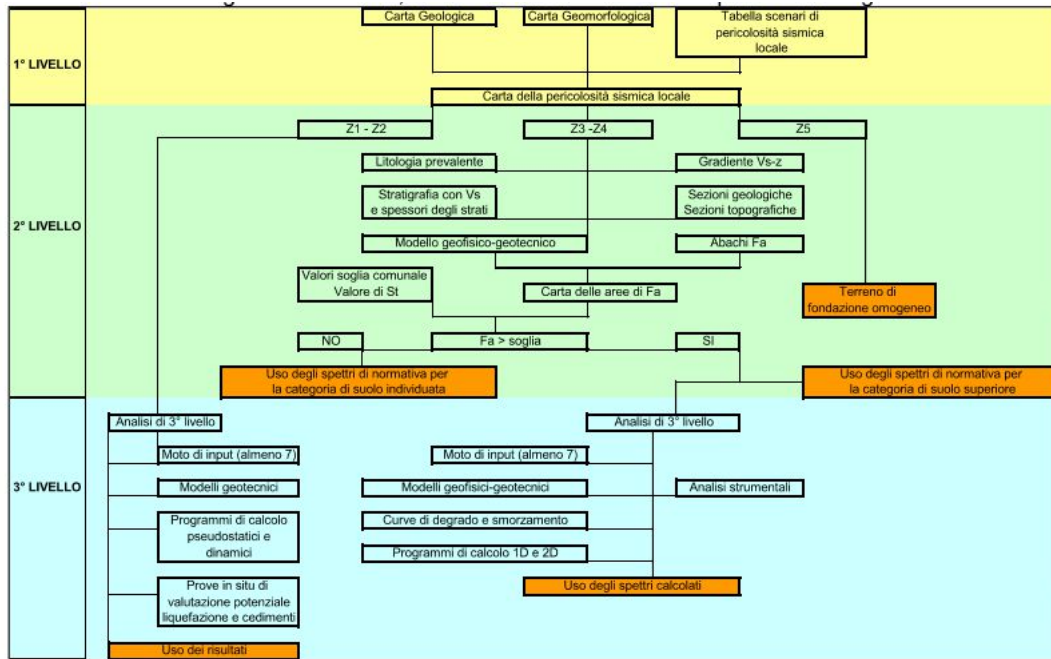


Figura 20 - Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine.

15.3 *Scenari di amplificazione sismica*

Come già accennato precedentemente gli aggiornamenti proposti e le relative cartografie di 1° e 2° livello, seguono i riferimenti normativi della Regione Lombardia che prevede 3 livelli di approfondimento descritti qui di seguito e illustrati nel diagramma di flusso precedente.

1° livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale, per gli scenari Z1, Z2 e Z4, e lineare per gli scenari Z3 e Z5 delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5 (Si veda tabella seguente), in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a Pericolosità Sismica Locale – PSL).

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

2° livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con 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 della 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.

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il 1° livello, e si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione sismica (morfologiche Z3 e litologiche Z4).

Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, negli scenari PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2 della Tabella 1 dell'Allegato 5 – D.g.r. 2616/2011) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

3° livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale, il cui utilizzo è dettagliato nell'allegato 5 della d.g.r 2616/2011.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2), nelle zone sismiche 2 e 3 per tutte le tipologie di edifici, mentre in zona sismica 4 nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma

restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Pertanto per i comuni in Zona Sismica 3, è obbligatorio il 1° Livello di approfondimento, mediante la predisposizione della Carta della Pericolosità Sismica Locale, estesa a tutto il territorio comunale. Il 2° Livello è obbligatorio, in fase di pianificazione, solo per le Zone Z3 e Z4 e solo per le aree interferenti con il centro abitato e/o edificabili. Nel caso specifico di Cene il 2° Livello è stato applicato solo alle Zone Z3 e Z4 che interessano l'urbanizzato e/o il centro abitato. La distribuzione geografica degli scenari suscettibili di amplificazioni litologiche/geometriche è evidenziata nella Carta della Pericolosità Sismica Locale. Essa rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento, relativi esclusivamente agli scenari Z3 e Z4, suscettibili di amplificazione sismica.

Le risultanze dello studio sismico del territorio comunale sono riassunte nella "Carta della pericolosità sismica locale di 1° e 2° livello".

15.4 ***Zonazione della pericolosità sismica locale***

15.4.1 Applicazione del 1° livello

Come già illustrato in sintesi nel paragrafo introduttivo, il 1° livello si basa su un approccio qualitativo e comporta la redazione della carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL), direttamente derivata dai dati contenuti nelle carte di inquadramento geologico-geomorfologico del territorio comunale. La raccolta sistematica di osservazione sui diversi effetti prodotti dai terremoti in funzione di parametri geologici, topografici e geotecnici, ha permesso di definire un numero limitato di situazioni tipo (scenari di pericolosità sismica locale) in grado di determinare gli effetti sismici locali. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una

determinata area (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte, e che sono state oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Il 1° livello è obbligatorio per tutti i comuni ed è esteso a tutto il territorio comunale.

Nel caso specifico, oltre alle conoscenze del territorio e alla mole di dati geotecnici e stratigrafici disponibili opportunamente elaborati, rispetto alla precedente versione della carta, sono stati richiamati diversi dati derivati da indagini dirette effettuate a corredo di progetti ed interventi edilizi oltre all'attività di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologica, ecc. dello studio geologico a supporto del PRG) e nella redazione di un'apposita cartografia (a scala 1:5.000), rappresentata dalla Carta della pericolosità sismica locale, derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, in grado di determinare gli effetti di amplificazione sismica locale.

Poiché l'utilizzo di tali metodologie, in particolare la sismica a rifrazione e di misura dei microtremori tipo HVSR, rappresenta quanto di meglio si può realizzare in termini di indagini di approfondimento, per la caratterizzazione sismica del substrato, è stata realizzata una apposita campagna di indagini geofisiche.

La campagna di indagini geofisiche, che ha previsto la realizzazione di N°4 stendimenti di sismica a rifrazione tipo MASW e di N°3 prove HVSR (misura dei microtremori naturali, ha permesso di determinare i due parametri principali, andamento delle Vs con la profondità e il periodo di oscillazione proprio del sito (Tp) indispensabili per definire i parametri di soglia (Fa) da confrontare con quelli previsti dalla Regione Lombardia.

Relativamente al comune oggetto di studio l'analisi di primo livello appena descritta ha portato all'individuazione, sul tutto il territorio comunale, degli scenari di pericolosità sismica locale riportati nella tabella seguente.

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA SISMICA	EFFETTI
Z1a	Zone caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zone caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana	
Z3b	Zone di cresta rocciosa e/o cucuzzolo: appuntite arrotondate	Amplificazioni topografiche
Z4a	Zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e(ù/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zone pedemontane di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	

Sono presenti quindi, sul territorio comunale di Cene, 3 classi di pericolosità sismica locale (Z1, Z3 e Z4) e relative sottoclassi.

Non sono presenti, invece, sul territorio comunale di Cene, le classi di pericolosità;

- Classe Z2 - Terreni granulari fini saturi potenzialmente liquefacibili liquefacibili (sottoclasse b) o terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti tali da innescare in caso di sisma cedimenti alle strutture (sottoclasse a).
- La classe Z5 (zone di contatto stratigrafico e/o tettonico) in corrispondenza del quale si possono innescare comportamenti differenziali

15.4.2 Zona Z1

In questa ampia categoria rientrano tutte le aree in frana, attive o quiescenti, individuate secondo i criteri P.A.I. evidenziate nella cartografia di riferimento. In tali ambiti un sisma potrebbe generare o riattivare forme di instabilità dei pendii, sia direttamente, imprimendo un'accelerazione alle singole particelle del terreno, sia indirettamente, aumentando la pressione dell'acqua nei pori (pressione neutra).

La cartografia rivista conferma sostanzialmente le aree considerate franose lungo il territorio comunale negli studi precedenti aggiungendone alcune individuate durante i sopralluoghi realizzati per la redazione del presente documento.

Aree potenzialmente franose o esposte a rischio di frana (Z1c) sono localizzate lungo il versante destro idrografico della val Seriana. In particolare si concentrano nelle zone di fondovalle del monte Bue (area di via Bellora) e nella parte bassa delle Valle Asinina.

Un'unica area caratterizzata da movimenti franosi attivi (Z1a) è stata localizzata sul versante idrografico destro della Val Rossa, allo sbocco con la val Seriana, a monte della strada statale n°62.

È stata individuata, infine, un'unica area caratterizzata da movimenti franosi quiescenti (Z1b) sul versante destro idrografico della val Seriana a monte della via Molini.

Le aree Z1a e Z1b, rilevate durante i rilievi di campagna, non erano presenti nella carta di pericolosità di primo livello redatta nel 2009.

15.4.3 Zona Z3

Ci si riferisce in particolare ai cigli delle scarpate alte più di dieci metri (Z3a) e le creste rocciose (Z3b), che sono suscettibili ad amplificazioni di tipo "topografico", cioè legate alla particolare morfologia e alle aspre irregolarità del terreno, che determinano una focalizzazione delle onde sismiche, per fenomeni di riflessione e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto.

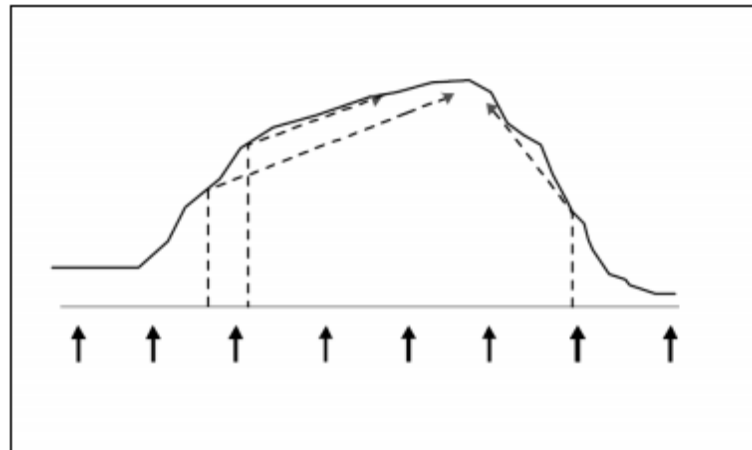


Figura 21- Rappresentazione schematica dei possibili effetti di amplificazione topografica su creste e cucuzzoli

Tali ambiti rispetto alla cartografia sono stati aggiornati facendo una analisi dettagliata della topografia e del modello digitale del terreno (DEM) che ha mostrato e confermato, per il territorio comunale di Cene, la sola presenza di Zone di cresta rocciosa e/o cucuzzolo (Z3b).

Tali aree classificate, classificate tutte come creste arrotondate considerando crinali estesi sono state localizzate nella parte alte dal monte Bue e nella parte alta del versante orografico sinistro della Val Rossa (aree nuove rispetto a quelle cartografate nella carta di primo livello redatta nel 2009).

Rispetto alla carta di primo livello redatta nel 2009, inoltre le aree di cresta inizialmente rappresentate con dei poligoni, nella nuova carta, sono state rappresentate, come richiesto dalla normativa, come linee.

Non sono state prese in considerazione le scarpate dei terrazzi fluvio-glaciali, poiché in questi casi il fattore di amplificazione litologico è maggiore di quello topografico e, poiché l'amplificazione topografica dovrebbe essere considerata a riguardo degli ammassi rocciosi (elevata velocità delle onde sismiche). Queste morfologie dunque sono indicate in carta solo se lo spessore del terreno è limitato o la roccia è subaffiorante.

15.4.4 Zona Z4

In quest'ampia categoria rientrano quei terreni di varia origine che possono generare effetti di amplificazione di tipo "litologico" (legate alle proprietà meccaniche del materiale che costituisce il sedimento stesso) e/o geometrico (legate a forma e geometria del corpo sedimentario - lenti, eteropie, ecc).

Si possono avere amplificazioni locali, fenomeni di risonanza tra l'onda sismica incidente e il moto sismico proprio del terreno e fenomeni di doppia risonanza tra il periodo fondamentale del moto sismico incidente e quello del terreno e le eventuali sovrastrutture presenti.

Rispetto alla cartografia precedente redatta nel 2009, poiché è stata utilizzata una nuova cartografia geologica di base, tale classe è stata completamente rivista (Sono state tolte le aree Z4c e sono state aggiunte invece le Z4b e Z4d).

La classe Z4 è stata mantenuta ma è stata realizzata una nuova perimetrazione.

Le Zone Z4a (zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi) sono quelle più presenti sul territorio comunale e sono ubicate lungo tutta la fascia di fondovalle (versante orografico sinistro della val Seriana) dove, per altro, si sviluppa tutto l'urbanizzato.

Le Zone Z4b (Zone con presenza di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio/lacustre) sono ubicate allo sbocco di alcune incisioni vallive poste sul versante idrografico sinistro del fiume Serio (queste zone non sono presenti sul versante del monte Bue a monte di via Bellora).

Le Zone Z4d sono presenti principalmente nell'area di raccordo tra la pianura alluvionale ed il versante orografico sinistro della valle Seriana, nel tratto di territorio compreso tra il limite comunale di Albino e la valle Rossa.

15.5 *Classificazione sismica dei terreni nel Comune di Cene*

Con gli aggiornamenti alle direttive tecniche contenute nella d.g.r. n°8/7374 del maggio 2008 tale approfondimento deve essere preceduto dall'analisi della classe sismica di appartenenza del suolo.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si definiscono infatti le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni) secondo le N.T.C 2018 che sostituiscono quelle precedenti dell'anno 2008.

Come recentemente introdotto dalle N.T.C. (2018) la definizione della categoria di sottosuolo viene realizzata, oltre che basandosi sulle condizioni stratigrafiche, calcolando il parametro denominato “**Velocità equivalente (Vs,eq)**” che sostituisce parzialmente, in alcune situazioni sismo stratigrafiche, il parametro Vs30 utilizzato nella versione precedente.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (Vs,eq) si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato). Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs_{eq} è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H = 30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nella tabella seguente sono riportate le definizioni delle categorie di sottosuolo secondo le N.T.C, 2018.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Definizione delle categorie di sottosuolo secondo le N.T.C. (2018).

Sulla scorta delle precedenti indicazioni, è stata condotta l'analisi dei dati litologici, stratigrafici e geofisici, disponibili per il territorio comunale di Cene, al fine di pervenire alla classificazione sismica dei terreni e per consentire le successive elaborazioni per definire i valori del fattore di amplificazione sismica locale F_a .

Dall'analisi delle sezioni stratigrafiche disponibili per il territorio comunale, nonché dai dati forniti dalle indagini geotecniche in sito, messe a disposizione dall'Amministrazione Comunale, è stato possibile stimare, attraverso metodi indiretti di conversione, la velocità delle onde S e sono stati ricavati gli andamenti principali dei depositi, sciolti granulari, che caratterizzano il sottosuolo indagato. Oltre alla raccolta dei dati geotecnici è stato anche possibile effettuare indagini dirette in sito, utilizzando metodologie geofisiche.

In particolare sono state realizzate alcune linee di sismica a rifrazione e prove HVSR, da cui è stato possibile ricostruire una sezione bidimensionale che esprime l'andamento delle V_{seq} richieste dalla normativa e determinare il periodo di oscillazione proprio del sito.

La definizione delle V_{seq} e il metodo con il quale si sono determinate, rappresentano i parametri fondamentali di ingresso per le determinazioni del fattore di amplificazione secondo i diversi scenari.

Per la ricostruzione delle sezioni stratigrafiche del territorio comunale, come già ricordato, si è fatto riferimento ai dati di bibliografia, relativi a numerose indagini geotecniche eseguite sul territorio, di supporto alla realizzazione di opere edilizie e ad interventi più generali sul territorio.

Se dal punto di vista topografico/morfologico, la situazione risulta abbastanza semplice e pertanto non si sono individuati scenari di possibile amplificazione, diversamente per gli scenari Z4 che sono stati individuati lungo l'abitato comunale si sono applicate le schede previste per il 2° livello di approfondimento; per necessità di sintesi si è dovuta operare una semplificazione nell'individuazione delle tipologie da inquadrare secondo gli scenari di pericolosità sismica locale.

Sono comunque state riconosciute zone di creste rocciose/cocuzzolo con morfologie arrotondate, il cui impatto con l'abitato e le strutture antropiche risulta pressoché modesto o assente.

Gli scenari litologici rappresentano invece un grado di maggiore complessità: l'ambito urbanizzato comunale poggia infatti su un substrato variamente organizzato che a partire dai settori di raccordo con il fianco collinare, si caratterizza per litologie eluvio-colluviali con argille, limose e ciottoli, per poi variare verso sud a litologie più fini argilloso-ghiaiose, con la frazione ghiaiosa maggiormente diffusa.

Localmente tali litologie si possono trovare in condizioni scadenti o comunque, per ciò che attiene alle litologie ghiaiose, scarsamente addensate.

Dalle sezioni stratigrafiche/geotecniche ricavate, dai risultati delle indagini sismiche realizzate e dalle relative correlazioni empiriche per la stima dei parametri geofisici, è stato ricavato il parametro V_{Seq} (velocità media nei primi 30 m di sottosuolo), variabile da 581 a circa 1023 m/s e colloca i terreni in prevalenza nella classe E (NTC, 2018).

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Sulla base delle informazioni raccolte, il territorio comunale di Cene è classificabile cautelativamente e prevalentemente come Classe D per il fondovalle e per la fascia pedemontana; come Classe A e B per la rimanente porzione del territorio.

15.6 *Caratterizzazione geotecnica qualitativa dei terreni*

I dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° livello sono stati desunti principalmente dalle numerose stratigrafie di trincee esplorative/scavi eseguite sia sul territorio comunale di Cene, sia in comuni limitrofi, nonché sulla base di numerose indagini geotecniche in sito che hanno interessato gli orizzonti superficiali del suolo (indicativamente inferiori ai 10 m da p.c.).

I dati geofisici sono invece stati ottenuti sia attraverso relazioni empiriche di correlazione con i dati stratigrafici e geotecnici disponibili sia mediante indagini geofisiche dirette.

La scelta delle stratigrafie (spessori delle diverse unità), dei caratteri geotecnici (granulometria) e di quelli geofisici (andamento di Vs con la profondità e periodo caratteristico del sito T₀), utilizzati per la valutazione sismica di secondo livello del territorio di Cene è di attendibilità media-alta (dati litologici: attendibilità Bassa;

Spessore strati: attendibilità Medio Alta; dati geofisici: attendibilità medio alta), poiché la maggior parte dei dati proviene da prove e indagini dirette, come si ricava dalla “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 evidenziata.

Il grado di attendibilità per ciascuna tipologia di dato utilizzato è rappresentato nella seguente tabella:

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)
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)

Il rilevamento geologico ha permesso di suddividere i depositi superficiali che ricadono nel territorio comunale in unità geologiche e di distinguere, al loro interno, litofacies omogenee dal punto di vista litologico.

Ciò consente di associare, sia pure in modo qualitativo, alcuni parametri geotecnici indicativi alle diverse litofacies come riassunto nel seguente prospetto:

Depositi di versante – depositi eluvio/colluviali - Si tratta di depositi costituiti da limi, argille e limi sabbiosi con matrice da sabbiosa a limoso sabbiosa, a comportamento coesivo.

Sono distribuiti lungo la fascia di raccordo tra i rilievi e le prime propaggini del fondovalle pianeggiante, partendo dai fianchi, lungo le aste torrentizie della Valle Rossa comprendendo le zone di raccordo dell’abitato comunale, fino al settore più meridionale nella zona di Cene bassa. In generale possono essere ritenuti terreni di discreta qualità geotecnica, con valori di modulo elastico intermedi, anche se localmente possono presentare caratteristiche mediocri-scadenti. Anche per tali

sedimenti sono possibili correlazioni con i dati stratigrafici/geofisici, sulla base di trincee esplorative, scassi stradali, scavi per fondazioni e indagini geotecniche in sito.

Tali depositi, che poggiano alla base su ammassi rocciosi, tendenzialmente appartenenti alle Formazioni Retiche: costituite da rocce facilmente erodibili sono caratterizzate per lo più da debole spessore, inferiore ai 10 m per i depositi di versante ed inferiore ai 5 m per i depositi eluviali.

Depositi alluvionali – I depositi in questione vengono considerati una particolare categoria, caratterizzata da litotipi prevalentemente grossolani con matrice sabbiosa-ghiaiosa, caratterizzati da buone proprietà geotecniche, coesione intermedia e modulo elastico medio.

I depositi descritti sono diffusi nelle aree comprese tra il fondovalle della Valle Rossa, lungo la sinistra idrografica del corso del Serio, sono il frutto di una dinamica deposizionale complessa scaturita dall'interdigitarsi dei depositi alluvionali lungo il nucleo abitato.

Alla luce dei dati raccolti si è ritenuto indispensabile istituire una categoria a se che consenta di distinguere tali livelli e la loro distribuzione areale con conseguenti riflessi nella classificazione dei suoli dal punto di vista sismico.

Per tali livelli si è adattata una classificazione del suolo corrispondente alle categorie B.

Depositi alluvionali/ detritici cementati: Sono depositi che hanno la stessa origine dei precedenti, riferibili alle alluvioni presenti sul territorio comunale sono caratterizzati da diffusa cementazione sono associabili, anche per analogia nelle caratteristiche granulometriche e geotecniche, ai depositi detritici e di conoide. Sono terreni con componente clastica variabile, spesso prevalente e una matrice a tessitura ghiaiosa, solo subordinatamente, sabbiosa-limosa. Si tratta di sedimenti dotati di buone proprietà meccaniche, dove in alcuni tratti la componente ghiaiosa è dominante. Sulla base delle indagini geotecniche disponibili è stato possibile procedere ad una correlazione con i dati geofisici attribuendo valori elevati sia per le Vs superficiali (mediamente attorno a 600-800 m/s), che per Vs30 (comprese tra 530

e 740 m/s), tali da comportare l'attribuzione di tali terreni alla classe B dei suoli di fondazione, quella più elevata nell'ambito dei terreni non rocciosi.

Aree con ammassi rocciosi affioranti o sub-affioranti: Interessano le porzioni del territorio poste alle quote più elevate, lungo i fianchi della Valle Rossa a partire dal suo vertice, il Monte Altino, il Tribulino e il settore del Monte Bo.

In questo ambito è possibile distinguere gli affioramenti costituiti da unità Noriche e Retiche diffuse fino alle quote più elevate e localmente sub affioranti lungo le fasce di raccordo con la piana del Serio urbanizzata. In generale comunque è possibile attribuire a tali terreni una categoria di suolo A.

15.7 *Applicazione del secondo livello*

Il 2° livello, implementato in presenza degli scenari Z4 e Z3 (amplificazioni litologiche e topografiche), si basa su metodi quantitativi semplificati, consistono in una valutazione semi-quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di fattore di amplificazione (Fa) e nel confronto con i valori soglia del territorio comunale stabiliti dalla Regione Lombardia per ciò che concerne l'amplificazione litologico geometrica e dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per ciò che concerne gli effetti di amplificazione topografico-morfologica.

Il 2° livello, per i comuni classificati in Zona Sismica 3, è obbligatorio solo per le aree edificate e/o edificabili.

15.7.1 Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazione topografica/morfologica (Scenari Z3)

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (senario Z3b) – cigli di scarpata (Scenario Z3a non individuato nell'analisi di primo livello).

Come descritto precedentemente il 2° livello, implementato in presenza degli scenari Z3 (amplificazioni topografiche e morfologiche), si basa su metodi quantitativi semplificati, consistono in una valutazione semi-quantitativa della

risposta sismica dei terreni in termini di fattore di amplificazione (F_a) e nel confronto con i valori soglia del territorio comunale stabiliti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC, 2018) (si vedano tabelle seguenti).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categorie topografiche secondo (D.M. 17 gennaio 2018)

Categoria	Valore soglia
T1	1,0+0,1
T2	1,2+0,1
T3	1,2+0,1
T4	1,4+0,1

Tabella 1 - Valori soglia da S_t come indicato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, 2018.

Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b), caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 10° ; il rilievo è identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) (Scheda di valutazione riportata di seguito).

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

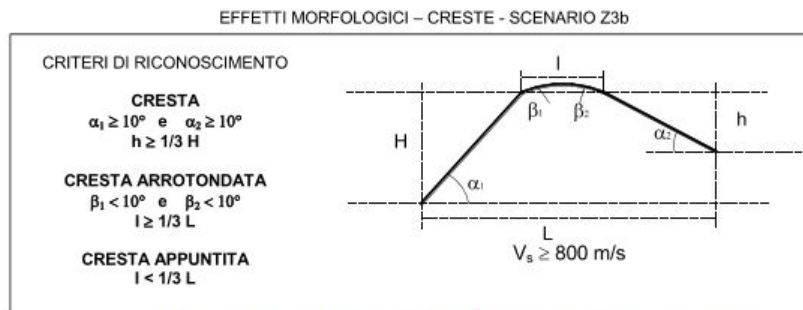
Nell'ambito delle creste (Scenario Z3b) si distinguono due situazioni:

1. rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);
2. rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza

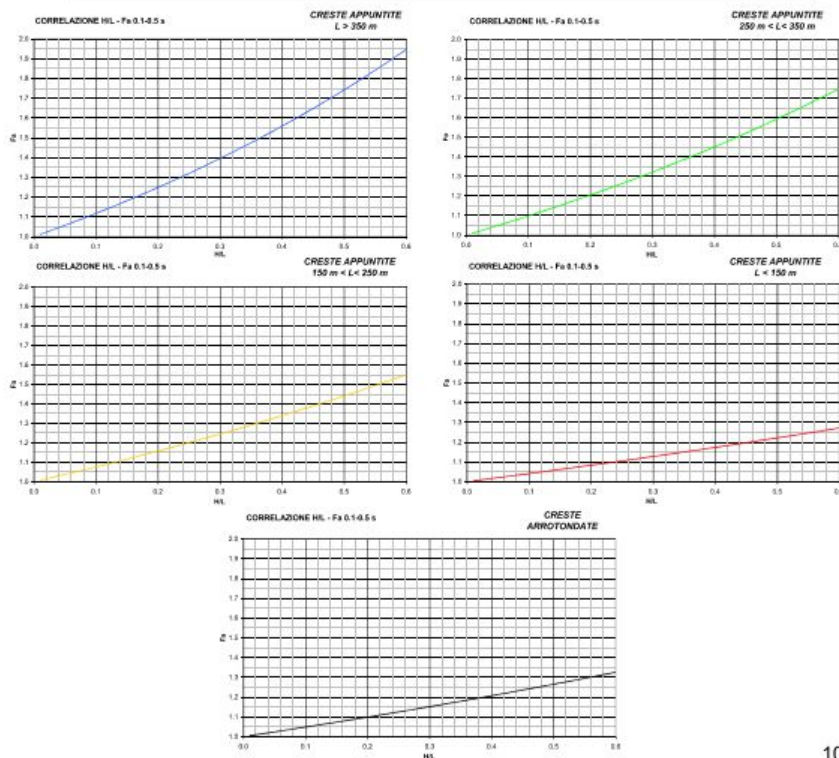
alla base, ovvero pari ad almeno 1/3 della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (cresta arrotondata).

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo L;
- larghezza in cresta del rilievo l;
- dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
- coefficiente di forma H/L.



	L > 350	250 < L < 350	150 < L < 250	L < 150
Creste Appuntite	$Fa_{0,1-0,5} = e^{1,11H/L}$	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,95H/L}$	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,73H/L}$	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,40H/L}$
Creste Arrotondate	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,47H/L}$			



All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5s, in base al valore del coefficiente di forma H/L .

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l , mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti dalle Schede di valutazione con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Tale valore St rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede, pertanto, di valutare il valore di F_a con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare, quindi, due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono essere rappresentati sia dallo scenario Z3a sia dallo scenario Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a e Z3b, è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Analisi dei risultati ottenuti

L'analisi di secondo livello, relativa allo scenario di amplificazione topografica/morfologica Z3, è stata realizzata su tutte le creste (scenario Z3b) individuate sulla "carte della pericolosità sismica locale di primo livello".

Sono state quindi analizzate N°7 sezioni topografiche relative allo scenario di cresta Z3b.

L'applicazione della procedura semplificata per il calcolo del fattore di amplificazione, approccio descritto precedentemente nel dettaglio, ha consentito di ricavare i valori di amplificazione di sito Fa e confrontarli con i relativi valori soglia.

I risultati di tale analisi, che hanno mostrato come il fattore di amplificazione calcolato sia sempre risultato inferiore al valore soglia indicato dalla norma, sono riportati nella tabella seguente:

Sezione	Scenario	Fa calcolato	Soglia	Categoria topografica	Risultato analisi
SC-01	Cresta arrotondata	1,12	1,2+0,1	T3	Verificato
SC-02	Cresta arrotondata	1,13	1,2+0,1	T3	Verificato
SC-03	Cresta arrotondata	1,18	1,2+0,1	T2/T3	Verificato
SC-04	Cresta arrotondata	1,12	1,2+0,1	T3	Verificato
SC-05	Cresta arrotondata	1,06	1,2+0,1	T3	Verificato
SC-06	Cresta arrotondata	1,06	1,2+0,1	T3	Verificato
SC-07	Cresta arrotondata	1,07	1,2+0,1	T3	Verificato

Tabella 2 – Risultato del confronto tra i valori calcolati e i valori soglia.

15.7.2 Applicazione del secondo livello per le aree soggette ad amplificazioni litologiche e geometriche (Scenari Z4)

Come descritto precedentemente il 2° livello, implementato in presenza degli scenari Z4 (amplificazioni litologiche e geometriche e), si basa su metodi quantitativi semplificati, consistono in una valutazione semi-quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di fattore di amplificazione (Fa) e nel confronto con i valori soglia del territorio comunale stabiliti dalla Regione Lombardia riportati nella tabella seguente.

Categorie di sottosuolo		B	C	D	E
Valori soglia R.L.	Periodo 0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,3	2,0
	Periodo 0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

Tabella 3 - Valori soglia del territorio comunale di Cene stabiliti dalla Regione Lombardia per l'amplificazione litologico-geometrica.

Per le procedure semplificate di questo livello è richiesta la conoscenza di alcuni parametri geofisici (andamento delle velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità; spessore e Vs di ogni unità geofisica) necessari alla definizione del modello geofisico del sottosuolo.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;

- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico
- geotecnico ed identificazione dei - punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento. Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità; in particolare si è verificato l'andamento delle Vs con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di Vs inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

All'interno della scheda di valutazione è stata scelta, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa 1 formula), in base al valore del periodo proprio del sito T.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

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

ove h_i e Vs_i sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello.

Il valore di Fa determinato è stato approssimato alla prima cifra decimale ed è utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad

amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Allo scopo realizzare l'analisi sismica di secondo livello obbligatoria, in fase di pianificazione, per i comuni in Zona 3, per lo scenario Z4 (amplificazione stratigrafica e geometrica) gli scriventi hanno provveduto a realizzare, omogeneamente su tutta l'area di fondovalle edificata, una campagna di indagini geofisiche: n°3 stendimenti MASW attraverso i quali è stato possibile determinare la velocità delle onde S (V_s) nel sottosuolo arrivando a stabilire conseguentemente la categoria di sottosuolo (N.T.C. 2018) e n°4 prove HVSR attraverso le quali è stato possibile stabilire il periodo proprio di sito (T_p).

I modelli sismici (Velocità onde V_s , spessori degli strati, categoria del sottosuolo e frequenza di oscillazione propria del sito) risultati dalle indagini sono stati verificati e tarati con i risultati di indagini geotecniche (sondaggi e prove penetrometriche) realizzate per la costruzione di opere edilizie.

Le indagini geofisiche, la cui ubicazione è riportata sulla Carta di pericolosità sismica di secondo livello", sono state realizzate nelle seguenti aree.

Codice Area	Denominazione	Ubicazione indicativa	Indagini geofisiche realizzate	Scenario sismico presente
Area 1	Cimitero	Aiuola compresa tra la via Rimembranze e la via Caduti	MASW-01 e HVSR-01	Z4a
Area 2	Biblioteca	Giardino della biblioteca in via V.Veneto	MASW-02 e HVSR-02	Z4a
Area 3	Via Bellora	Giardino compreso tra via Bellora e via Cava	MASW-03 e HVSR-03	Z4a
Area 4	Salumificio Bortolotti	Versante retrostante il salumificio posto in via De Gasperi	HVSR-04	Z4b

Ai fini di una completa caratterizzazione sismica delle aree oggetto di indagine, i dati sono stati acquisiti secondo modalità che hanno permesso l'inversione ed interpretazione sequenziale e correlata, secondo diverse tecniche di cui:

- Tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) che sono una derivazione delle tecniche SASW (Spectral Analysis of Surface Waves) che si basano sull'elaborazione delle proprietà spettrali delle onde di superficie per la costruzione di un modello monodimensionale verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs;
- acquisizione ed analisi dei microtremori, con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la classificazione del sottosuolo ai sensi della vigente normativa, NTC 2018, e determinare l'eventuale comportamento amplificativo del terreno.

Entrambe le indagini sopra elencate si basano sull'analisi del fenomeno della dispersione delle onde di superficie (onde di Rayleigh) nei primi strati del terreno.

Le onde superficiali, che sono di due tipi o di Raleigh o di Love, si propagano solamente se c'è una superficie libera e risultano rispettivamente composte da onde di compressione e di taglio.

Le onde superficiali, che hanno la caratteristica principale di crescere linearmente con la distanza (r) e di attenuarsi in minor misura rispetto a quella di volume (il fronte d'onda cresce con r^2), consentono di investigare facilmente il sottosuolo.

La profondità massima d'indagine è uguale a circa 1/3 della frequenza e, per questo motivo, vengono utilizzati geofoni con bassa frequenza di esercizio che permettono di rilevare lunghezze d'onda molto lunghe tali da raggiungere maggiori profondità d'indagine. Per aumentare la risoluzione dei risultati invece vengono effettuate registrazioni di lunga durata.

Come già accennato in precedenza questa tipologia di indagine geofisica si divide in due categorie in base al tipo di sorgente utilizzata:

- Indagine sismica di tipo "attivo" in cui le onde elastiche vengono opportunamente generate in superficie tramite una massa battente, un fucile esploditore o piccole cariche esplosive (Tipo M.A.S.W.)
- Indagine sismica di tipo "passivo" che sfruttano sorgenti di sollecitazione

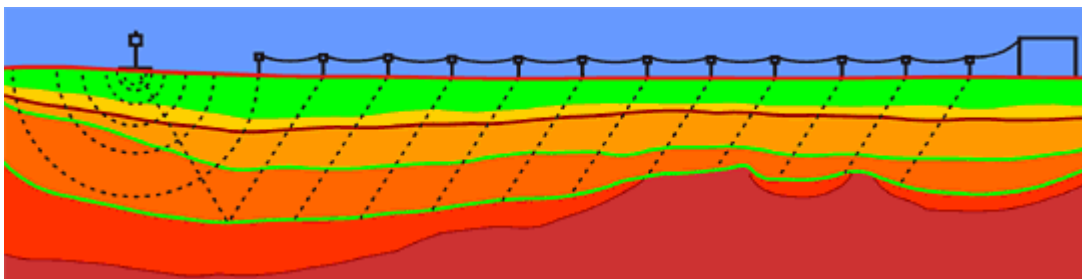
naturali o artificiali (Metodo dei microtremiti a stazione singola – H.V.S.R).

Le due tipologie di indagine, se utilizzate congiuntamente, incrementano l'affidabilità del modello geofisico interpretativo finale.

Nei paragrafi successivi, per ognuna delle tipologie di indagini realizzate, vengono descritte la strumentazione utilizzata, le metodologie di acquisizione e di interpretazione dei dati.

Indagine sismica a rifrazione attiva tipo M.A.S.W

Queste indagini geosismiche hanno lo scopo di caratterizzare in modo dinamico, tramite la misura delle onde di taglio (V_{sh}), i litotipi presenti nell'area d'interesse e definirne la geometria di sviluppo nel sottosuolo.



Tale metodologia trova il miglior campo di applicazione per profondità di studio inferiori ai 30-40 metri da p.c. È necessario che il volume di terreno sia caratterizzato da valori di velocità di V_p e V_s progressivamente crescenti con la profondità, infatti, come è noto, il principale limite di tale metodologia è rappresentato dal non poter distinguere ed individuare strati con velocità delle onde P e SH minori sottostanti a strati con velocità più elevate.

Strumentazione utilizzata

L'indagine consiste nel creare delle onde sismiche artificiali sulla superficie del terreno da investigare e registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prestabilite mediante geofoni a prevalente componente orizzontale.

È importante precisare che le onde SH dirette e rifratte costituiscono sempre il primo arrivo rispetto alle onde superficiali (onde di Love) e che per brevi stendimenti risultano sufficientemente forti da poter essere registrate. Inoltre, con questa metodologia di studio non esistono le limitazioni connesse con l'orizzontalità degli strati proprie delle tecniche utilizzando le onde superficiali.

Il sistema sorgente utilizzato è in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali sia di tipo V_p che V_{sh} .

Per la ricezione dei segnali sono stati utilizzati dei geofoni orizzontali per le onde SH a frequenza propria 4,5 Hz.

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

- Sismografo Geode (Geometrics) che consente la rappresentazione degli impulsi sismici mediante programma di digitalizzazione e visualizzazione tramite un apposito PC; le prime onde rifratte vengono registrate simultaneamente su 12 - 24 geofoni e sommate fra di loro;
- successivi impulsi sismici migliorando il rapporto fra segnale e rumore.

I geofoni utilizzati sono del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire gli spostamenti che si verificano nel terreno, in segnali elettrici, con relativo cavo di collegamento a 24 fili;

- Minibang, mazza e coppia a pendolo, nel caso in esame è stato utilizzato il sistema a mazza di battuta.

Nell'area oggetto d'indagine sono stati eseguiti quattro stendimenti sismici costituiti da 24 geofoni a 4.5 Hz ad asse verticale come illustrato nelle figure seguenti.



Figura 22 – Strumentazione utilizzata per l'indagine di sismica a rifrazione (Tipo M.A.S.W.).



Figura 23 – Strumentazione utilizzata per l'indagine di sismica a rifrazione (Tipo M.A.S.W.).



Figura 24 – Indagine M.A.S.W – Fasi di acquisizione – Area 1 “Cimitero”.

Considerato che, uno degli obiettivi della prospezione sismica era quello di ottenere un modello di velocità in V_s fino a trenta metri di profondità, in modo da determinare il parametro V_{s30} come previsto da normativa, si è scelto di utilizzare la metodologia MASW ATTIVA. Si è così ottenuta una curva di dispersione acquisita che verrà di seguito discussa. Considerato la logistica e lo spazio disponibile per le linee sismiche, sono stati effettuati quattro stendimenti di lunghezza pari a 56 m comprensivi di tiri esterni per l'energizzazione del terreno (lunghezza stendimento 46m, tiro esterno a +6m e tiro esterno a +10m).

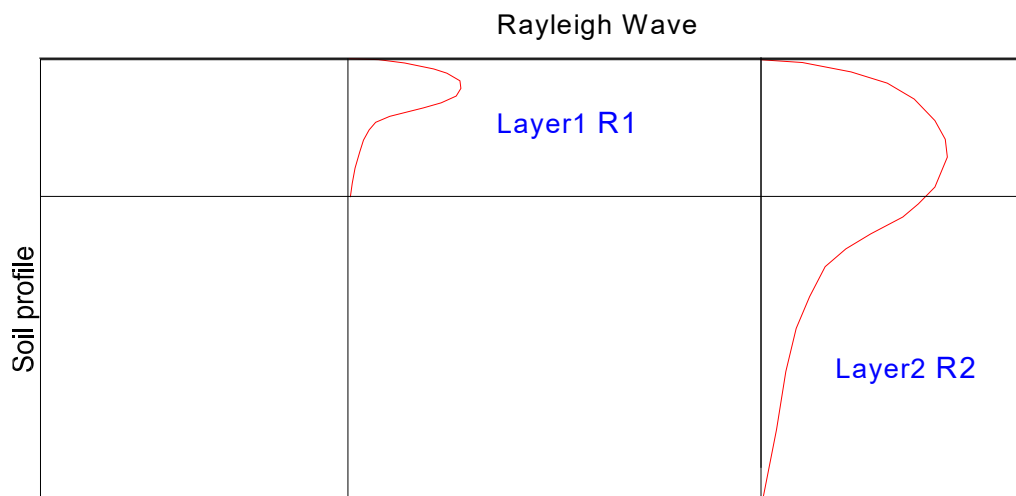
Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche delle linee sismiche: il codice della linea, il numero dei geofoni, la distanza tra un geofono ed il successivo (passo), la lunghezza totale della linea e la profondità raggiunta.

Profilo	Numero geofoni	Passo Geofoni (m)	Lunghezza tot. (m)	Profondità max (m)
MASW -01	24	2	46+6*+4*	>30
MASW-02	24	2	46+6*+4*	>30
MASW-03	24	2	46+6*+4*	>30

*Tiri esterni alla linea sismica

Elaborazione tomografica dei dati

Le MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono una metodologia d'investigazione che permettono di ricavare le velocità delle onde di taglio verticali V_s dalla determinazione delle velocità delle onde superficiali. La misura delle velocità delle onde superficiali viene calcolata grazie all'utilizzo di stendimenti di sensori posti in genere a distanze regolari sulla superficie del suolo da indagare. La porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh la cui velocità è correlata alla rigidezza e ai parametri elastici dei suoli attraversati. È importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive cioè, essendo onde ad alte frequenze (lunghezze d'onda corta), si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, invece le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi così come di seguito illustrato.



La metodologia MASW può essere: attiva, passiva o la combinazione di entrambe. Nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate in un punto noto in modo non casuale e vengono registrate da stendimenti lineari di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento di ricezione può essere sia lineare che circolare e si misura il rumore di fondo ambientale esistente. Il metodo attivo è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perché fornisce con un miglior dettaglio il profilo

delle velocità sismiche nei primi 30 metri da piano campagna. Infatti si ottiene una curva di dispersione per un range di frequenze normalmente comprese tra 5 e i 70 Hz la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche. Dall'utilizzo del metodo passivo invece si ottiene una maggiore investigazione in termini di profondità ma una minore risoluzione delle velocità degli strati, soprattutto quelli più superficiali.

La procedura elaborativa è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti.

- Trasferimento dei sismogrammi al programma di prelevamento dei tempi di primo arrivo.
- Emissione delle dromocrone misurate sia in forma grafica che in forma leggibile dal programma di elaborazione tradizionale basato sull'algoritmo GRM (Generalized Reciprocal Method).
- Immissione dei valori delle quote dei geofoni e degli spari nel programma di interpretazione GRM e lettura delle dromocrone misurate.
- Elaborazione dei dati e interpretazione tradizionale.
- Emissione delle sezioni interpretate riportanti le interfacce fra strati di diversa velocità sismica e i valori stessi di velocità. Si noti che le velocità sismiche attribuite a ciascun strato sono caratterizzate da un gradiente nullo in direzione verticale (sono costanti in verticale per ciascuno strato). Vi è una utile possibilità di modellizzare con la procedura GRM delle variazioni orizzontali di velocità che comunque risultano discrete e non continue.
- Emissione di un file riportante l'ubicazione e la quota di ciascun punto di sparo e di ciascun geofono, leggibile dal programma di iterazione tomografica e di ray-tracing (tracciamento dei percorsi dei raggi sismici).
- Emissione del modello bidimensionale del terreno ricavato dalla procedura GRM sotto forma di una matrice a celle di dimensione definibile (inferiori al metro), adatta ad essere letta dal programma di ray-tracing e di elaborazione tomografica. L'interpretazione GRM viene quindi a fornire il modello iniziale delle velocità del terreno, necessario ad attivare le iterazioni del completo modello matematico bidimensionale (modellizzazione tomografica).

Il terreno viene quindi suddiviso in celle di dimensione minima, ciascuna dotata di una diversa velocità sismica e ciascuna pronta a venir modificata dalla procedura di iterazione tomografica allo scopo di ridurre al minimo l'errore fra le dromocrone calcolate in base al modello di terreno e quelle effettivamente misurate durante la prospezione.

Il file contenente le ubicazioni e le quote viene letto dal programma tomografico assieme al file contenente la matrice di velocità e viene attivata la procedura di ray-tracing e di controllo.

Per prima cosa viene controllata la correttezza delle ubicazioni dei sensori e degli spari e quindi vengono visionati i percorsi dei raggi sismici e valutato il primo "fitting" con i dati misurati, allo scopo di iniziare la procedura tomografica senza la presenza di errori sistematici previamente correggibili.

Lo scopo della procedura iterativa tomografica è quello di ridurre l'errore fra i tempi delle dromocrone calcolate in base al modello rispetto a quelle effettivamente misurate. Questo avviene per approssimazioni successive (iterazioni) controllate dall'operatore il quale può intervenire nella scelta di molti coefficienti che influenzano il calcolo come anche nella scelta della procedura stessa che viene utilizzata per realizzare la minimizzazione degli errori.

Il risultato finale sarà una matrice rappresentativa del terreno indagato costituita da celle, ciascuna caratterizzata da una velocità sismica, che nel complesso presentano un errore minimo se utilizzata nella procedura di tracciamento dei raggi sismici.

Questa matrice viene visualizzata tramite un opportuno programma di contouring utilizzando, se ritenuto necessario, diversi colori per diverse velocità.

Indagine sismica passiva a stazione singola (Metodo HVSR).

L'indagine sismica passiva a stazione singola (Metodo HVSR), come descritto precedentemente, si basa sull'acquisizione e sull'analisi del Rumore Sismico Ambientale (Seismic Noise) ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause antropiche che naturali.

Questa tipologia (definita metodo sismico passivo), dunque, non ha bisogno di alcuna energizzazione esterna poiché utilizza come sorgente il traffico veicolare, la produzione industriale, il vento, la pioggia e tutto ciò che è in grado di produrre una minima vibrazione sulla superficie del suolo.

L'indagine consiste nella misurazione, e nella successiva elaborazione, del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z opp. E-W, N-S e Up-Down) a varie frequenze.

Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile:

- ricavare la frequenza fondamentale (o di risonanza) del sito;
- ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sulla profondità del bedrock (substrato sismico o litologico) e del parametro VS30 (velocità media delle onde S – di taglio – nei primi 30 metri di profondità). Per l'analisi spettrale delle tracce e la modellazione viene utilizzato uno specifico software dedicato “GeoExplorer HVSR”, prodotto dalla Sara Electronic Instruments, conforme alle direttive fornite dal progetto di ricerca europeo SESAME (2005).

In questa relazione il parametro Vs30 viene calcolato direttamente dalle indagini sismiche tipo MASW. L'interpretazione del parametro Vs30, ottenuto dall'indagine HVSR, verrà utilizzato soltanto come riscontro e verifica dei risultati delle indagini MASW.

Strumentazione utilizzata

Per la registrazione delle vibrazioni naturali ed artificiali (microtremori) è stato utilizzato un sismografo GEOBOX dotato di GPS, prodotto da Sara Electronic Instruments, al cui interno è stato installato un velocimetro SS10 composto da tre sensori elettrodinamici dotati di una elettronica di precisione che li omologa e linearizza per ottenere una banda piatta dalla frequenza di risonanza nominale di 1.0 Hz fino a quella finale di 50Hz.

Nelle tabelle seguenti sono riassunte le caratteristiche tecniche generali sia del sismografo GEOBOX che del velocimetro SS10 utilizzato dallo scrivente durante la campagna di indagini geofisiche.

Tabella 4- Caratteristiche del sismografo GEOBOX.

Alimentazione	batteria interna ricaricabile, consumo minore di 1W
Numero canali ed a/d converter	3 ($\Sigma\Delta$) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)
Sensibilità	con velocimetri da 4.5Hz: < 1 nanometro/secondo per count
Campionamento	simultaneo su tre canali a 10,20,50,100,200,300,400,480,600Hz
Real Time Clock	Sincronizzato da GPS via PPS modulato
Precisione RTC	+/-10ppm fra -20/+50°C (+/-40ms rispetto ad UTC)
Antenna GPS	esterna con 10mt di cavo e connettore BNC
Interfaccia dati	RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione
Contenitore	Monoblocco in alluminio IP66
Dimensioni e peso:	155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz
Temperatura operativa	-20/+50°C
Conformità	CE

Tabella 5- Caratteristiche del velocimetro SS10.

Banda passante (Hz)	1.0-50
Smorzamento (h)	0.707

Sensibilità (V/m/s)	400
Impedenza uscita (Ohm)	100
Tolleranza tilt (°)	5
Peso (g)	2100
Dimensioni	180x170x90mm
Connettori	MIL-C 10-pin Compatibile Lennartz
Conformità	CE
Gradi di protezione	IP66
Power supply	9-16Vdc
Consumo corrente	< 50 mA



Figura 25 – Simografo geobox e velocimetro SS10 utilizzati per la registrazione dei microtremori.

Per quanto riguarda l'acquisizione in campagna bisogna prestare molta cura ed attenzione al posizionamento dello strumento. L'accoppiamento dello strumento con il terreno deve essere fatto il più solidale possibile evitando interfacce intermedie (ad

esempio cemento, fondo stradale ecc.) le quali causano grossi problemi dovuti all'inversione di velocità la cui conseguenza in molti casi è il non corretto risultato della curva H/V. Importante è la messa in bolla dello strumento, se questo non fosse verificato le misure sarebbero completamente errate. Evitare la misura in giornate particolarmente avverse dal punto di vista meteorologico.

Particolarmente importante è la durata della registrazione. Come accennato in precedenza, la misura di rumore è un fenomeno detto stocastico quindi per avere una validità dal punto di vista statistico è necessaria una consistente quantità di dati i quali si ottengono registrando il rumore per una durata commisurata alla frequenza di risonanza di interesse. In generale quindi per avere un dato concreto riguardante un bedrock sismico profondo (basse frequenze di risonanza) sarà necessario un tempo di registrazione più lungo rispetto ad un bedrock sismico superficiale (alte frequenze di risonanza). L'orientamento dello strumento in via convenzionale deve essere rivolto verso il Nord geografico. In presenza di elementi topografici o morfologici lo strumento dovrebbe essere allineato secondo gli assi di questi in modo da cogliere eventuali effetti di direttività. Quest'ultima può essere causata o da una non omogenea distribuzione delle sorgenti attorno allo strumento di misura o da cause derivanti dalla natura del sottosuolo sia per motivi topografici (misure a bordo di una scarpata ad esempio) sia per motivi stratigrafici (valli sepolte, stratificazioni inclinate ecc.). Le misure quindi in cui è presente questa problematica vanno interpretate con cautela.

Elaborazione tomografica dei dati

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione.

Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di

risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione: $f=Vs/4h$ (formula semplificata) dove Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risona e h è lo spessore di detto strato.

La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

Infatti è proprio dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale che viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di impedenza significativi) attraverso un "picco" della curva (in genere dovuto ad un minimo della componente verticale), riscontrabile negli spettri delle singole componenti.

La frequenza fondamentale del sito è da intendersi quella più significativa a bassa frequenza.

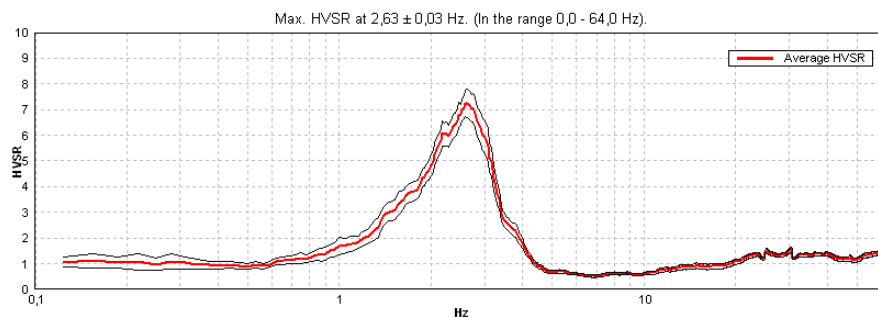


Figura 26 – Esempio di rapporto spettrale orizzontale su verticale.

Eventuali altre frequenze evidenziate (picchi secondari) se vicine alle frequenze di interesse ingegneristico (struttura) possono essere comunque significative.

Le frequenze di risonanza del sottosuolo, costituiscono un parametro fondamentale per i progettisti, i quali devono evitare, o se non è possibile quanto meno tenere in debita considerazione nel dimensionamento delle strutture, i

fenomeni di "doppia risonanza" che costituiscono la vera causa delle distruzioni generate da un terremoto.

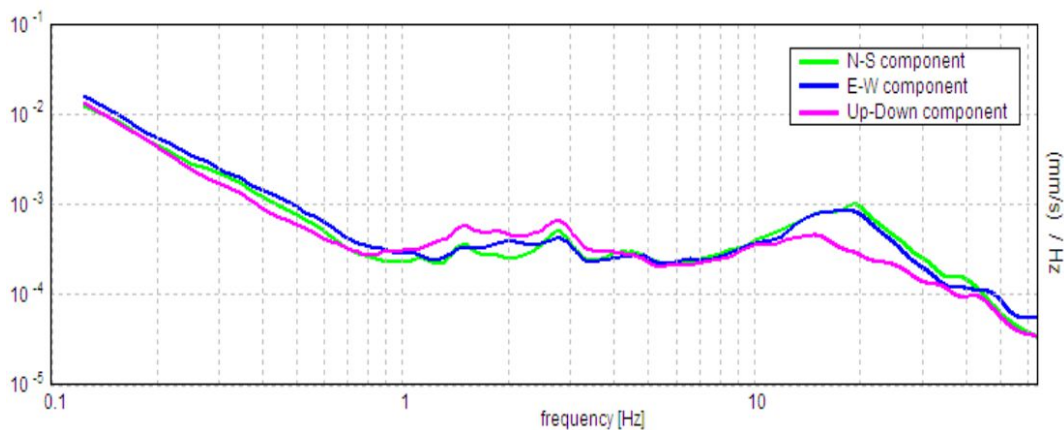


Figura 27 – Esempio del grafico relativo agli spettri delle singole componenti.

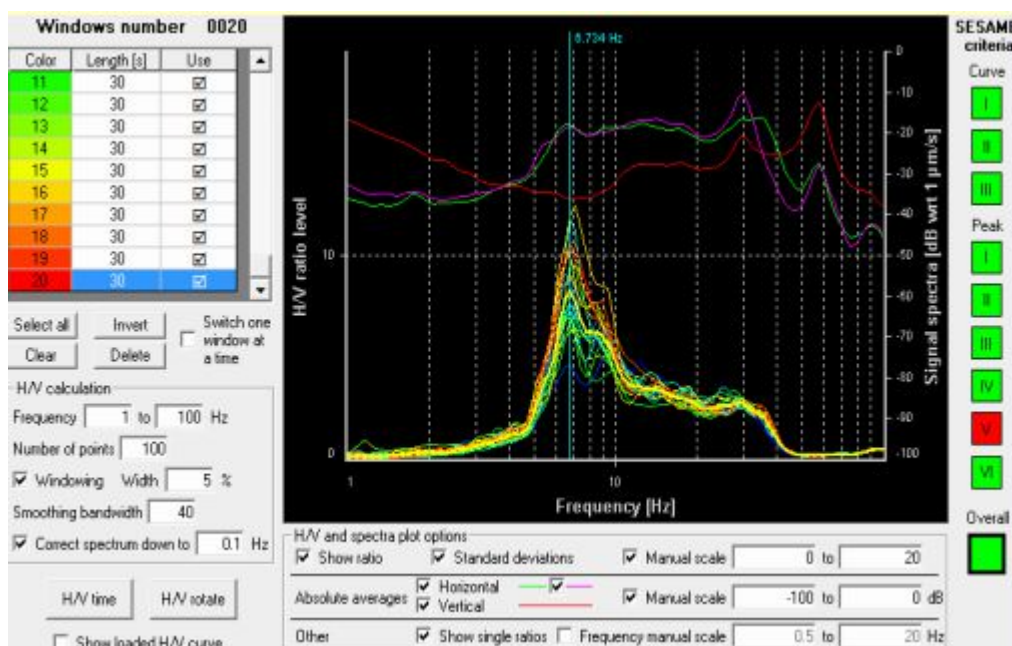


Figura 28 – Esempio di modulo per l'analisi spettrale e H/V.

Come anticipato in premessa il software per l'analisi spettrale delle tracce e la modellazione (processing) è conforme alle direttive fornite dal progetto di ricerca europeo SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations, 2005) e

permette un controllo in tempo reale delle condizioni necessarie per ritenere una curva H/V affidabile.

In sintesi i primi tre criteri tutti da soddisfare sono i seguenti:

1. $f_0 > 10/l_w$, ovvero che alla frequenza di interesse devono trovarsi almeno 10 cicli $0 < \omega$ significativi nella finestra selezionata.; l_w è la lunghezza della finestra.
2. $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0 > 200$, ossia che il numero di cicli significativi sia maggiore di 200; n_w è il numero di finestre selezionate per condurre l'analisi.
3. un basso livello di scattering tra le finestre. Deviazioni standard troppo elevate sono riportabili a situazioni di scarsa stazionarietà ed alta perturbazione del segnale, quindi ad una bassa rappresentatività. In particolare la deviazione standard deve essere minore di 2 (se > 0.5) nell'intervallo $0.5 f_0 < f < 2 f_0$ e minore di 3 (se $f_0 < 0.5$) sempre nel solito intervallo.

Per quanto detto nei punti I e II quindi un picco ad 1 Hz per la sua corretta affidabilità devono esserci almeno 20 finestre di 10 s ognuna, o per un picco a 0,5 Hz, 10 finestre a 40s. Nella tabella sottostante vengono indicati parametri di affidabilità a seconda del picco di interesse.

Tabella 6- Tabella riassuntiva dei vari parametri fornita da SESAME.

f_0 [Hz]	Minimum value for l_w [s]	Minimum number of significant cycles (n_c)	Minimum number of windows	Minimum useful signal duration [s]	Recommended minimum record duration [min]
0.2	50	200	10	1000	30'
0.5	20	200	10	400	20'
1	10	200	10	200	10'
2	5	200	10	100	5'
5	5	200	10	40	3'
10	5	200	10	20	2'

Poiché i transienti eventualmente presenti nella registrazione vanno eliminati in fase di processing, è opportuno allungare il tempo di registrazione. La tabella sopra indicata, fornita dal progetto SESAME deve comunque essere utilizzata in maniera

molto indicativa. Nella realtà infatti bisogna tenere presente che per la registrazione corretta di un picco a basse frequenze (bedrock sismico profondo quindi) a seconda delle caratteristiche geologiche del sito sono necessari tempi di registrazione superiori (anche nell'ordine delle ore). È quindi buona norma prima di effettuare misure di rumore conoscere la geologia della zona da investigare e fare riferimento a tutte le prove pregresse effettuate nel sito.

Quando, nel migliore dei casi, la curva mostra un singolo picco 'netto', definibile in termini di ampiezza deviazione standard relativa ed assoluta.

In termini di ampiezza deve soddisfare le seguenti condizioni:

1. esistenza di una frequenza f tra $f_0/4$ e f_0 tale che $A_0/A_{H/V}(f) > 2$; dove A_0 rappresenta l'ampiezza media del picco e $A_{H/V}(f)$ l'ampiezza della frequenza f .
2. esistenza di un'altra frequenza f^+ , compresa tra f_0 e $4f_0$, tale che $A_0/A_{H/V}(f^+) > 2$.
3. $A_0 > 2$.

Viceversa le condizioni di stabilità sono:

1. il picco deve apparire alla stessa frequenza sulle curve H/V corrispondenti alla somma e differenza della deviazione standard, con una percentuale del 5%;
2. la deviazione standard del picco in frequenza σ_f , deve essere inferiore ad una soglia f massima $\varepsilon(f_0)$;

la deviazione standard del picco in ampiezza $\sigma_A(f_0)$, deve essere inferiore ad una soglia massima $\theta(f_0)$; Il valore $\sigma_A(f_0)$ rappresenta il numero con cui moltiplicare e dividere la curva media HV per ottenere le curve relative alla deviazione standard. Di seguito sono inseriti i valori massimi accettabili per le deviazioni standard a diversi range di frequenza del picco.

Tabella 7- Tabella riassuntiva dei vari parametri fornita da SESAME.

Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon (f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta (f_0)$ for $\sigma_A (f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta (f_0)$ for $\sigma_{\log H/V} (f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Quindi i se la curva H/V per un dato sito soddisfa almeno 5 di queste 6 condizioni, il valore di f_0 è da considerarsi rappresentativo della frequenza fondamentale; se l'ampiezza di picco A_0 è maggiore di 4 o 5, si può affermare con certezza che esiste una discontinuità ed un contrasto di velocità ad una qualche profondità.

Bisogna infine verificare che:

1. la frequenza f_0 è consistente con la frequenza di cut-off del sensore e con la sensitività;
2. il picco non ha origine industriale.

In basso si riporta un esempio di curva H/V, con picco 'netto' che soddisfa le condizioni di stabilità.

Non sempre la curva H/V mostra dei picchi netti. Talora sono poco chiari o allargati, e non soddisfano le condizioni sopra citate. In questi casi sono imputabili a diversi fattori quali: un contrasto di impedenza moderato o alla bassa frequenza delle vibrazioni ambientali; condizioni di misura ventose e perturbate; un disaccoppiamento suolo-sensore; disturbi a bassa frequenza (camion, macchine a grande distanza); parametri di smoothing inadeguati; sensore a frequenza e sensitività troppo basse.

Analisi dei risultati ottenuti

Le indagini geofisiche propedeutiche per le analisi di secondo livello relative allo scenario amplificazione litologico/geometriche Z4, sono state realizzata principalmente nella zona di fondo valle dove si sviluppa la maggior parte dell'urbanizzato e dove lo scenario Z4a è predominante (aree indagate: Cimitero, Biblioteca e via Bellora).

Una indagine è stata realizzata in corrispondenza dello scenario Z4b sul conoide presente a monte del Salumificio Bortolotti.

I principali parametri ricavati dalle indagini geofisiche sono riassunti nella seguente tabella:

Area indagata	Vs, eq (m/s) (NTC, 2018)	Vs30 (m/s) (NTC, 2008)	Categoria sottosuolo (NTC, 2018)	Periodo di oscillazione proprio del sito (s)
Area 1 - Cimitero	585	797	E	1,6
Area 2 - Biblioteca	655	707	E	0,09
Area 3 – Via Bellora	861	1023	A	0,06
Area 4 – Salumificio Bortolott	581	581	E	0,11

Utilizzando la categoria di sottosuolo e il periodo di oscillazione propria del sito ottenuti dalle indagini geofisiche, utilizzando la scheda litologica ghiaiosa proposta dalla Regione Lombardia e la curva 3 di colore blu è stato possibile calcolare, per ciascuna area il fattore di amplificazione e confrontarli con i valori soglia regionali Fa.

Il risultato del confronto è riassunto nella tabella seguente.

Periodo	Suolo tipo B		Suolo tipo C		Suolo tipo D		Suolo tipo E		Risultato verifica
	0,1-0,5	0,5-1,5	0,1-0,5	0,5-1,5	0,1-0,5	0,5-1,5	0,1-0,5	0,5-1,5	
Soglia	1,4	1,7	1,8	2,4	2,3	4,2	2,0	3,1	
Area 1							1,24	1,04	Verificato
Area 2							1,28	1,06	Verificato
Area 3	Classe di sottosuolo A – Sempre verificato								Verificato
Area 4							1,2	1,34	Verificato

Dall'analisi risulta che per il territorio di Cene, nella fascia di fondovalle dove è presente lo scenario di amplificazione sismica Z4a, il fattore di amplificazione calcolato è sempre minore del fattore di amplificazione di soglia ($F_a < F_a$ soglia), attribuendo alle diverse stratigrafie incontrate la categoria di sottosuolo "E" e, quindi,

che il coefficiente di sottosuolo calcolato nell'azione sismica, secondo la Normativa vigente (D.M. 4 gennaio 2008, tabelle 3.3.II e 3.3.V) è adeguato e sufficiente per la verifica dei sistemi geotecnici, fondazionali e strutturali.

Dall'analisi risulta inoltre che anche per lo scenario sismico Z4b presente sull'area 4 nei pressi del salumificio Bortolotti il fattore di amplificazione calcolato è sempre minore del fattore di amplificazione di soglia ($F_a < F_a \text{ soglia}$) utilizzando la classe di sottosuolo E risultate dalle indagini geofisiche.

Per le restanti area con scenario Z4b e per tutte le aree Z4d, poiché non sono disponibili dati stratigrafici ma soprattutto è sconosciuta la profondità del substrato roccioso che permette di definire la classe di appartenenza del sottosuolo (che può essere B o E) necessaria per il calcolo del Fattore di amplificazione F_a , l'analisi di secondo livello e l'esecuzione delle indagini geognostiche appropriate, su tali aree, vengono demandate alla fase progettuale.

15.8 *Applicazione del terzo livello in fase progettuale*

L'applicazione del terzo livello di approfondimento, in fase di progettazione, prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale che potrà essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche.

15.8.1 Effetti di instabilità (PSL Z1)

L'analisi di terzo livello prevede la caratterizzazione dei singoli movimenti franosi con la valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche.

Per i movimenti franosi di tipo rotazionale e traslazionale la relazione geologica di approfondimento si articolerà nei seguenti punti principali:

- ricostruzione di un modello geologico del movimento franoso tramite rilievi e/o indagini geognostiche atti a definirne la geometria, le superfici di scivolamento, i livelli di falda ecc., ed individuazione di sezioni geologiche e geomorfologiche;
- individuazione dei parametri geotecnici necessari all'analisi di stabilità: peso di volume (γ), angolo di attrito (Φ) residuo e di picco, coesione (c) di picco e

residua (nel caso si adotti il criterio di rottura di Mohr-Coulomb);

- individuazione degli accelerogrammi di input nel caso di analisi dinamiche;
- analisi numeriche al calcolatore per la valutazione del fattore di sicurezza (Fs) in condizioni statiche, del valore del coefficiente di accelerazione orizzontale critica (k_c) in condizioni pseudostatiche ed in termini di spostamento atteso in condizioni dinamiche.

Per i movimenti tipo crolli e ribaltamenti la relazione geologica si articolerà nei seguenti punti principali:

- inquadramento geologico in un intorno significativo ed esecuzione di alcune sezioni geologiche e topografiche (scala 1:10.000);
- individuazione dei parametri dell'input sismici (valori del picco di accelerazione, valore di picco di velocità);
- rilievi geomeccanici per la classificazione degli ammassi rocciosi;
- identificazione dei principali cinematismi di rotture degli ammassi rocciosi;
- descrizione e rilievo della pista di caduta dei massi;
- costruzione del modello numerico delle piste di caduta e verifiche di caduta massi con vari metodi e statistiche di arrivo.

15.8.2 Effetti di amplificazione morfologica (PSL Z3)

Gli scenari di pericolosità sismica locale Z3a, scarpate morfologiche, e Z3b, creste morfologiche sono rappresentati nella carta della pericolosità sismica locale da linee.

L'analisi di secondo livello condotta nell'ambito di questo studio ha individuato le scarpate nonché le principali creste morfologiche e accertato per questi lineamenti la congruità con i valori soglia previsti dalla normativa.

In fase progettuale dovrà essere considerata dal tecnico incaricato la presenza di scenari di Pericolosità Sismica Locale che rientrino nella casistica della classe Z3 e valutato il relativo fattore di amplificazione.

Nello scenario Z3 dovrà essere applicato il terzo livello di approfondimento sismico nei seguenti casi:

- aree di cresta o scarpata nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani;
- aree di cresta o scarpata se in un intorno significativo dell'area di progetto si

rilevino asperità morfologiche ricadenti nella casistica delle PSL Z3 ed il fattore di amplificazione, calcolato caso per caso, sia maggiore del valore soglia St.

La valutazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione prevede l'utilizzo di metodologie strumentali o numeriche, a discrezione del professionista incaricato.

Le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/7374 sono indicati a titolo esemplificativo il metodo di Nakamura (1989) ed il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)).

Le metodologie numeriche consistono nella ricostruzione di un modello geometrico e meccanico dell'area di studio e nell'applicazione di codici di calcolo (monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali) per la valutazione della risposta sismica locale.

La scelta del metodo e le modalità di applicazione sono a discrezione del professionista incaricato che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare i vantaggi e gli svantaggi dei differenti approcci.

Relativamente agli ambiti Z3 è necessario ricordare che il fattore di amplificazione deve essere calcolato per la quota di cresta o di ciglio e successivamente interpolato linearmente sino alla base del pendio dove assume valore pari all'unità. Possono pertanto essere soggette ad amplificazione topografica anche aree non collocate nelle immediate vicinanze delle creste e delle scarpate.

15.8.1 Effetti di amplificazione litologica (PSL Z4)

L'applicazione del terzo livello di approfondimento prevede un approccio quantitativo per la valutazione della pericolosità sismica locale che potrà essere svolto ricorrendo a metodologie strumentali o numeriche.

Per l'analisi dell'amplificazione litologica le metodologie strumentali prevedono lo sviluppo di una campagna di acquisizione dati tramite prove specifiche (nell'allegato 5 alla D.G.R. 8/1566 sono indicate a titolo esemplificativo il metodo di Nakamyre (1989) ed il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)). Le metodologie numeriche consistono nella ricostruzione di un modello geometrico e

meccanico dell'area di studio e nell'applicazione di codici di calcolo (monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali) per la valutazione della risposta sismica locale.

La scelta del metodo è a discrezione del professionista che valuterà la possibilità di integrare le due metodologie per compensare gli svantaggi dei differenti approcci.

16. LA CARTA DI SINTESI

La carta di Sintesi redatta a Scala 1 :5.000 su tutto il territorio comunale.

Per la delimitazione delle aree omogenee di pericolosità-vulnerabilità sono stati seguiti i criteri indicati nella direttiva, adattandoli alla realtà comunale ed integrandoli ove necessario con situazioni non specificate.

Come richiesto dalla normativa regionale, “la carta di sintesi deve rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Pertanto tale carta sarà costituita da una serie di poligoni che definiscono una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di dissesto in atto o potenziale (...) o da vulnerabilità idrogeologica”. Da essa “verrà desunta la carta di fattibilità attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono definito dalla carta di sintesi”, avendo come riferimento indispensabile le tabelle contenute nella D.g.r. 2616/2011 che forniscono, per ciascuna area omogenea, le classi di ingresso della fattibilità geologica.

Nella costruzione della carta di sintesi sono state tenute in considerazione tutte le informazioni raccolte nelle precedenti fasi d’indagine e dal confronto con l’amministrazione comunale (in merito alle condizioni di rischio e agli eventi alluvionali o franosi più recenti) sono state cartografate le seguenti aree:

- Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali);
- Aree di frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali);
- Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo pianura-collina;
- Aree interessate da carsismo profondo (caratterizzate da inghiottitoi e doline);
- Aree a pericolosità potenzialmente legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni;
- Aree a medio-alta acclività localmente interessata da depositi superficiali;
- Aree sub-pianeggianti localmente con piccoli dissesti;
- Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in

- roccia fratturata e sistemata o calcolata area di influenza);
- Aree allagate in occasione di eventi atmosferici eccezionali o allagabili con minore frequenza;
 - Aree di rispetto d'erosione dei corsi d'acqua;
 - Reticolo idrico e fascia di rispetto 10 m.

17. I BENI GEOLOGICI E AMBIENTALI

La Geologia Ambientale si è recentemente affermata come il momento di incontro e di sintesi tra l'uomo e l'ambiente naturale in cui egli agisce.

Sotto questo aspetto, il territorio comunale di Cene trova espressione principe delle valenze ambientali in esso contenute all'interno della fascia fluviale prospiciente il Fiume Serio.

L'area lineare a contorno del Fiume Serio è infatti inserita negli Elementi primari, quale corridoio ecologico primario ad alta antropizzazione, del progetto di Rete Ecologica Regionale (RER).

Il corso del Fiume Serio, in relazione al territorio di Cene, afferisce all'**Area di rilevanza naturale e ambientale del Corso Superiore del Fiume Serio**, tutelata ai sensi della L.R. n. 86/83, art.1, lett. e).

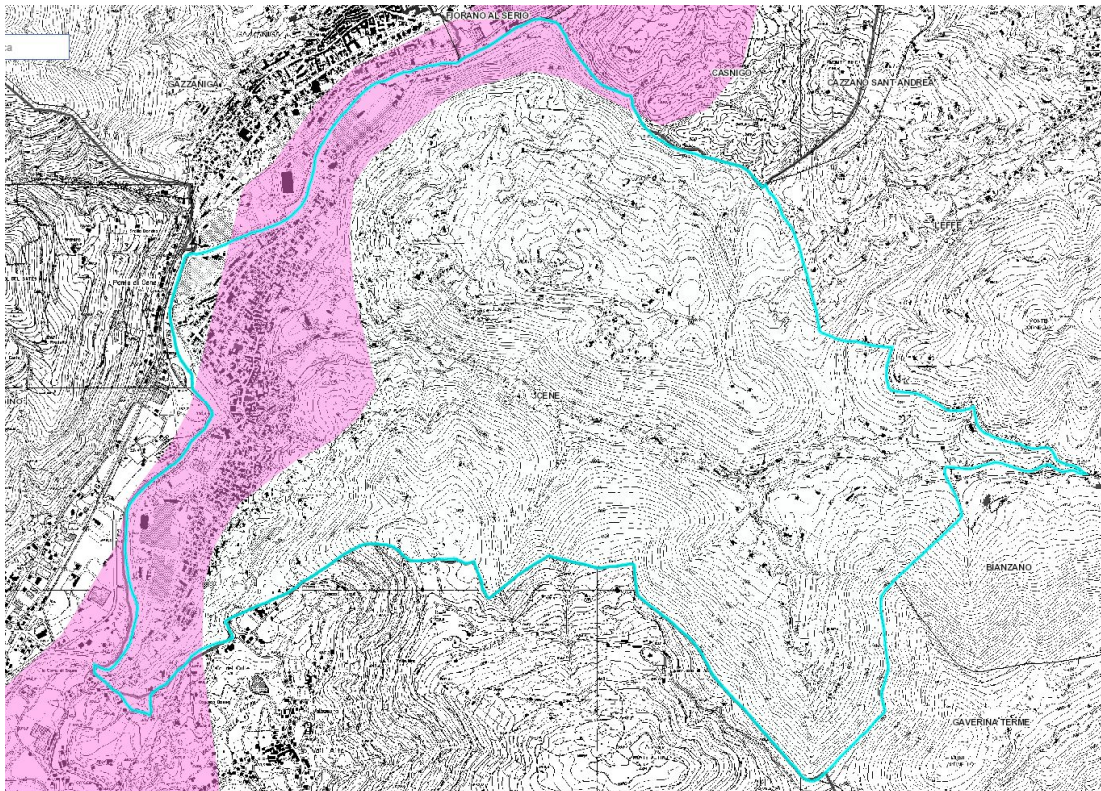


Figura 29 – Perimetrazione dell'Area di rilevanza naturale e ambientale del Corso Superiore del Fiume Serio in riferimento ai confini del Comune di Cene.

L'importanza dell'area fluviale non si risolve nell'immediato intorno della stessa, ma trova espressione di importanza e rilevanza ecologica proprio in relazione alle altre parti del territorio comunale, soprattutto con le aree della parte montuosa, ricoperte prevalentemente da boschi di latifoglie, molti dei quali di neoformazione e derivanti dall'abbandono delle tradizionali attività agricole e pastorali.



Figura 30 – Il Fiume Serio nei pressi della pista ciclabile di Cene.

Giova altresì ricordare, sempre in riferimento al territorio di Cene, la presenza del **Parco Paleontologico**.

Il Parco è nato per tutelare e valorizzare uno dei più importanti giacimenti paleontologici del mondo, definito geosito di rilevanza internazionale. Il 5 febbraio 1965 infatti, nell'area dell'attuale Parco Paleontologico, un'ampia frana mise in luce un eccezionale giacimento fossilifero: uno dei più interessanti siti paleontologici a livello nazionale. È del 1973 la clamorosa scoperta dello scheletro perfettamente conservato di *Eudimorphodon ranzii*, il più antico Pterosauro al mondo. Il giacimento paleontologico è meta di campagne di ricerca condotte dal Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi" di Bergamo, che dal 1996 ha intrapreso campagne di ricerca secondo metodologie scientifiche all'avanguardia.

Dal 1992 la Comunità Montana Valle Seriana, ente gestore, con la collaborazione scientifica del Museo di Scienze Naturali "E. Caffi" di Bergamo, hanno avviato un

progetto comune di protezione e valorizzazione dell'area che è sfociato nell'apertura al pubblico del Parco Paleontologico di Cene, inaugurato nel 2002. Nel 2004, a conclusione della prima fase di studio, la Regione Lombardia ha ufficialmente riconosciuto il Parco Paleontologico di Cene quale Raccolta Museale.

La valorizzazione dell'area parco anche dal punto di vista naturalistico, culturale e turistico fornisce un nuovo strumento di conoscenza del territorio. Il Parco non viene dunque inteso come un'area "vincolata" per la sua rilevanza scientifica, ma come sistema "vivibile" e un "laboratorio" aperto: una nuova tappa di rilievo nel sistema di percorsi lungo il Fiume Serio. Questa struttura, infatti, offre una vasta gamma di attività didattiche e culturali, che permettono al visitatore di apprezzare non solo gli aspetti geologici e paleontologici del sito ma anche quelli naturalistici. Il Parco comprende un centro visitatori con pannelli che descrivono la storia geologica e paleontologica dell'area. All'esterno del centro visitatori è stato creato un sentiero naturalistico, con pannelli descrittivi della flora e della fauna locali e un'area attrezzata per la simulazione di uno scavo paleontologico.



Figura 31 – Il Centro Visitatori del Parco Paleontologico di Cene.

Lungo la pista ciclopedonale della Valle Seriana, ancorché in territorio di Gazzaniga, è stato allestito un **Giardino Geologico**, posto nell'area verde presente tra la ex S.S. 671 e Via Dante Alighieri, in corrispondenza del confine con il Comune di Cene.



Figura 32 – Il Giardino Geologico lungo la pista ciclopedonale della Valle Seriana.

18. LA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

La carta di Fattibilità è redatta a Scala 1:5.000 per tutto il territorio comunale, viene inoltre prodotta a scala 1:10.000 con la base C.T.R. come richiesto dalla normativa vigente.

Le indicazioni relative alla fattibilità geologica e gli indirizzi per la pianificazione sono stati desunti dalla valutazione analitica e incrociata degli elementi contenuti nelle carte precedentemente descritte.

L'esame dei suddetti fattori ha consentito di sviluppare un processo diagnostico che ha permesso di zonizzare l'intero territorio comunale e di formulare proposte operative sulla base delle classi di fattibilità geologica di appartenenza

Pertanto, non essendo limitata la carta alle sole aree interessate dalle nuove azioni di piano, ma comprendendo essa stessa l'intero territorio comunale, si è voluto attivare e proporre una nuova politica di gestione del territorio che, pur all'interno di un modello di sviluppo consolidato, consenta di operare correttamente su di esso e di attivare tutti gli interventi necessari per il recupero di situazioni già compromesse.

La classificazione adottata fornisce inoltre utili indicazioni in ordine alla destinazione d'uso, alle cautele generali da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, ed infine alle opere necessarie per la riduzione ed il controllo del rischio geologico ed idrogeologico.

Secondo quanto disposto dalla normativa, la presente relazione, redatta ai sensi della l.r. 12/2005, in sostituzione della precedente l.r. 41/1997 alla quale è conforme lo studio geologico di base, dovrà essere integralmente compresa negli strumenti urbanistici comunali.

La normativa prescrive inoltre che prima dell'adozione del nuovo strumento urbanistico comunale (P.G.T.) debba essere ottenuto il parere della Regione Lombardia sull'aggiornamento della Carta dei dissesti con legenda uniformata P.A.I. (ora Carta PAI-PGRA) e che anche il precedente studio geologico venga nuovamente adottato contestualmente al Piano di Governo del Territorio, ai

sensi della l.r. 12/2005. Nel caso presente, tuttavia, considerato che lo studio geologico riprende complessivamente e fa proprie le conclusioni e le analisi dello studio precedente, si ritiene che lo stesso possa efficacemente sostituire in toto lo studio ex l.r. 14/1997.

In particolare, la Carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano deve fornire indicazioni relative alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio.

Le indicazioni relative alla fattibilità geologica e gli indirizzi per la pianificazione territoriale sono stati desunti dalla valutazione analitica e incrociata degli elementi ricavati dallo studio geologico redatto per l'aggiornamento previsto dalla l.r. 12/2005 e dallo studio geologico originario, come più volte accennato.

L'esame dei dati ha consentito di sviluppare un processo diagnostico che ha permesso di suddividere e classificare l'intero territorio comunale di Cene dal punto di vista della fattibilità geologica e di formulare proposte operative in relazione alla classe di appartenenza.

Per quanto riguarda il territorio di Cene, la specifica conoscenza dei caratteri del territorio porta ad escludere la presenza di aree classificate in classe di fattibilità 1.

La carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano in particolare fornisce utili indicazioni in ordine alla destinazione d'uso, alle cautele generali da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, ed infine alle opere necessarie per la riduzione ed il controllo del rischio geologico ed idrogeologico.

Ai sensi delle normative vigenti, si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stesse.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38)

Si ricorda ancora che gli studi condotti nell'attuazione della ex l.r. 41/97 e della l.r. 12/2005 e dei "criteri relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale", **non devono essere in alcun modo sostitutivi, anche se le possono**

comprendere, delle indagini geognostiche e geofisiche di maggior dettaglio prescritte dalla normativa vigente in materia di edilizia sia per la pianificazione attuativa che per la progettazione esecutiva (NTC 2018 Norme Tecniche per le Costruzioni).

18.1 ***Criteria classificativi delle aree e zonazione del comune***

La legge Regionale n. 12/2005 e le successive delibere di attuazione impongono (d.g.r. 871 566 del 22/12/2005) la suddivisione dell'area interessata da azioni di piano in quattro classi di fattibilità geologica, in seguito descritte

- Classe 1 (non presente sul territorio di Cene)
- Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni
- Classe 3: fattibilità con consistenti limitazioni
- Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni.

18.1.1 Classe II – Fattibilità con modeste limitazioni

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di bonifica.

Si ritiene che per tutte le aree di Classe II sulle quali è prevista una consistente modificazione della destinazione d'uso o la costruzione di nuovi insediamenti, debbano essere richieste da parte dell'Amministrazione Comunale indagini geologiche-geotecniche con diversi livelli di approfondimento a seconda della situazione locale; l'indagine geologico-geotecnica sarà comunque obbligatoria nel caso di P.I.I., P.I.P., piani urbanistici particolareggiati o attuativi in genere, strade, insediamenti industriali, opere pubbliche.

Tali indagini dovranno evidenziare, sulla base della tipologia d'intervento, i mutui rapporti con la geologia, con la geomorfologia e l'idrogeologia del sito oltre al buon governo delle acque di scorrimento superficiale.

Si dovranno valutare pertanto le interferenze prodotte da eventuali scavi e/o riporti nei confronti della stabilità locale e generale del pendio ed in relazione al grado di permeabilità dei terreni, dovranno essere opportunamente valutati e dimensionati i sistemi di drenaggio, di raccolta e di smaltimento delle acque superficiali, facendo attenzione ad evitare lo scarico nel sottosuolo di agenti inquinanti.

Le suddette indagini, sulla base dell'entità dell'intervento e a discrezione del professionista incaricato, potranno essere costituite o da una semplice relazione geologica o richiedere specifici approfondimenti geotecnici attraverso l'effettuazione di prove penetrometriche in sito, sondaggi diretti, indagini geofisiche, analisi geostrutturali degli ammassi rocciosi potenzialmente instabili, ecc.; l'area di studio si dovrà estendere per un intorno significativo rispetto all'intervento edificatorio proposto.

Anche per interventi di piccola entità, l'Amministrazione Comunale dovrà chiedere la relazione geologica, con particolare riferimento ai casi in cui l'intervento possa interferire significativamente con edifici vicini o con le condizioni geologiche locali.

In particolare si ritiene necessario, per la realizzazione di qualsiasi nuovo edificio, di mantenere una distanza di sicurezza di almeno 10 metri dal ciglio di scarpate morfologiche di qualsiasi origine se classificate in classe 3 ed almeno 15 metri dal ciglio di scarpate in classe 4.

Nel caso di realizzazione di edifici in prossimità di cigli di scarpata si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità della scarpata sottostante che tengano in considerazione l'applicazione del sovraccarico che comporta la realizzazione dell'edificio.

Nel caso che la realizzazione dell'edificio comporti la formazione di un fronte di scavo a monte e/o ai lati (es: realizzazione di un edificio su un pendio inclinato, esecuzione di box e di locali interrati in fregio a edifici esistenti e magari di vecchia costruzione), si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità del pendio in relazione alla realizzazione del fronte di scavo previsto. Questo per predisporre un progetto adeguato in merito alle opere di sostegno necessarie evitando così che l'esecuzione di scavi in prossimità di edifici esistenti possano indurre lesioni nelle strutture adiacenti.

18.1.2 Classe III – Fattibilità con consistenti limitazioni

La Classe III comprende zone in cui sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Sono comprese aree acclivi potenzialmente soggette all'influenza di fenomeni di dissesto idrogeologico e fenomeni alluvionali con trasporto in massa, terreni con scarsa qualità geotecnica o potenziale instabilità, forme di degrado antropico.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto necessariamente subordinato alla realizzazione di **indagini dettagliate** finalizzate all'acquisizione di una maggiore conoscenza geologico tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi specifici di varia natura (geologici, geofisici, idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici, ecc.).

Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, non ché le necessarie opere di sistemazione e bonifica.

Per l'edificato esistente dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione e la realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall'edificato. Potranno essere inoltre predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento.

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di indagini mirate all'acquisizione di una maggiore conoscenza geologico-tecnica, idrogeologica o idraulica dell'area e di un suo immediato intorno. Tale approfondimento tecnico dovrà essere attuato attraverso l'effettuazione di approfonditi studi geologici-geotecnici, idrogeologici e l'esecuzione di campagne geognostiche, prove di laboratorio, verifiche di stabilità, etc.

Nel caso di problematiche di tipo idraulico, gli studi saranno necessari non solo in corrispondenza dei principali corsi d'acqua, ma anche dei corsi d'acqua minori che nel passato hanno manifestato significative forme di dissesto.

Il risultato delle indagini condotte dovrà valutare la compatibilità dell'intervento edificatorio e la portata massima che esso può avere in relazione alle caratteristiche del sito.

Gli interventi di bonifica idraulica o idrogeologica dovranno, ove possibile, essere eseguiti con tecniche di bioingegneria forestale.

Pur tenendo conto del fatto che sarebbe opportuno limitare nuovi consistenti insediamenti nelle aree appartenenti alla Classe III, si ribadisce naturalmente che in questo caso le relazioni geologiche e geologico-tecniche andranno eseguite sui nuovi fabbricati singoli e su tutti quegli interventi che presentano un significativo impatto sul territorio (es. viabilità, reti tecnologiche, ecc.).

Anche in questo caso si ritiene opportuno, nel caso della realizzazione di qualsiasi edificio, di mantenere una distanza di sicurezza di almeno 20 metri dal ciglio di scarpate in classe 4.

Nel caso di realizzazione di edifici in prossimità di un ciglio di scarpata si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità della scarpata sottostante, che tengano in considerazione l'applicazione del sovraccarico che comporta la realizzazione dell'edificio.

Nel caso che la realizzazione dell'edificio comporti la formazione di un fronte di scavo a monte e/o ai lati (es: realizzazione di un edificio su un pendio inclinato, esecuzione di box e di locali interrati in fregio a edifici esistenti e magari di vecchia costruzione), si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità del pendio in relazione alla realizzazione del fronte di scavo previsto. Questo per predisporre un progetto adeguato in merito alle opere di sostegno necessarie evitando così che l'esecuzione di scavi in prossimità di edifici esistenti possano indurre lesioni nelle strutture adiacenti.

18.1.3 Classe IV – Fattibilità con gravi limitazioni

In questa classe ricadono tutte quelle aree per le quali la situazione di alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica della destinazione d'uso delle particelle: in particolare le aree su pendio con eccessiva acclività, le aree franose, aree in dissesto per caduta massi, le zone carsiche riconosciute (doline grotte ecc.), le zone di tutela assoluta delle sorgenti e dei pozzi (D.P.R. 236/88), parte delle incisioni vallive e relative fasce di rispetto.

In tutte queste aree dovrà pertanto essere di norma esclusa qualsiasi nuova edificazione: potranno essere previste: la manutenzione ordinaria e straordinaria degli edifici esistenti, la demolizione senza ricostruzione, il restauro-risanamento conservativo; per i quali in ogni caso saranno consentiti esclusivamente gli interventi così come definiti dall'art. 27.1 alle lettere a), b), c) della LR 12/05, senza incremento di superficie o volume e senza aumento di carico insediativo, sono altresì consentiti gli interventi di adeguamento sismico di strutture esistenti.

Eventuali opere pubbliche e di interesse collettivo quali acquedotti, strade, fognature, ecc., oltre alle operazioni di manutenzione di piccole strutture non residenziali di supporto all'attività agricola che non prevedano la presenza continuativa di persone e altrimenti non localizzabili, dovranno essere valutate puntualmente.

A tal fine alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità pubblica, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica, che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico. In questi casi, sulla base dei risultati emersi dall'indagine dovrà essere elaborato un progetto degli interventi di consolidamento e di bonifica, di trattamento e/o miglioramento dei terreni. Il progetto dovrà tenere conto altresì di un programma di monitoraggio ambientale destinato a verificare gli effetti degli interventi eseguiti in relazione all'entità dell'opera.

Gli interventi di bonifica idraulica o idrogeologica dovranno, ove possibile, essere eseguiti con tecniche di bioingegneria forestale.

La classe 4 viene inoltre assegnata limitatamente anche a settori montani e collinari dove, sebbene non soggetti a particolari dinamiche di rischio geologico, mostrano peculiarità di carattere morfologico e ambientale tali da renderne inopportuno l'utilizzo antropico.

18.2 *Norme tecniche di attuazione per le costruzioni in Zona Sismica 3*

Per il territorio comunale di Cene, relativamente all'urbanizzato di fondovalle, il confronto tra i valori di Fa ottenuti dalla valutazione di 2° livello ed i valori di soglia, per gli scenari Z3 e Z4a (e parzialmente per lo scenario Z4b relativo al conoide posto a monte del salumificio Bortolotti), adottando quanto previsto dall'Allegato 5 dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 1212005" e delle relative integrazioni per gli effetti morfologici, ha consentito di verificare che **i valori di Fa di sito sono inferiori a Fa soglia** definito per il territorio in esame e per il tipo di suolo considerato (Categoria di sottosuolo E), pertanto la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa e la classe sismica di appartenenza.

Zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello Fase pianificatoria	2° livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
2- 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree inedificabili	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5

Relativamente alle aree con scenario Z4b (escluso il conoide sopra il Salumificio Bortolotti) e per tutte le aree con scenario Z4d, poiché non è stato possibile definire, sulla base dei dati bibliografici esistenti e sulla base delle indagini eseguite, la categoria di sottosuolo e di conseguenza realizzare le analisi di secondo livello, dovranno essere realizzate, in fase di progettazione, apposite indagini geognostiche al fine di definire la categoria di sottosuolo (in particolare la profondità del bedrock sismico), il periodo proprio di oscillazione del sito e realizzare le analisi di secondo livello.

Si ritiene che il grado di attendibilità delle valutazioni eseguite, sulla base di dati geotecnici disponibili, sia MEDIO, secondo le indicazioni per la valutazione del grado di giudizio previste dalla normativa.

Su tutto il territorio comunale, come previsto dalla suindicata normativa antisismica Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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”, si dovrà prevedere l’applicazione delle norme tecniche specifiche previste per la ZONA 3.

Per quanto riguarda quindi gli scenari di pericolosità Z3 e Z4a (e parzialmente per lo scenario Z4b relativo al conoide posto a monte del salumificio Bortolotti), ne consegue che non sono necessarie ulteriori prescrizioni oltre quelle di legge; la normativa è da considerarsi sufficiente per determinati ambiti a tenere in considerazione anche possibili effetti di amplificazione litologica e morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla legislazione regionale e nazionale.

Per i restanti scenari Z4b (escluso il conoide sopra il Salumificio Bortolotti) e per tutte le aree con scenario Z4d, invece, dovranno essere realizzate, nella fase progettuale, apposte indagini geognostiche atte alla raccolta dei parametri sismici necessari alle analisi di secondo livello.

Costituiscono parte integrante del presente aggiornamento la Carta della Pericolosità Sismica Locale di primo livello, Carta della Pericolosità Sismica Locale di secondo livello e la Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano, con la sovrapposizione, con retino trasparente, della Pericolosità Sismica Locale di primo livello.

Si fa presente che tale sovrapposizione non comporta un cambio di classe di fattibilità (che rimane la stessa) ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal d.m. 14 settembre 2005 e dove invece sono necessari ulteriori approfondimenti.

Per il Comune di Cene compreso in classe 3, tali approfondimenti si rendono necessari obbligatoriamente per gli scenari Z1 (per cui è obbligatorio il terzo livello di approfondimento e per gli scenari Z3 e Z4 che risultano non verificati - o non realizzati - dalle analisi di secondo livello realizzate in fase pianificatoria (Z4b

(escluso il conoide sopra il Salumificio Bortolotti) e per tutte le aree con scenario Z4d).

18.3 *Norme tecniche di attuazione per le costruzioni in Zona PAI-PGRA*

Il presente studio, che ha per oggetto l'intero territorio comunale così come imposto già Dalla L.r. 41/97, contiene dunque in sé anche la proposta di perimetrazione delle aree a rischio indicate nell'elaborato del PAI.

Per quanto riguarda in particolare il Quadro del dissesto regionale, le analisi di terreno e la verifica della documentazione cartografica esistente (consistente sostanzialmente nelle tavole di PTCP, nella Cartografia Geoambientale) oltre ai dati bibliografici generali, hanno portato ad una sostanziale conferma del quadro del dissesto vigente ma integrato con nuove perimetrazioni PAI individuate durante i rilevamenti di campagna e attraverso l'utilizzo di una nuova cartografia geologica di base e con l'introduzione (sovrapposte all'aree PAI) le perimetrazioni delle aree a rischio alluvione relative sia al reticolo principale di pianura o fondovalle sia al reticolo secondario collinare e montano come richiesto dalla D.g.r. 19 giugno 2017 - n.X/6738 (applicazione della c.d. "Direttiva Alluvioni").

Per chiarezza si riportano qui di seguito (come già descritto nel capitolo relativo alla Carta PAI e PGRA) le norme vigenti per le aree a rischio alluvione relative sia al reticolo principale di pianura o fondovalle sia al reticolo secondario collinare e montano (riportate nella D.g.r. 19 giugno 2017 - n.X/6738).

AREE DI PERIMETRAZIONE PAI

- Aree di frana attiva (Fa)
- Aree di frana quiescente (Fq)
- Aree di frana stabilizzata (Fs)
- Esondazioni: area a pericolosità medio elevata (Ee)
- Esondazioni: area a pericolosità media o moderata (Em)
- Conoide Area di conoide attivo non parzialmente protetta (Cp)

RETICOLO PRINCIPALE DI PIANURA O FONDOVALLE

- Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H)
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M)
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L)

All'interno delle aree potenzialmente interessate da alluvioni che ricadono nel reticolo principale di pianura o di fondovalle valgono le seguenti norme (stralcio della D.g.r. 19 giugno 2017 - n.X/6738), nelle more del completamento delle specifiche varianti al PAI a scala di asta fluviale:

- d) nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme di cui al "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle Norme di Attuazione (N.d.A.) del PAI;
- e) nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle N.d.A. del PAI;
- f) nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), si applicano le disposizioni previste per la fascia C di cui all'art. 31 delle N.d.A. del PAI.

RETICOLO SECONDARIO COLLINARE MONTANO

- Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H)
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M)
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L)

All'interno delle aree potenzialmente interessate da alluvioni che ricadono nel reticolo secondario collinare montano, invece, valgono le seguenti norme (stralcio della D.g.r. 19 giugno 2017 - n.X/6738):

- le aree esondabili che sono già individuate nell'Elaborato 2 del PAI mantengono la normativa già vigente, ai sensi dell'articolo 9, commi da 5 a 9 (aree Ee, Eb, Em, Ca, Cp, Cn) e del Titolo IV, per le aree a rischio idrogeologico molto elevato.

- le altre aree esondabili presenti nell'ambito RSCM che non derivano dall'Elaborato 2 del PAI così come aggiornato dai Comuni, sono assoggettate alle norme di cui all'articolo 9 delle N.d.A. del PAI, ed in particolare:

- d) nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 5, per le aree Ee;
- e) nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6 per le aree Eb;
- f) nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6bis per le aree Em.

18.4 ***Indicazioni per il rispetto del principio di invarianza idraulica***

Si richiama a tale proposito il rispetto dei principi e delle indicazioni contenute nel r.r. 23 novembre 2017 n. 7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologia ai sensi dell’art. 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12 (Legge per il governo del territorio)”, nonché di quanto indicato e descritto nel Documento semplificato del rischio idraulico, redatto ai sensi del medesimo regolamento regionale, parte integrante dello studio geologico comunale.

19. RICHIAMI NORMATIVI

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

GOVERNO DEL TERRITORIO

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

EDILIZIA, INGEGNERIA

Circolare del 2 febbraio 2009 n.617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (G.U. n. 47 del 26 febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n.27) – “Istruzioni per l’applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.

D.M. del 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (18A00716) (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 – Suppl. Ordinario n. 8).

La normativa pregressa è in gran parte superata ma per alcuni aspetti specifici rimane ad oggi valida:

D.M. 14 gennaio 2008 - “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” In attuazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086 e della L. 2 febbraio 1974, n.64, così come riunite nel D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, e dell’art.5 del D.L.

28 maggio 2004 n.136 convertito in legge con modificazioni dall'art.1 della L. 27 luglio 2004, n. 186 e successive modificazioni e integrazioni.

D.M. 14 settembre 2005 - “Norme tecniche per le costruzioni”.

D.M. 16 gennaio 1996 - “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.

D.M. 16 gennaio 1996 - “Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.

D.M. 6 gennaio 1996 - “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.

D.M. 4 maggio 1990 - “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali”.

D.M. 11 marzo 1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.

D.M. 3 dicembre 1987 - “ Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate”.

D.M. 20 novembre 1987 - “Norme tecniche per gli edifici in muratura”.

D.M. 24 marzo 1982 - “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento”.

D.M. 10 agosto 2012 n.161 – “Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e delle rocce da scavo”

D.L. 16 aprile 2006 n.152 – “Testo unico ambientale” e successive modifiche e integrazioni (D.L. 16 gennaio 2008, n.4 et al.) in cui si normano le terre e rocce da scavo

PREVENZIONE SISMICA

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

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

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

D.g.r. N° IX/ 2616 “Aggiornamento criteri e indirizzi per la definizione della componente sismica del P.G.T.”

ACQUE SUPERFICIALI

D.G.R. 25 ottobre 2012 n.IX/4287 - “Riordino dei reticoli idrici e revisione dei canoni 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’individuazione del Reticolo Idrico Principale.

DIFESA DEL SUOLO

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

D.P.C.M. 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”

D.G.R. 19 giugno 2017 - n.X/6738) – Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza.

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

TUTELA DELLE ACQUE SOTTERRANEE 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 1, 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”.

20. BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. Repertorio cartografico del Geoportale della Regione Lombardia, liberamente consultabile su www.cartografia.regione.lombardia.it
- AA.VV. Repertorio cartografico di Google Maps, liberamente consultabile su www.maps.google.it.
- AA.VV. Repertorio cartografico del Siter@ della Provincia di Bergamo, liberamente consultabile su www.siter.provincia.bergamo.it.
- AA.VV. Progetto cartografia CARG “Foglio 98 – Bergamo, <http://www.isprambiente.gov.it/it/cartografia> .
- Forcella F. & Jadoul F., Eds., 2000. Carta geologica della Provincia di Bergamo alla scala 1:50.000 con relativa nota illustrativa. 300 pp, 3 fogli geologici. Monti Ed., Bergamo.

ALLEGATI



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

ALLEGATO XX

RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

*Indagine geofisica finalizzata agli studi di microzonazione sismica locale
Risultati indagine sismica
Comune di Cene (Bg)*



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

ALLEGATO 1

Ubicazione indagini geofisiche



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (BG) - Area 1 - Cimitero

UBICAZIONE INDAGINI



Area 1 – Cimitero – Ubicazione indagini MASW-01 e HVSR-01 (fonte Google Maps).



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (BG) - Area 2 - Biblioteca

UBICAZIONE INDAGINI



Area 2 – Biblioteca – Ubicazione indagini MASW-02 e HVSR-02 (fonte Google Maps).



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (BG) - Area 3 – Via Bellora

UBICAZIONE INDAGINI



Area 3 – Via Bellora – Ubicazione indagini MASW-03 e HVSR-03(fonte Google Maps).



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (BG) - Area 4 – Salumificio Bortolotti

UBICAZIONE INDAGINI



Area 3 – Salumificio Bortolotti – Ubicazione indagini - HVSr-04(fonte Google Maps).



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

ALLEGATO 2

Risultati indagini sismiche a rifrazione - Tipo MASW



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

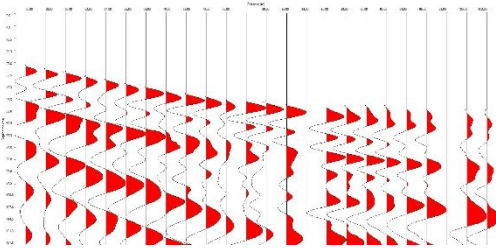
Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

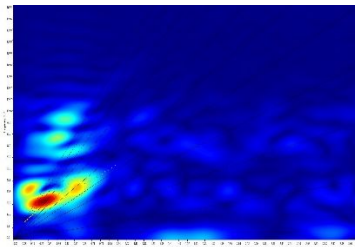
e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (Bg) - Area 1 - Cimitero

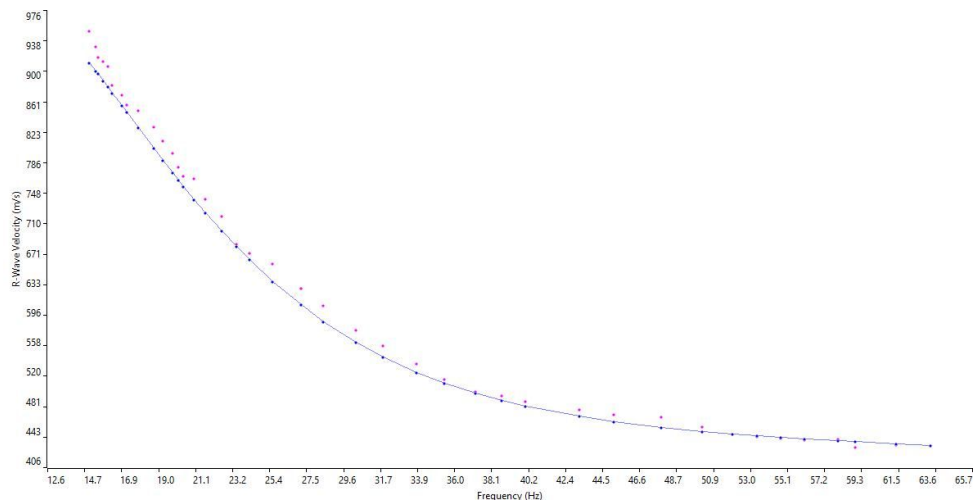
RISULTATI INDAGINE MASW-01



Sismogramma risultate



Spettro FK



Confronto risultati con la curva sperimentale



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

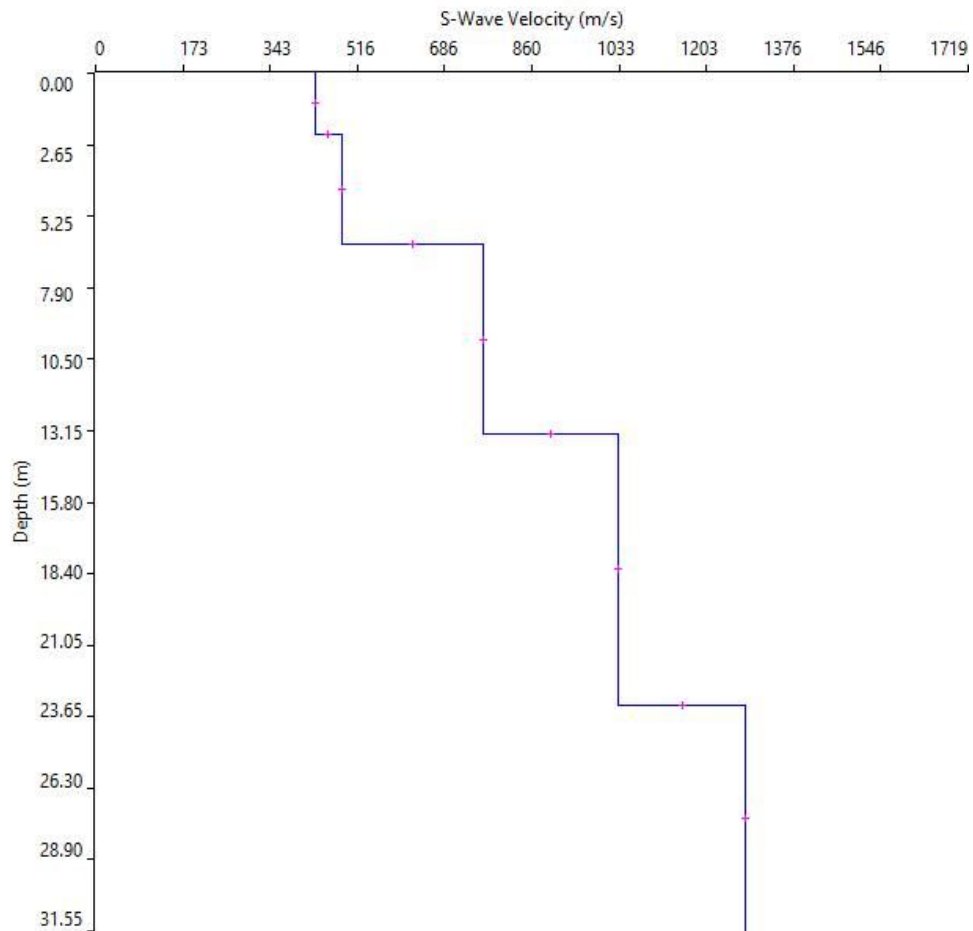
Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (Bg) - Area 1 - Cimitero

RISULTATI INDAGINE MASW-01



	Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
Layer 1	2.24	0.00	432	863	0.333	1.800
Layer 2	4.06	2.24	485	969	0.333	1.800
Layer 3	6.96	6.30	764	1527	0.333	1.800
Layer 4	9.96	13.26	1031	2060	0.333	1.800
Layer 5	INF	23.22	1280	2558	0.333	1.800

VALORE DI $V_{s,eq} = 585$ m/s a p.c. ($V_{s30}=797$ m/s, N.T.C., 2008)

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E (N.T.C, 2018)



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (Bg) - Area 1 - Cimitero

INDAGINE MASW-01 - IMMAGINI





Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

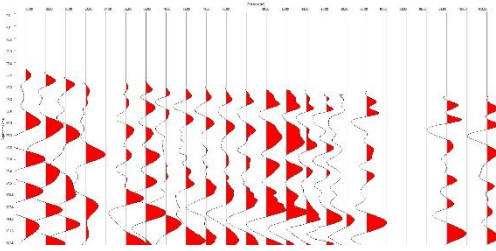
Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

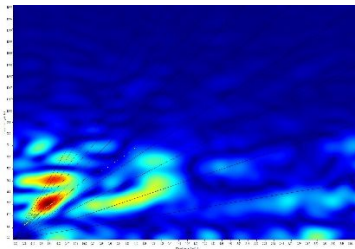
e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (Bg) - Area 2 - Biblioteca

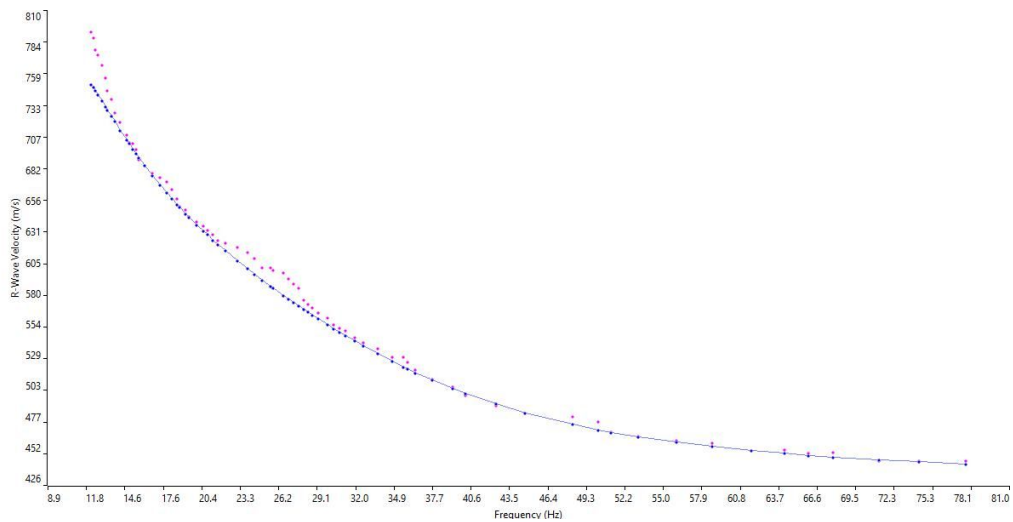
RISULTATI INDAGINE MASW-02



Sismogramma risultate



Spettro FK



Confronto risultati con la curva sperimentale



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

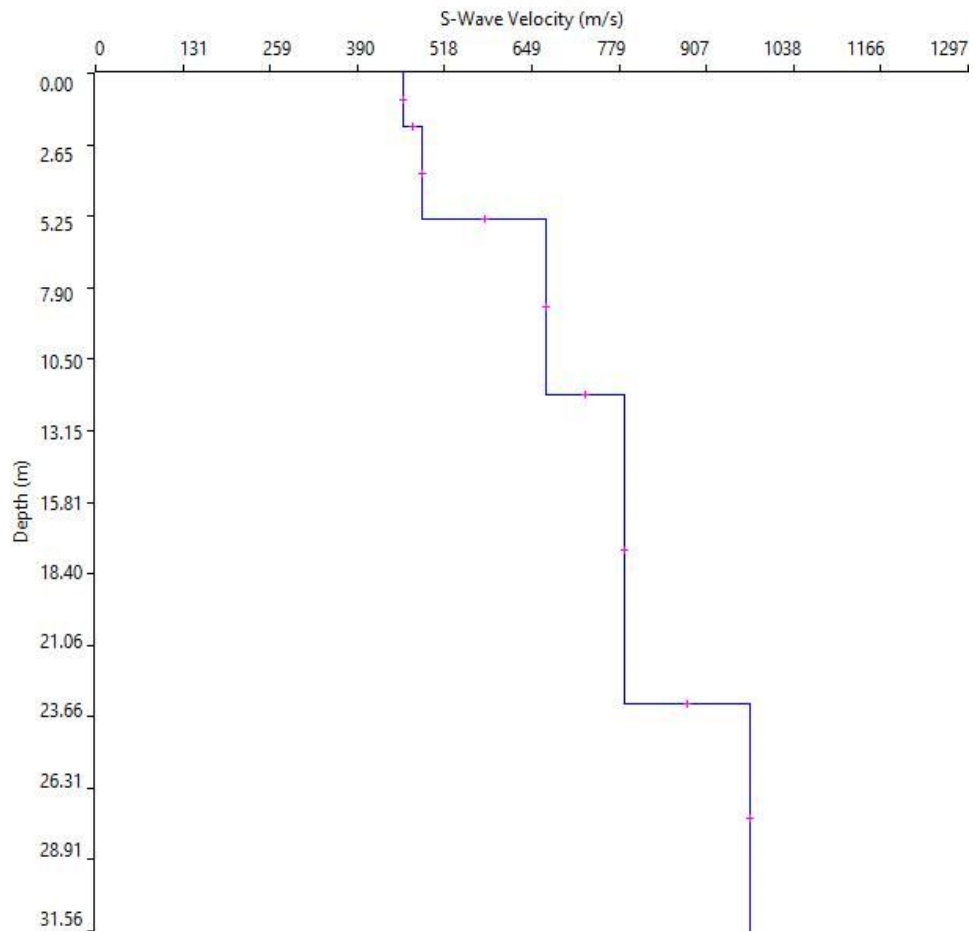
Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (Bg) - Area 2 - Biblioteca

RISULTATI INDAGINE MASW-02



	Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
Layer 1	1.96	0.00	458	915	0.333	1.800
Layer 2	3.43	1.96	485	969	0.333	1.800
Layer 3	6.43	5.38	670	1339	0.333	1.800
Layer 4	11.40	11.81	786	1571	0.333	1.800
Layer 5	INF	23.21	972	1943	0.333	1.800

VALORE DI $V_{s,eq}$ = 655 m/s a p.c. (V_{s30} = 707 m/s, N.T.C., 2008)

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E (N.T.C, 2018)



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

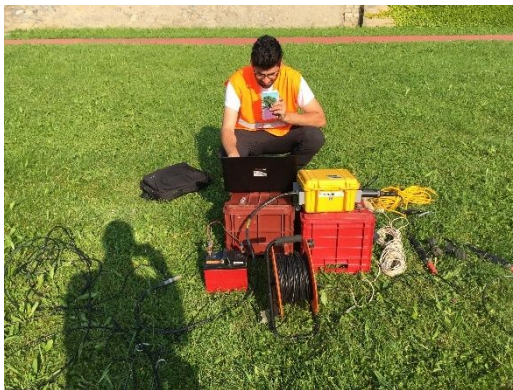
Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (Bg) - Area 2 - Biblioteca

INDAGINE MASW-02 - IMMAGINI





Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

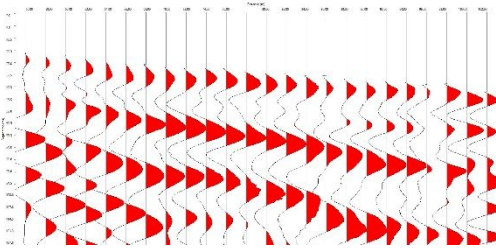
Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

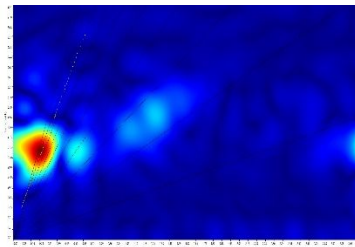
e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (Bg) - Area 3 – Via Bellora

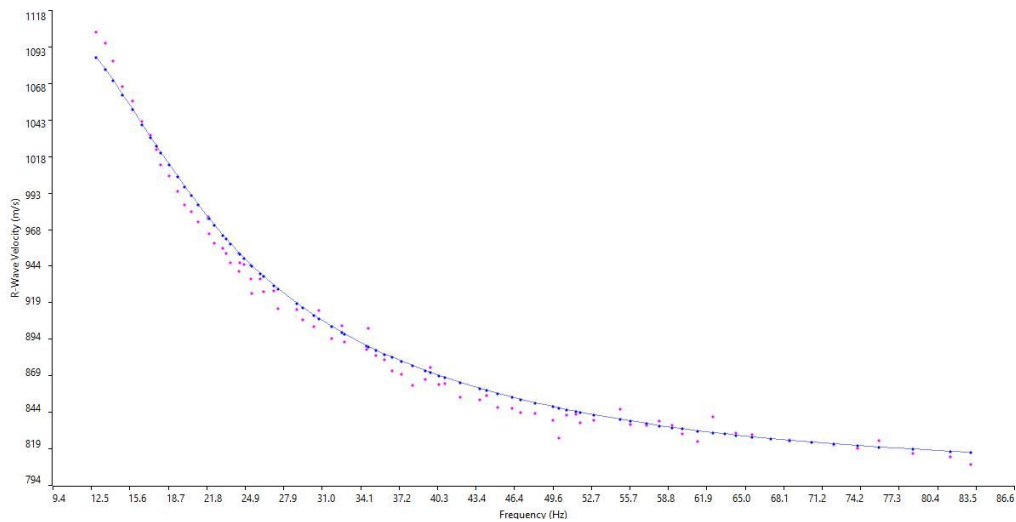
RISULTATI INDAGINE MASW-03



Sismogramma risultate



Spettro FK



Confronto risultati con la curva sperimentale



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

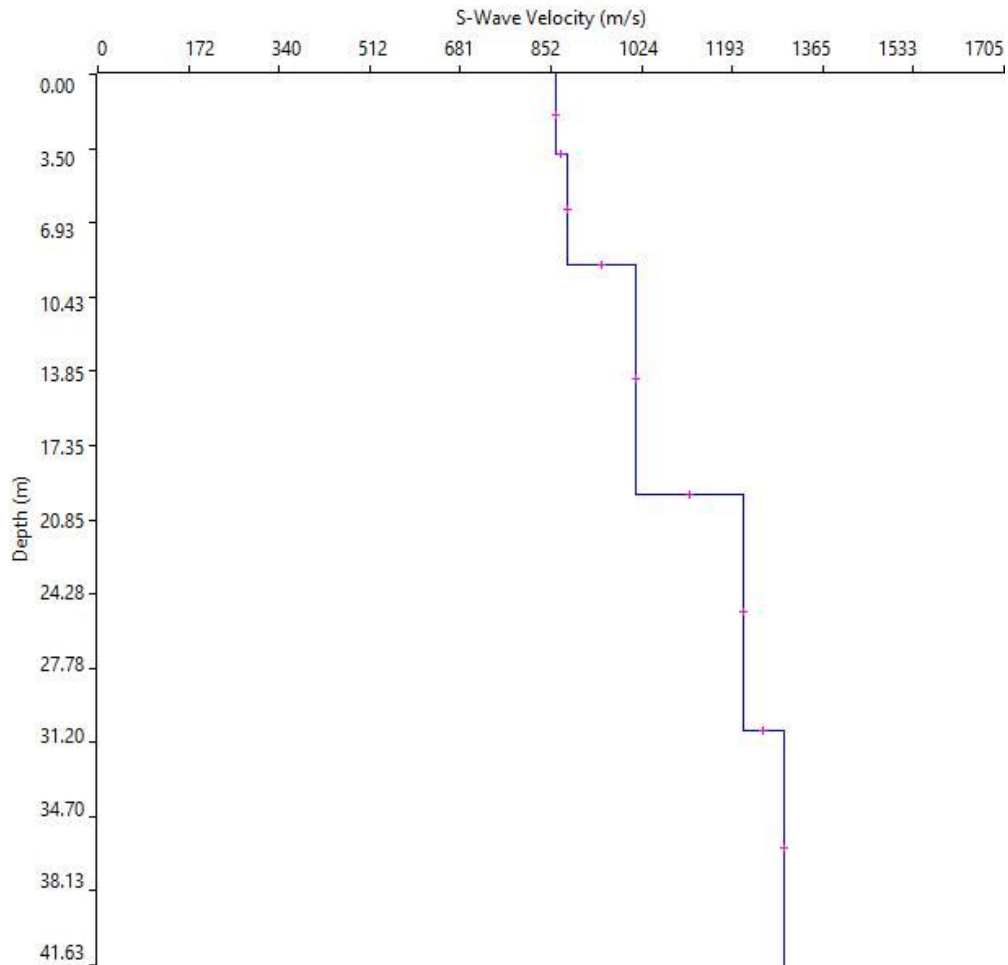
Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (Bg) - Area 3 – Via Bellora

RISULTATI INDAGINE MASW-03



	Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
Layer 1	3.73	0.00	861	1721	0.333	1.800
Layer 2	5.17	3.73	882	1763	0.333	1.800
Layer 3	10.73	8.90	1012	2022	0.333	1.800
Layer 4	11.05	19.63	1215	2428	0.333	1.800
Layer 5	INF	30.68	1290	2578	0.333	1.800

VALORE DI $V_{s,eq}$ = 861 m/s a p.c. (V_{s30} = 1023 m/s, N.T.C., 2008)

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A (N.T.C, 2018)



Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

Comune di Cene (Bg) - Area 3 – Via Bellora

INDAGINE MASW-03 - IMMAGINI





Geodes s.r.l.

Servizi di geofisica applicata- esplorazione del sottosuolo.

Sede legale: Corso Milano, 15, 24020, Selvino (BG)

Sede operativa: Via Amerigo Vespucci, 47, 24050, Grassobbio (BG)

Telefono: 035.44.25.112

e-mail: info@hattusas.it - PEC: info@pec.hattusas.it - Web: www.hattusas.it

ALLEGATO 3

Risultati indagini HVSR

STATION INFORMATION

Station code: HVSR-01

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SA10PACK (integrated accelerometers)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: Comune di Cene (BG) - Piano di Governo del Territorio - HVSR-01

Address: Area 1 - Cimitero - Viale Rimembranze

Latitude: 45.77698N

Longitude: 009.82464E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 262 m s.l.m.

Weather: Variabile con sole e nuvole e vento moderato

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2017/05/17 15:44:22

Recording length: 20 min

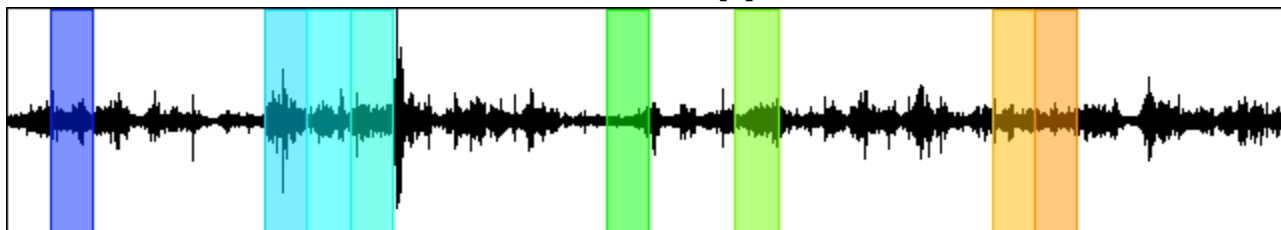
Windows count: 8

Average windows length: 40

Signal coverage: 26.67%

30261 Counts

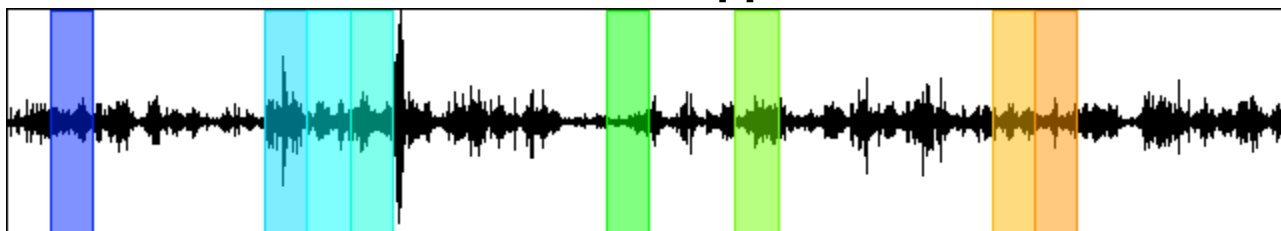
CHANNEL #1 [V]



-23683 Counts

70469 Counts

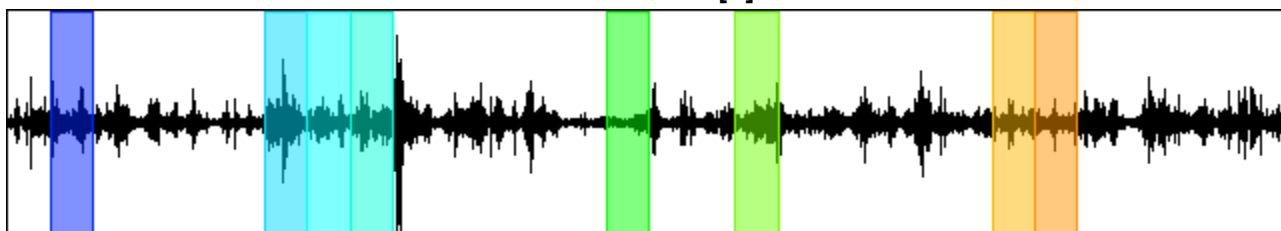
CHANNEL #2 [N]



-64112 Counts

48659 Counts

CHANNEL #3 [E]



-61537 Counts

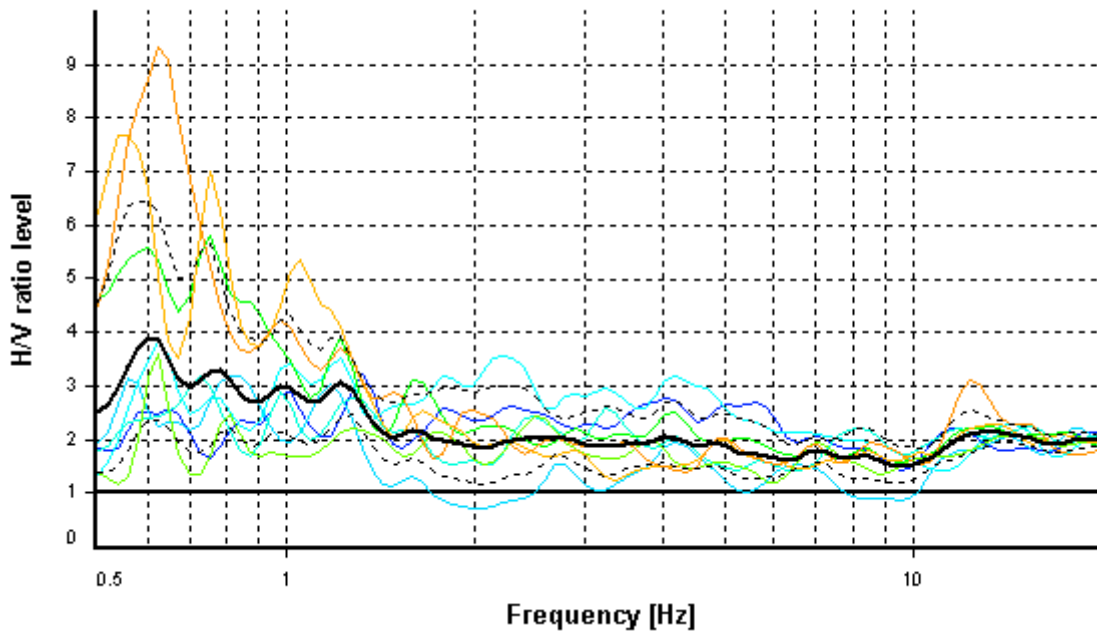
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

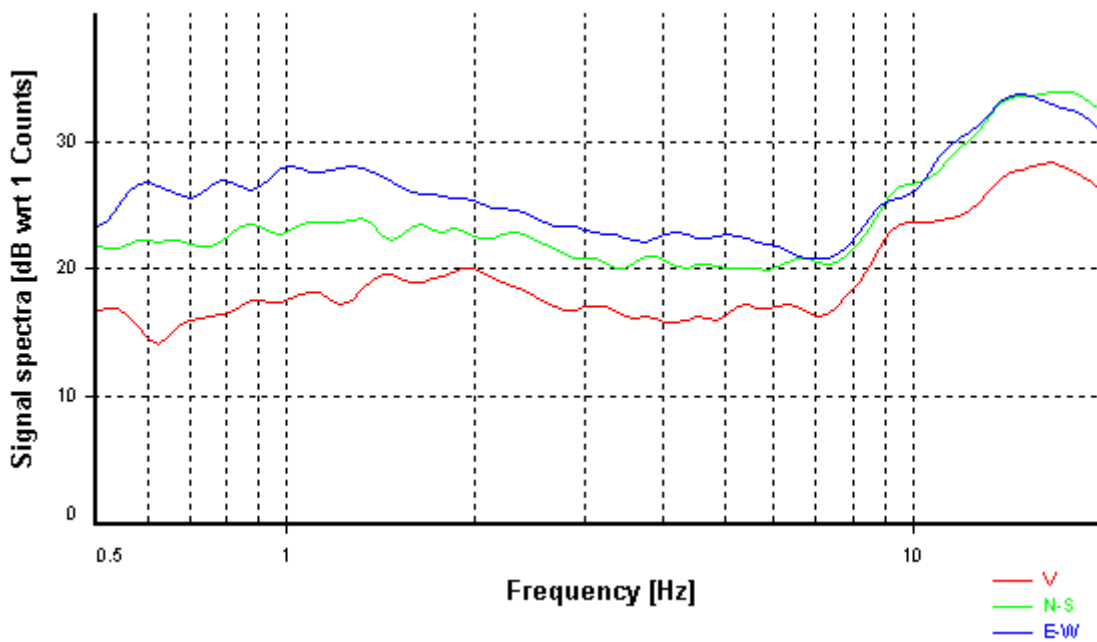
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

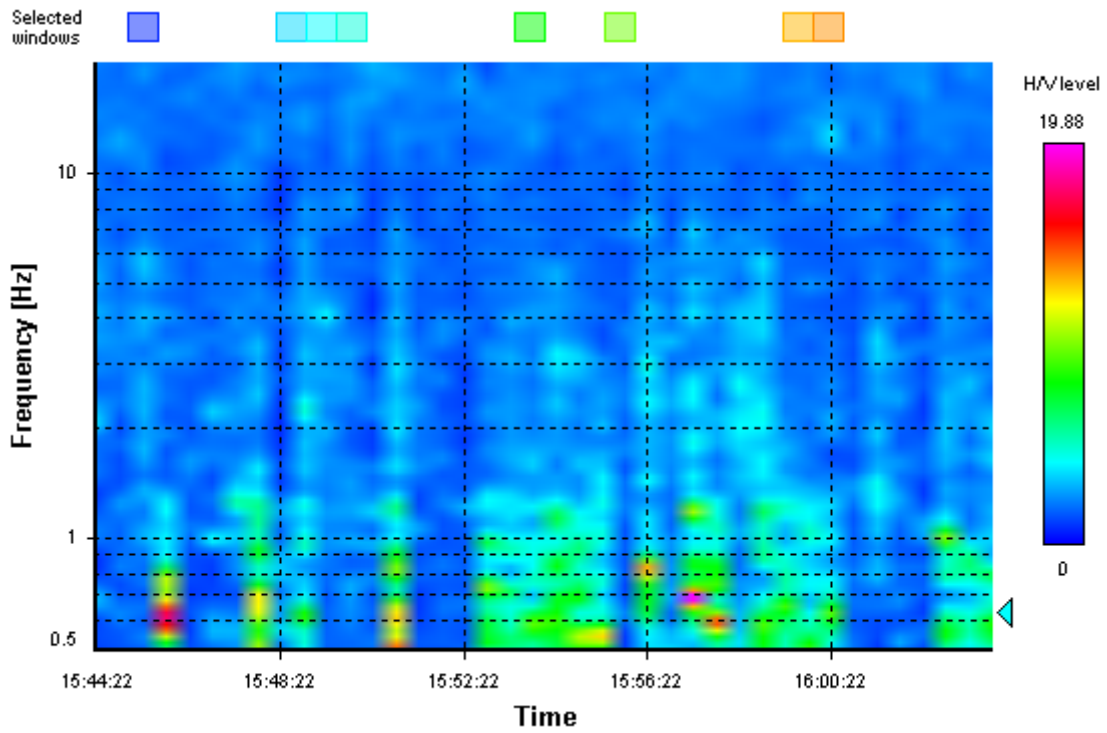
HVSR average



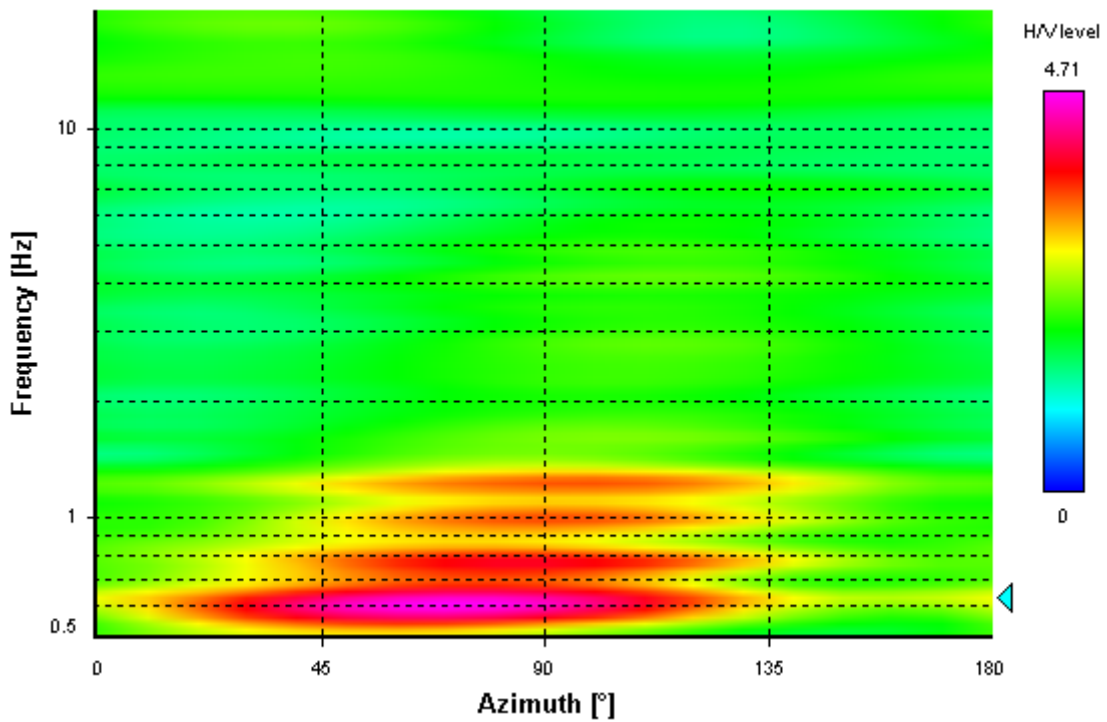
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



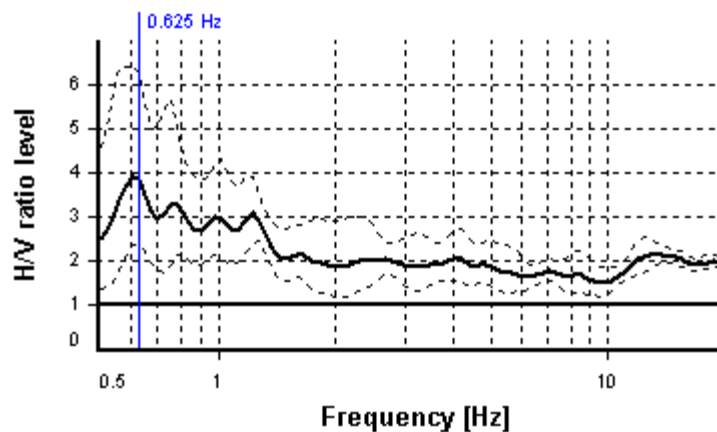
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.625 Hz

A_0 amplitude = 3.848

Average $f_0 = 0.676 \pm 0.091$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	8 valid windows (length > 15.99 s) out of 8	OK
$n_c(f_0) > 200$	200.08 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.91222 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.85 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.09122 < 0.09379	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.62622 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: HVSR-02

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SA10PACK (integrated accelerometers)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: Comune di Cene (BG) - Piano di Governo del Territorio

Address: Area 2 - Biblioteca - Via Vittorio Veneto N° 20 -

Latitude: 45.78231N

Longitude: 009.82543E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 364 m s.l.m.

Weather: Soleggiato senza vento

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

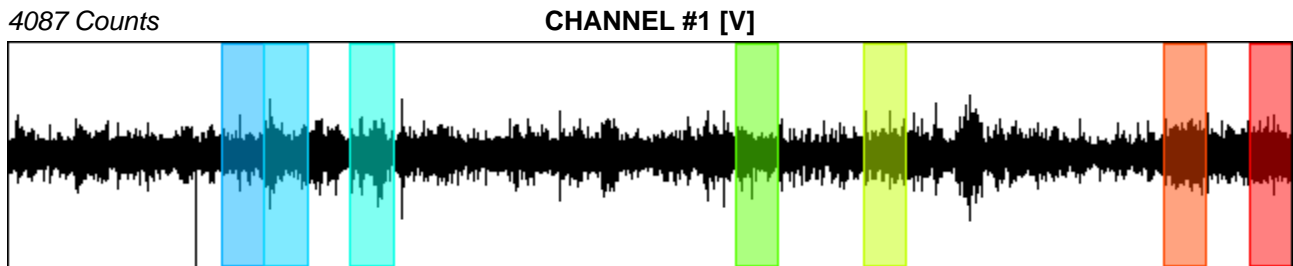
Recording start time: 2017/05/17 16:31:24

Recording length: 20 min

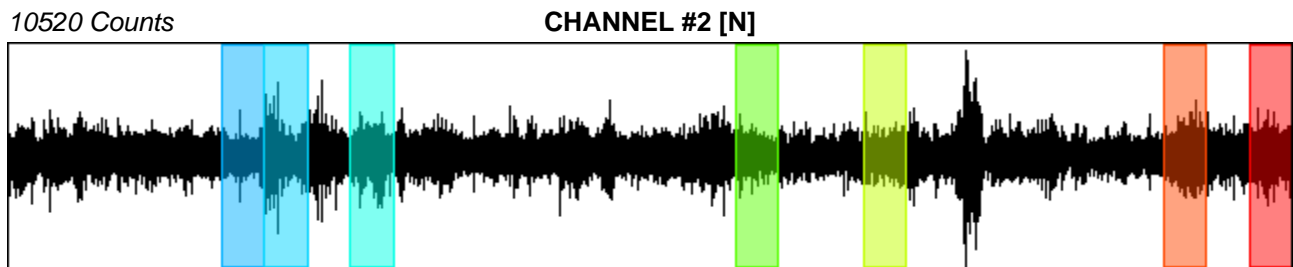
Windows count: 7

Average windows length: 40

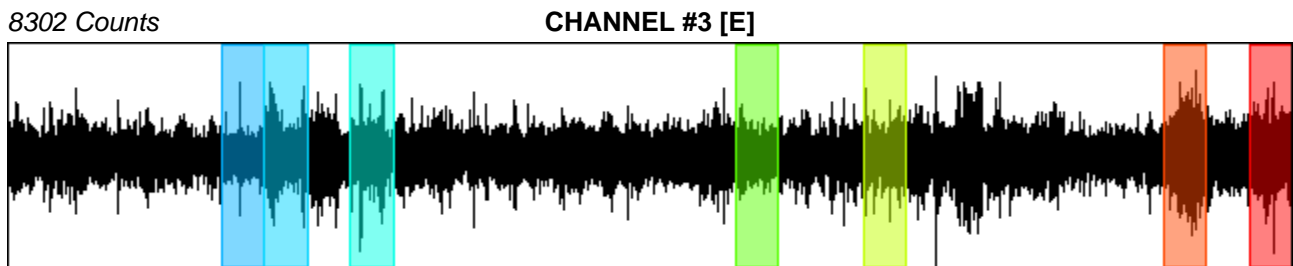
Signal coverage: 23.33%



-7655 Counts



-11123 Counts



-10930 Counts

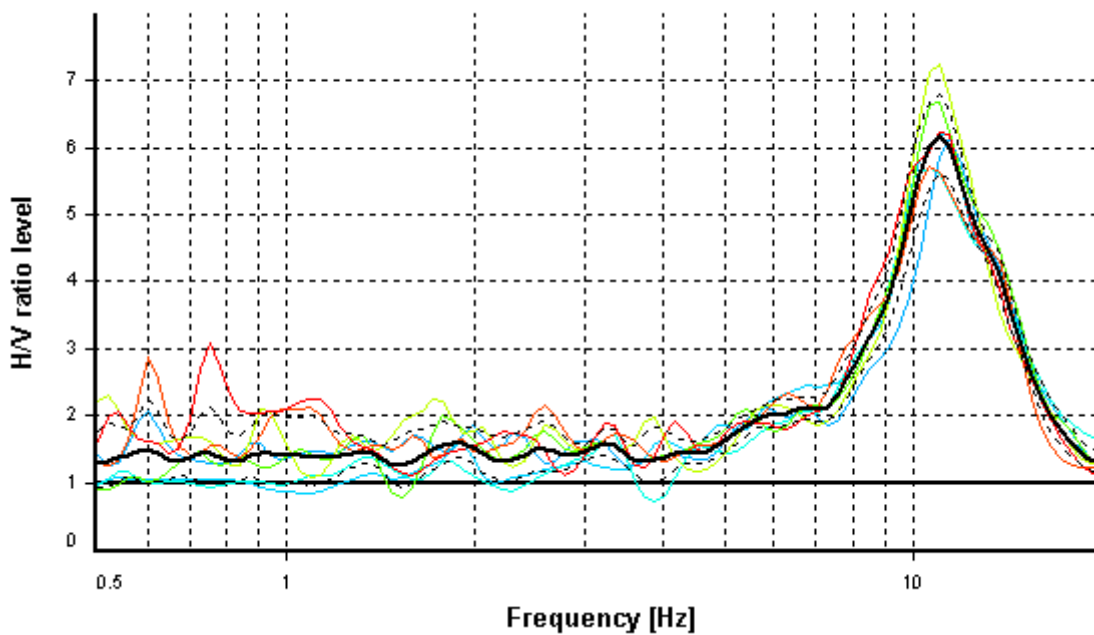
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

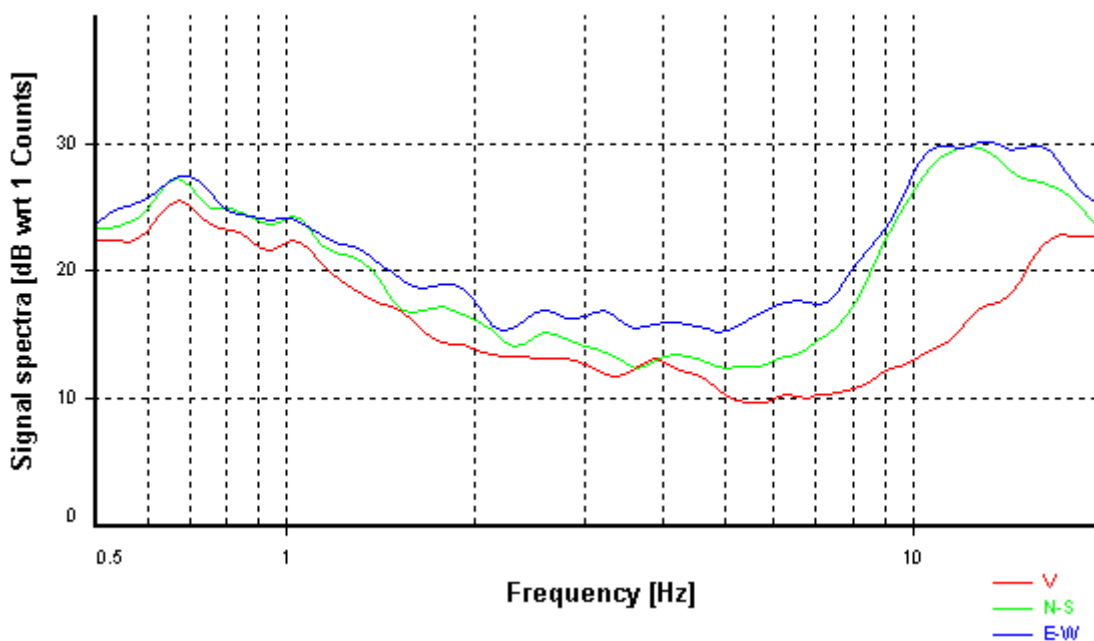
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

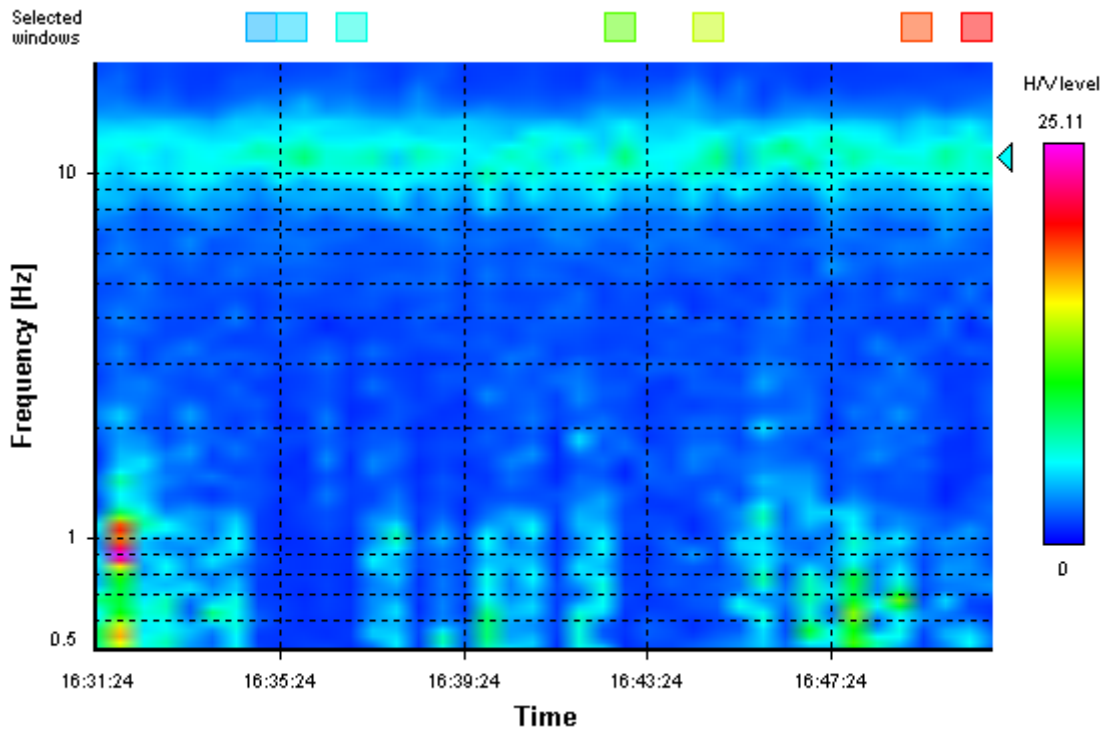
HVSR average



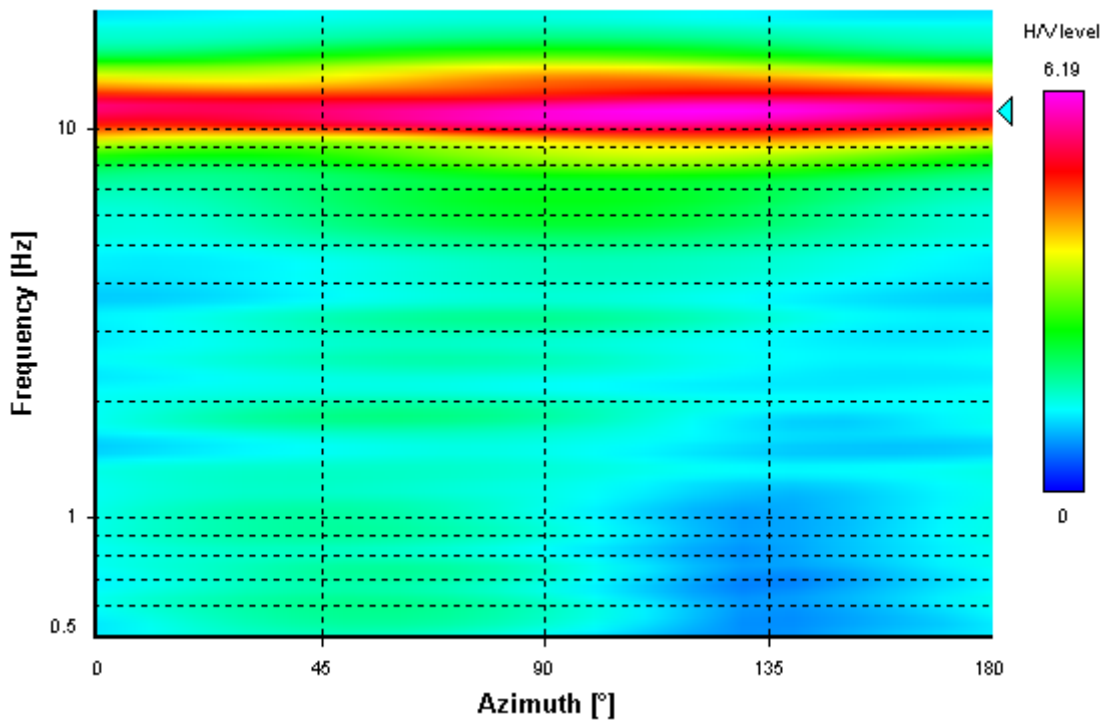
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



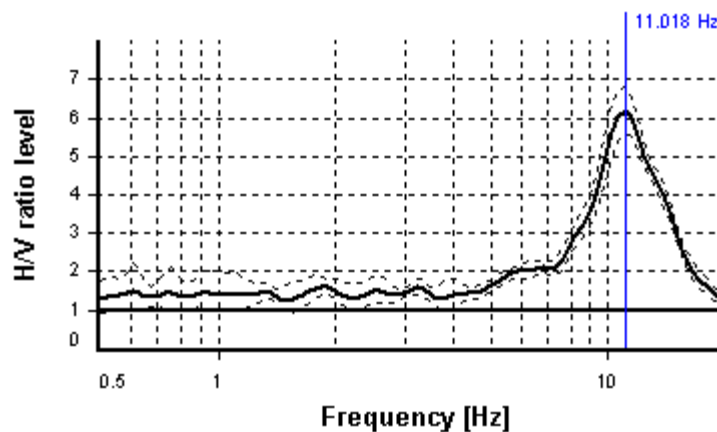
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

11.018 Hz

A_0 amplitude = 6.185

Average $f_0 = 11.023 \pm 0.335$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	7 valid windows (length > 0.91 s) out of 7	OK
$n_c(f_0) > 200$	3085.1 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 35	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	8.17809 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	14.84467 Hz	OK
$A_0 > 2$	6.18 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% ≤ 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.33532 < 0.55091	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.09829 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: HVSR-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SA10PACK (integrated accelerometers)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: Comune di Cene (Bg) - Piano di Governo del Territorio - HVSR-03

Address: Area 3 - Via Bellora

Latitude: 45.78947N

Longitude: 009.83171E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 370 m s.l.m.

Weather: Soleggiato leggera brezza

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2017/05/26 15:18:39

Recording length: 20 min

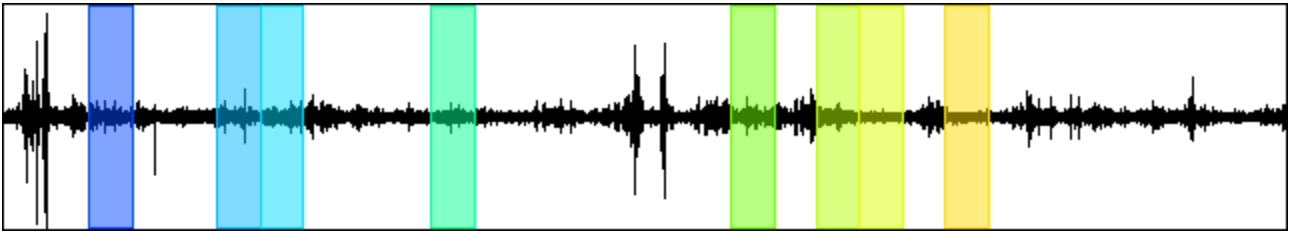
Windows count: 8

Average windows length: 40

Signal coverage: 26.67%

13563 Counts

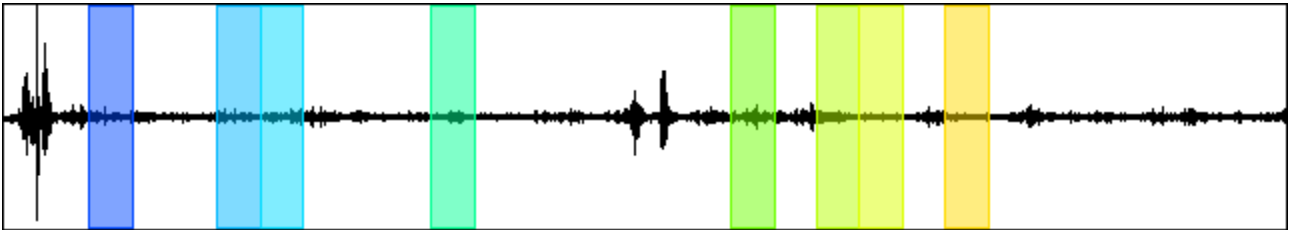
CHANNEL #1 [V]



-14485 Counts

58653 Counts

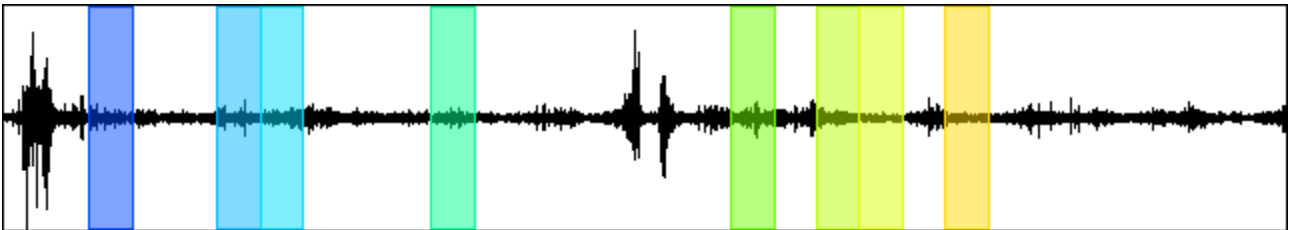
CHANNEL #2 [N]



-53987 Counts

32949 Counts

CHANNEL #3 [E]



-41951 Counts

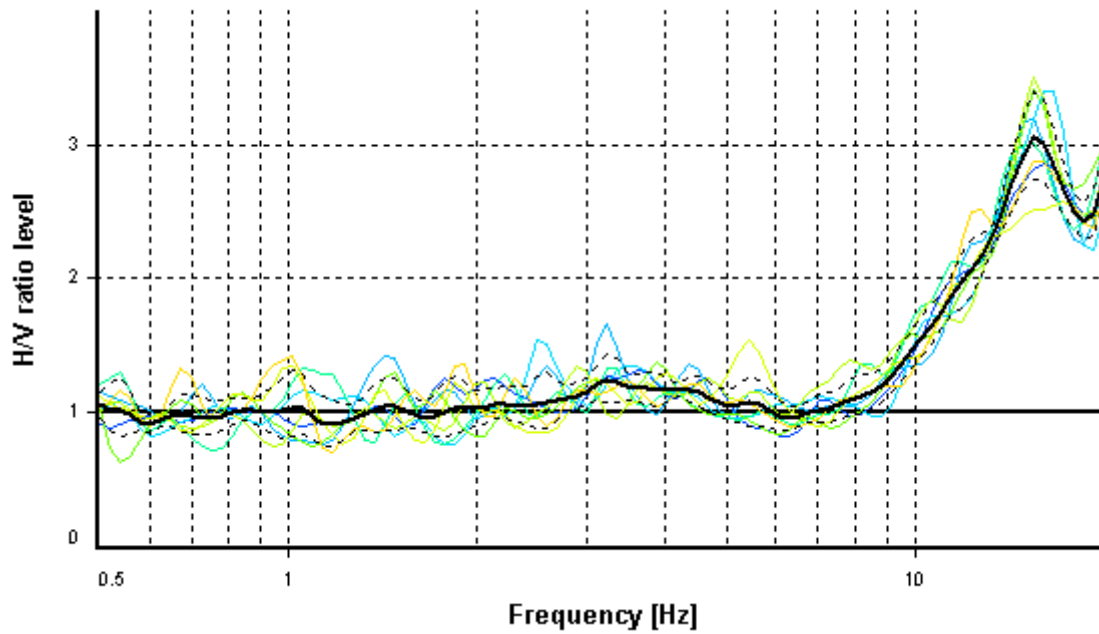
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

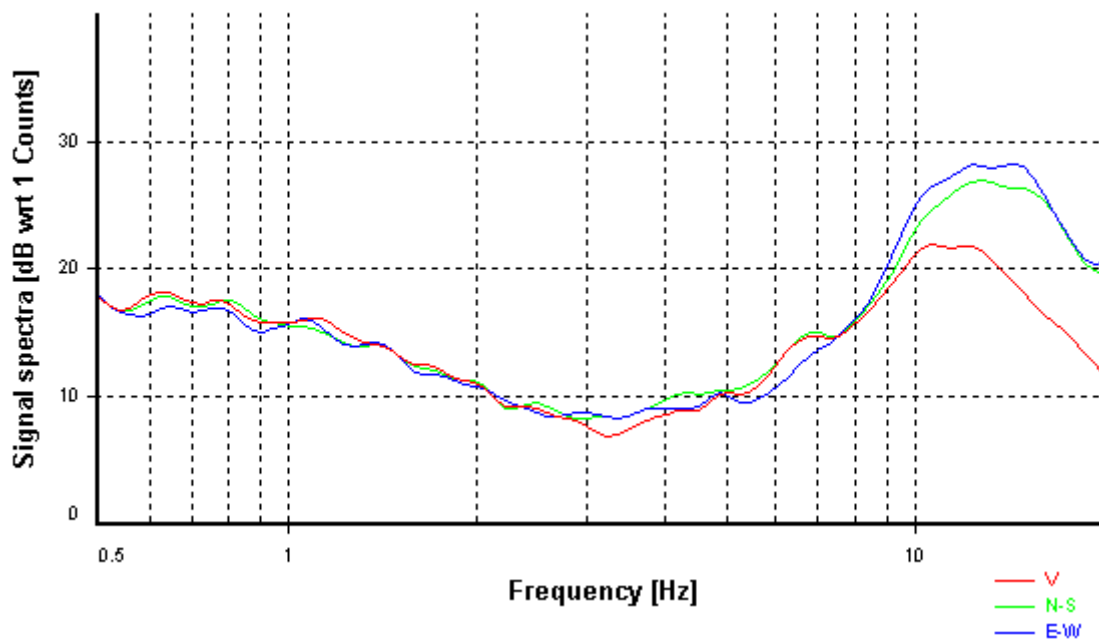
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

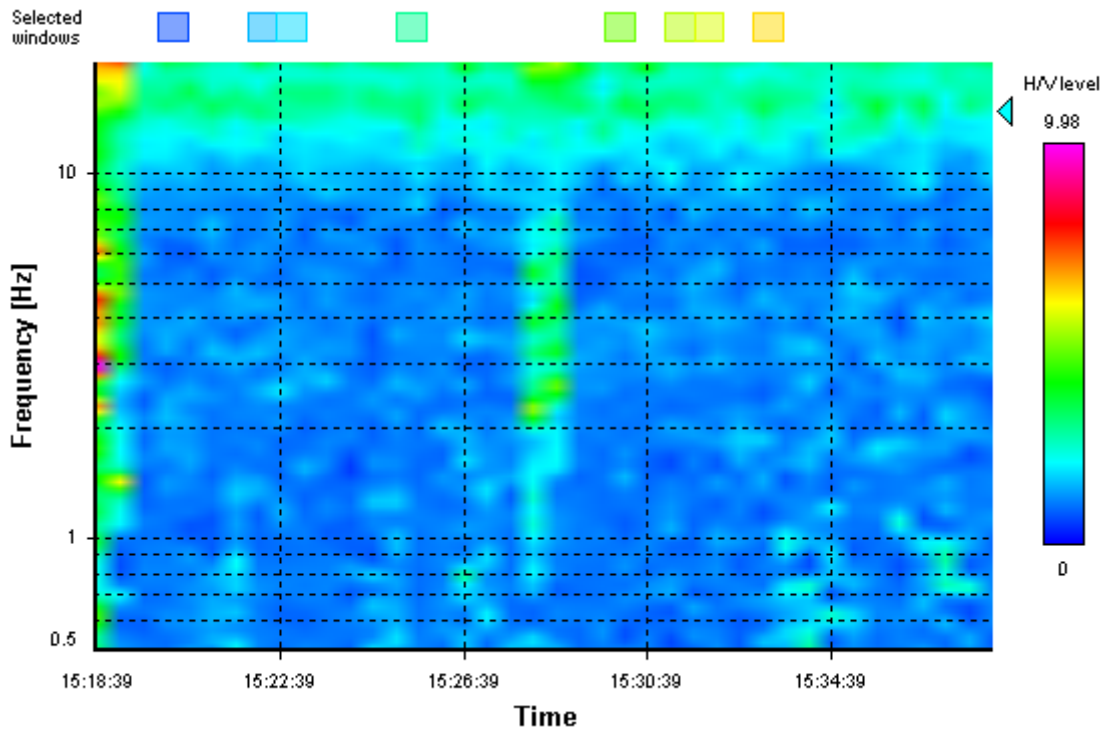
HVSR average



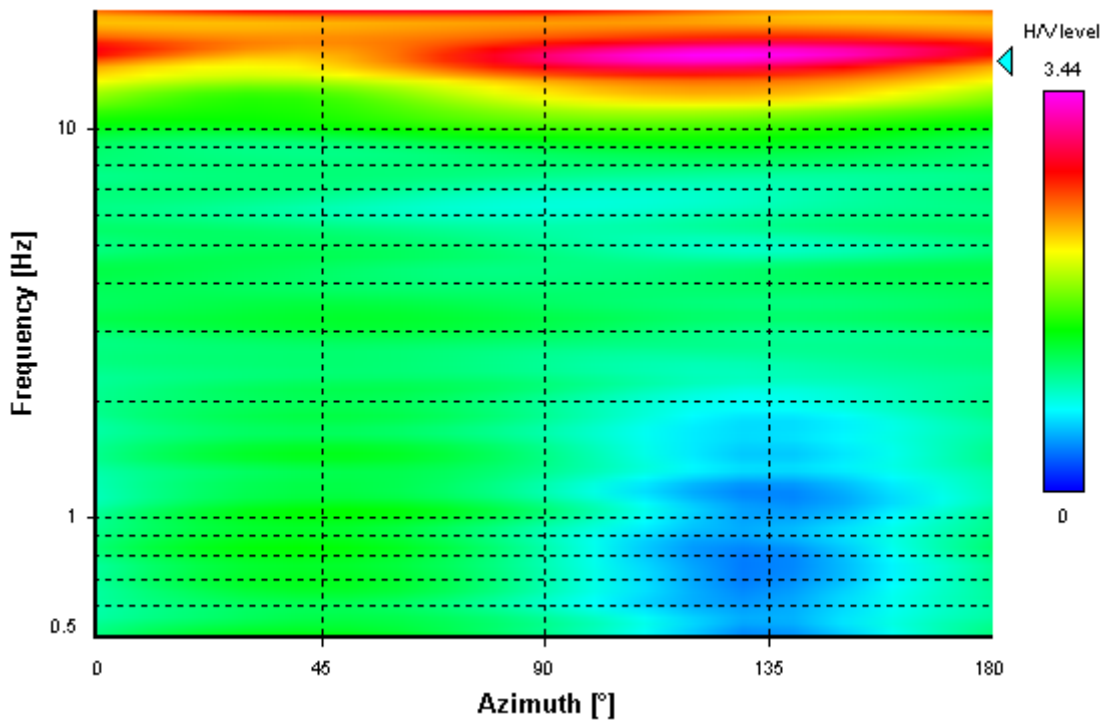
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



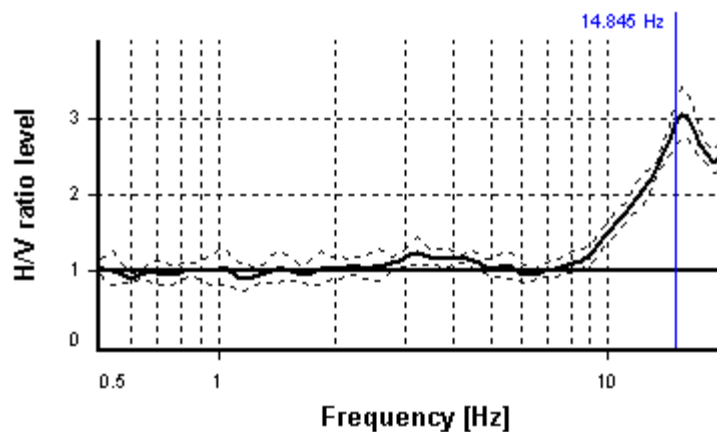
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

14.845 Hz

A_0 amplitude = 2.924

Average $f_0 = 15.931 \pm 0.680$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	8 valid windows (length > 0.67 s) out of 8	OK
$n_c(f_0) > 200$	4750.29 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 27	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	9.49252 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.92 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.8% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.68011 < 0.74223	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.09943 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: HVSR-04

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SA10PACK (integrated accelerometers)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: Comune di Cene (Bg) - Piano di Governo del Territorio - HVSR-04

Address: Area 4 - Salumificio Bortolotti - Via De Gasperi

Latitude: 45.77207N

Longitude: 009.82438E

Coordinate system: WGS84

Elevation: 365 m s.l.m.

Weather: Soleggiato con assenza di vento

Notes: -

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

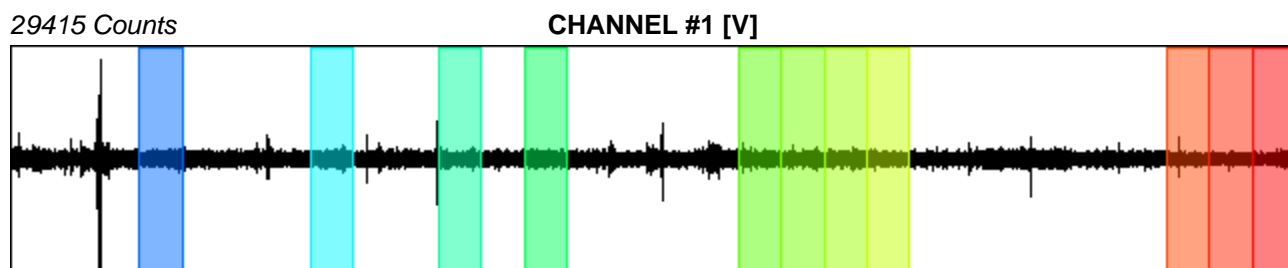
Recording start time: 2017/05/26 12:03:58

Recording length: 20 min

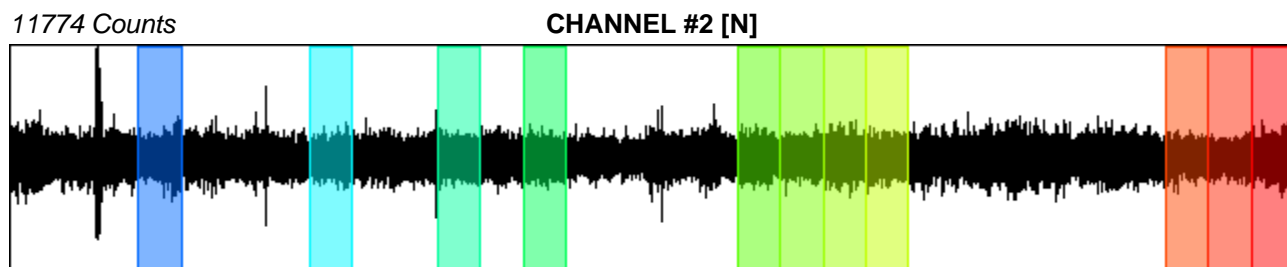
Windows count: 11

Average windows length: 40

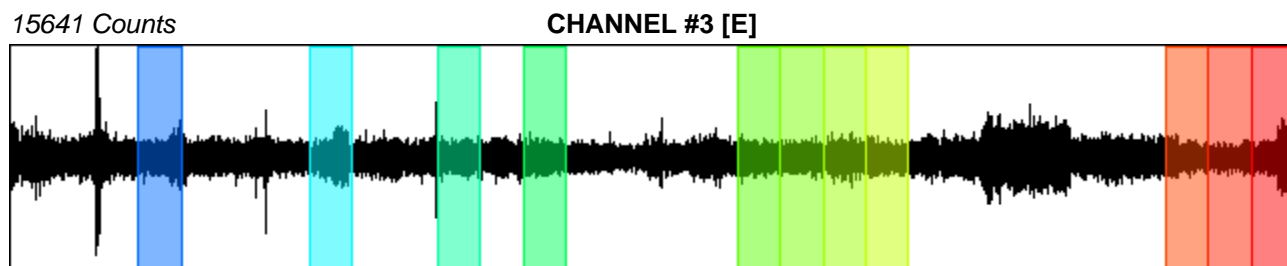
Signal coverage: 36.67%



-33032 Counts



-8723 Counts



-13745 Counts

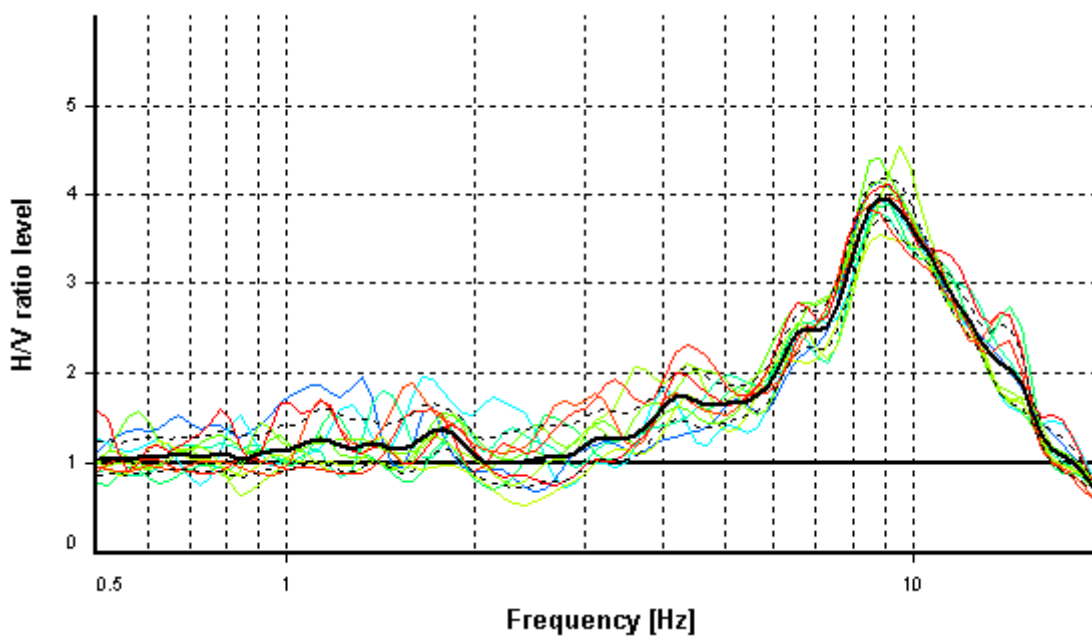
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

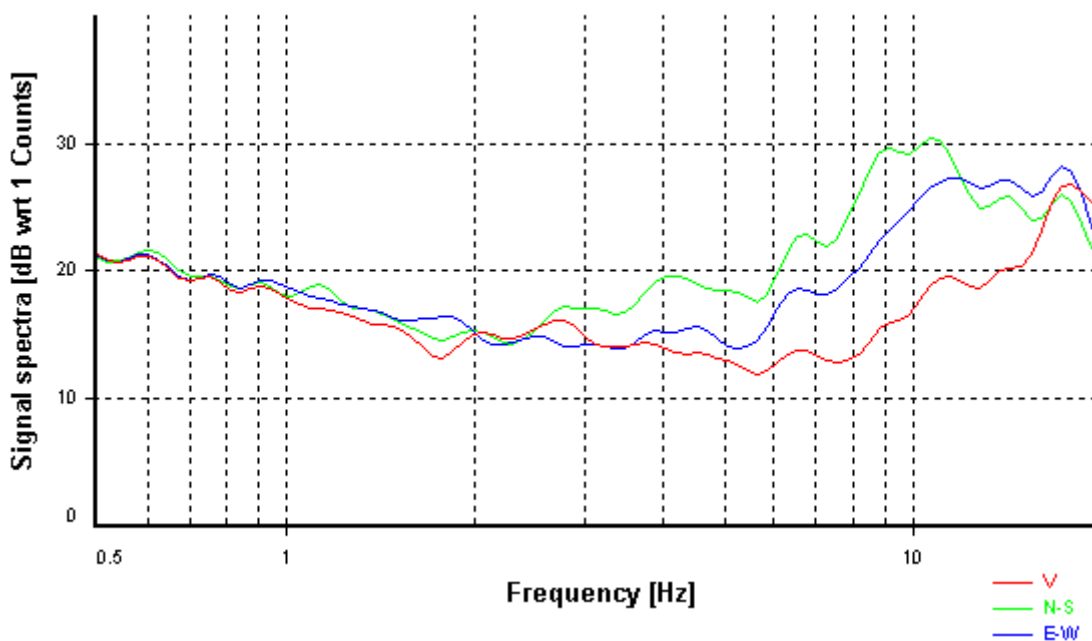
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

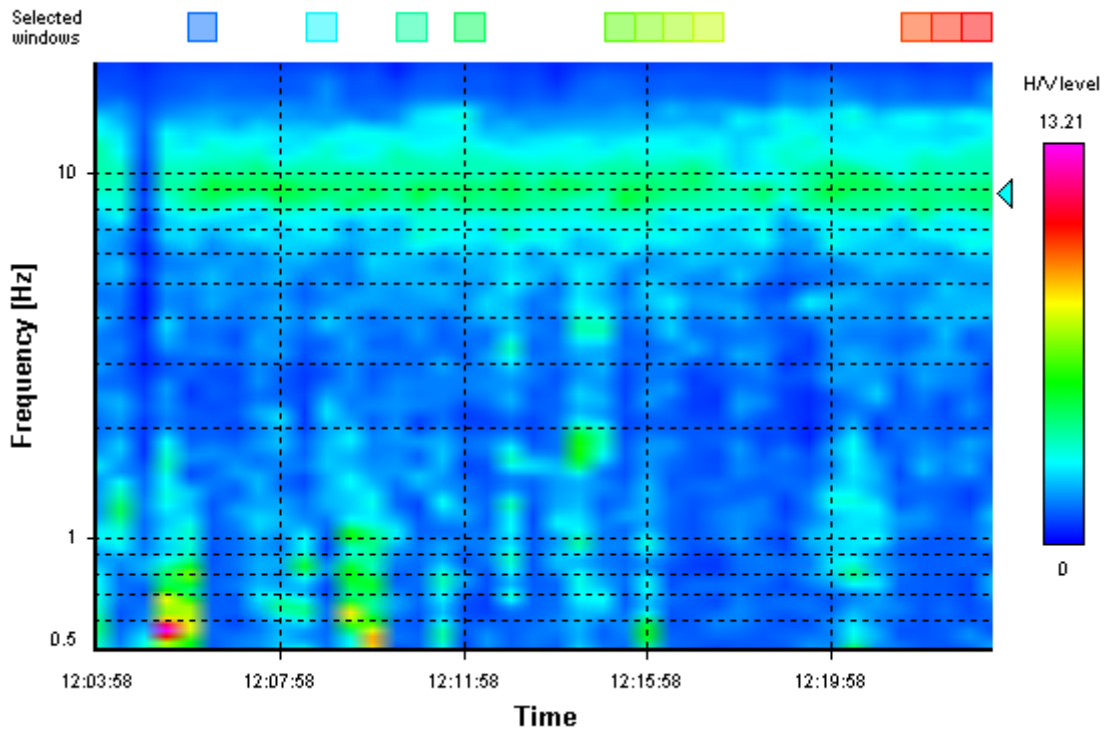
HVSR average



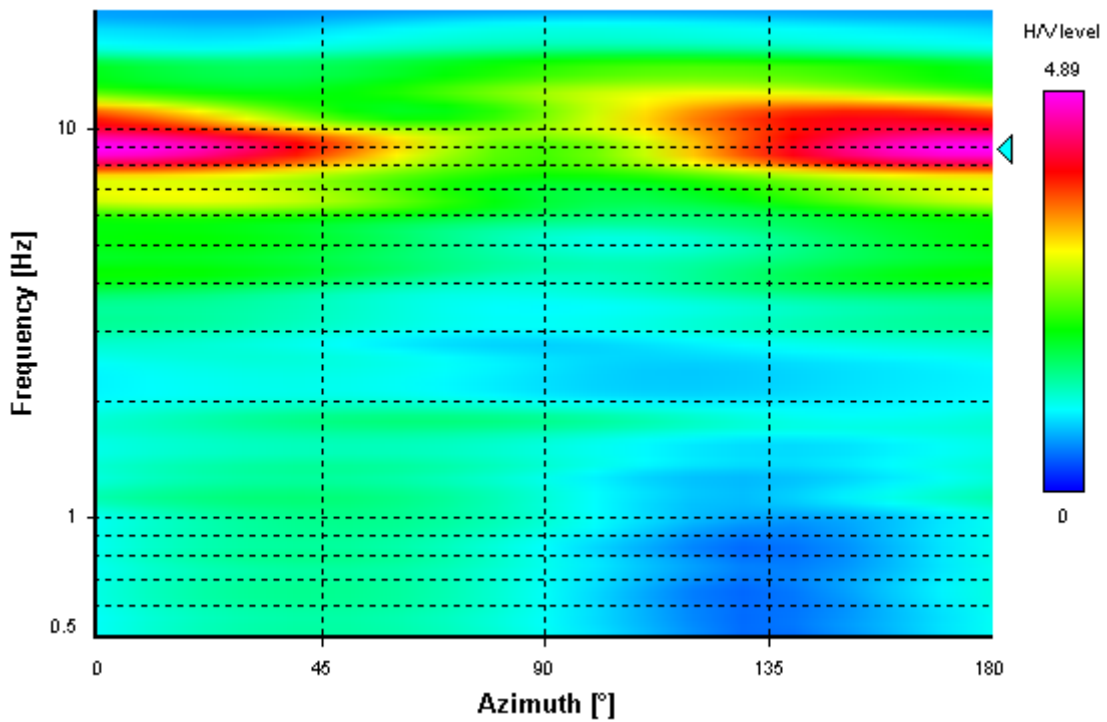
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



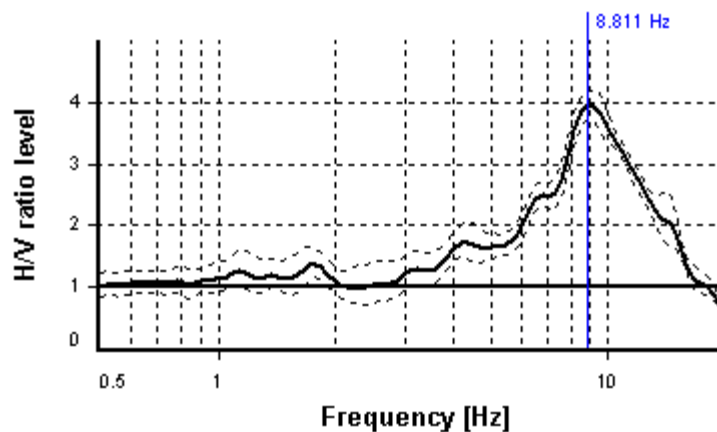
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

8.811 Hz

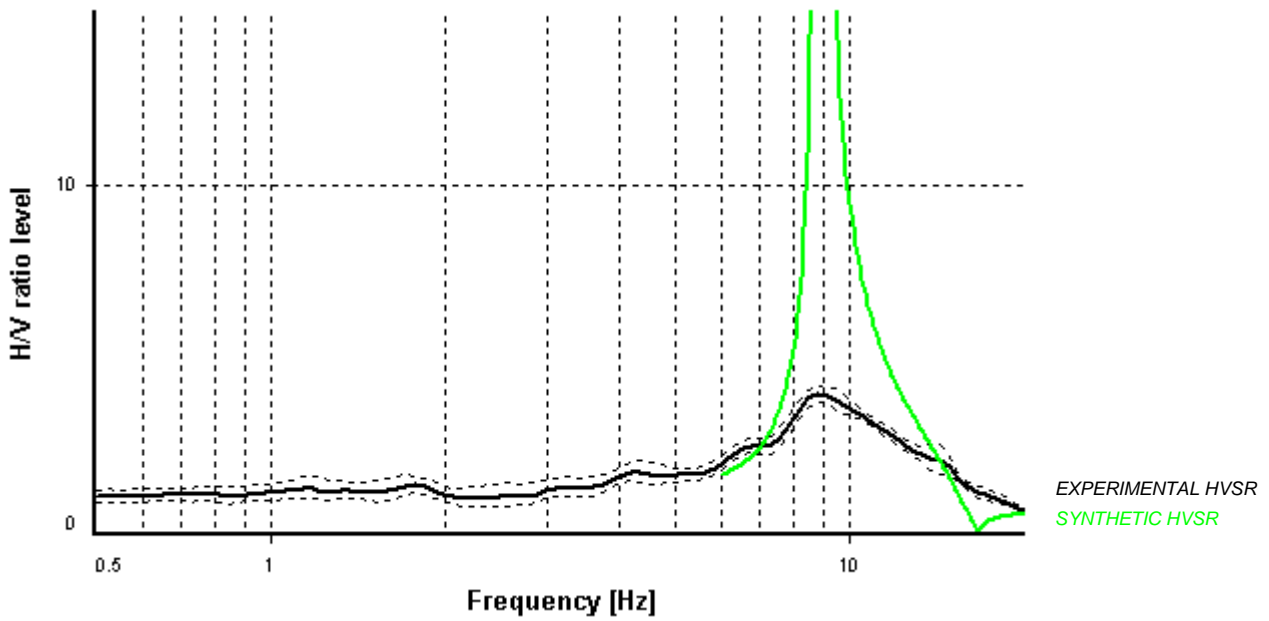
A_0 amplitude = 3.954

Average f_0 = 8.935 ± 0.271

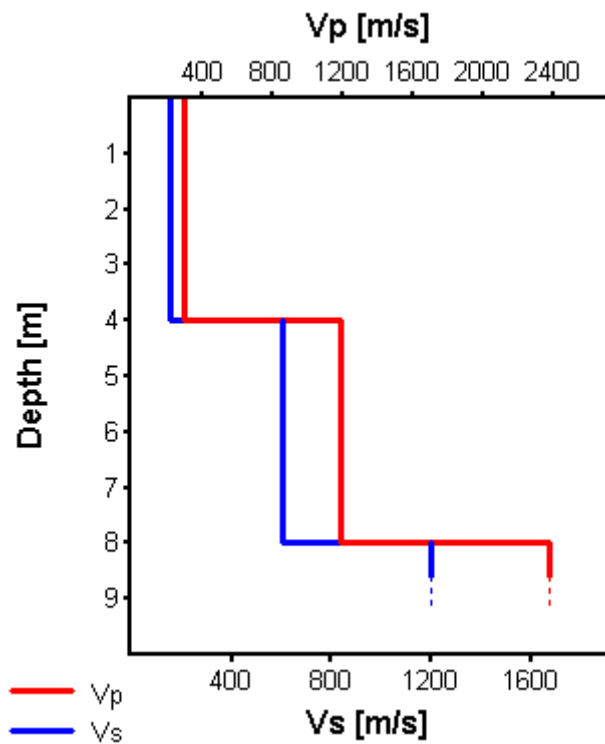


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	11 valid windows (length > 1.13 s) out of 11	OK
$n_c(f_0) > 200$	3876.76 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	5.84804 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	14.84467 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.95 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.27117 < 0.44054	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.05917 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
4	4	298	150	17
4	8	1191	600	21
-	> 8	2382	1200	24



Vs 30 = 581 m/s (Offset = 0 m)