





Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Veneto

Comune di Calvene







Regione	Soggetto realizzatore	Data
Veneto	Dott. Geol. Francesco Marinoni	Ottobre 2022
	CONSULENZA	
	Dott. Geol. Maurizio Olivotto	

1.	INTRODUZIONE	3
1.1.	Premessa	3
1.2.	Inquadramento geografico	5
1.3.	Inquadramento topografico	8
2.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEGLI EVENTI	9
2.1.	Pericolosità sismica1	6
2.2.	Sismicità storica dell'area1	9
2.3.	Faglie che interessano l'area di studio2	26
3.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	29
3.1.	Assetto litologico e geomorfologico2	:9
3.2.	Idrografia ed idrogeologia2	:9
3.3.	Descrizione della carta geologico-tecnica3	50
3.	3.1. Substrato geologico e copertura quaternaria	;1
3.	3.2. Elementi geomorfologici e idrogeologici	\$4
3.	3.3. Elementi di instabilità gravitativa	\$4
3.	3.4. Elementi tettonico strutturali	34
3.	3.5. Sezioni geologiche interpretative	\$4
4.	LA CARTA DELLE INDAGINI	6
4.1.	Indagini pregresse e le nuove indagini3	\$6
4.2.	Nuove indagini geofisiche	\$7
4.3.	Analisi delle onde di superficie con tecnica "MASW" - Generalità3	8
4.4.	Operazioni di campagna ed Elaborazione dati3	;9
4.5.	Analisi del rumore sismico ambientale (tecnica HVSR)4	10
4.6.	Risultati ottenuti con le indagini geosismiche4	12

5.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	46
6.	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	47
7.	DESCRIZIONE DELLA CARTA DELLE MOPS	48
7.1.	Premessa	
7.2.	Definizione profili tipo zone stabili e amplificabili	
7.3.	Descrizione delle instabilità e delle forme	
7	.3.1. Zone di attenzione per instabilità di versante	
7	.3.2. Liquefazione	
7	.3.3. Forme di superficie e sepolte	
7	.3.4. Faglie attive e capaci (FAC)	
8.	CONSIDERAZIONI FINALI	51
8.1.	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	51
8.2.	Zone instabili	53
9.	BIBLIOGRAFIA	55
10.	PROFILI GEOLOGICI E COLONNE STRATIGRAFICHE DELLE MOPS	57

1. INTRODUZIONE

1.1. Premessa

Su incarico del Comune di Calvene (VI), è stato eseguito lo studio di Microzonazione sismica di Livello 1 del territorio comunale. Lo studio è stato condotto in conformità con le direttive e le specifiche emanate dagli organi competenti per questa tipologia di indagini:

- "*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*" Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile - Anno 2008.
- "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica" Ver.
 4.2 Dicembre 2020 Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.
- "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)" Vers. 1.0 2015 Commissione tecnica per la Microzonazione Sismica.
- DGRV n. 1572 del 3 settembre 2013 "Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi simica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica".
- DGRV n. 899 del 28 giugno 2019 "Linee guida regionali per gli Studi di Microzonazione Sismica per gli strumenti urbanistici comunali. Chiarimenti e precisazioni sulle modalità applicative. Studi di Microzonazione Sismica Direttive per l'applicazione dei livelli di approfondimento".
- DGRV n. 1381 del 12 ottobre 2021 "Linee guida regionali per gli Studi di Microzonazione Sismica per gli strumenti urbanistici comunale. Modifiche alla D.G.R. 1572/2013 e chiarimenti sulle modalità operative."
- D.M. 17 gennaio 2018 aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi principali:

- Raccolta dati relativi a studi, perizie e rilievi geologici-geomorfologici-idrogeologici, indagini geognostiche e geofisiche nel territorio comunale.
- Analisi in chiave sismologica della cartografia geologica comunale relativa al P.A.T.I. e al P.R.G.
- Ricostruzione della sismicità storica del territorio e riconoscimento di eventuali strutture potenzialmente sismogenetiche, o in grado di generare amplificazioni sismiche.

- Definizione dei parametri sismologici del territorio comunale (Magnitudo attesa, PGA ecc.) attraverso la consultazione dei cataloghi e dati forniti dagli enti istituzionali.
- Esecuzione ed elaborazione di nuove indagini geofisiche
- Sintesi di tutti i dati raccolti
- Elaborazione della cartografia prevista e della relazione illustrativa.

Lo studio, oltre alla raccolta delle indagini pregresse, ha previsto la realizzazione di nuove indagini geofisiche allo scopo di caratterizzare meglio i terreni nei confronti dei parametri più importanti dal punto di vista sismico. Complessivamente, sono state effettuate 25 indagini con tecnica a stazione singola HVSR e 10 profili con tecnica MASW.

Come è noto, il livello 1 di Microzonazione Sismica (MS) è propedeutico e necessario per la redazione dei successivi studi di livello 2 e 3. Trattandosi di uno studio "preliminare", incentrato soprattutto sulla raccolta e analisi dei dati esistenti, contiene dei limiti intrinseci, tra i quali, per il caso specifico, si segnalano:

- Disomogenea distribuzione areale delle indagini geognostiche pregresse.
- Carenza di dati inerenti le caratteristiche sismostratigrafiche del sottosuolo.
- Informazioni litostratigrafiche relative a sondaggi e prove molto diverse, in relazione alla qualità del dato, profondità della prova ecc.
- Limitate indicazioni relativamente alla natura e profondità del substrato.

Di conseguenza, va sempre considerato il valore qualitativo di questo studio, che porta alla definizione di aree omogenee come risposta alle sollecitazioni sismiche, utile, quindi per indirizzare la pianificazione territoriale e orientare i successivi livelli di MS.

1.2. Inquadramento geografico

Il Comune di Calvene è situato al margine meridionale dell'area collinare/montana dell'altopiano dei sette Comuni, parte del proprio territorio è interessato quindi dai rilievi collinari, mentre il settore meridionale si sviluppa nell'ambito della valle del Fiume Astico nel suo tratto finale all'interno della fascia collinare vicentina. (Figura 1)



Figura 1: Ubicazione del Comune di Calvene

Le principali aree urbanizzate e produttive si concentrano nell'ambito del fondovalle dell'Astico nella principale area pianeggiante del territorio comunale: si tratta di parte del centro abitato di Calvene, della zona industriale, che si sviluppa primariamente nella parte meridionale del Comune in prossimità del T. Astico, e delle frazioni di Magan e Pralunghi.

Nell'area collinare si distribuiscono invece molti modesti aggregati urbani e numerose case sparse come quelli di Monte e Grumale che si sviluppano sulle pendici meridionali dell'altopiano dei Sette Comuni. La seguente Figura 2, realizzata con il DEM reso disponibile grazie alla documentazione scaricabile dal sito della Regione Veneto¹, permette l'immediata comprensione dei principali aspetti morfologici che caratterizzano il territorio comunale.

Si può così osservare la fascia di fondovalle dell'Astico che cambia direzione di scorrimento nel territorio di Calvene passando da una direzione O-E ad una N-S puntando direttamente verso la pianura.

A sud dell'Astico compare una modesta fascia collinare, che culmina con il centro abitato di Marola (in Comune di Chiuppano), mentre verso nord si sviluppano le pendici dell'altopiano incise in senso nord-sud dalla principale Valle di Fonte e da alcune tributarie laterali di minore importanza.

Un'altra incisione torrentizia di un certo rilievo è rappresentata dalla valle del T. Chiavona che confluisce, in corrispondenza del centro abitato di Calvene, nell'Astico provenendo dai rilievi collinari posti più ad est.

I rilievi collinari, costituiti in prevalenza da litotipi carbonatici e derivati, si elevano gradualmente spostandosi verso nord dove, in corrispondenza del confine comunale, superano di poco i 1500 m di quota.



Figura 2: rilievo DEM del territorio comunale

¹ (https://idt2.regione.veneto.it/)

Il Comune confina con i territori contermini di (partendo da nord in senso orario) Figura 3:

- Asiago
- Lugo di Vicenza
- Chiuppano
- Caltrano

Comuni tutti appartenenti alla provincia di Vicenza.



Figura 3: Comuni confinanti

Il territorio comunale risulta interessato dalle seguenti sezioni in scala 1:10.000 della CTRN della Regione del Veneto:

- 082140 Cesuna;
- 082150 Monte Gusella;
- 103020 Piovene Rocchette;
- 103030 Lugo di Vicenza.

Mentre gli elementi in scala 1:5.000 sono i seguenti:

- 082142 Monte Lintiche;
- 082153 Cima del Porco;

- 103021 Monte Sunio;
- 103034 Monte;
- 103022 Chiuppano;
- 103033 Lugo di Vicenza;

La cartografia IGMI in scala 1:25.000 interessata è rappresentata dalle seguenti sezioni:

- 37 III NO – Caltrano;

1.3. Inquadramento topografico

Il Comune di Calvene interessa il settore meridionale dell'altopiano dei Sette Comuni. Le quote più elevate si raggiungono in corrispondenza dei rilievi collinari con 1517 m s.l.m. in corrispondenza della cima Fonte, mentre l'area più depressa è situata nella parte meridionale dove, nei pressi della frazione Bissoli in corrispondenza dell'area industriale, la quota è di 155 m s.l.m.

Il dislivello complessivo del territorio comunale assomma quindi a circa 1360 metri. Il centro urbano di Calvene si sviluppa tra i 160 e i 220 m s.l.m..

Suddividendo il territorio in aree geografiche diversificate, i circa 11,5 kmq totali del Comune risultano così distribuiti:

Area geografica	Superficie (kmq)	Percentuale sup.
Area della piana alluvionale	1,3	11%
Area montana e collinare a nord dell'Astico	9,9	86%
Area collinare meridionale	0,3	3%
Totali	11,5	100,00%

Tabella 1: distribuzione fasce altimetriche

Dalla lettura della tabella si può osservare come l'area morfologicamente pianeggiante rappresenti una modesta frazione del territorio comunale anche se risulta ovviamente la più densamente edificata.

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEGLI EVENTI

Le note di carattere generale riportate di seguito, sono tratte da ricerche bibliografiche e fanno riferimento principalmente al lavoro di Monica Sugan e Laura Peruzza: "Distretti sismici del Veneto" (dicembre 2011) oltre che alle altre pubblicazioni citate in bibliografia.

Il settore orientale delle Alpi Meridionali, all'interno del quale è compresa la Regione Veneto, è la zona con sismicità più accentuata dell'intera catena alpina: tale situazione è da imputarsi alle caratteristiche geodinamiche dell'area, interessata, anche attualmente, da un processo di raccorciamento. Infatti, dal Cretaceo in poi, la convergenza tra la placca Europea e la placca Adriatica, strutturalmente continua con la placca Africana, provoca la collisione alpina i cui effetti perdurano fino ad oggi.

Le Alpi Meridionali Orientali, situate sull'estremità nord-orientale della microplacca Adriatica, sono una catena a pieghe e sovrascorrimenti sud-vergenti (Figura 4). La loro architettura è il risultato di due principali fasi compressive del Terziario: la fase meso-alpina (Paleogene) e la fase neo-alpina (Neogene-Quaternario). Quest'ultima è responsabile di buona parte del sollevamento delle montagne venete, con formazione di sovrascorrimenti S-SE vergenti. Le deformazioni compressive del Messiniano-Pliocene hanno generato pieghe e sovrascorrimenti disposti NE-SO (Flessura Pedemontana, anticlinale di rampa frontale del sovrascorrimento Bassano-Valdobbiadene) e riattivato il sistema trascorrente Schio-Vicenza.

Nella pubblicazione di Sugan e Peruzza, il territorio veneto è diviso in 9 distretti sismici (Figura 5): il Comune di Calvene ricade in parte nel "**Distretto Pedemontana Sud**", del quale si riassumono i lineamenti principali. *Questa regione si estende dall'Altopiano di Asiago fino alla zona pedemontana del margine del Cansiglio, verso SE si estende alla zona di pianura approssimativamente ad includere la fascia delle risorgive; lungo la catena il sistema strutturale* è *troncato bruscamente ad Ovest dagli allineamenti disposti NO-SE del sistema Schio-Vicenza verso Est da elementi paleogeografici (margine occidentale del massiccio del Cansiglio). L'area presenta tuttora un'attività tettonica rilevante con una compressione attiva la cui velocità è stimata dell'ordine di qualche mm/anno. La stretta di Quero e il rilievo del Montello sono gli elementi geologici e morfologici di questo distretto attorno ai quali si sono maggiormente concentrati studi per il riconoscimento di faglie attive. Nonostante ciò, il potenziale sismico dell'area resta ancora piuttosto controverso e si moltiplicano gli studi per comprendere la relativa assenza di sismicità su faglie ritenute capaci di generare forti terremoti. Per questo si attendono i risultati di monitoraggi specifici, attualmente in corso per caratterizzare la deformazione geodetica e la microsismicità (OMBRA Projet Group 2011).*



Figure 1. Structural model of NE Italy and W Slovenia. The letters a, b, c and d define the traces of the geological sections reported in Figs 11, 14, 4 and 6, respectively. Legend (towns): <u>TH</u>, Thiene; <u>GE</u>, Gemona; <u>GO</u>, Gorizia. Legend (structures): TC, Trento-Cles fault; SV, Schio-Vicenza fault; TB, Thiene-Bassano fault; BC, Bassano-Cornuda fault; BV, Bassano-Valdobbiadene fault; BL, Belluno fault; VS, Valsugana fault; FU, Funes fault; AN, Antelao fault; MT, Montello fault; CA, Cansiglio fault; PM, Polcenigo-Maniago fault; AR, Arba-Ragogna fault; PE, Periadriatic thrust; PU, Pinedo-Uccea fault; DA, Dof-Auda fault; SA, Sauris fault; BC, But-Chiarsò fault; FS, Fella-Sava fault; VR, Val Resia fault; VV, Val Venzonassa fault; BE, Bernadia fault; BU, Buia fault; ST, Susans-Tricesimo fault; UD, Udine-Buttrio fault; PZ, Pozzuolo fault; MD, Medea fault; PA, Palmanova fault; ID, Idrija fault; PR, Predjama fault.

Figura 4: Modello strutturale dell'Italia nord-orientale che riporta I principali sovrascorrimenti della catena sudalpina orientale (da Galadini et al. [2005]).

Il distretto Pedemontana Sud è una zona interessata storicamente da un evento distruttivo e numerosi eventi che hanno superato la soglia del danno ($I_0 = VI MCS$), documentati in modo abbastanza affidabile sin dal XIII secolo. Risale al 25 febbraio 1695 l'evento più energetico ($I_0 = IX-X MCS$, $M_W = 6,61$), la cui magnitudo ricavata dai dati macrosismici è comparabile ai massimi eventi registrati nell'area friulana a seguito del terremoto del 1976. Localizzato nell'Asolano, l'evento ha raggiunto la soglia della distruzione coinvolgendo l'area compresa tra Bassano del Grappa e Valdobbiadene.

Danni significativi dovuti ad eventi più antichi vengono invece attribuiti esclusivamente o prevalentemente alla città di Treviso (778 I_0 = VIII-IX, M_w = 5,84; 1268 I_0 = VII-VIII, M_w = 5,37); per questi eventi è oggi impossibile risolvere la vera localizzazione, data la scarsità di fonti storiografiche che documentano i danni.

Geol. Francesco Marinoni

Quattro eventi minori (25 febbraio 1756, 1857, 1897, e 1919) sono stati recentemente revisionati Molin et al., 2008) con modifiche lievi ai parametri di intensità e localizzazione. Negli ultimi due secoli, l'evento maggiore è stato quello del 12 giugno 1836 localizzato nell'area di Bassano, che ha raggiunto la soglia del danno significativo ($I_0 = VII-VIII MCS$, $M_W = 5,48$) e una serie di eventi dannosi prevalentemente documentati nella seconda metà del XIX secolo. Da oltre un secolo, quindi, non si verificano eventi di energia significativa.



Figura 5: Mappa della sismicità storica del Veneto e aree limitrofe; fonte dati CPTIO4 criticamente rivisto (Molin et al, 2008). In legenda i simboli colorati indicano la magnitudo equivalente a Mw riportata in CPTI Working Group (2004); i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati "NP", modificati "MOD" o rimossi "RM". (Estratto da Sugan e Peruzza, 2011)

La sismicità registrata strumentalmente dal 1977 si presenta da bassa a moderata, con diversi eventi di magnitudo superiore a 3, limite teorico della soglia di percezione, localizzati lungo la fascia esterna della catena alpina, nella zona della flessura Pedemontana e del Montello. La magnitudo massima registrata nell'area fino al 2010 è M_D = 3,3...... Il 13 settembre 2011 è avvenuto un evento di M_L = 3,7 percepito particolarmente nella località di Moriago della Battaglia; esso risulterebbe l'evento più energetico in epoca strumentale......

Dal punto di vista della neotettonica è in atto un processo di sollevamento causato da compressione con forte raccorciamento crostale che raggiunge valori massimi nel Friuli centrale. Le strutture neotettoniche più importanti sono rappresentate in primo luogo dai sovrascorrimenti orientati ENE-OSO e subordinatamente da back-thrust e faglie subverticali con componenti più o meno rilevanti di trascorrenza orientate NO-SE. Modelli cinematici del movimento della microplacca Adria, basati su misure geodetiche, stimano una convergenza in quest'area di 2-3 mm/anno. Sulla base di datazioni di terrazzi fluviali, Benedetti et al. (2000) attribuiscono una costante di scorrimento di 1,8-2 mm/a alla sola faglia del Montello negli ultimi 300.000 anni.



Figura 6: Sorgenti sismogenetiche DISS versione 3.1.1 (DISS Working Group, 2010). Visualizzazione su DEM. Con codice sorgente in azzurro le sorgenti composite (CS), in rosa le sorgenti individuali (IS) e in arancione le sorgenti ritenute controverse (Debated Sources, DS). (Estratto da Sugan e Peruzza, 2011)

Nel lavoro di Sugan e Peruzza, sono riportate le seguenti informazioni riguardo le sorgenti sismogenetiche che interessano il Distretto Pedemontana Sud, localizzate nelle planimetrie della Figura 6.

In questo distretto, DISS, versione 3.1.1 identifica due sorgenti composite, denominate Thiene-Cornuda (ITCS007), che si estende dalla città di Schio a Cornuda e Montebelluna-Montereale

Geol. Francesco Marinoni

(ITCS060), dallo sbocco in pianura del F. Piave, a quello del T. Cellina. Entrambe le sorgenti composite rappresentano segmenti di sovrascorrimenti vergenti S-SE, implicati nella sismogenesi degli eventi maggiori fino a profondità modeste (7-9 Km) e frammentati da elementi trasversali.

Alla prima sorgente composita appartengono le sorgenti individuali di Thiene-Bassano (ITIS 127), che risulta quiescente in epoca storica e la struttura Bassano-Cornuda (ITIS102), cui viene associato il terremoto di Asolo del 25 febbraio 1695, nonché la sorgente individuale di Monte Grappa (ITIS113). Quest'ultima viene interpretata come il back-thrust della più grande sorgente di Bassano-Cornuda e ad essa è associato il terremoto di Bassano del 1836, Mw = 5,48. Strike-slip appare invece il meccanismo dell'evento di $M_D = 3,3$, avvenuto il 6 dicembre 2009 nella medesima area.

Procedendo verso Est, della sorgente composita Montebelluna-Montereale fa parte la sorgente sismogenica individuale del Montello (ITIS101), collegata al sovrascorrimento Montello-Conegliano. Anche in questo caso, non vi sono indizi di forti terremoti storici associati. Sebbene le evidenze geomorfologiche e geologiche (terrazzi fluviali deformati, diversione del Piave, vedi Benedetti et al. (2000), confermino l'attività recente dei fronti di deformazione del thrust Montello-Conegliano, non vi sono chiare informazioni che permettano di definire quanto la deformazione venga rilasciata attraverso eventi sismici e quanto questo fenomeno avvenga in modo asismico.

Nella Figura 7 sono invece rappresentate le sorgenti sismogenetiche secondo quanto indicato in DISS 3.3.0 (2021).



Figura 7: Sorgenti sismogenetiche per il distretto Pedemontana Sud. DISS versione 3.3.0 (DISS Working Group, 2021) ITIS : Sorgenti sismogenetiche individuali ITCS : Sorgenti sismogenetiche composite

Di seguito è riportata la scheda ricavata dal catalogo DISS 3.3.0, relativa alla sorgente sismogenetica individuale ITIS 127 "Thiene-Bassano", che interessa la parte meridionale del Comune di Calvene.

	0		Home Map Search
Individual Seismogenio	C SOURCES		
COMMENTARY V PICT	URES KR	EFERENCES	User Comments
GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITIS127		
Name	Thiene-Bassa	no	
Compiler(s)	Burrato P.(1),	Galadini F.(2)	
Contributor(s)	Burrato P.(1),	Poli M.E.(3), Za	anferrari A.(3), Galadini F.(2)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazi Tettonofisica; 2) Istituto Nazi Pavia; Via Bas 3) Universit Territorio: Via	ionale di Geofis Via di Vigna Mu ionale di Geofis sini 15, 20133 degli Studi di U Cotonificio 114	sica e Vulcanologia; Sismologia e ırata, 605, 00143 Roma, Italy sica e Vulcanologia; Sezione di Milano - Milano, Italy dine; Dipartimento di Georisorse e Uldine, Italy
Created	23-Nov-2005	Cotormicio 114	, ounie, naiy
Updated	23-Nov-2005		
Display map	ST	1	
Related sources	ITCS007		
8			
PARAMETRIC INFORMATION	6	QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	45.75 / 11.62	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Length [km]	18.0	EJ	Inferred from geological data constraine by seismological considerations.
Width [km]	9.5	EJ	Inferred from geological data constrained by seismological considerations.
Min depth [km]	1.0	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Max depth [km]	5.8	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Strike [deg]	244	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Dip [deg]	30	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Rake [deg]	80	LD	Based on geological and geodetic data.
Slip Per Event [m]	1.5	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min max	0.11.0	LD	Based on geological observations.
Recurrence [y] min max	1500 15000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.6	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
LD=LITENATURE DATA; OD=ORGINAL DATA;	ER=EMINICAL RELATION	SHIP; AR=ANALYDICAL R	leukrionesen;EJ=Ekneen Juudemenn;
INFORMATION ABOUT THE	ASSOCIATED E	ARTHQUAKES	
Latest Earthquake	Unknown		See "Commentary" for information
Penultimate Earthquake	Unknown		See "Commentary" for information

2.1. Pericolosità sismica

Per quanto attiene alla pericolosità sismica del territorio, sempre nella pubblicazione di Sugan e Peruzza si legge: "Per quanto riguarda la zonazione sismica, si nota che a fronte di una sismicità recente modesta, sono stati proprio i forti eventi del passato ad aver consentito un'applicazione abbastanza precoce di norme antisismiche a circa la metà dei comuni veneti che ricadono nel distretto; 11 comuni sono entrati in classificazione col Regio Decreto del 22 novembre 1937, mentre il gruppo più corposo di comuni in classe II risale al 1982. Grossomodo i limiti dell'area mantenuta in zona 2 con l'Ord. 3274/03 coincide con valori di accelerazione attesa superiori a 0,2 g, con qualche anomalia nella pedemontana trevigiana. Nel distretto complessivamente si attendono valori di pericolosità non inferiori a 0,125-0,150 g, fino a 0,250 g nella porzione orientale del distretto."



Figura 8: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale relativa alla Regione Veneto, entrata in vigore con l'Ordinanza PCM 3519/2006, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s; cat A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

Geol. Francesco Marinoni

Con DGR n. 1381 del 12 ottobre 2021 la Regione Veneto ha classificato il Comune di Calvene in **zona sismica 2.**

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 _e /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-015	0,15
4	<0,05	0,05

Tabella 2: Definizione delle zone sismiche secondo quanto stabilito dall'OPCM 3274 del 20 marzo 2000

Per quel che riguarda valutazioni di progetto, si ricorda che la DGR n. 71 del 2008 non ha modificato la zonazione sismica del Veneto, ma ha assunto le accelerazioni di riferimento per il calcolo sismico così come introdotte dalla OPCM 3519 del 2006. Come risulta dalla Figura 8 e dalla Figura 9, il Comune di Calvene ricade nella fascia con accelerazione (a_g) orizzontale massima attesa, con probabilità d'eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi subpianeggianti caratterizzati da Vs30 > 800 m/s (ovvero di categoria A di cui al punto 3.2.1 del D.M.14.09.2005), compresa **tra 0,150 g e 0,175 g**.



Figura 9: Mappa di pericolosità sismica relativa al territorio di studio, entrata in vigore con l'Ordinanza PCM 3519/2006, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s; cat A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

Per valutare l'accelerazione attesa nel comune in esame, può essere utilizzato il software "Spettri di risposta" vers. 1.0.3, scaricabile dal sito internet del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Procedendo con la ricerca "per comune", si viene a determinare, per il **Comune di Calvene**, un valore di ag per un tempo di ritorno pari a 475 anni (corrispondente alla accelerazione massima con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi con Vs₃₀ > 800 m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) pari **0,161 g.** Lo stesso modello di calcolo fornisce oltre ai valori di ag anche quelli di Fo e Tc per vari tempi di ritorno e a monte della scelta della strategia di progettazione; i dati sono riportati nella tabella seguente.

T _R [anni]	а _g [g]	F。 [-]	T _c * [s]
30	0,044	2,467	0,237
50	0,058	2,5	0,25
72	0,07	2,46	0,26
101	0,083	2,419	0,271
140	0,097	2,387	0,278
201	0,114	2,377	0,285
475	0,161	2,411	0,29
975	0,21	2,423	0,291
2475	0,287	2,384	0,305

Tabella 3: indicazione dei parametri per i diversi tempi di ritorno relativi all'ex Comune di Calvene

Il software "Spettri di risposta" prevede anche l'opzione ricerca per coordinate, cosicché inserendo le coordinate del sito da esaminare si può conoscere il valore preciso dell'accelerazione di base ag. Tale opzione è ovviamente preferibile poiché fornisce valori più precisi, visto che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono variare.

Si fa notare che secondo l'O.P.C.M. n. 4007 del 29.02.2012 il Comune di **Calvene** è classificato con **ag = 0,160949**

I valori dell'accelerazione da utilizzare nelle modellazioni, dovranno essere opportunamente modificati in funzione delle scelte progettuali e dell'ubicazione precisa del sito in esame.

Riguardo la magnitudo attesa, dalla scheda precedente relativa alla sorgente sismogenetica ITIS127 Thiene - Bassano, si desume che la Magnitudo massima che può verificarsi è pari a 6,6. Tale dato trova conferma anche da quanto riportato negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, dove all'interno del paragrafo 2.8 "*Procedura di stima della Magnitudo attesa per le analisi nelle zone suscettibili di instabilità*" è riportata la seguente tabella.

Nome ZS	Numero ZS	Mwmax
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jónica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Tabella 2.8-1 - Valori di M_____ per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Questa tabella fa riferimento alla zonazione sismogenetica (Zonazione ZS9 a cura di C. Meletti e G. Valensise - 2004) che suddivide il territorio nazionale in 36 zone sismiche; il Veneto risulta compreso all'interno delle Zone Sismiche 905 (Veneto orientale) e 906 (Garda-Veronese), alle quali corrisponde una M_{wmax} pari a 6,6. Il Comune di Calvene ricade all'interno della zona 906.

2.2. Sismicità storica dell'area

Per valutare la sismicità storica del territorio in esame sono stati consultati i seguenti cataloghi:

- > Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI15 versione 4.0 (gennaio 2022)
- > Database Macrosismico Italiano DBMI15 versione 4.0 (gennaio 2022)
- Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1997 CFTI Med 5 a cura di E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Valensise

Nelle figure seguenti, è riportata la storia sismica del Comune di Calvene (Figura 10) e quella del Comune di Bassano del Grappa (Figura 11), situato circa 17 Km più a Est, dove la sequenza storica è molto più estesa. In Figura 12 è riportata la mappa della sismicità storica del distretto Pedemontana Sud (PS).

Le sigle utilizzate nelle tabelle hanno il seguente significato:

loDef = Intensità epicentrale predefinita

MwDef = Magnitudine del momento predefinita

Geol. Francesco Marinoni

File downloaded from C	PTI15-DBM	I15 v4.0											
Catalogo Parametrico d	ei Terremot	i Italiani - I	Database	Macrosi	ismico Ita	aliano							
Istituto Nazionale di Ge	ofisica e Vul	lcanologia	(INGV)										
Seismic history of	Calvene												
PlaceID	IT_24165												
Coordinates (lat, lon)	45.765, 11	.512											
Municipality (ISTAT 201	Calvene												
Province	Vicenza												
Region	Veneto												
No. of reported earthqu	ı 2												
Int. at place	N	Year	Мо	Da	Но	Mi	Se	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	loDef	MwDef
4	3520	1987	5	2	20	43	53,32	Reggiano	44,81	10,694	0,1	6	4,71
5	3594	1989	9	13	21	54	1,5	Prealpi Vicentine	45,882	11,264	9	6-7	4,85



Figura 10: Storia sismica di Calvene (da INGV, Database macrosismico italiano DBMI15)

File downloaded from CE	2115-DBMI15 v4 0									
Catalogo Parametrico de	i Terremoti Italiani	- Databas	e Macro	sismico	Italiano					
Istituto Nazionale di Geo	fisica e Vulcanolog				tanano					
Colomia history of	Bassana dal Cra									
	Dassano dei Gra	рра								
	11_24065									
Coordinates (lat, lon)	45.767,11.734									
Municipality (ISTAT 2015)assano del Grappa									
Province	Vicenza									
Region	Veneto									
No. of reported earthqua	a 40									
Int. at place	N	Year	Мо	Da	Но	Mi	Se	EpicentralArea	loDef	MwDef
HF	89	1348	1	25				Alni Giulie	9	6.63
7	560	1605	2	25	5	30		Aprolano	10	6.4
/	790	1756	2	25	5	30		Valla del Pronto	10	0,4
5	760	1020	2	20	12	15			4 F	3,7
F	1068	1826	0	24	12	15		Garda occidentale	5	4,62
4	1111	1832	3	13	3	30		Reggiano	/-8	5,51
5-6	1141	1836	6	12	2	30		Asolano	8	5,53
3	1281	1859	1	20	7	55		Prealpi Trevigiane	6	4,8
4	1498	1885	2	26	20	48		Pianura Padana	6	5,01
4	1524	1887	2	23	5	21	50	Liguria occidentale	9	6,27
6	1531	1887	4	14	2	15		Asolano	6	4,82
4	1562	1890	3	26	20	10		Bellunese	6	4,82
5	1570	1891	6	7	1	6	14	Valle d'Illasi	8-9	5,87
F	1581	1892	1	5				Garda occidentale	6-7	4,96
4	1597	1892	8	9	7	58		Valle d'Alpone	6-7	4,91
3	1617	1894	2	9	12	48	5	Valle d'Illasi	6	4,74
3	1627	1894	11	27	5	7		Bresciano	6	4,89
4	1657	1895	6	10	1	47		Prealpi Trevigiane	6	4,85
4	1704	1897	6	11	12	45		Asolano	5-6	4,44
4	1726	1898	3	4	21	5		Parmense	7-8	5,37
4-5	1767	1900	3	4	16	55		Asolano	6-7	5,05
4	1802	1901	10	30	14	49	58	Garda occidentale	7-8	5,44
3-4	1847	1904	3	10	4	23	4,24	Slovenia nord-occiden	tale	
4	1925	1907	4	25	4	52		Veronese	6	4,79
5	1976	1909	1	13	0	45		Emilia Romagna orier	6-7	5.36
5	2106	1914	10	27	9	22		Lucchesia	7	5.63
F	2145	1916	5	17	12	50		Riminese	8	5.82
2	2236	1919	7	12	12	6		Asolano	4-5	5.03
3-4	2279	1921	9	12	0	25		Asolano	3-4	4 81
<u>A</u>	2273	1921	12	12	3	29		Carnia	7	5.42
́т	2323	1924	1	1	18	1	3	Carniola interna	7-8	5 72
2	2344	1020	1	10	5	4	J	Bolognese	6	5.05
<u> </u>	2391	1020	+ c	11	- J 10	-+4 22		Bolognese	6.7	5,05
З г	2400	1026	10	10	5 13	23 10		Alpago Cansiglio	0-7	5,29
5	2021	1070	10	18	3	10	12.47		9	0,00
5-6	3124	1976	5	0	20	0	13,17		9-10	0,45
NF	3167	19/6	12	13	5	24	F a	Garda settentrionale	/	4,9
4	3380	1983	11	9	16	29	52	Parmense	6-7	5,04
4-5	3520	1987	5	2	20	43	53,32	Reggiano	6	4,71
3-4	3594	1989	9	13	21	54	1,5	Prealpi Vicentine	6-7	4,85
3-4	4103	2001	7	17	15	6	15,27	Val Venosta	5-6	4,78
3-4	4252	2004	12	4	22	20	50,2	Prealpi Trevigiane	4-5	3,86



Figura 11: Storia sismica di Bassano del Grappa (da INGV, Database macrosismico italiano DBMI15

Come si vede, la storia sismica di Calvene è molto limitata, presumibilmente a causa della carenza di notizie storiche che è stato possibile reperire per questa località. La tabella ed il grafico relativi al comune di Bassano del Grappa evidenziano come il territorio in esame sia stato interessato dall'effetto di numerosi ed intensi terremoti. In particolare si segnalano gli eventi del 1695, 1836 e 1887 con epicentro nell'Asolano e nelle Prealpi venete. E' presumibile che a Calvene sia stato avvertito anche il terremoto del 1117, con epicentro nel Veronese.



Figura 12: Mappa della sismicità storica del distretto Pedemontana Sud (PS); fonte dati CPTIO4 criticamente rivisto (Molin et al.,2008). Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin et al. (1998b) (dx). In legenda: Maw indica la magnitudo equivalente a Mw riportata in CPTI Working Group (2004); i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati "NP", modificati "MOD o rimossi "RM". (Estratto da Sugan e Peruzza, 2011)

Di seguito si descrivono i caratteri più significativi e le notizie relative ai principali terremoti verificatisi, in epoca storica, nel Distretto Pedemontana Sud (Figura 12) ed al terremoto di Verona che, quasi sicuramente, ha avuto risentimenti anche a Calvene. Le note sono ricavate dal *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1997* **CFTI – Med 5**.

Terremoto del 3 gennaio 1117

Date	Time	Lat	Lon	Rel	lo	Imax	Sites	Nref	Me	Rme	Location	Country
03 01 1117	1 <mark>5:1</mark> 5	45.367	11.167	b	9	9.1	55	0600	6.8	I	Veronese	Italy

Lo studio di questa sequenza costituisce un caso storiografico di rilevante portata, trattandosi dell'evento sismico più forte dell'Italia settentrionale. La base informativa deriva da un consistente corpus di fonti scritte, formato da: a) 128 fonti memorialistiche (annali monastici, cronache, "notulae", calendari liturgici), di cui 69 primarie e 59 secondarie;

b) 17 documenti (pergamene in atti giudiziari, libri di conti, cartolari monastici);

c) 18 epigrafi, di cui 4 con riferimento diretto al terremoto, e 14 ad esso riconducibili attraverso la data di ricostruzioni o riconsacrazione;

d) è stata presa in esame anche la letteratura prodotta dagli astorici dell'arte, selezionando casi che sono stati ritenuti ben supportati da considerazioni storiche o analisi archeologiche.

Lo studio, che ha avuto diverse fasi di approfondimento a partire dai primi lavori del 1983, ha permesso di individuare due terremoti, avvenuti alla distanza di circa 9-11 ore, di cui il secondo più violento del primo. Il primo terremoto avvenne nella notte fra il 2 e il 3 gennaio 1117 prima del sorgere del sole (circa le ore 7:30 GMT in quel periodo dell'anno); il secondo, più forte, nel primo pomeriggio (circa alle ore 15:15 GMT) dello stesso 3 gennaio. Entrambi i terremoti sono ricordati con notevole precisione dalle fonti, ovviamente entro i riferimenti cronologici del tempo. Si può ragionevolmente ritenere che il primo terremoto abbia riguardato prevalentemente le regioni dell'odierna Germania meridionale e dell'Austria nord-occidentale, poiché queste sono le aree alle quali si riferiscono le fonti compilate a Disibodenberg, Freising, Salzburg, Augsburg, Costanza, St-Blasien, Zwiefalten e Melk per quanto riguarda il terremoto sentito nella notte; mentre nessuna delle fonti di area italiana (con la sola eccezione di Pisa) menziona riferimenti orari in questo contesto (per il dettaglio degli effetti in area transalpina si veda Guidoboni et al. 2005 (1)). Il secondo terremoto, ossia quello avvenuto nel pomeriggio del 3 gennaio 1117, colpì il Veronese, in particolare la bassa pianura lungo il corso dell'Adige, causò danni in un'estesa area della Pianura Padana, comprendente il Veneto, parte della Lombardia e l'Emilia settentrionale. Gli effetti di questo terremoto si estesero anche a nord delle Alpi, con danni leggeri a Bamberga (Germania).

Effetti in area italiana.

Le fonti memorialistiche coeve (annali e cronache) fanno riferimento ad alcune città colpite in area italiana: Verona, Brescia, Parma, Venezia. Verona risulta concordemente la città più danneggiata. A queste indicazioni delle fonti memorialistiche, si aggiungono i riferimenti a piccole comunità del Veneto e della Lombardia, contenuti in documenti giuridici, in cui il terremoto del 1117 è menzionato da testi come data di riferimento; inoltre hanno fornito indicazioni su singoli edifici le epigrafi.

Sono attestati crolli parziali nelle chiese cattedrali di Cremona, Padova, Vicenza, Piacenza e Parma, e nell'abbazia di Nonantola. Per l'Appennino non si hanno dati, in quanto mancavano centri culturali importanti in grado di produrre informazioni.

Effetti nelle singole località.

Verona fu la città maggiormente colpita e per la quale restano attestazioni sicure di danni gravi e diffusi. Risultarono

danneggiati i seguenti edifici: l'Arena (antico anfiteatro), e, secondo la letteratura degli storici dell'arte, oggi in parte revisionata: la chiesa di S.Zeno, S.Fermo Maggiore, S.Fermo Minore in Braida, S.Maria in Organo, S.Lorenzo, S.Trinità, SS.Apostoli, S.Elena, S.Giovanni in Fonte, S.Giovanni in Valle, S.Stefano, S.Eufemia, S.Giorgio in Braida, S.Procolo, S.Pietro in Castello, la cattedrale.

A Ronco all'Adige (Verona), un documento attesta gravi danni alla chiesa di S.Maria, consistenti in crolli di ampie parti della costruzione, tanto che non fu più ricostruita.

Omissis.....

Le fonti si soffermano con particolare attenzione sugli spettacolari fenomeni riguardanti i fiumi. Pur tenendo conto del quadro cognitivo nel quale sono espresse le descrizioni riferite dalle fonti, queste sembrano comunque rimandare a effetti reali di notevole portata. È descritto il grandioso sollevamento delle acque del fiume Po (Pianura Padana, Italia settentrionale), secondo un'impressionante descrizione degli "Annales S.Disibodi", redatti intorno al 1125-1147 da un monaco del monastero benedettino di Disibodenberg (1).

È ricordata l'ostruzione del fiume Adige, per parecchi giorni, causata da una frana, omissis

Sono inoltre menzionate spaccature nel terreno e sradicamento di alberi nell'area veronese, intorbidamento delle sorgenti (in località imprecisate), come attestato da Pietro Diacono, nato nel 1107, nella continuazione della cronaca del monastero di Montecassino (4); comparsa di sorgenti sulfuree da spaccature del terreno (forse in area veneta), secondo gli "Annales Venetici breves" (5); esondazione di laghi (forse del lago di Garda e del lago d'Iseo), secondo Guido Pisano, autore coevo (6).

Terremoto del 25 Febbraio 1695

Date	Time	Lat	Lon	Rel	lo	Imax	Sites	Nref	Me	Rme	Location	Country
25 02 1695	05:30	45.8	11.95	b	10	10	82	0192	6.5	!	Asolano	Italy

L'evento causò gravi danni in larga parte del Veneto; l'area più danneggiata è localizzata nell'alto trevigiano, a sud del Monte Grappa. Le località più colpite furono la città di Asolo e i villaggi circostanti: oltre 30 centri abitati subirono distruzioni gravissime e in altri 24 paesi e villaggi si ebbero crolli parziali e dissesti. Ad Asolo crollarono 1.477 case e 1.284 furono gravemente danneggiate. Danni contenuti (crollo di comignoli, leggere lesioni agli edifici e alle opera murarie) sono ricordati a Rovigo, Ferrara e Verona. Le fonti coeve descrivono i danni agli edifici spesso con il termine "diroccamento": sottoposto a una prima analisi semantica, basata sul confronto tra i vari documenti, questo termine è stato ritenuto equivalente all'espressione: "crolli con ribaltamento di qualche muro portante". Molte fonti non consentono tuttavia di definire con ulteriore precisione la qualità di tali crolli. Riguardo ai danni causati nei palazzi pubblici, va precisato che le stesse fonti ricordano il pessimo stato di conservazione in cui versavano gli edifici prima del terremoto. La scossa fu sentita in una vastissima area, comprendente la regione padana, dai territori bolognesi e ferraresi fino a Varese, le Prealpi lombarde, la regione del Garda e le Prealpi venete.

Le vittime furono alcune centinaia. Il terremoto aggravò una crisi economica in corso nella zona, causata dal pessimo andamento dei raccolti agricoli, compromessi dalle condizioni meteorologiche sfavorevoli. Le distruzioni accentuarono le tensioni sociali e la diffusione del pauperismo tra la popolazione rurale. Si verificò uno spopolamento nei centri asolani. La situazione di grave disagio economico, che minacciava la sopravvivenza stessa delle persone, e di tensione sociale si protrasse per vari mesi dopo il terremoto. I problemi finanziari del governo centrale della Repubblica di Venezia limitarono e ritardarono gli interventi. Si verificarono numerosi fenomeni di speculazione sui prezzi dei cereali.

Le testimonianze dirette attestano il prolungarsi del periodo sismico almeno fino alla metà di marzo, con repliche continue che scossero l'area epicentrale.

Terremoto del 12 Giugno 1836

Date	Time	Lat	Lon	Rel	lo	Imax	Sites	Nref	Ме	Rme	Location	Country
12 06 1836	02:30	45.8	11.817	b	8	8	27	0046	5.6	ļ	Prealpi venete	Italy

La scossa avvenne il 12 giugno 1836 alle ore 2:30 GMT e colpì la zona delle Prealpi venete posta nel versante meridionale del Monte Grappa. Gli effetti più gravi furono riscontrati nei paesi di Borso del Grappa, Fonte, Liedolo e Sant'Eulalia, dove la scossa causò il crollo totale di alcune case e ne danneggiò altre. Gravi danni vi furono anche a Crespano, Paderno del Grappa, Pagnano, Possagno, San Zenone degli Ezzelini e Semonzo. A Bassano la scossa causò la caduta di fumaioli e l'apertura di fenditure nei muri degli edifici; più di 60 case furono danneggiate.

La scossa fu avvertita a sud fino a Parma e a Ferrara, a nord in quasi tutto il Tirolo. Il 20 luglio 1836, alle ore 11:00 GMT, furono avvertite due forti repliche che causarono ulteriori danni a Borso del Grappa e a Possagno.

A seguito della scossa del 12 giugno 1836 non vi furono vittime. Molti abitanti di Bassano del Grappa fuggirono dalle loro case e si raccolsero all'aperto (1). Di 10.308 abitanti complessivi dei paesi più colpiti, 516 (il 5%) rimasero senza tetto, 3206 rimasero in abitazioni che creavano pericolo (il 31%) e 6586 non subirono alcun danno. Cadde il 5% dei fabbricati esistenti (2). Durante la replica più leggera del 20 luglio 1836 delle ore 11 GMT, alcune persone perirono nella zona compresa fra Borso e Possagno; gli abitanti di Crespano trasportarono i loro averi sulla piazza e nei prati, ove si accamparono.

2.3. Faglie che interessano l'area di studio

Il database di ITHACA segnala per il territorio del Comune di Calvene la presenza di una Faglia Attive e Capace, la cui scheda e ubicazione sono riportate di seguito

• N. 77543: Faglia "Bassano-Valdobbiadene 2"

	Fault description		
GENERAL IDENTIFICATION			
Fault Code	77543		
Fault Name	BassanoValdobbiana2		
Region Name	Veneto		
Tectonic Environment	PLATE BOUNDARY		
System Name	BassanoValdobbiana		
Synopsis			
Rank	Primary		
2000 MCC 2			
GEOMETRY AND KINEMATICS			
Segmentation	Single Segment		
Average Strike (°)	240		_
Dip (°)	Undefined		
Dip Direction	NW		_
Fault Length (km)	22.3		
Mapping Scale	1:200000		
Fault Depth (m)			
Kinematics	Reverse		
ACTIVITY			
ACTIVITY Surface Evidence	wall expressed		_
Last Activity	Distocono gonorio		
Last Activity	Pleistocene generic		-
Applied Tecnique	Field studies		
Evidence for Capability	Displacement of Quaternary deposits and/or land fo	rms	
SLIP PARAMETERS			_
Recurrence Interval (yr)			_
Slip Rate (mm/yr)			_
Max Credible Rupture Length (km)			
Max Credible Slip (m)			_
Time Since Last Event (yr)			_
Max Known Magnitude (Mw)			_
Max Known Intensity (MCS)			
Known Seismic Events			
FINAL REMARKS			
Capability Consensus	ow reliability		
Study Quality	LOW		
Notes			
Fault Trace Reference			
Last Update			
DEFEDENCES			
Authors	Title	Reference	Vear
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale)	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G.,			
CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDIN D., CAVALLIN A. et alii	Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Sc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982
ZANFERRARI A., PIANETTI F., MATTANA U., DALL'ARCHE L. & TONIELLO V. (1980	Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei fogli 38 - Conegliano, 37 - Bassano del Grappa (p.p.) e 39 - Pordenone (p.p.)	CNR (1980) - Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. P.F. Geodinamica, Pubbl. 356 (1), 397-435	1980
PELLEGRINI G.B. & ZANFERRARI A. (1980)	Inquadramento strutturale ed evoluzione neotettonica dell'area compresa nei fogli 23 Belluno, 22 Feltre (p.p.)	CNR (1980) - Contributi conclusivi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 513 P.F. Geodinamica, Pubbl. 356(1), 359-396	1980
SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C. et alii	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp	1987
AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983



Figura 13 e 14: estratto mappa progetto ITHACA

Geol. Francesco Marinoni

Si ricorda che le dislocazioni ricavate dal catalogo ITHACA sono posizionate in modo non congruente alla scala del rilevamento, per cui l'ubicazione è incerta. La traccia indicata deve quindi essere intesa come segnalazione di passaggio della faglia, ma non come ubicazione geometrica precisa (Figura 13 e 14). Nel sito internet <u>http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/</u> si legge:

"Le faglie capaci vengono mappate e caratterizzate in ITHACA sulla base dei dati disponibili in letteratura, dopo una attenta revisione critica. Ne consegue che ITHACA:

- è in continuo aggiornamento e non può mai considerarsi completo o definitivo;
- non rappresenta la totalità delle faglie capaci presenti sul territorio nazionale, ma solo quelle per le quali esiste uno studio e quindi un riferimento bibliografico;
- non ha una copertura omogenea a livello nazionale. Il dettaglio è funzione della qualità delle indagini che sono state effettuate (rilevabile dal campo study quality) e della scala alla quale è stato pubblicato il dato, indicata nel campo mapping scale, presente nella Scheda descrittiva associata ad ogni faglia. A tal riguardo, la risoluzione massima a cui poter utilizzare il dato non deve essere superiore alla mapping scale.

In particolar modo per gli studi di microzonazione sismica, ISPRA declina ogni responsabilità in merito ad un utilizzo delle informazioni contenute in ITHACA per la caratterizzazione di dettaglio della pericolosità da fagliazione superficiale ma è comunque disponibile a fornire assistenza tecnica alle Amministrazioni locali, al fine di migliorare le conoscenze sulle faglie capaci sul proprio territorio.

Poiché la faglia in oggetto appartiene ad una struttura a scala regionale la cui attività è stata accertata in territori situati più ad Est, si ritiene, in questa fase, di confermare la classificazione proposta da ITHACA. Pertanto associata alla faglia viene stabilita una fascia di attenzione avente ampiezza pari a 400 metri.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1. Assetto litologico e geomorfologico

Il Comune di Calvene si colloca nell'ambito delle Prealpi venete. La maggior parte del territorio si sviluppa lungo le pendici meridionali dell'altopiano di Asiago e, al di sopra di quota 750 m s.l.m., è disabitata, ad eccezione di qualche malga. La fascia pedemontana sovrastante il centro abitato comunale, tra quota 300 e 700 m s.l.m. circa, è sede di alcune frazioni. Il centro del Comune si colloca in una zona di conoide alluvionale ad una quota prossima ai 200 m s.l.m. La fascia di territorio posta alle quote più basse coincide con il fondovalle del T. Astico, costituito da deposti alluvionali prevalentemente ghiaiosi: qui si trovano alcuni nuclei abitati e degli insediamenti artigianali. Le caratteristiche geologiche dettagliate sono illustrate nel successivo paragrafo 3.3.

Le formazioni rocciose che appaiono in affioramento sono costituite da una serie di litotipi di varia genesi: si possono osservare infatti formazioni litoidi stratificate molto tenaci come la Dolomia Principale e i Calcari Grigi (confinati nella parte più settentrionale del territorio comunale), formazioni calcareo marnose a fitta stratificazione come il Rosso Ammonitico, il Biancone e la Scaglia rossa e in genere tutte le formazioni litoidi eoceniche che compaio in affioramento nelle parti basse dei versanti collinari. Infine i basalti ed i tufi basaltici affioranti soprattutto nei rilievi collinari a sud ovest dell'Astico e sul versante idrografico sinistro nel settore meridionale del Comune. I depositi basaltici, pur avendo buone qualità geomeccaniche in profondità, sono caratteristici per la particolare coltre di alterazione che può presentare spessori anche significativi.

I depositi sciolti sono rappresentati principalmente dalle alluvioni di fondovalle, dalle conoidi alluvionali e detritiche poste in corrispondenza del raccordo con il fondovalle e allo sbocco degli impluvi laterali ed infine dai terreni colluviali caratterizzati in genere da elevate frazioni argillose.

3.2. Idrografia ed idrogeologia

Per quanto riguarda gli aspetti strettamente idraulici, il corpo idrico di maggiore importanza è rappresentato dal torrente Astico che, in corrispondenza del centro abitato di Calvene, cambia direzione piegando decisamente verso sud.

L'Astico raccoglie gli altri corsi d'acqua che drenano il territorio montano e collinare del Comune: il torrente Chiavone che raccoglie le acque dei rilievi collinari posti ad est, i torrenti della Valle di Fonte e Vallescura che invece provengono da nord e raccolgono le acque provenienti direttamente dai rilievi montuosi del margine meridionale dell'Altopiano di Asiago.

Dal punto di vista idrogeologico si possono distinguere tre diverse condizioni:

 Terreni permeabili per carsismo e fessurazione che sono confinati nella parte più settentrionale dove affiorano litotipi carbonatici oggetto anche di fenomeni carsici di dissoluzione;

- Terreni alluvionali del fondovalle caratterizzati da permeabilità per porosità tale da consentire lo sviluppo di una falda freatica parzialmente utilizzata anche a scopo idropotabile;
- Terreni afferenti alle formazioni oligoceniche e alle rocce vulcaniche basaltiche e ai loro derivati di alterazione che sono in genere poco permeabili a causa della elevata presenza di termini argillosi.

3.3. Descrizione della carta geologico-tecnica

La carta geologico tecnica, in scala 1:10.000 è stata predisposta, in base alle informazioni reperite, su tutto il territorio comunale con l'esclusione della fascia più elevata dove non ci sono centri urbanizzati e solamente qualche casa sparsa.

Sono stati inoltre effettuati dei sopralluoghi mirati sul territorio per dirimere alcune incertezze sugli affioramenti e sulla definizione dei terreni della coltre quaternaria.

Seguendo le indicazioni riportate negli standard di rappresentazione, sono graficizzati i dati finalizzati alla definizione del quadro della risposta sismica della zona indagata.

Sono state così raccolte informazioni dalle seguenti fonti originali:

- Cartografia geologica allegata agli strumenti pianificatori del Comune di Calvene (PRG e PATI);
- Cartografia geologica allegata al Piano Territoriale Provinciale di Coordinamento;
- Pubblicazioni ed articoli specialistici disponibili;
- Progetto IFFI Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia ISPRA;
- Italian Catalog Of Seismic Ground Failures CEDIT (Aggiornato al 2021)
- La carta della Pericolosità Geologica del Piano stralcio dell'assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Brenta redatta dall'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico;
- Dati ed indagini resi disponili dall'amministrazione e realizzate ex-novo;
- Dati morfologici ricavabili dalla elaborazione 3D della Carta Tecnica Regionale Numerica della Regione Veneto;
- ITHACA Catalogo delle Faglie Capaci

La carta geologico tecnica evidenzia una semplice suddivisione del territorio in cui si possono distinguere tre aree geologicamente e geomorfologicamente diversificate: il versante dell'altopiano di Asiago, il fondovalle e le colline meridionali.

Geol. Francesco Marinoni

3.3.1. Substrato geologico e copertura quaternaria

Le principali caratteristiche litostratigrafiche possono essere riassunte nei seguenti paragrafi dove le descrizioni delle formazioni rocciose e dei depositi quaternari seguono l'ordine cronologico iniziando da quelle più antiche.

La sequenza stratigrafica del substrato è rappresentata dalle formazioni litoidi carbonatiche, marnose e vulcaniche che nella Carta Geologico Tecnica sono state accorpate e semplificate. I limiti e le definizioni delle unità geologiche sono stati in alcuni casi leggermente modificati o adeguati a delle condizioni oggettive riscontrate oppure per le indicazioni derivanti da nuove indagini geologiche.

La descrizione della sequenza stratigrafica del substrato viene qui riportata estraendola dalle relazioni geologiche del PRG e del PATI.

Formazioni del substrato

Dolomia Principale

Costituita da rocce dolomitiche bianche e grigie in banconi compatti con ottime caratteristiche geomeccaniche. Compare nella fascia montuosa posta a nord del centro abitato

Calcari Grigi

Formazione costituita da una potente pila di strati calcarei grigi, biancastri (a volte dolomitici) con intercalazioni marnose. Affiora nella parte media e sommitale del territorio comunale dove, a causa della elevata dissoluzione, danno origine a forme carsiche.

Rosso Ammonitico

Formazione con spessore medio compreso tra 20 e 30 metri e costituita da strati nodulari con spessore centimetrico di colore rosato, rosso o rosso mattone. Affiora sulla sommità del territorio comunale e nei pressi dell'abitato di Monte.

<u>Biancone</u>

Formazione litoide costituita da strati centimetrici di calcari bianco avorio a frattura concoide intervallati da livelletti marnosi e da liste di selce.

<u>Scaglia Rossa</u>

Calcare marnoso a strati sottili e in genere alterato e disarticolato in superficie. Affiora in prossimità delle frazioni di Giarre e Malleo lungo il versante settentrionale del Comune.

Formazione eocenica

Formazione che affiora lungo una fascia posta in prossimità degli abitati di Grumale, Capozzi, Maso e Pradelgiglio; è costituita da una serie complessa di litotipi eterogenei. Si trovano infatti conglomerati, calcareniti, arenarie e marne con comportamenti diversificati dal punto di vista geomeccanico ma che comunque determinano una coltre di alterazione con abbondante frazione argillosa.

Calcareniti e marne dell'Oligocene

Si tratta di una formazione costituita in prevalenza da calcareniti biancastre e da strati marnosi sfogliettati molto degradabili. Appare in affioramento in genere alla base dei versanti e a contatto con le alluvioni dell'Astico.

Basalti e tufi basaltici

Formazione costituita in prevalenza da lave, anche subaeree, brecce e tufi vulcanici di colore grigio-nero con abbondante alterazione argillosa superficiale. Essa occupa quasi tutta la zona meridionale del territorio comunale oltre il T. Astico ed un'altra zona a sud-est confinante con Lugo Vicentino. I basalti presentano in genere buoni caratteri geomeccanici, mentre scadenti sono le caratteristiche dei tufi e dei terreni superficiali argillosi prodotti dalla degradazione dei basalti e dei tufi.

Depositi sciolti quaternari

Alluvioni del T. Astico

Sono costituite da un potente materasso di depositi fluviali del torrente Astico disposti in due terrazzi formatisi in epoche diverse. La parte superiore è costituita da ghiaia e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa e limosa, nella parte inferiore compaiono orizzonti conglomeratici cementati.

Conoidi alluvionali e detritiche

Sono presenti allo sbocco delle valli principali e sono costituite in genere da frammenti di Scaglia Rossa e Biancone in matrice limosa.

Terreni colluviali

Sono costituiti in prevalenza da argilla di alterazione dei basalti situati nelle colline e da ciottoli basaltici inglobati

Nella tabella seguente sono riportate le formazioni rocciose del substrato e i terreni quaternari descritti in precedenza riclassificati secondo i codici riportati negli Standard di rappresentazione. Come base dati è stata utilizzata principalmente la cartografia della documentazione geologica del PRG del Comune di Calvene ed alcune pubblicazioni geologiche relative all'area esaminata.

Tali informazioni sono state poi adeguate e interpretate sulla base della cartografia di dettaglio e riclassificate secondo le categorie previste dagli standard.

Tabella 4: classificazione formazioni litologiche affioranti e depositi quaternari.

Descrizione da PRG	Località	Codice MS	Codice genetico	Descrizione
Dolomia Principale	Area collinare montana	LPS	-	Substrato lapideo stratificato
Calcari Grigi	Area collinare montana	LPS	-	Substrato lapideo stratificato
Rosso Ammonitico	Area collinare montana	LPS	-	Substrato lapideo stratificato
Biancone	Basso versante collinare	SFLPS		Substrato lapideo stratificato fratturato o alterato
Scaglia Rossa	Basso versante collinare	SFLPS		Substrato lapideo stratificato fratturato o alterato
Formazione eoceniche	Basso versante collinare	SFLPS		Substrato lapideo stratificato fratturato o alterato
Calcareniti e marene oligoceniche	Basso versante collinare	SFLP		Substrato lapideo fratturato o alterato
Brecce e tufi basaltici alterati	Aree collinari meridionali	SFIS		Copertura incoerente o poco consolidato di substrato fratturato/alterato
Lave massicce e lave subaeree	Aree collinari meridionali	SFLP		Substrato lapideo fratturato o alterato
Calcareniti e marne oligoceniche	Aree collinari meridionali	SFLP		Substrato lapideo fratturato o alterato
Alluvioni del torrente Astico	Fascia centrale della piana alluvionale	GW e GM	fg es	Miscele di ghiaie e sabbie con limo
Coni detritici	Versanti laterali al fondovalle	GP	fd	Miscele di ghiaia e sabbia
Terreni colluviali	Versanti laterali al fondovalle	CL	ec	Argille ghiaiose o sabbiose

3.3.2. Elementi geomorfologici e idrogeologici

Dal punto di vista morfologico, con rilevanza in condizioni sismiche, sono stati inseriti gli orli di terrazzi fluviali che confinano i principali corsi d'acqua che solcano il territorio e alcuni terrazzi morfologici posti sui rilievi collinari. Sono state riportate anche delle morfologie assimilabili alle creste poste in corrispondenza di alcune dorsali che scendono verso meridione.

Tra gli elementi geologici è stata riportata l'ubicazione di un sondaggio terebrato a scopo idropotabile sino a ca. 37 metri, senza raggiungere il substrato.

La falda è stata rilevata ad una profondità di poco superiore ai quindici metri anche se non si può escludere a priori la presenza di falde sospese e confinate di modesta importanza.

3.3.3. Elementi di instabilità gravitativa

Le segnalazioni delle instabilità di versante sono state raccolte dal Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino, dal censimento IFFI e dalla documentazione geologica allegata al PATI e al PRG.

Le instabilità segnalate rientrano tra i fenomeni definiti come "Creeping" e corrispondenti a movimenti lenti, in direzione del pendio, dei materiali fini e incoerenti che costituiscono il terreno superficiale e talvolta i primi orizzonti del substrato. Tali instabilità sono ovviamente più da collegarsi a terreni con scarse caratteristiche geotecniche e influenzati dalla presenza di acqua. Alcune di tali instabilità potrebbero comunque riattivarsi o presentare degli aumenti di velocità del movimento in caso di sisma con accelerazioni significative.

3.3.4. Elementi tettonico strutturali

La faglia riportata in cartografia è stata ricavata dalla cartografia geologica disponibile e dalle pubblicazioni inserite in bibliografia. Nel paragrafo 2.3 sono state illustrate le caratteristiche di questa faglia e le incertezze inerenti la sua posizione ed attività.

3.3.5. Sezioni geologiche interpretative

Nella Carta Geologico-Tecnica sono riportate anche le tracce delle sezioni interpretative che sono state ubicate in posizione tale da descrivere i caratteri più salienti del territorio più densamente abitato.

La Sezione A - A' ha direzione approssimativa N-S e descrive l'assetto geologico nel settore occidentale del comune, definendo una possibile interpretazione dell'andamento del bedrock in corrispondenza del fondovalle dell'Astico

Geol. Francesco Marinoni

La sezione B - B' ha direzione SO-NE e analogamente illustra la geologia nella zona più a valle sempre lungo il torrente Astico. In questo secondo caso la sezione si presta ad una interpretazione meno aleatoria perché corroborata da dati geologici e geofisici più abbondanti.

Entrambi i profili geologici evidenziano l'antico fondovalle dell'Astico colmatosi con gli apporti alluvionali postglaciali che hanno determinato la formazione dell'attuale fondovalle pianeggiante.

L'andamento della geometria del substrato deve intendersi in forma approssimativa stante la mancanza di dati precisi sull'andamento e sulla litologia dello stesso.

Le geometrie dell'andamento del substrato, allo stato attuale delle conoscenze, sono tali da poter escludere le condizioni previste dalla DGRV 1572/2013 relative alla amplificazione sismica legata alla presenza di valli sepolte profonde.

La definizione del valore del rapporto tra la profondità della valle sepolta e la semi larghezza della valle risulta inferiore a 0,25 e quindi, secondo le indicazioni delle linee guida e dell'allegato A) alla DGRV 1572/2013, la valle sepolta dell'Astico può essere definita come larga.

4. LA CARTA DELLE INDAGINI

4.1. Indagini pregresse e le nuove indagini

Le indagini pregresse sono state recuperate presso gli uffici tecnici del Comune di Calvene, dal sito dell'ISPRA, e da pubblicazioni scientifiche. Delle indagini rese disponibili sono state utilizzate soprattutto quelle relative a sondaggi o prove geofisiche.

L'analisi delle indagini ha portato all'estrazione delle prove geognostiche e geofisiche in sito riportate nelle seguenti tabelle, dove sono indicati anche i codici identificativi e la tipologia di indagini secondo le specifiche previste dalle IMCS. (*Nelle tabelle sono riportate anche le indagini geofisiche realizzate ex-novo descritte di seguito*).

n.	Codice indagine	Tipo indagine
1	024020P1 (*)	HVSR
2	024020P2 (*)	HVSR
3	024020P3 (*)	HVSR
4	024020P4 (*)	HVSR
5	024020P5 (*)	HVSR
6	024020P6 (*)	HVSR
7	024020P7 (*)	HVSR
8	024020P8 (*)	HVSR
9	024020P9 (*)	HVSR
10	024020P10 (*)	HVSR
11	024020P11 (*)	HVSR
12	024020P12 (*)	HVSR
13	024020P13 (*)	HVSR
14	024020P14 (*)	HVSR
15	024020P15 (*)	HVSR
16	024020P16 (*)	HVSR
17	024020P17 (*)	HVSR
18	024020P18 (*)	HVSR
19	024020P19 (*)	HVSR

n. **Codice indagine Tipo indagine** HVSR 20 024020P20 (*) 21 024020P21 (*) HVSR 22 024020P22 (*) HVSR 23 024020P23 (*) HVSR 24 024020P24 (*) HVSR 25 024020P25 (*) HVSR 26 PA 024020P26 27 024020P27 DP 28 024020P28 DS 29 024020P29 DS HVSR 30 024020P30 110 024020P31 SMS 111 024020P32 SMS 112 024020P33 SMS 113 024020P34 SMS 114 024020P35 SMS

Indagini di tipo puntuale

Indagini di tipo lineare

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
1	024020L1	SEV
2	024020L2	SEV
3	024020L3	SEV
4	024020L4	SEV
5	024020L5	SEV
6	024020L6	SEV
7	024020L7	SEV
8	024020L8	SEV
9	024020L9 (*)	MASW
10	024020L10 (*)	MASW

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
11	024020L11 (*)	MASW
12	024020L12 (*)	MASW
13	024020L13 (*)	MASW
14	024020L14 (*)	MASW
15	024020L15 (*)	MASW
16	024020L16 (*)	MASW
17	024020L17 (*)	MASW
18	024020L18 (*)	MASW
19	024020L19	MASW

(*) Indagini eseguite ex novo per il presente studio

Il codice delle indagini corrisponde alle seguenti tipologie:

- HVSR Prova microtremore a stazione singola
- DP Prove penetrometrica pesante
- DS Prova penetrometrica dinamica super pesante
- PA Pozzo per acqua
- SMS Indagine virtuale di Zona
- MASW Prova Multichannel Analysis of Surface Waves
- SEV Sondaggio Elettrico Verticale

Le indagini selezionate sono riportate nella carta delle indagini ove, oltre al simbolo identificativo della tipologia di indagini, è stato anche riportato il codice identificativo per una loro più facile collocazione nell'ambito di ogni area. Nella tavola delle indagini, per rendere la lettura più chiara, è stato riportato il codice con l'esclusione dei primi sei caratteri (uguali per tutte le indagini e corrispondenti a 024020) relativi al codice ISTAT della Provincia di Vicenza e del Comune di Calvene. Le indagini geofisiche realizzate per il presente studio sono riportate in uno specifico allegato.

4.2. Nuove indagini geofisiche

Al fine di acquisire, alcuni parametri inerenti le caratteristiche sismiche del sottosuolo, sono state eseguite delle indagini geofisiche in corrispondenza ad una serie di siti distribuiti sul territorio comunale; in particolare sono state utilizzate le seguenti metodologie:

- analisi delle onde di superficie con tecnica denominata "MASW" per determinare la velocità delle onde di taglio (onde "S");
- studio del rumore sismico ambientale con tecnica HVSR.

La prospezione geofisica, eseguita sul terreno nel periodo compreso tra gennaio e marzo 2022, si è articolata in:

- N° 10 stendimenti sismici utilizzando la tecnica MASW
- N° 25 stazioni di misura del rumore sismico ambientale con tecnica a stazione singola (HVSR)

L'ubicazione delle indagini sismiche è riportata nella Carta delle indagini.

4.3. Analisi delle onde di superficie con tecnica "MASW" - Generalità

Le onde in grado di propagarsi nei pressi di una superficie libera sono conosciute come onde superficiali. Tra queste, le *onde di Rayleigh*, si producono alla superficie libera di un mezzo dalla combinazione delle onde longitudinali e trasversali. Possono essere trasmesse sulla superficie di un semispazio uniforme o in un mezzo in cui la velocità cambia con la profondità. Le onde superficiali si caratterizzano per una proprietà denominata "*dispersione*", cioè ogni componente in frequenza (e quindi lunghezza d'onda) possiede diversa velocità (chiamata *velocità di fase*). Lo studio della dispersione delle onde superficiali costituisce uno dei metodi utilizzati per la determinazione della velocità delle onde di taglio (Vs). La velocità di propagazione delle onde Rayleigh varia tra 0,9 Vs e 0,95 Vs.

Con le registrazioni effettuate secondo la tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) metodo investigativo sviluppato da vari ricercatori, è possibile distinguere ed evidenziare, all'interno del sismogramma di registrazione, le onde di Rayleigh, le quali normalmente sono caratterizzate da un'elevata ampiezza del segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente di energia si distribuisce in onde di superficie). L'analisi spettrale del segnale produce un grafico *velocità di fase - frequenza* all'interno del quale in cui si può distinguere il modo fondamentale ed i modi superiori di propagazione delle onde di superficie, sui quali effettuare l'operazione di "picking" per ricavare la curva di dispersione.

Oltre alle onde di Rayleigh, in alcuni casi, è utile analizzare anche un altro tipo di onde di superficie, denominate "onde di Love", per le quali sono valide regole simili a quelle indicate per le onde di Rayleigh. Le onde di Love si caratterizzano perché sono "sensibili" alle Vs, allo spessore e alla densità del mezzo, mentre non hanno relazione con le Vp (onde longitudinali). La loro generazione e registrazione richiedono però particolari accorgimenti, come indicato di seguito.

Le onde di Love, in determinate condizioni abbastanza diffuse in natura, generano spettri più chiari e quindi di più semplice interpretazione rispetto gli spettri ottenuti con le onde di Rayleigh, dove i modi superiori possono mascherare il modo fondamentale.

Nel corso di questa indagine, per l'elaborazione dei dati acquisiti è stato utilizzato il software WinMASW che consente l'analisi sia delle onde di Rayleigh, sia delle onde di Love. Questo software consente sia la modellazione diretta degli spettri, sia l'inversione delle curve di dispersione; è possibile inoltre effettuare un'analisi congiunta degli spettri relativi alle onde di Rayleigh e alle onde di Love.

I risultati delle elaborazioni forniscono il profilo verticale delle Vs che è riferito al centro dello stendimento, ed è relativo al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento realizzato in superficie.

Per analizzare le onde di Rayleigh, la tecnica operativa consiste nello stendere sul terreno un profilo lineare (array) di geofoni verticali a bassa frequenza (preferibilmente 4,5 Hz), egualmente spaziati; quindi si effettuano una o più energizzazioni mediante massa battente ad impulso verticale, a diverse distanze dal primo geofono (source offset). Per ogni punto di energizzazione viene registrato il corrispondente sismogramma, che viene poi importato nel software di elaborazione.

La generazione e la registrazione delle onde di Love richiede invece l'utilizzo di geofoni orizzontali e l'energizzazione deve essere fatta in modo da generare onde trasversali, per cui l'impulso viene fatto battendo orizzontalmente su un asse di legno, reso solidale con il terreno per mezzo di un carico statico.

La prospezione eseguita mediante analisi delle onde di superficie offre alcuni vantaggi rispetto alle tecniche classiche di sismica a rifrazione, tra i quali si segnala la relativa facilità di lettura del segnale anche in aree antropizzate, caratterizzate da elevato rumore di fondo e la possibilità di evidenziare la presenza di inversioni di velocità nel sottosuolo. Per la tecnica attiva, le limitazioni sono date dalla profondità di indagine e dall'elevata sensibilità a variazioni laterali di litologia.

La conoscenza della Vs è utile quando sia necessario valutare la variabilità geotecnica dei materiali presenti nel sottosuolo, in quanto consente di rilevarne le proprietà fisiche, poiché i valori di Vs sono proporzionali al grado di compattezza dei mezzi percorsi e, a differenza delle onde P (onde longitudinali) non sono influenzati dalle condizioni di saturazione dei sedimenti. Va precisato che la correlazione tra parametri geofisici e caratteristiche litologiche-geomeccaniche ha carattere qualitativo, soprattutto se non sussiste la possibilità di tarare l'interpretazione geofisica mediante il confronto con informazioni provenienti da indagini geognostiche di tipo diretto.

4.4. Operazioni di campagna ed Elaborazione dati

Per l'acquisizione degli impulsi sismici è stato usato un sismografo digitale a 24 tracce, modello "Geode", della Ditta EG & G GEOMETRICS, geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz e geofoni orizzontali con frequenza propria di 4,5 Hz. Il tempo di registrazione è stato fissato, per ogni registrazione, pari a 2 secondi, con intervallo di campionamento di 0,5 ms. Come sorgente di energia sismica è stata utilizzata una massa battente. La registrazione dei dati è avvenuta su personal computer portatile, collegato al sismografo. L'elaborazione dei dati sismici è stata eseguita utilizzando il programma winMASW 2018 Academy. In sintesi, l'elaborazione si articola nei seguenti passaggi principali:

- Implementazione del file di registrazione (dataset) e delle caratteristiche geometriche del profilo;
- determinazione dello spettro di velocità;
- modellazione diretta dello spettro e generazione del modello di velocità delle Vs;
- eventuale costruzione della curva di dispersione (picking) ed inversione della curva di dispersione.

Il risultato finale di tali elaborazioni consiste in un diagramma nel quale è riportato l'andamento della velocità delle onde di taglio in funzione della profondità. Nelle figure allegate sono illustrate, per ogni profilo sismico, le immagini relative ai passaggi sopraelencati.

Nella tabella seguente sono descritte le caratteristiche geometriche dei dispositivi utilizzati.

Codice Profilo MASW	Lunghezza (m)	Passo inter- geofonico (m)	Source offset (m)
024020L9	51	3	6 ÷ 9
024020L10	68	4	8 ÷ 12
024020L11	68	4	4 ÷ 8
024020L12	68	4	8 ÷ 12
024020L13	51	3	6
024020L14	68	4	8 ÷ 12
024020L15	68	4	8
024020L16	56	4	4
024020L17	57	3	6 ÷ 9
024020L18	57	3	6

Tabella 5: caratteristiche profili sismici MASW

4.5. Analisi del rumore sismico ambientale (tecnica HVSR)

La campagna di acquisizione di rumore sismico si prefigge due scopi. La ricostruzione della profondità dei principali contrasti di impedenza acustica del sottosuolo e l'individuazione di particolari frequenze di risonanza dei suoli.

E' noto dalla letteratura, alla quale fa riferimento il presente paragrafo, che il rumore sismico è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed S negli strati superficiali. Il rumore sismico, onnipresente e continuo, viene prodotto principalmente dal vento, da perturbazioni atmosferiche,

da onde oceaniche e marine. Anche le industrie e il traffico veicolare producono localmente rumore sismico ma, in genere, solo a frequenze relativamente alte, superiori ad alcuni Hz, che vengono attenuate piuttosto rapidamente.

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, Kanai,1957; Igarashi 1970; Nakamura 1989) permette di estrarre informazioni relative al sottosuolo a partire dagli spettri di rumore sismico registrati in sito. La tecnica prevede di calcolare il rapporto, in funzione della frequenza, tra gli spettri di risposta della componente orizzontale e verticale del moto dovuto ai microtremori (rumore sismico).

La natura generatrice del rumore sismico registrato, e dei relativi picchi dei rapporti spettrali, è tuttora molto discussa in ambito scientifico: i microtremori non sono costituiti esclusivamente da onde di volume (P e S), ma principalmente da onde di superficie, in particolare di Rayleigh (Lachet and Bard,1994). Se assumiamo che in un semispazio i 2 strati differiscano, in modo rilevante, in termini di velocità sismica e densità (contrasto di impedenza acustica), e che la risonanza sia legata alla lunghezza d'onda (λ) incidente pari a 4 volte lo spessore h del primo strato (ipotesi λ /4), si può ricavare una stima della profondità del rifrattore sismico dal riconoscimento della frequenza di risonanza propria del sottosuolo. In altri termini, nota la frequenza di risonanza (f) propria del sito, ricavata dal rapporto spettrale H/V e la stima delle Vs, è possibile determinare lo spessore (h) di una coltre sedimentaria soprastante un bedrock sismico, applicando la relazione f = Vs / 4 h.

Le misure eseguite nel corso di questa indagine, sono state effettuate con un sismografo modello SR04S3 "Geobox" prodotto dalla Ditta SARA S.r.l.. Si tratta di un tromografo digitale avente un intervallo di acquisizione sulle frequenze da 0,1 a 100 Hz, dotato di sistema di acquisizione digitale ad alta risoluzione (24 bit). Lo strumento viene posizionato sul terreno orientandolo verso il Nord magnetico ed assicurandone la livellazione micrometrica tramite bolla di precisione, agendo sui tre punti di appoggio. Lo strumento è gestito da p.c. portatile per mezzo del software "Seismowin", fornito dalla ditta costruttrice. Le stazioni di misura hanno avuto tempi di acquisizione pari a 20 minuti; la frequenza di campionamento è stata mantenuta pari a 200 Hz. Alcune stazioni di misura sono state ripetute durante una giornata di "fermo macchine" della centrale idroelettrica lungo l'Astico, poiché le vibrazioni indotte dalle turbine creano dei disturbi a distanza di almeno 500 metri dalla centrale.

I dati acquisiti sono stati trattati con il software di elaborazione di microtremori "Geopsy" (Sesame Projet), in accordo con le direttive europee del progetto SESAME per il trattamento e l'elaborazione delle tecniche di analisi di rumore sismico a stazione singola. I segnali acquisiti sono stati suddivisi in finestre temporali di 20 s. Dal computo spettrale sono stati esclusi gli eventi transienti più evidenti, legati al rumore antropico.

Va ricordato che dai rapporti spettrali ricavati con questa metodologia non è possibile stabilire i fattori di amplificazione sismica, per la valutazione dei quali necessitano analisi più complesse.

Le stazioni di misura HVSR sono state ubicate secondo lo schema riportato nella Tabella 7.

4.6. Risultati ottenuti con le indagini geosismiche

Con le indagini eseguite, si è fornita una ricostruzione preliminare dell'assetto sismostratigrafico del sottosuolo relativamente alle prime decine di metri di profondità. Di seguito si riassumono i risultati ottenuti, i quali fanno riferimento agli spettri ed ai diagrammi ricavati con le metodologie adottate e riportati in Allegato alla presente relazione.

L'elaborazione dei dati sismici acquisiti con tecnica MASW, consente di formulare le seguenti correlazioni tra velocità sismiche delle onde di taglio e tipologia di terreni presenti.

Tipologia	Velocità onde S (m/s)
Depositi alluvionali da poco a mediamente addensati/consistenti	100 - 350
Depositi alluvionali da mediamente a molto addensati/cementati	350 - 600
Rocce vulcaniche alterate	400 - 500
Rocce vulcaniche poco alterate, marne e arenarie	500 - 800
Rocce calcaree compatte	800

Tabella 6: intervalli di velocità delle onde di taglio misurate per i vari litotipi

Si vuole qui ricordare che i risultati dell'indagine geofisica derivano da prove indirette e, pertanto, non va loro attribuito il medesimo valore di quello derivante da prove dirette. Le correlazioni proposte tra le velocità sismiche e le diverse tipologie, hanno quindi un valore indicativo, derivando da considerazioni di carattere geologico e dal confronto con i dati ricavati dai sondaggi geognostici diretti e dalle stratigrafie dei pozzi: per l'area in esame è stata censito un solo pozzo dotato di stratigrafia.

I risultati delle elaborazioni geofisiche sono riassunti graficamente nelle figure inserite in allegato, dove sono riportati gli spettri ottenuti con l'analisi delle onde di Rayleigh e di Love e le relative curve di dispersione, i diagrammi con l'andamento della Vs in funzione della profondità e la corrispondente tabella con i dati numerici.

A commento delle indagini effettuate con la tecnica MASW, si possono fare le seguenti considerazioni.

 In corrispondenza ai profili sismici MASW è stata effettuata, ove possibile, un'elaborazione "congiunta" dei dati sismici, analizzando sia gli spettri delle onde di superficie, sia i diagrammi delle curve HVSR, al fine di affinare l'interpretazione ed incrementare la profondità di indagine. Si è così pervenuti a valutare spessori complessivi della copertura alluvionale dell'ordine di 50 m circa in corrispondenza del fondovalle del T. Astico. Queste elaborazioni devono essere utilizzate con molta cautela, poiché in fase interpretativa sono necessariamente fatte dell'ipotesi, soprattutto nella scelta dei valori di Vs dei depositi alluvionali "profondi" e del bedrock.

- I profili MASW ubicati nella zona pianeggiante di fondovalle mostrano, quasi ovunque, la presenza di un primo strato, avente spessore di alcuni metri e velocità delle onde di taglio inferiore a 350 m/s. I sismostrati sottostanti, sono invece caratterizzati da Vs comprese tra 400 e 600 m/s ed indicano, quindi, un progressivo addensamento dei terreni.
- Come evidenziato nella Tabella 6, vi sono sismostrati di natura diversa i quali possiedono velocità sismiche simili: in particolare i depositi alluvionali addensati hanno velocità dello stesso ordine di grandezza sia delle rocce vulcaniche alterate, sia delle marne e arenarie. Tale situazione complica notevolmente la possibilità di correlare con sicurezza le velocità sismiche con le litologie e, quindi, la ricostruzione della struttura del sottosuolo diviene più incerta. Inoltre, per l'area in esame, è penalizzante l'assenza di sondaggi o perforazioni che abbiano raggiunto il substrato roccioso, sulle quali tarare l'interpretazione geofisica.

Relativamente alle acquisizioni del rumore sismico ambientale, (tecnica HVSR), si è già accennato alla presenza di disturbi dovuti alle vibrazioni prodotte dalla centrale idroelettrica, per cui alcune misure ritenute poco attendibili, sono state ripetute durante una fase di arresto dei macchinari. Le altre misure non sono state disturbate da particolari eventi tali da comprometterne l'affidabilità e solo alcuni eventi transienti legati al rumore antropico sono stati esclusi dal computo spettrale. Nelle figure inserite in allegato sono riportati i grafici ottenuti dall'analisi spettrale, relativi alle varie stazioni di misura, così suddivisi:

- Analisi direzionale del rumore sismico
- Andamento delle singole componenti spettrali del moto (N S, E O e Verticale)
- Rapporto H/V del rumore sismico (con linea rossa continua la media, con linea a tratteggio la deviazione standard).

Nella Tabella 7 sono indicati, per ogni stazione di misura, i valori della frequenza corrispondente al picco (o ai picchi) di risonanza principale e la corrispondente ampiezza.

Stazione di misura	Data	Località	Frequenza (Hz)	Ampiezza
024020P1	13.01.2022	Via Giola	3,2	2
024020P2	13.01.2022	Via Rossi	2,9	2,4
024020P3	13.01.2022	Via Roma	2,5	3,50
024020P4	13.01.2022	Via Roma	2,5; 3,4; 14	2,9; 2,9; 2,5
024020P5	13.01.2022	Via Bissoli	3	4

Tabella 7: risultati delle misure HVSR

Stazione di misura	Data	Località	Frequenza (Hz)	Ampiezza
024020P6bis	03.03.2022	Via Preosa	9,5	3,3
024020P7	21.01.2022	Via Magan	3,7	3,9
024020P8	03.03.2022	Via Pralonghi	1,7; 12	2,1; 3,5
024020P9	03.03.2022	Via dell'Emigrante	1,8; 7,5	2; 2,9
024020P10	03.03.2022	Via Divisione Julia	1,6; 3,3; 7	2,2; 2,4; 2,6
024020P11	13.01.2022	Via Divisione Julia	8,8	3,3
024020P12	21.01.2022	Via Piani	3,7	2
024020P13	01.10.2022	Castegnaroli	13	2,3
024020P14	21.01.2022	Giarre	2; 3,1	2,4; 2,1
024020P15	21.01.2022	Pradelgiglio	7,8	3,6
024020P16	21.01.2022	Via Villa	3,2	2,6
024020P17	21.01.2022	Casari	18	2,7
024020P18	21.01.2022	Costa della Mare	12	2,7
024020P19	21.01.2022	Monte	2,7; 9,5	3,1; 7
024020P20	03.03.2022	Via Magan	17	2
024020P21	03.03.2022	Via Divisione Julia	19	2,1
024020P22	03.03.2022	Via Pralonghi	1,5	2
024020P23	03.03.2022	Via Preosa	1,4; 7	2,1; 2,4
024020P24	03.03.2022	Via Postilliera	2,5	3,1
024020P25	03.03.2022	Via Martiri della Libertà	7	2,2

Sulla base dei dati riportati nella Tabella 7 ed inseriti anche nella carta delle MOPS si possono fare le seguenti osservazioni:

- Le stazioni di misura ubicate nella zona collinare mostrano, di solito, picchi di risonanza a frequenze elevate, in relazione allo scarso spessore dei terreni superficiali più lenti. In alcuni casi si sono misurate frequenze dell'ordine di 2 – 3 Hz, le quali possono essere indicative o di spessori consistenti della copertura detritica o di contatti tra materiali con diverse proprietà geomeccaniche all'interno dell'ammasso roccioso.
- Le stazioni di misura ubicate lungo la fascia pedecollinare e nei fondivalle evidenziano picchi di risonanza a frequenze variabili, ma sempre ricadenti nell'intervallo di interesse dal punto di

vista ingegneristico. Le frequenze si collocano spesso su valori compresi tra 2 e 10 Hz e le ampiezze, sono variabili, in funzione dei contrasti di impedenza sismica esistenti tra i terreni di copertura ed il bedrock sismico.

 Nelle stazioni ubicate nel fondovalle dell'Astico si rilevano anche dei picchi di risonanza a frequenze poste tra 1,5 e 2,5 Hz, con ampiezze blande, prossime a 2. La correlazione di questi picchi con l'assetto litostratigrafico locale è difficile, poiché i terreni alluvionali, a volte, poggiano su un substrato rappresentato da rocce vulcaniche alterate, le quali possono avere velocità sismiche dello stesso ordine di grandezza dei terreni di copertura.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il modello del sottosuolo è stato ricostruito attraverso l'esame dai dati bibliografici disponibili, delle indagini geognostiche pregresse ed in base ai risultati delle nuove indagini geofisiche. In sintesi, il territorio comunale può essere suddiviso nelle seguenti aree aventi caratteristiche relativamente omogenee.

Zona collinare - montana

E' costituita da rocce a composizione prevalentemente calcarea, localmente ricoperte da uno strato di alterazione o da depositi eluvio-colluviali, aventi spessore limitato. In alcune zone sono presenti depositi detritici aventi spessori più consistenti, come la zona della frazione Bordogni, dove il profilo MASW N° 17 ha rilevato velocità sismiche dell'ordine di 400 m/s fino alla profondità di circa 30 m dal p.c..

Zona di conoide alluvionale e zona di fondovalle

Questi settori del territorio comunale sono costituiti da terreni prevalentemente ghiaioso – sabbiosi con locali intercalazioni o lenti di limi e argille; in alcuni settori del sottosuolo i materiali granulari sono cementati. Lo spessore è variabile da pochi metri ad alcune decine di metri. In queste zone risulta compresa l'area ove si sviluppa il centro abitato comunale e tutto il fondovalle del T. Astico.

I profili sismici eseguiti in questa zona evidenziano la presenza di una prima serie di terreni a bassa velocità (100 < Vs < 350 m/s) con spessore variabile tra 2 e 10 metri circa. Seguono sismostrati con 350 < Vs < 600 m/s i quali sono, di solito, rappresentativi di depositi alluvionali a granulometria grossolana, localmente cementati. Come illustrato nei precedenti capitoli, le velocità prossime a 500 - 600 m/s possono essere anche essere correlate con rocce del substrato alterato.

Lo spessore complessivo di questi sismostrati è difficile interpretazione anche perché il solo dato geognostico "profondo" è rappresentato dal pozzo perforato in località "Pralunghi", in corrispondenza del quale sono stati incontrati depositi alluvionali fino alla profondità di 37 dal p.c., senza intercettare il substrato lapideo. Sulla base di questa informazione e dell'analisi congiunta tra indagini MASW e HVSR è stata interpretato uno spessore massimo della copertura quaternaria dell'ordine di 50 – 60 m dal p.c..

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Le indagini pregresse raccolte e le nuove indagini geofisiche, hanno consentito la ricostruzione sufficientemente attendibile del modello geologico e sismostratigrafico del sottosuolo del Comune di Calvene.

Le incertezze eventualmente da approfondire con i successivi livelli di microzonazione sismica o nelle fasi di progettazione degli interventi riguardano i seguenti aspetti:

- Carenza di informazioni relative alla natura e profondità del bedrock lapideo/sismico. Infatti, nella zona interessata dai depositi alluvionali, non sono stati censiti indagini sondaggi o perforazioni che abbiano raggiunto la formazione lapidea di base.
- Carenza di informazioni relative alla composizione dei depositi appartenenti alla copertura quaternaria. Anche in questo caso, le informazioni desumibili da indagini geognostiche dirette sono molto scarse e spesso riferite alla fascia più superficiale del sottosuolo. Tale carenza assume importanza soprattutto nell'eventualità di dover valutare aspetti quantitativi dell'amplificazione sismica, tipici dei livelli 2 e 3 della Microzonazione Sismica, o nel caso di dover effettuare delle analisi di risposta sismica locale.
- Le indagini sismiche di superficie eseguite con tecnica MASW hanno una profondità di investigazione, che, normalmente è dell'ordine di 20 - 30 metri. In alcuni casi è stato possibile estendere la profondità di indagine abbinando la tecnica MASW con la tecnica HVSR, ma i risultati ottenuti sono, necessariamente, affetti da un discreto grado di imprecisione e, quindi, utilizzabili solo per una ricostruzione preliminare dell'assetto sismostratigrafico dell'area.
- Le rocce vulcaniche, le marne e le arenarie più o meno alterate e fratturate possono avere valori di velocità sismica del tutto simili a quelle di depositi alluvionali addensati e/o cementati, per cui, talvolta, la correlazione tra litologia e velocità è incerta.
- Come illustrato nel paragrafo 2.3, l'assetto geologico strutturale di questo territorio è stato studiato a scala regionale, ma non nel dettaglio che sarebbe richiesto dalla Microzonazione Sismica. Tale problematica riguarda, in particolare la faglia attiva e capace (FAC) riportata nel catalogo ITHACA con il N° 77543 e denominata "Bassano Valdobbiadene 2". Nell'ambito di questo studio, si è optato per mantenere la classificazione proposta da ITHACA, ma per verificarne le reali caratteristiche di attività e capacità, si dovrà procedere con degli approfondimenti nei successivi livelli della MS.

7. DESCRIZIONE DELLA CARTA DELLE MOPS

7.1. Premessa

L'analisi della stratigrafia e dell'assetto geologico hanno permesso di stabilire che, nell'ambito del territorio comunale, non esistono aree classificate come *"Zone stabili"*, nelle quali non si ipotizzano effetti amplificativi di alcuna natura poiché anche in caso di substrato affiorante quest'ultimo non evidenzia velocità delle Vs superiori agli 800 m/s nella parte superficiale alterata.

Sulla base delle indagini pregresse recuperate presso il Comune e delle nuove indagini geofisiche, si è potuto suddividere il territorio indagato in 5 zone stabili ma "*suscettibili di amplificazioni locali*" nelle quali sono state stimate le principali caratteristiche sismiche dei terreni.

Le prime tre (zone 2001-2003) corrispondono ad aree dove non affiora il substrato ma compaiono terreni sciolti o residuali, le seconde due (zone 2004-2005) sono invece caratterizzate dalla presenza di formazioni litoidi affioranti o sub affioranti comprensive di eventuali orizzonti superficiali di terreni residuali e/o colluviali con spessore generalmente inferiore ai tre metri.

Vengono inoltre identificate in cartografia delle zone suscettibili di instabilità in corrispondenza di alcune instabilità di versante. Tali zone interessano le fasce collinari del territorio comunale in aree che, nella maggioranza dei casi, non interessano centri urbani, ma talvolta case sparse o aggregati molto modesti. Infine, nel settore settentrionale del comune è stata cartografata una fascia di attenzione per la presenza di una Faglia Attiva e Capace (FAC)

L'analisi morfologica infine ha permesso di individuare alcune forme di superficie e sepolte, tra quelle indicate nelle ICMS, e meglio descritte nei paragrafi seguenti.

Nella carta delle MOPS sono inoltre riportati i punti di indagine HVSR con i relativi valori della frequenza di picco.

7.2. Definizione profili tipo zone stabili e amplificabili

Sono state individuate le seguenti tipologie di zone stabili ma amplificabili in caso di sisma (le sezioni tipo sono riportate anche graficamente in allegato).

<u>MOPS 2001</u>

Depositi alluvionali costituiti da ghiaie sabbiose con limo dello spessore minimo di 10 metri sino a più di 50 metri. Vs = 350-600 m/s.

Substrato costituito da litotipi con Vs variabili da 500 a 800 m/s.

<u>MOPS 2002</u>

Depositi alluvionali costituiti da ghiaie sabbiose con limo dello spessore minimo di 15 metri. Vs = 100-350 m/s.

Substrato costituito da litotipi con Vs variabili da 500 a 800 m/s.

<u>MOPS 2003</u>

Depositi detritici costituiti da ghiaie sabbiose dello spessore compreso tra 3 e 10 metri. Vs = 150-300 m/s.

Substrato costituito da litotipi con Vs variabili da 500 a 800 m/s.

<u>MOPS 2004</u>

Substrato in affioramento, compresa una eventuale coltre di alterazione superficiale con spessore massimo di 3 metri, costituito da formazioni litoidi carbonatiche. Vs 700-800 m/s.

<u>MOPS 2099</u>

Substrato litoide in affioramento, compresa una eventuale coltre di alterazione superficiale con spessore massimo di 3 metri, costituito da basalti e tufi basalti alterati, conglomerati, marne, calcareniti e arenarie. Vs = 500-800 m/s.

7.3. Descrizione delle instabilità e delle forme

7.3.1. Zone di attenzione per instabilità di versante

La carta riprende le aree instabili già evidenziate nella CGT, si tratta di fenomeni legati principalmente alle tessiture limoso argillose dei versanti collinari che determinano instabilità gravitative ricollegabili anche alla presenza di acqua nel terreno. Prevalgono quindi fenomeni di instabilità tipo creeping. Come già accennato le instabilità interessano in prevalenza gli impluvi dei rilievi collinari dove l'urbanizzazione risulta molto modesta se non assente.

7.3.2. Liquefazione

Sulla base delle conoscenze geologiche ed idrogeologiche del territorio in esame, sia ritiene che non sussistano le condizioni perché si verifichi la liquefazione nei terreni alluvionali.

Geol. Francesco Marinoni

7.3.3. Forme di superficie e sepolte

Gli elementi di maggiore significato sismico sono in questo caso rappresentati dagli orli di terrazzo morfologico e alcune creste nelle parti dei rilievi collinari dove la sommità risulta essere più sottile.

Non sono state evidenziate aree particolarmente critiche dal punto di vista morfologico. Nel caso in cui vengano effettuati interventi od opere in prossimità di cigli morfologici è opportuno affrontare, nell'ambito della documentazione geologica allegata la progetto, il tema dell'amplificazione morfologica nei modi indicati nella DGRV 1572/2013 e del D.M. 17 gennaio 2018 aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

Nella carta delle MOPS per tale motivo sono state riportate alcune sezioni ove si ritiene opportuno effettuare degli approfondimenti delle amplificazioni topografiche nel caso in cui venga realizzata la microzonazione sismica di secondo livello.

7.3.4. Faglie attive e capaci (FAC)

Nella carta è stata riportata la posizione indicativa della faglia attiva e capace (vedi capitolo 2.3) e della relativa fascia di attenzione dell'ampiezza di 400 metri a cavallo della stessa. In questa fascia valgono le indicazioni/prescrizioni delle linee guida predisposte dalla Commissione tecnica per la Microzonazione Sismica.

8. CONSIDERAZIONI FINALI

La Microzonazione di Livello 1, deve essere utilizzata come primo approccio qualitativo allo studio della pericolosità sismica del territorio, poiché consente di delineare gli scenari di pericolosità, identificando le parti del territorio suscettibili di effetti amplificativi locali o di instabilità. Un eventuale studio di Microzonazione di livello 2, potrà analizzare gli aspetti quantitativi legati alla pericolosità sismica, fornendo dettagliate prescrizioni normative. Alla luce di queste considerazioni si possono formulare le seguenti indicazioni.

8.1. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Nelle zone del territorio che sono state classificate come "Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali", tutti gli interventi che prevedano nuove costruzioni, modifiche strutturali, ampliamenti, ristrutturazioni e opere infrastrutturali dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al **D.M. 17 gennaio 2018 aggiornamento delle** "*Norme tecniche per le costruzioni*" e alle eventuali ss.mm.ii. relative agli argomenti specifici.

Per le costruzioni in **classe I e II**, se le condizioni geologiche sono ritenute sufficientemente omogenee, si prevede l'applicazione di metodi semplificati per valutare l'amplificazione sismica locale. Per l'applicazione dei metodi semplificati si riporta quanto indicato dal D.M. 17.01.2018, al paragrafo 3.2.2 *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche* "A*i fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.1I, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità Vs per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.*

I valori di Vs sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche."

Come è noto, la definizione delle categorie di sottosuolo avviene attraverso la determinazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio Vs_{eq} . Come suggerito anche dalla normativa citata, si ritiene sempre preferibile determinare la velocità delle onde di taglio Vs utilizzando indagini sismiche, in foro (cross-hole, down-hole,) o in superficie (MASW, ESAC, sismica a rifrazione). Per le indagini in superficie sarà preferibile abbinare l'uso di tecniche attive e passive.

Abbinate alle determinazioni di Vs si dovranno eseguire anche misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (tecnica HVSR), al fine di stabilire la frequenza fondamentale di vibrazione dei terreni (o il periodo proprio), da confrontarsi con le frequenze proprie degli edifici. Le acquisizioni e le elaborazioni di queste misure seguiranno le linee guida del Progetto SESAME.

Per gli edifici e opere che ricadono nelle classi d'uso III e IV (paragrafo 2.4.2 del DM 17.01.2018) ed elencate anche nella DGRV n. 3645 del 28 novembre 2003, Allegati A e B e nel Decreto del capo della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003 (edifici e opere di interesse strategico ai fini di protezione civile e rilevanti per l'uso), si ritiene che si debbano applicare specifiche analisi di risposta sismica locale, ovvero di Livello 3 della Microzonazione Sismica.

Il paragrafo 7.11.3.1 del DM 17.01.2018 **Risposta sismica locale** cita: "*II moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sottosuolo e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi di cui è costituito. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, l'analisi della risposta sismica locale consente quindi di definire le modifiche che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei suddetti fattori locali.*

Le analisi di risposta sismica locale richiedono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

Nelle analisi di risposta sismica locale, l'azione sismica di ingresso è descritta in termini di storia temporale dell'accelerazione (accelerogrammi) su di un sito di riferimento rigido ed affiorante con superficie topografica orizzontale (sottosuolo tipo A del § 3.2.2). Per la scelta degli accelerogrammi di ingresso si deve fare riferimento a quanto già specificato al § 3.2.3.6."

Per l'analisi di RSL dovranno essere acquisiti i parametri necessari alla ricostruzione del modello geotecnico e sismostratigrafico del sottosuolo, con particolare attenzione alla ricostruzione della profondità e della morfologia del substrato rigido o di un deposito ad esso assimilabile. L'analisi di RSL, condotta utilizzando codici di calcolo monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali, in funzione dell'assetto strutturale del sottosuolo, dovrà articolarsi secondo quando indicato nel paragrafo 7.11.3 del DM 17.01.2018, al quale si rimanda. In questa sede, si vuole sottolineare la necessità di eseguire le seguenti indagini per una corretta modellazione:

- esecuzione di sondaggi geognostici per definizione la successione sismostratigrafica e le diverse "unità" geotecniche.
- prove sismiche in foro (cross hole, down hole, cono sismico) finalizzate alla conoscenza della velocità delle onde di taglio fino ad una idonea profondità, in funzione dell'opera in progetto e, comunque, se possibile, fino a raggiungere il "bedrock sismico".

 Prelievo di campioni di terreno e successive analisi di laboratorio per valutare la dipendenza della rigidezza e dello smorzamento dal livello deformativo, e per la determinazione, in dipendenza del legame costitutivo adottato per i terreni, dei parametri di ingresso necessari alle analisi. Le prove di laboratorio possono consistere in prove cicliche di taglio torsionale o di taglio semplice, prove di colonna risonante, prove triassiali cicliche ecc.

Riguardo alla Risposta Sismica Locale da utilizzare in specifiche situazioni, le modalità di applicazione descritte in precedenza, dovranno essere valutate ed eventualmente modificate in relazione al progetto previsto ed alle conoscenze geologico-geofisiche disponibili.

La scelta della tipologia e metodologia di indagine e le modalità di analisi per la definizione dell'azione sismica di progetto, dovranno quindi essere commisurate alla situazione geologica locale e all'importanza dell'opera; in ogni caso, dovranno essere adeguatamente motivate. La relazione sismica illustrerà le indagini eseguite, i risultati conseguiti e dovrà includere i grafici relativi alle misure effettuate ed alla loro interpretazione.

Tornando alla zonazione effettuata nell'ambito di questo studio, rappresentata nella "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", oltre a quanto illustrato in precedenza, si ritiene di segnalare i seguenti punti:

All'interno delle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, particolare attenzione dovrà essere posta lungo la fascia pedecollinare e nella pianura limitrofa, cartografate nella carta delle MOPS con le zone 2001 e 2002. L'assetto sismostratigrafico di questi territori induce a ritenere probabili significative amplificazioni sismiche in caso di terremoto. In corrispondenza a queste aree è presumibile che la morfologia del tetto del bedrock non sia regolare, per cui le amplificazioni sismiche andranno analizzate in modo accurato, eventualmente ricorrendo modellazioni bidimensionali per valutare la Risposta Sismica Locale. All'interno delle zone 2001 e 2002 è compresa, tra l'altro, la maggior parte del centro abitato comunale.

8.2. Zone instabili

- Sono state cartografate delle zone di attenzione per instabilità di versante, in queste aree dovrà essere applicato quanto definito nel paragrafo 3.2.4 delle linee guida della DGRV 1572/2013 dove, nel caso in cui delle frane attive e/o quiescenti interessino abitati esistenti e/o infrastrutture a rete si procederà con il terzo livello di approfondimento.
- Come illustrato nei paragrafi precedenti, si è stabilito di confermare la presenza di una faglia attiva e capace come indicato nel catalogo ITHACA. La faglia attraversa in direzione Est-Ovest il territorio comunale ed è posizionata a Nord del centro abitato, interessando marginalmente due frazioni nella zona collinare. La presenza della FAC comporta la delimitazione di una fascia di attenzione larga 400 metri e centrata sul tracciato della faglia

stessa. Nell'ambito degli approfondimenti di Livello 2 e 3 della Microzonazione Sismica si potrà verificare l'esistenza della faglia e, in caso affermativo, valutarne l'attività e la capacità.

9. BIBLIOGRAFIA

Albini, Migliavacca, Moroni (2003): Studio di alcuni terremoti di intensità epicentrale moderata in Italia settentrionale. INGV, Milano

Burrato, Poli, Vannoli 2008 Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: an updated view based on geological and seismological evidence.

Castaldini D., Panizza M. (1991). Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave e il lago di Como (Italia settentrionale). Il Quaternario 4(2), 333-410.

Castellarin A. (a cura di); 1981. Carta tettonica delle Alpi Meridionali (alla scala 1:200.000). Pubblicazione n. 441, P.F.G. (S.P. 5) C.N.R.

Centro Idrico di Novoledo, Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale. Freatimetria dell'Alta Pianura Vicentina. Rilievi di marzo 2004 e dicembre 2010

C.N.R. - REGIONE DEL VENETO - ULSS n. 5 - ULSS n. 19: Difesa degli acquiferi dell'alta pianura veneta - Stato di inquinamento e vulnerabilità delle acque sotterranee del bacino del Brenta – Venezia 1988

CFTI Catalogo dei Forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1997 – E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Valensise.

DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <u>http://diss.rm.ingv.it/diss</u>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.

Dal Moro Giancarlo (2012): Onde di superficie in geofisica applicata. Dario Flaccovio Editore.

Galadini F., Meletti C. and Vittori E.; 2001: Major active faults in Italy: available surficial data. Geol. en Mijn. (Netherlands Journal of Geosciences), 80, 273-296.

Galadini F., Poli M. E. and Zanferrari A.; 2005: Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with M≥6 in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). Geophys. J. Int., 161, 739-762.

Galli P. e Meloni F. (1993): Nuovo catalogo nazionale dei processi di liquefazione avvenuti in occasione dei terremoti storici in Italia. Il Quaternario 6 (2), 271-292.

Ibs Von Seht M., Wohlenberg J. (1999): Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. Bull. Seism. Soc. Am. 89, pp. 250-259.

Iliceto V., Peruzza L., Rovelli A., Slejko D. (2002): La difesa dai terremoti mediante zonazione sismica: sinergie fra Protezione Civile e Piani Regolatori. Geologia Tecnica & Ambientale, n. 3, pp. 15-36.

Iliceto V., Boaga J. (2005): Deterministic earthquake scenarios and site effects estimation for S. Michele al Tagliamento (VE)-Italy. Proc. of the 5thForum Nazionale di Scienze della Terra, Geoitalia 2005, 20-23 sept. 2005, Spoleto.

Iliceto V., Boaga J. (2005): Influenza delle geostrutture nella valutazione degli effetti sismici di sito: il caso della Val d'Adige. Atti del Workshop di Geofisica: "La Geofisica a servizio dell'ambiente e dei beni culturali, con attenzione alle problematiche in ambito montano", Rovereto (TN), 9-12-2005.

ITACA Banca Dati Accelerometrica Italiana, INGV, Milano: http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet

ITHACA (ITaly HAzard from CApable faults) – ISPRA: portale del Servizio Geologico d'Italia <u>http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html</u>

Kohler A., Ohrnberger M., Scherbaum F., Stange S., Kind F. (2004): Ambient vibration measurements in the southern Rhine Graben close to Basel. Annals of Geoph. 47, n. 6, pp. 1771-1781.

Konno K., Omachi T. (1998): Ground motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremors. Bull. Seism. Soc. Am. 88, pp. 228-241.

Lachet C, Bard P.-Y. (1994): Numerical and Theoretical investigations on the possibilities and limitations of Nakamura's Technique. J. Phys. Earth 42, pp. 377-397.

C. Meletti, G. Valensise: Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Marzo 2004

D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise: Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani. GNDT. ING, SSN – 1996

Nakamura Y. (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. Quaterly Rept. RTRI, Japan 33, pp. 25-33.

Nogoshi M., Igarashi T. (1970): On the propagation characteristics of the microtremors. J. Seism. Soc. Japan 24, pp. 24-40.

NT4.1 Catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno, INGV, Milano

Park C. B., Miller R. D., Xia J. (1999): Multichannel analysis of surface waves (MASW). Geophysics, 64, 800-808

Panizza M., Slejko D., Bartolomei G., Carton A., Castaldini D., Demartin M., Nicolich R., Sauro U., Semenza E. & Sorbini L. (1981): Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda ed il Monte Grappa; Rend. Soc. Geol. It., 3, 587-603.

P.A.T.I. "Terre di Pedemontana Vicentina", 2007. Analisi geologiche a cura di Dr. A. Massagrande e B. Zavagnin

Peruzza L., Poli M.E., Rebez A., Renner G., Rogledi S., Slejko D. and Zanferrari A.; 2002: The 1976-1977 seismic sequence in Friuli: new seismotectonic aspects. Mem. Soc. Geol. It., 57, 391-400.

Piccoli G., 1967. Illustrazione della Carta Geologica del Marosticano occidentale fra Thiene e la valle del Torrente Laverda nel vicentino. CNR, Centro Naz. per lo studio Geologico e Petrografico delle Alpi, I Sez., Geol., Padova

Pola M., Ricciato A., Fantoni R., Fabbri P. & Zampieri D., 2014. Architeture of the western margin of the North Adriatic foreland: the Schio-Vicenza fault system. Italian Journal of Geoscience, 133 (2), 223-234, doi: 10.3301/UG.2014.04

Poli M.E., P. Burrato, F. Galadini e A. Zanferrari, 2008 Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north-eastern Italy, INGV Roma

Regione del Veneto, Servizio Geologico d'Italia (1988): Carta geologica del Veneto – scala 1 : 250.000

Rovida A., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds) CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of the Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <u>doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15</u>

SESAME Project AA.VV. http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/SES Reports.htm

D. Slejko, G.B. Carulli, F. Carraro, D. Castaldini, A. Cavallin, C. Doglioni, V. Iliceto, R. Nicolich, A. Rebez, E. Semenza, A. Zanferrari e C. Zanolla : Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale. C. N. R. – Gruppo Distretto Pedemontana Sud (PS) Nazionale per la Difesa dai Terremoti. Trieste 1987

Sugan M. e Peruzza L.; 2011: Distretti sismici del Veneto. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 52 (supplemento)

Zanferrari A., Bollettinari G., Carobene L., Carton A., Carulli G.B., Castaldini D., Cavallin A., Panizza M., Pellegrini G.B., Pianett F. and Sauro U.; 1982: Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale. Mem. di Sc. Geol., 35, 355376.

10. PROFILI GEOLOGICI E COLONNE STRATIGRAFICHE DELLE MOPS





Legenda



GM - Depositi alluvionali recenti e attuali costituiti da ghiaie con sabbia e limo

GW - Ghiaie e ghiaie sabbiose dei depositi alluvionali e fluvioglaciali antichi

CL - Depositi eluvio-colluviali a frazione limoso argillosa prevalente



 \square

SFLP - Lave massicce e lave subaeree con frequente alterazione argillosa





Legenda



GM - Depositi alluvionali recenti e attuali costituiti da ghiaie con sabbia e limo

GW - Ghiaie e ghiaie sabbiose dei depositi alluvionali e fluvioglaciali antichi

CL - Depositi eluvio-colluviali a frazione limoso argillosa prevalente



SFIS - Brecce e tufi vulcanici stratificati e spesso alterati

LP - Formazione lapidea costituita da calcareniti biancastre tenaci (Oligocene)

SFLP - Lave massicce e lave subaeree con frequente alterazione argillosa GE

Colonne stratigrafiche schematiche delle microzone omogenee

Zona 2001



Zona 2002



Depositi alluvionali costituiti da ghiaie sabbiose con limo con spessore < 15m Vs 100-350 m/s

Substrato litoide con Vs variabili da 500 a 800 m/s

Zona 2003



SELFE

SF

Depositi detritici costituiti da ghiaie sabbiose di spessore compreso tra 3 e 10 m. Vs 150-300 m/s

Substrato litoide con Vs variabili da 500 a 800 m/s

Zona 2004



Substrato litoide in affioramento compresa coltre di alterazione di sp. max di 3 metri. Formazioni litoidi carbonatiche. Vs 700-800 m/s



Zona 2099

F SF STUPUD F SF

Substrato litoide in affioramento compresa coltre di alterazione di sp. max di 3 metri. Basalti e tufi basaltici alterati, conglomerati, marne, calcareniti e arenarie. V\$ 500-800 m/s