



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE DEL VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Livello I

Relazione Illustrativa

Regione Veneto

Comune di San Giorgio in Bosco



Regione	Soggetto realizzatore	Data
	 STUDIO ASSOCIATO GEODELTA Dott. Geol. Jacopo De Rossi COLLABORATORI: Dott. Geol. Francesco Marinoni  	Settembre 2022

1. INTRODUZIONE	3
1.1. Premessa.....	3
1.2. Inquadramento geografico	5
1.3. Inquadramento topografico	7
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEGLI EVENTI.....	8
2.1. Caratteri geologico strutturali	8
2.2. Pericolosità sismica	14
2.3. Sismicità storica dell'area.....	17
2.4. Faglie interessanti l'area di studio	22
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	23
3.1. Assetto litologico e geomorfologico	23
3.2. Idrogeologia	29
3.3. Acque superficiali.....	31
3.4. Descrizione della carta geologico-tecnica	32
3.4.1. Substrato geologico e copertura quaternaria.....	32
3.4.2. Elementi geomorfologici, geologici e idrogeologici.....	33
3.4.3. Elementi tettonico strutturali.....	33
4. LA CARTA DELLE INDAGINI.....	34
4.1. Indagini pregresse e le nuove indagini	34
4.2. Nuove indagini geofisiche	35
4.3. Analisi delle onde di superficie con tecnica "MASW" - Generalità.....	35
4.4. Operazioni di campagna ed Elaborazione dati.....	37
4.5. Analisi del rumore sismico ambientale (tecnica HVSR)	38
4.6. Risultati ottenuti con le indagini geosismiche	39

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	42
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	43
7. DESCRIZIONE DELLA CARTA DELLE MOPS.....	44
7.1. Premessa.....	44
7.2. Definizione profili tipo zone stabili ma amplificabili	44
7.3. Descrizione delle instabilità e delle forme	45
7.3.1. Liquefazione ($Z_{A_{LQ}}$).....	45
7.3.2. Sovrapposizione di instabilità differenti ($Z_{A_{ID}}$).....	47
7.3.3. Forme di superficie e sepolte	47
8. CONSIDERAZIONI FINALI	48
8.1. Zone instabili suscettibili di amplificazioni locali.....	48
8.2. Zone di attenzione per cedimenti differenziali	50
9. BIBLIOGRAFIA.....	52

1. INTRODUZIONE

1.1. Premessa

Su incarico del Comune di San Giorgio in Bosco (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 sismica 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.
- 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 visto 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 32 indagini con tecnica a stazione singola HVSR e 13 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.
- 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 territorio comunale si pone in un'area di media pianura dove però si risente ancora in modo prevalente della relativa vicinanza dei rilievi prealpini e della diretta adiacenza all'alveo attuale del Fiume Brenta che ha condizionato fortemente sia le forme morfologiche del territorio sia l'assetto geologico-stratigrafico ed idrogeologico dello stesso.

Il territorio comunale si estende per circa 5,9 chilometri dal punto più a Nord a quello più a Sud e verifica una larghezza massima (direzione da Ovest ad Est) di 6,6 chilometri circa (vedi figura 1).

La discreta estensione longitudinale del territorio associata alla posizione dello stesso in zona di transizione tra alta e media pianura, comporta la presenza di situazioni geologico-stratigrafiche ed idrogeologiche diverse tra le diverse zone del territorio comunale.

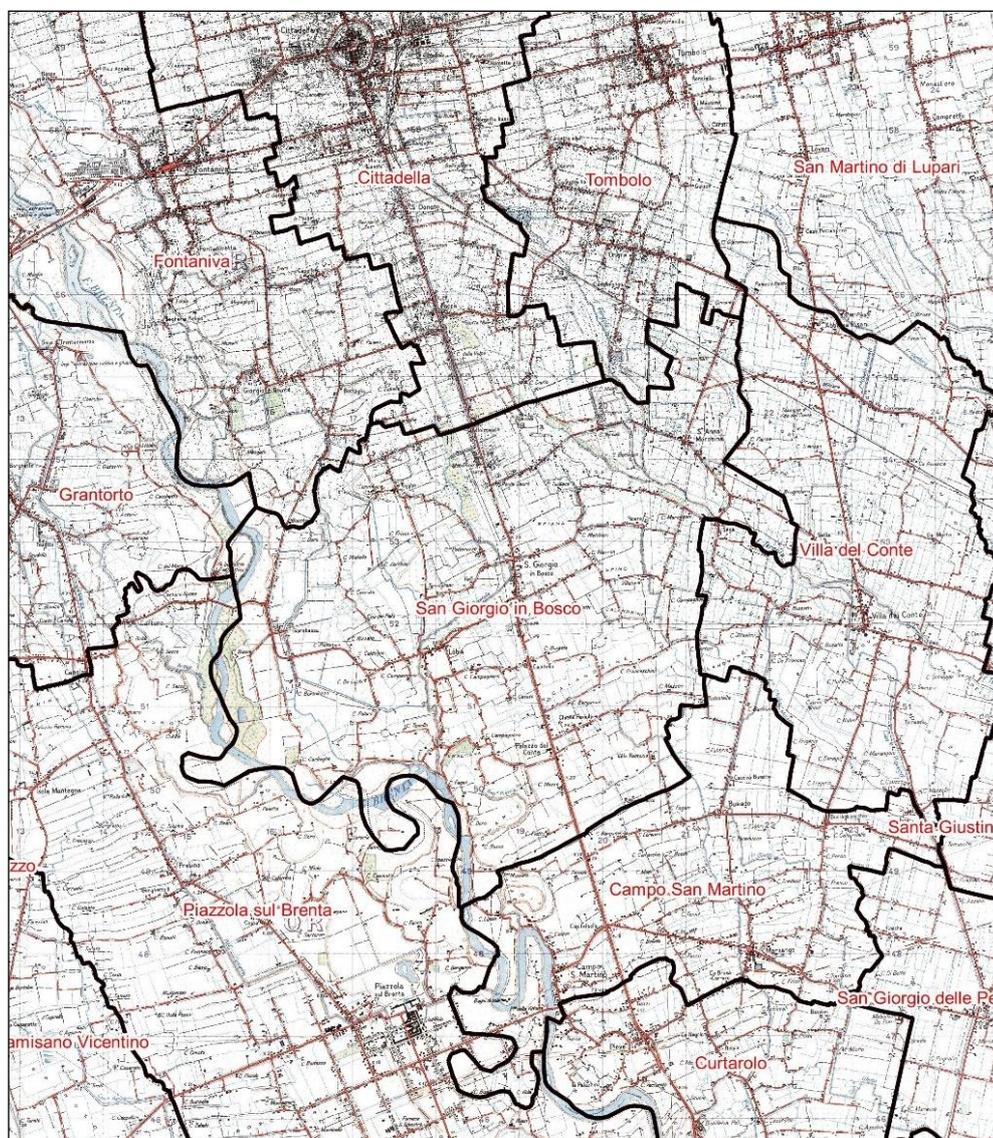


Figura 1: Ubicazione del Comune di San Giorgio in Bosco e comuni limitrofi

Le principali aree urbanizzate e produttive si concentrano nell'area del capoluogo, nelle frazioni di Paviola, Sant'Anna Morosina e Lobia, nonché nelle due aree industriali poste rispettivamente al confine sud e al confine nord. È tuttavia presente una diffusa presenza di fabbricati residenziali anche nelle aree agricole, in particolare nella porzione centro-orientale del comune.

Il Comune confina con i territori contermini di (partendo da nord in senso orario) Figura 1:

- Fontaniva
- Cittadella
- Tombolo
- Villa Del Conte
- Campo San Martino
- Piazzola Sul Brenta
- Grantorto

Tutti comuni appartenenti alla provincia di Padova.

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

- 104140 Cittadella Sud;
- 104150 San Martino di Lupari;
- 126020 San Giorgio In Bosco;
- 126030 Villa Del Conte

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

- 50 I NO Cittadella;
- 50 I SO Camisano Vicentino;
- 50 I NE San Martino di Lupari;
- 50 I SE Camposampiero.

1.3. Inquadramento topografico

Le quote altimetriche del territorio comunale sono comprese tra i 36 metri sul livello del mare del margine settentrionale e i 19 m s.l.m. di quello meridionale, ne derivano pendenze anche piuttosto sensibili in alcune zone (Figura 1).

La seguente Figura 2, realizzata con il DEM (digital elevation model) reso disponibile grazie alla documentazione scaricabile dal sito della Regione Veneto¹, permette l'immediata comprensione dei principali aspetti morfologici che caratterizzano il territorio comunale.

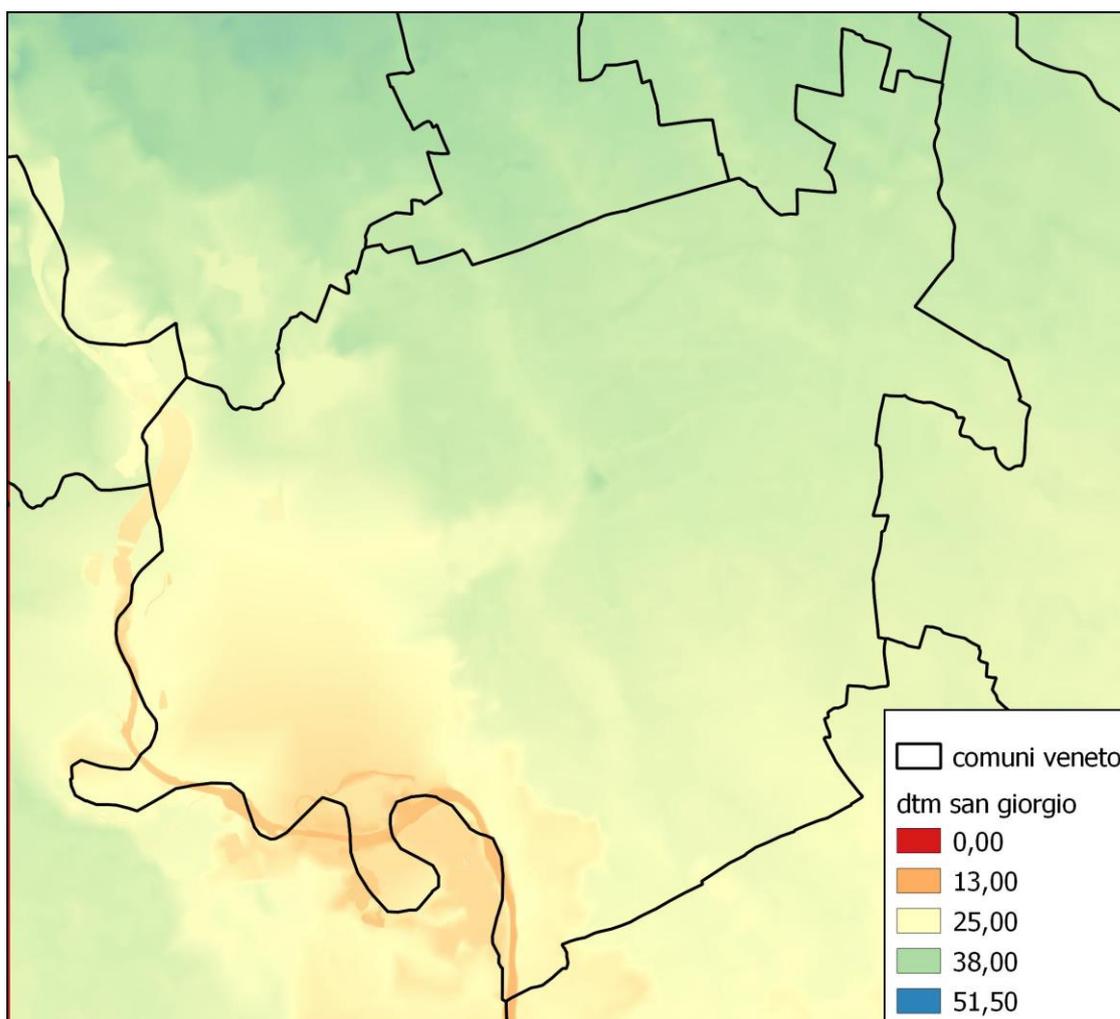


Figura 2: rilievo DEM del territorio comunale (quote in m s.l.m.)

¹ (<https://idt2.regione.veneto.it/>)

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEGLI EVENTI

2.1. Caratteri geologico strutturali

Le note di carattere generale riportate di seguito sono tratte da ricerche bibliografiche e fanno riferimento principalmente al lavoro di Monica Sukan 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 3Figura). 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 Sukan e Peruzza, il territorio veneto è diviso in 9 distretti sismici (Figura): il Comune di San Giorgio in Bosco ricade nel "**Distretto Pedemontana Sud: PS**", del quale vengono riassunti di seguito 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).*

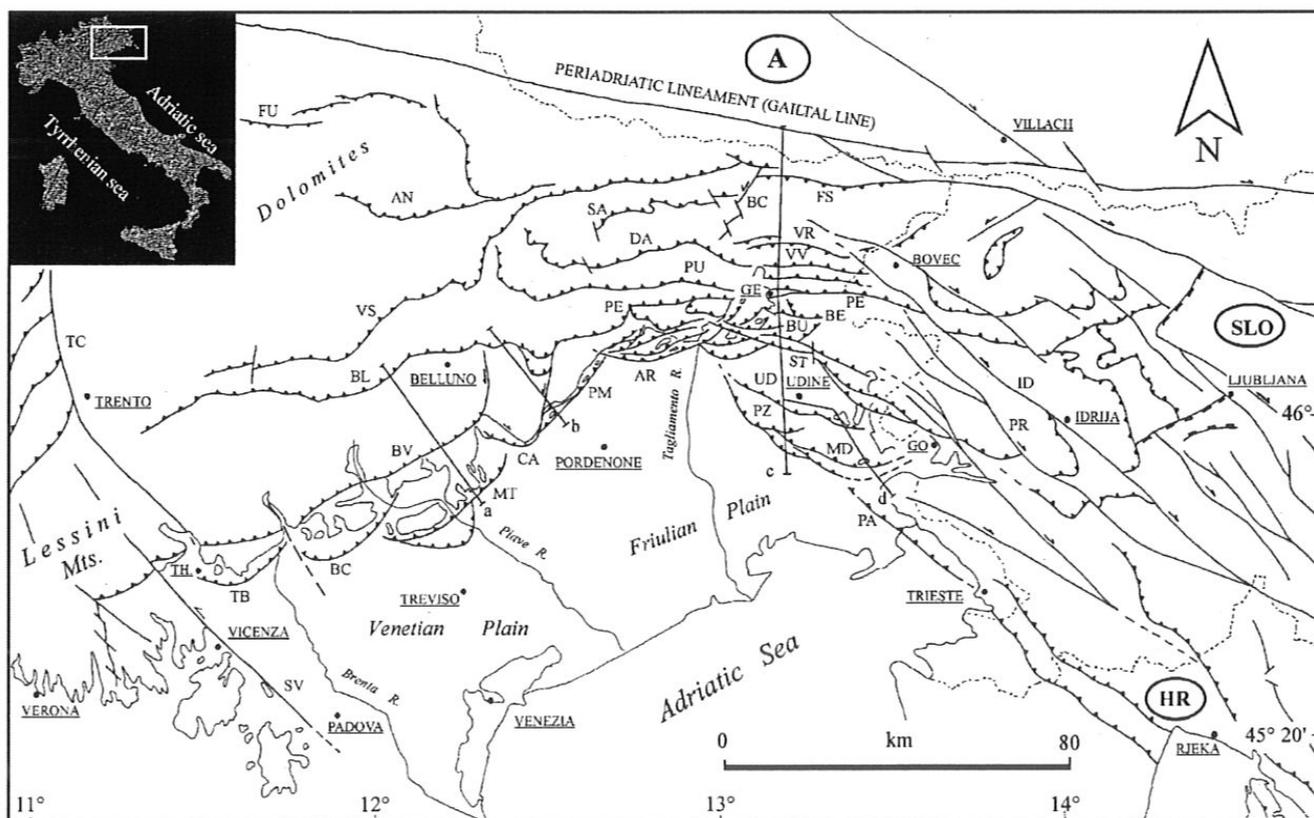


Figure 1. Structural model of NE Italy and W Slovenia. The letters a, b, c and d define the traces of the geological sections reported in Figs 11, 14, 4 and 6, respectively. Legend (towns): TH, Thiene; GE, Gemona; GO, Gorizia. Legend (structures): TC, Trento-Cles fault; SV, Schio-Vicenza fault; TB, Thiene-Bassano 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 3: 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.

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.

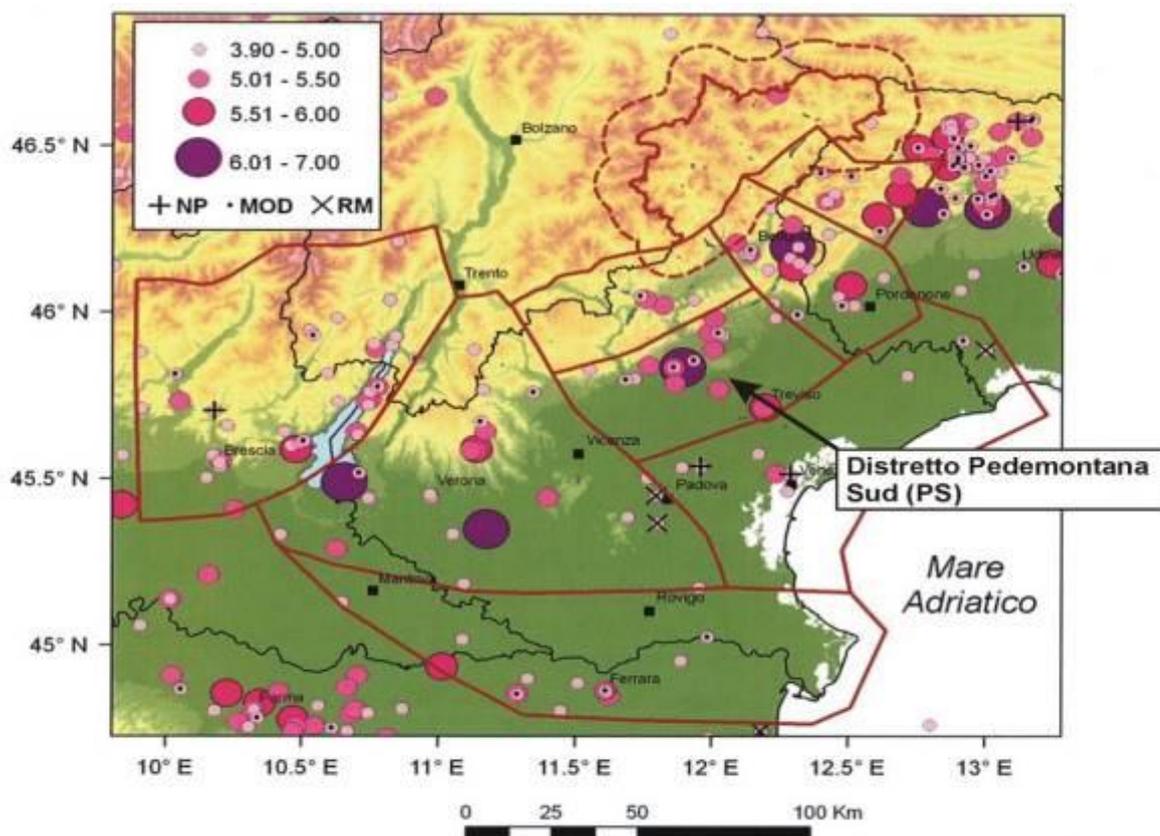


Figura 4: Mappa della sismicità storica del Veneto e aree limitrofe; fonte dati CPTI04 criticamente rivisto (Molin et al, 2008). In legenda i simboli colorati indicano la magnitudo equivalente a M_w riportata in CPTI Working Group (2004); i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come 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.

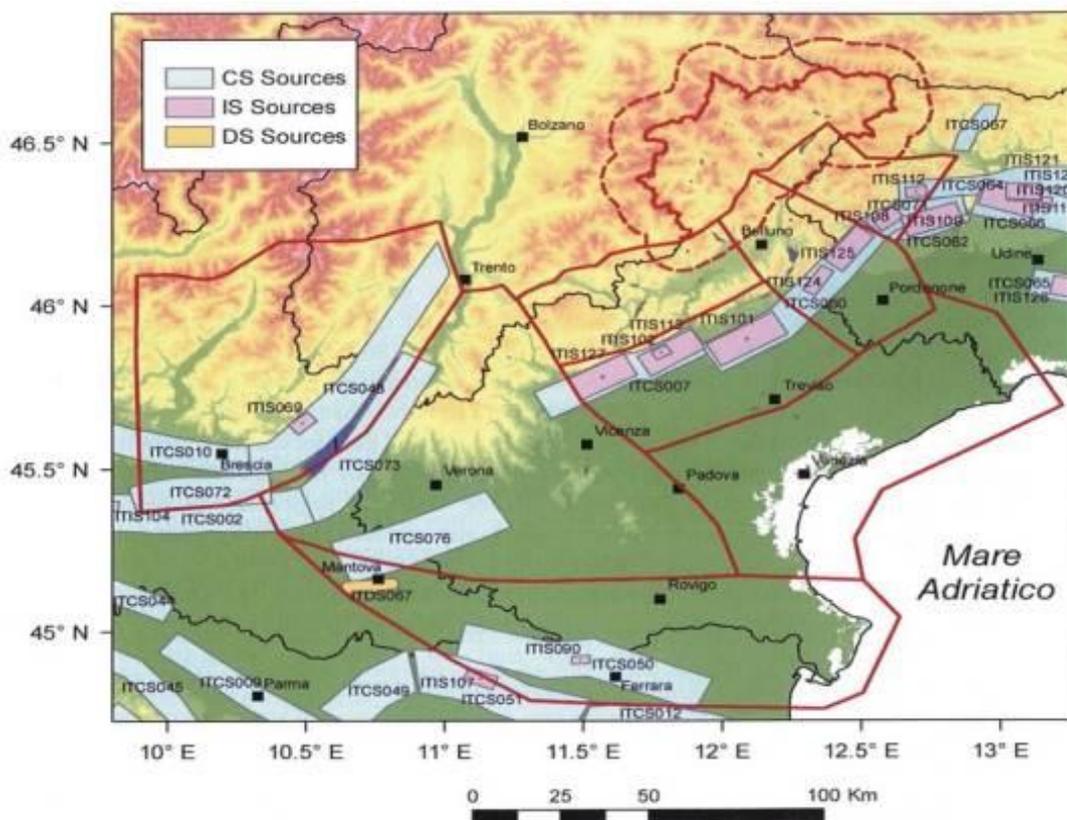


Figura 5: Sorgenti sismogenetiche DISS versione 3.1.1 (DISS Working Group, 2010). Visualizzazione su DEM. Con codice sorgente in azzurro le sorgenti composite (CS), in rosa le sorgenti individuali (IS) e in arancione le sorgenti ritenute controverse (Debated Sources, DS). (Estratto da Segan e Peruzza, 2011)

Nel lavoro di Segan e Peruzza, sono riportate le seguenti informazioni riguardo le sorgenti sismogenetiche che interessano il Distretto Pedemontana Sud, localizzate nelle planimetrie della Figura 6 e della Figura 7.

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 (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 composta 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, $M_w = 5,48$. 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 composta 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 sono invece rappresentate le sorgenti sismogenetiche secondo quanto indicato in DISS 3.3.0 (2021).

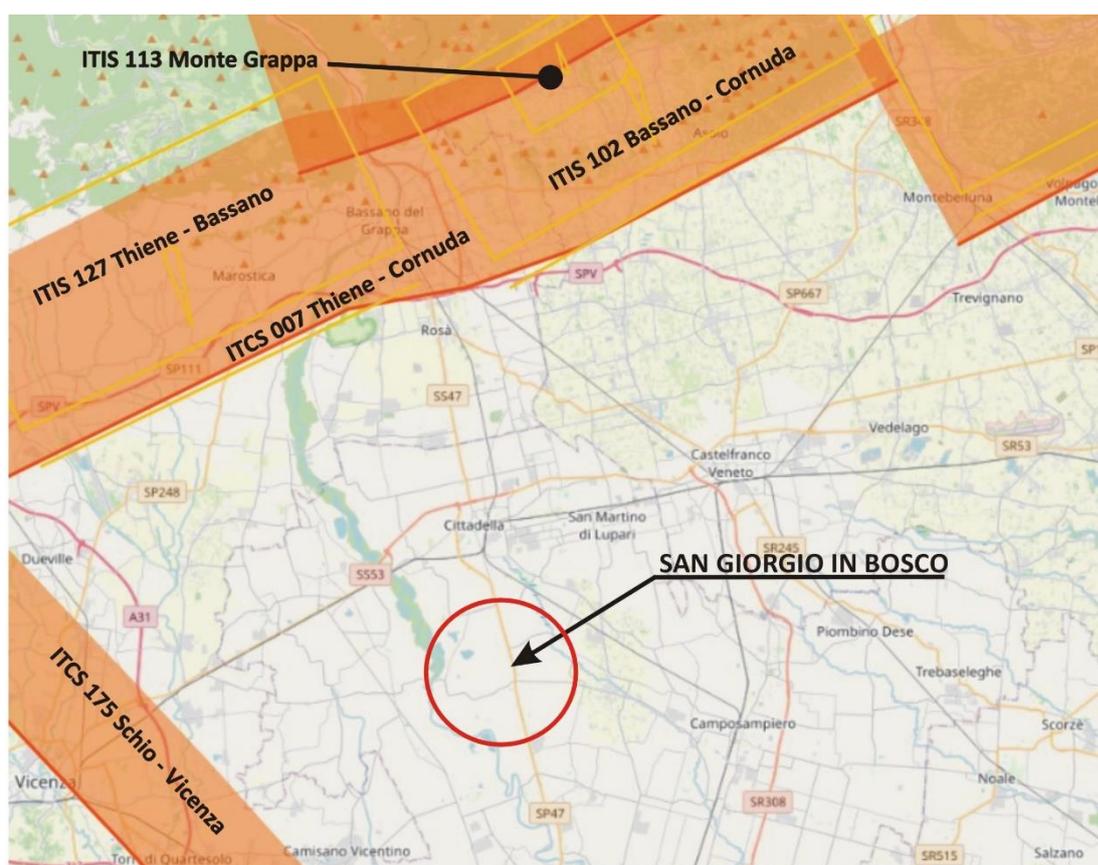


Figura 6: Sorgenti sismogenetiche prossime al Comune di San Giorgio in Bosco. DISS versione 3.3.0 (DISS Working Group, 2021) ITIS : Sorgenti sismogenetiche individuali ITCS : Sorgenti sismogenetiche composite

Di seguito è riportata la scheda ricavata dal catalogo DISS 3.3.0, relativa alla sorgente sismogenetica individuale ITIS 127 "Thiene-Bassano", distante circa 16 Km verso Nord dal Comune di San Giorgio in Bosco.



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Database of Individual Seismogenic Sources

DISS version 3

User: Guest | [Login](#)

[HOME](#) | [MAP](#) | [SEARCH](#) | [HELP](#)

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES

DEBATED SEISMOGENIC SOURCES

SUBDUCTION ZONES

USER COMMENTS

[COMMENTARY](#)
[PICTURES](#)
[REFERENCES](#)
[USER COMMENTS](#)

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITIS127
Name	Thiene-Bassano
Compiler(s)	Burrato P.(1), Galadini F.(2)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Poli M.E.(3), Zanferrari A.(3), Galadini F.(2)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione di Milano - Pavia; Via Bassini 15, 20133 Milano, Italy 3) Universit... degli Studi di Udine; Dipartimento di Georisorse e Territorio; Via Cottonificio 114, Udine, Italy
Created	23-Nov-2005
Updated	23-Nov-2005
Display map ...	
Related sources	ITCS007

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	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 constrained 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	0.1...1.0	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=LITHOLOGIC DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

Latest Earthquake	Unknown	See "Commentary" for information.
Penultimate Earthquake	Unknown	See "Commentary" for information.

ACTIVE FAULTS

ACTIVE FOLDS

2.2. Pericolosità sismica

Per quanto attiene alla pericolosità sismica del territorio, sempre nella pubblicazione di Suga 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.”

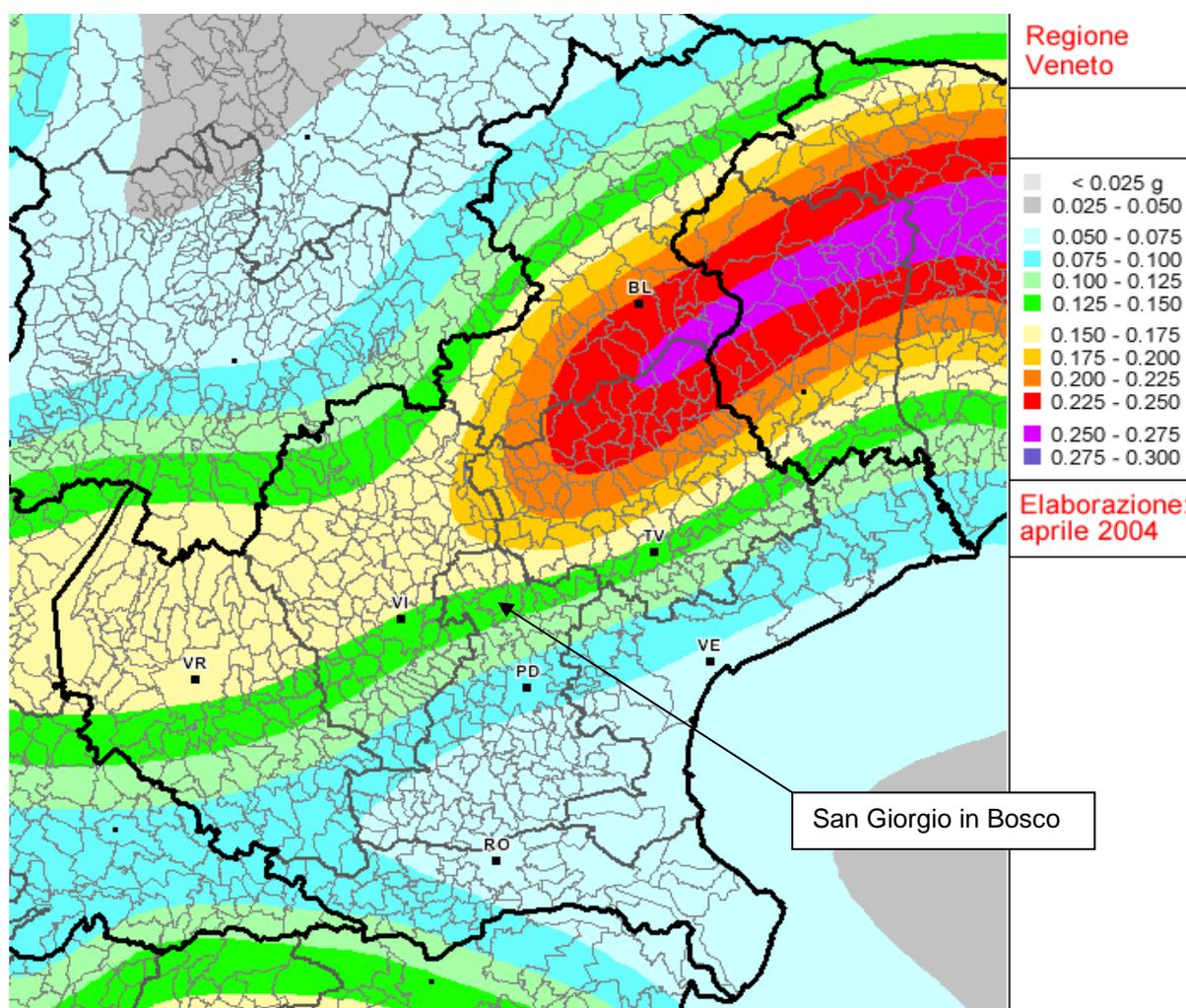


Figura 7: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale relativa alla Regione Veneto, entrata in vigore con l’Ordinanza PCM 3519/2006, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

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 e dalla Figura, il Comune di San Giorgio in Bosco 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 $V_{s30} > 800$ 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.

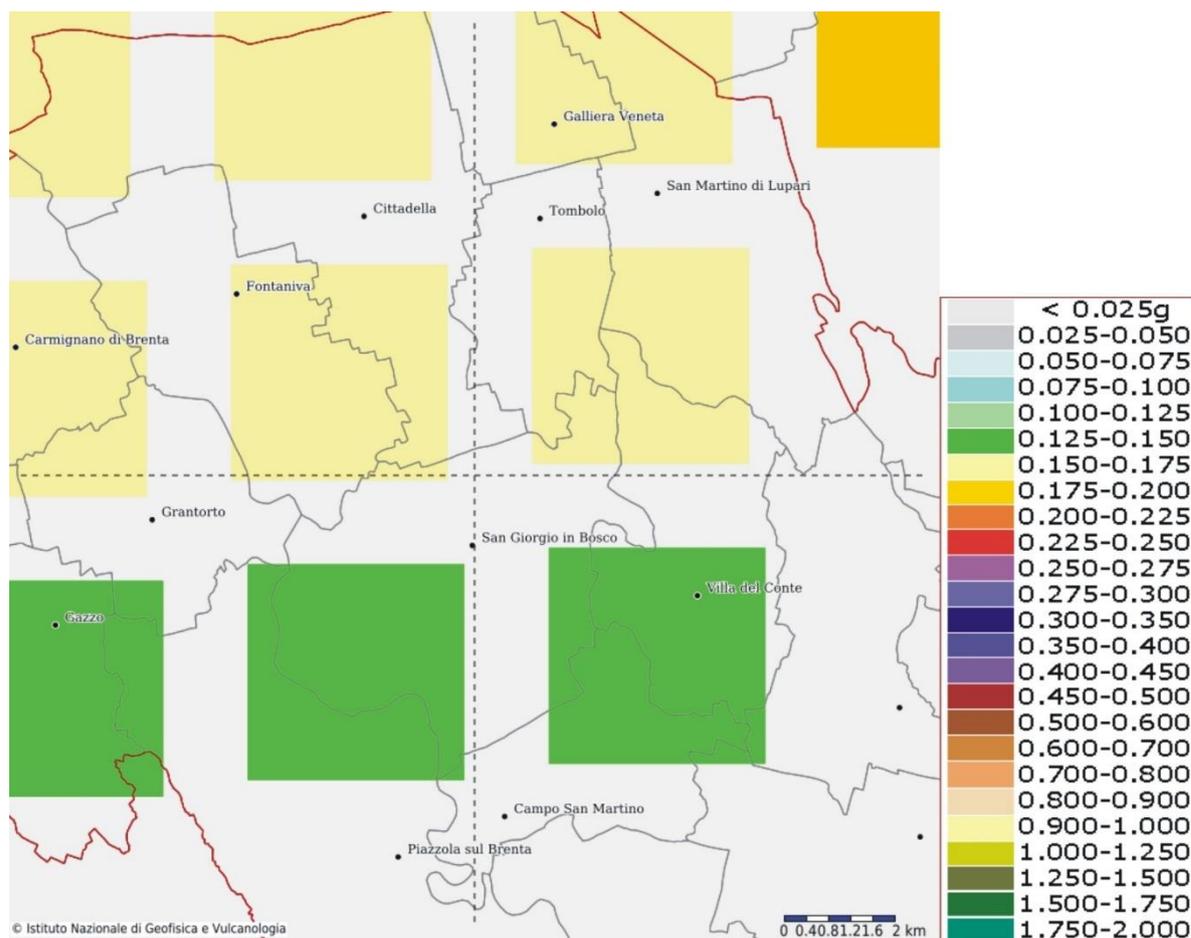


Figura 8: Mappa di pericolosità sismica relativa al territorio di studio, entrata in vigore con l'Ordinanza PCM 3519/2006, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat A, punto 3.2.1 del D.M. 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 San Giorgio in Bosco** un valore di a_g 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 $V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) pari **0,144 g**. Lo stesso modello di calcolo fornisce oltre ai

valori di a_g anche quelli di F_o e T_c per vari tempi di ritorno e a monte della scelta della strategia di progettazione; i dati sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 2: indicazione dei parametri per i diversi tempi di ritorno relativi al Comune di San Giorgio in Bosco

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,038	2,566	0,241
50	0,053	2,462	0,259
72	0,063	2,482	0,268
101	0,074	2,43	0,278
140	0,087	2,404	0,286
201	0,102	2,41	0,294
475	0,144	2,426	0,306
975	0,19	2,432	0,315
2475	0,267	2,432	0,328

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 a_g . Tale opzione è ovviamente preferibile poiché fornisce valori più precisi, visto che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono variare sensibilmente.

Si fa notare che secondo l'O.P.C.M. n. 4007 del 29.02.2012 il Comune di **San Giorgio in Bosco** è classificato con **$a_g = 0,151987$** .

I valori di a_g 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.

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
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 Jonica	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

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 San Giorgio in Bosco ricade all'interno della zona 906.

2.3. 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 San Giorgio in Bosco e quella del vicino comune di Bassano del Grappa (Figura 10) dove la sequenza storica è più estesa. In Figura 11 è riportata la mappa della sismicità storica del distretto Pedemontana Sud.

Le sigle utilizzate nelle tabelle hanno il seguente significato:

Io = Intensità macrosismica epicentrale (gradi scala MCS)

I = Intensità al sito (MCS)

Mw = magnitudo momento

NMDP = Numero di dati macrosismici (Macro seismic Data Point)

Seismic history of	San Giorgio in Bosco										
PlaceID	IT_29262										
Coordinates (lat, lon)	45.589, 11.810										
Municipality (ISTAT 2015)	San Giorgio in Bosco										
Province	Padova										
Region	Veneto										
No. of reported earthqu	1										
Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	IoDef	MwDef	
3-4	3594	1989	9	13	21	54	1,5	Prealpi Vicentine	6-7	4,85	

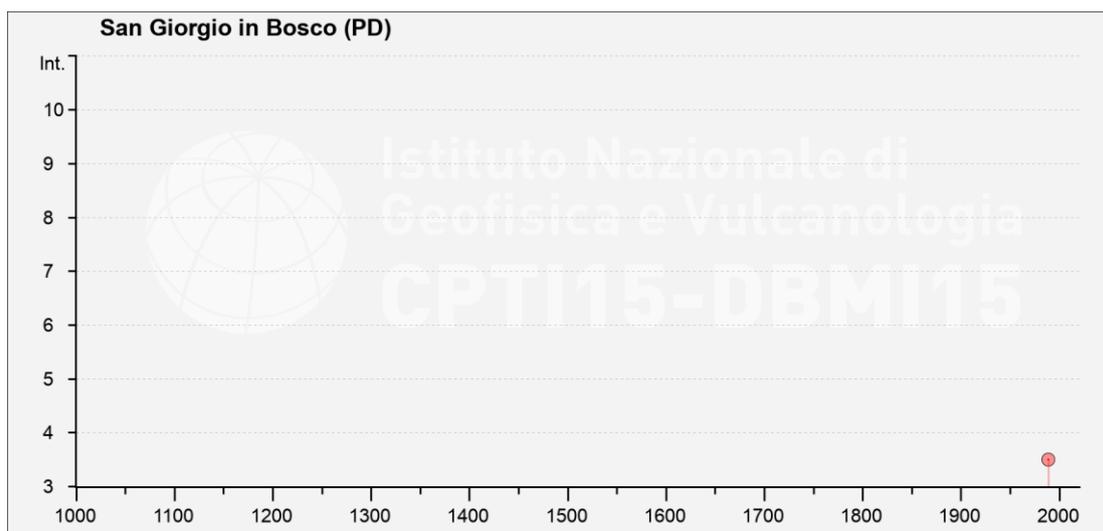


Figura 9: Storia sismica di San Giorgio in Bosco (da INGV, Database macrosismico italiano DBMI15)

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v4.0										
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano										
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)										
Seismic history of Bassano del Grappa										
PlaceID	IT_24065									
Coordinates (lat, lon)	45.767, 11.734									
Municipality (ISTAT 2015)	Bassano del Grappa									
Province	Vicenza									
Region	Veneto									
No. of reported earthquakes	40									
Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	IoDef	MwDef
HF	89	1348	1	25				Alpi Giulie	9	6,63
7	569	1695	2	25	5	30		Asolano	10	6,4
5	780	1756	2	26				Valle del Brenta	4	3,7
F	1068	1826	6	24	12	15		Garda occidentale	5	4,62
4	1111	1832	3	13	3	30		Reggiano	7-8	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-occidentale		
4	1925	1907	4	25	4	52		Veronese	6	4,79
5	1976	1909	1	13	0	45		Emilia Romagna orient	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
4	2323	1924	12	12	3	29		Carnia	7	5,42
4	2344	1926	1	1	18	4	3	Carniola interna	7-8	5,72
3	2391	1929	4	10	5	44		Bolognese	6	5,05
3	2403	1929	5	11	19	23		Bolognese	6-7	5,29
5	2521	1936	10	18	3	10		Alpago Cansiglio	9	6,06
5-6	3124	1976	5	6	20	0	13,17	Friuli	9-10	6,45
NF	3167	1976	12	13	5	24		Garda settentrionale	7	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

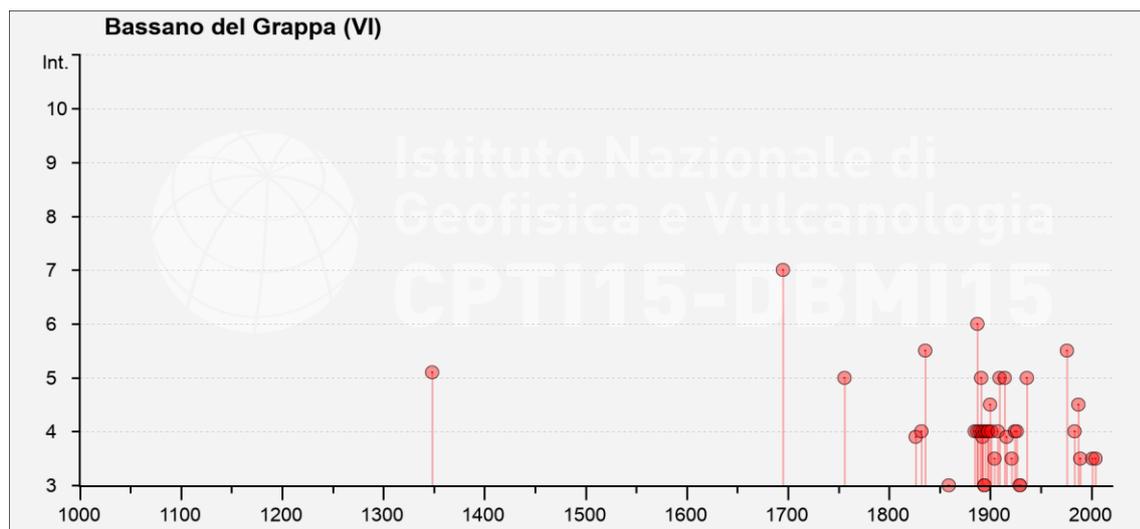


Figura 10: Storia sismica di Bassano del Grappa (da INGV, Database macrosismico italiano DBMI15)

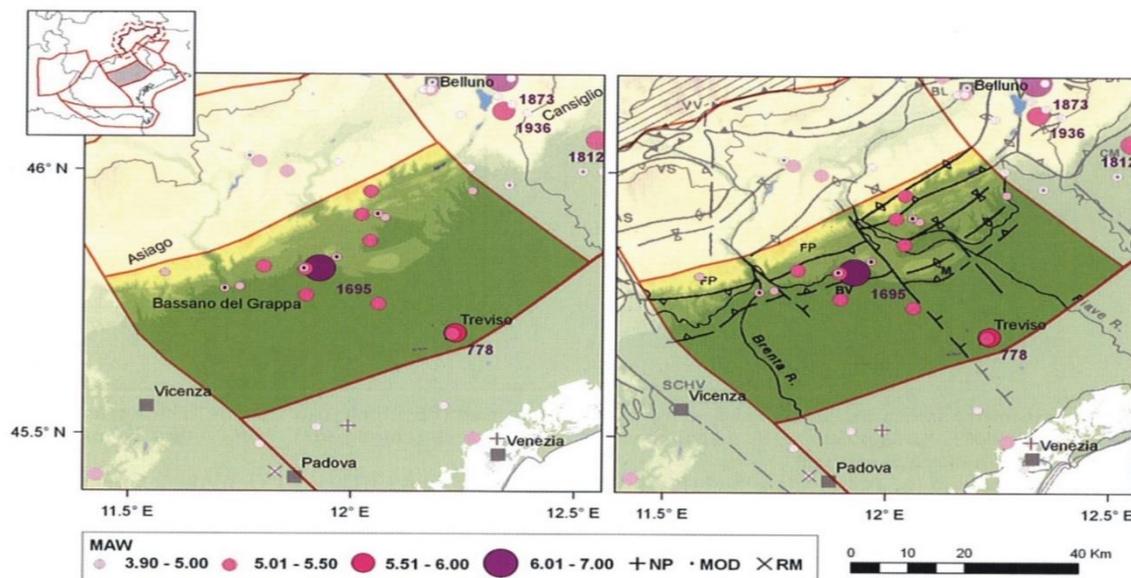


Figura 11: Mappa della sismicità storica del distretto Pedemontana Sud (PS); fonte dati CPTI04 criticamente rivisto (Molin et al., 2008). Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin et al. (1998b) (dx). In legenda: Maw indica la magnitudo equivalente a M_w riportata in CPTI Working Group (2004); i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati "NP", modificati "MOD" o rimossi "RM". (Estratto da Segan 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 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), relativamente vicini al Comune di San Giorgio in Bosco. Le note sono ricavate dal *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1997 CFTI Med5*.

Terremoto del 25 Febbraio 1695 , 05 : 30 GMT

Date	Time	Lat	Lon	Rel	Io	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 , 02 : 30 GMT

Date	Time	Lat	Lon	Rel	Io	Imax	Sites	Nref	Me	Rme	Location	Country
12 06 1836	02:30	45.8	11.817	b	8	8	27	0046	5.6	!	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.

2.4. Faglie interessanti l'area di studio

Il database di ITHACA segnala che il settore occidentale del territorio comunale è attraversato dal tracciato della Faglia Attiva e Capace (FAC) denominata "East Padova" n. di catalogo 72300.

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. Nel sito internet <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/> 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.

Sulla base di tali informazioni, di quanto desumibile dalla scheda informativa della faglia (quality study: low), dell'elevata profondità del substrato lapideo e della conseguente incertezza sulla reale posizione della faglia, si è optato per non classificarla in questo studio come Attiva e Capace. Pertanto, il suo tracciato compare solo nella Carta Geologico Tecnica, mentre non è riportata nella Carta delle MOPS.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1. Assetto litologico e geomorfologico

A scala regionale, il territorio comunale viene ascritto a due diverse unità geomorfologiche derivanti essenzialmente dalla diversa situazione riguardo al fattore morfogenetico dominante, ovverosia la presenza dell'alveo del fiume Brenta.

La zona di pianura più antica, non interessata dall'azione modellatrice dell'alveo recente ed attuale del Brenta, viene definita come appartenente ai "Depositi fluvio-glaciali e alluvionali antichi e recenti"; la fascia di territorio grossomodo compresa entro i terrazzamenti principali del Brenta viene attribuita invece all'unità dei "Depositi mobili degli alvei fluviali attuali" (vedi Figura 12).

L'importante azione modellatrice operata dall'alveo del Fiume Brenta, che ha prodotto forme ben evidenti in sito, viene ricostruita nella pubblicazione "Il territorio della Brenta" edito da Provincia di Padova e dall'Università di Padova.

In subordine rispetto all'azione morfogenetica del fiume Brenta, risulta evidente la modificazione del territorio indotta da forme antropiche; esse sono in parte collegate alla presenza del Brenta (arginature fluviali, rete di rogge e canali), in parte connesse con il sistema dei trasporti stradali e con la presenza di fosse di cava.

Come già detto il territorio comunale appartiene all'unità geologica della media Pianura Veneta.

La costituzione geologico-stratigrafica della Pianura Padano-Veneta, al di là del suo aspetto morfologico uniforme ed apparentemente monotono, non è certamente omogenea; nel dettaglio essa risulta molto varia e spesso assai complessa. Ciò deriva da diverse cause: il numero elevato di vallate che sfociavano nell'antica depressione tettonica adriatica attraverso le quali si depositarono fino a colmarla con enormi accumuli di depositi fluvio-glaciali e fluviali; le frequenti variazioni spaziali del corso di questi fiumi che divagarono per la pianura depositando le loro alluvioni su aree diverse, le frequenti ingressioni e regressioni del mare Adriatico che hanno interessato ripetutamente la Bassa e la Media Pianura; tutti questi fattori hanno generato un assetto stratigrafico assai articolato anche se schematizzabile come già detto nella classica suddivisione nelle tre fasce di Alta, Media e Bassa Pianura.

Ovviamente la differenziazione nelle tre zone deriva da una drastica semplificazione e schematizzazione essendo le stesse geneticamente e strutturalmente collegate.

L'elemento strutturale principale dell'Alta e Media Pianura è rappresentato dalle grandi conoidi alluvionali ghiaiose, depositate dai corsi d'acqua (Piave, Brenta, Astico, Leogra) quando il loro regime era nettamente diverso da quello attuale e caratterizzato soprattutto da portate molto elevate (per lo scioglimento dei ghiacciai) e da un trasporto solido imponente (per lo smantellamento degli apparati morenici che intasavano le valli prealpine).

Lungo la fascia pedemontana si riconoscono varie conoidi sovrapposte dello stesso fiume, compenstrate sui fianchi con le conoidi dei fiumi vicini; si riconoscono anche conoidi dello stesso

fiume depositate su aree diverse. Ne risulta così un sottosuolo interamente ghiaioso per tutto lo spessore del materasso alluvionale (zona di Alta Pianura).

Le conoidi ghiaiose dei vari corsi d'acqua si spinsero a valle per distanze differenti, in funzione dei diversi caratteri idraulici di ciascun corso d'acqua nelle diverse fasi climatiche: le conoidi più antiche, e quindi più profonde, si sono spinte quasi sempre in aree più lontane rispetto a quelle più recenti.

Scendendo verso valle, o meglio verso l'attuale fascia costiera, lo spessore complessivo delle ghiaie diminuisce progressivamente: al semplice ed omogeneo accumulo di materiali grossolani dell'Alta Pianura si sostituisce un sistema multistrato in cui i singoli letti ghiaiosi si assottigliano sempre più

spessi ed estesi livelli sabbiosi in quanto le ultime propaggini delle grandi conoidi alluvionali ghiaiose prealpine sono molto rare e comunque presenti esclusivamente a grandi profondità.

Il territorio comunale di San Giorgio in Bosco appartiene alla zona di media pianura, ne deriva una struttura litostratigrafica definita dall'alternanza di livelli materiali grossolani, come sabbie e ghiaie, con altri livelli costituiti da materiali fini, limi e argille.

I profili stratigrafici, riportati in Figura 13, mettono in evidenza la presenza di alternanze di terreni a granulometria grossolana con terreni a granulometria fine, ciò risulta essere perfettamente in linea con quanto detto sulle caratteristiche lito-stratigrafiche della Media Pianura Veneta.

L'intero territorio comunale, infatti, si contraddistingue da depositi costituiti da ghiaie, sabbie e ciottoli intercalati a depositi limo-argillosi.

fino ad esaurirsi penetrando entro depositi sempre più potenti di materiali fini limoso-argillosi (zona di Media Pianura).

Allontanandosi ulteriormente dallo sbocco delle vallate prealpine, i sedimenti che costituiscono il sottosuolo sono rappresentati principalmente da orizzonti limoso-argillosi alternati a più o meno

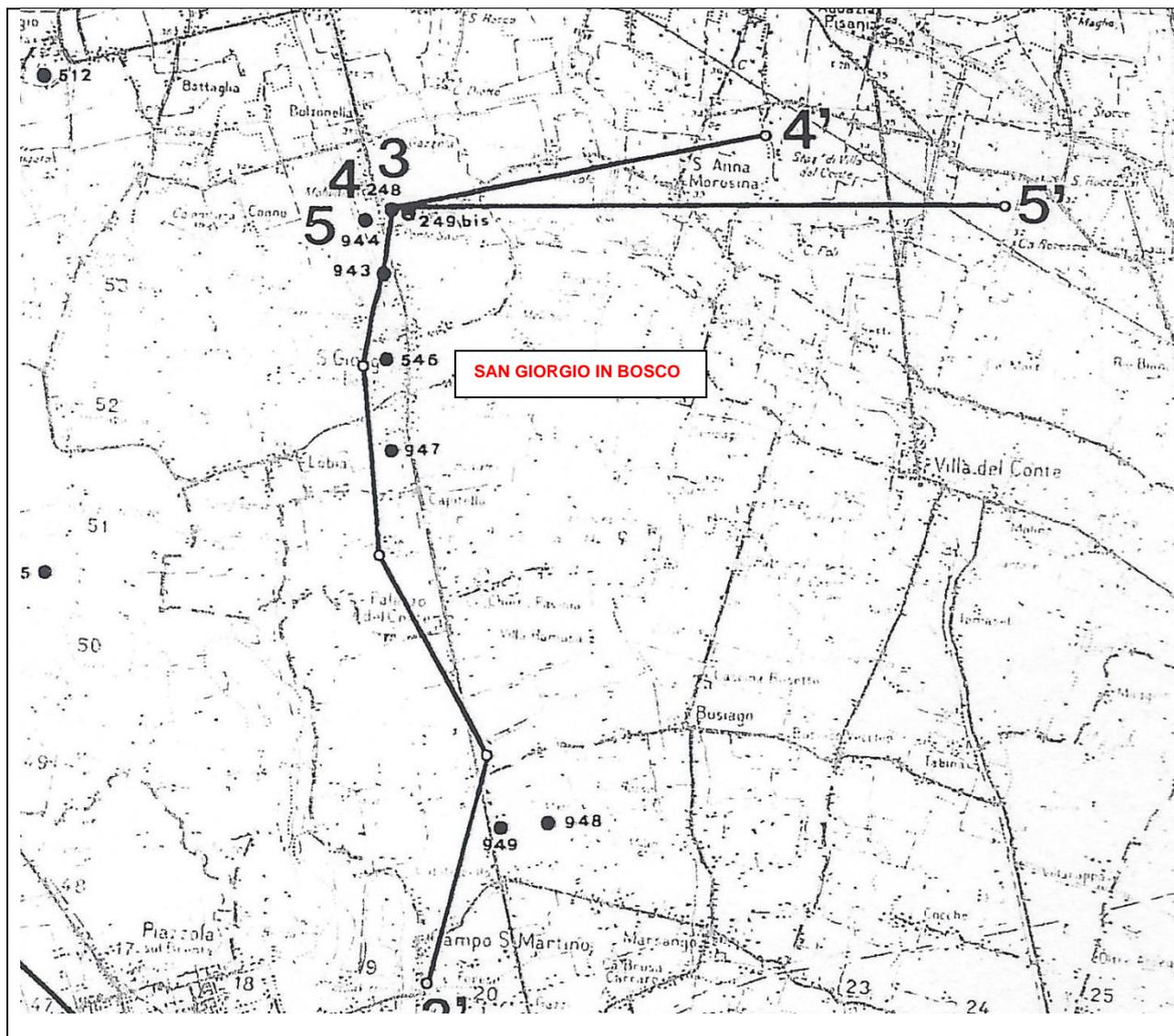
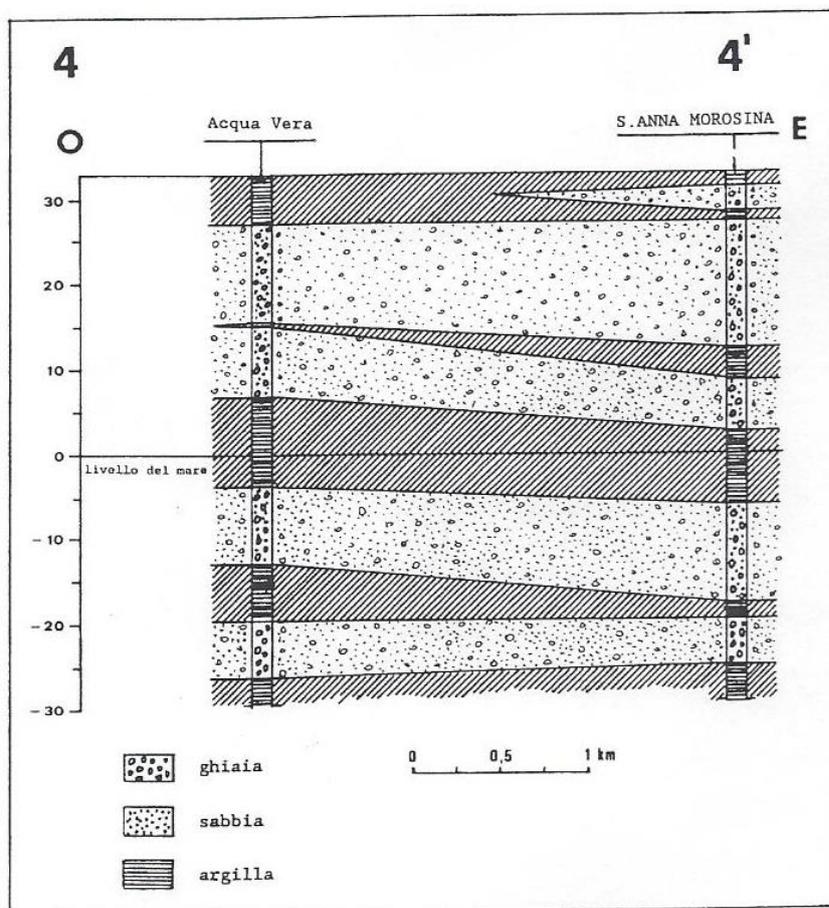
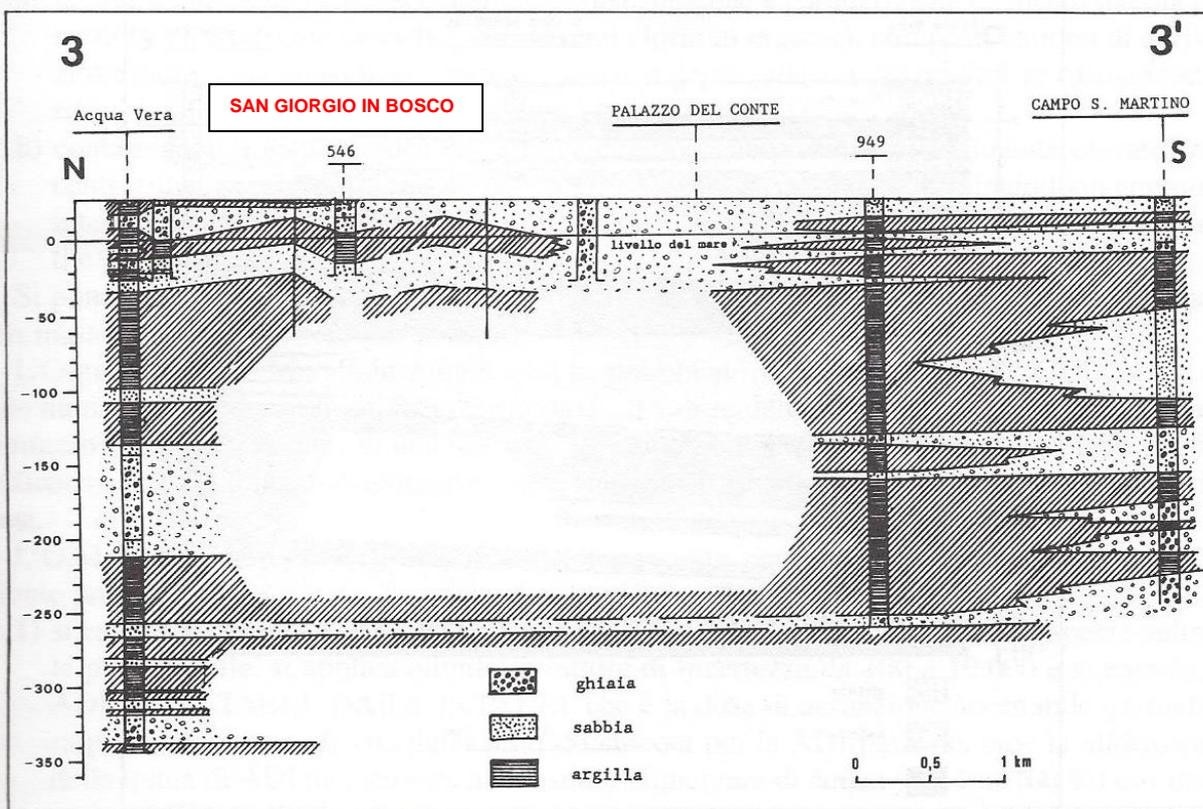


Figura 12: mappa delle sezioni stratigrafiche (C.N.R. - Regione Veneto, 1993)



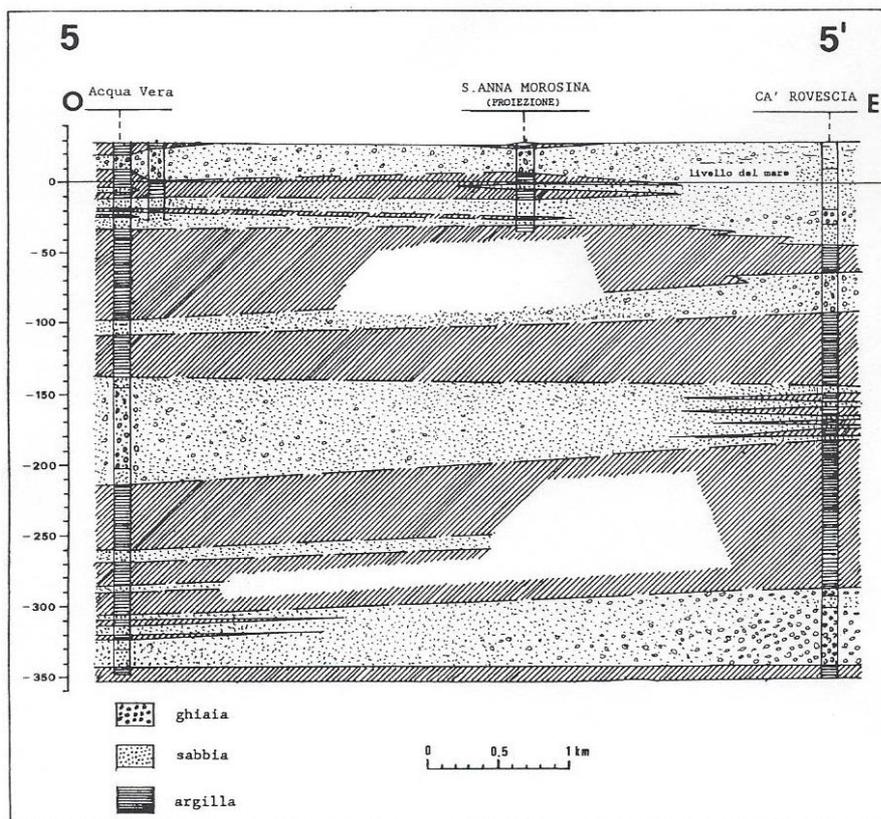


Figura 13: sezioni stratigrafiche (C.N.R. - Regione Veneto, 1993)

3.2. Idrogeologia

La descritta situazione litostratigrafia condiziona evidentemente l'assetto idrogeologico del territorio. In termini generali, il materasso ghiaioso dell'Alta Pianura contiene il cosiddetto acquifero freatico indifferenziato, mentre la successione in profondità tra livelli limoso-argillosi e ghiaioso-sabbiosi sovrapposti, tipica della Media Pianura, ospita il sistema delle falde artesiane, sistema che si riduce via via per estensione ed importanza passando verso la zona di bassa pianura.

Nella figura seguente viene riportato il classico schema della pianura veneta laddove viene indicata la posizione del territorio di San Giorgio in Bosco.

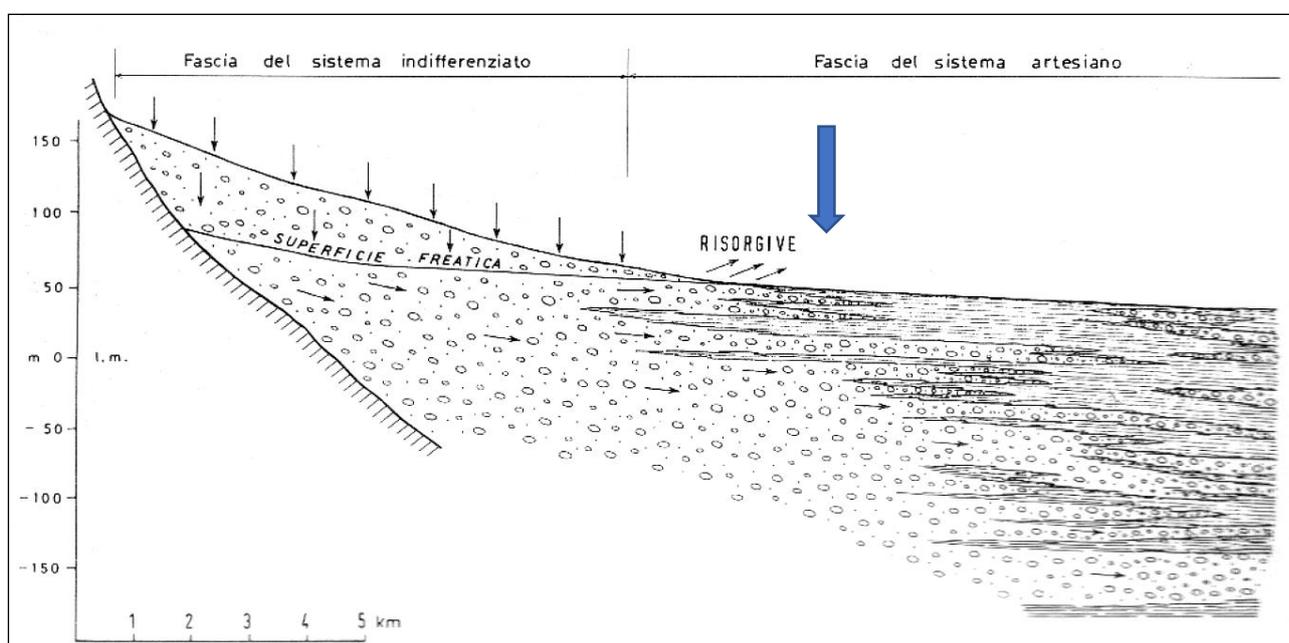


Figura 14: Schema idrogeologico dell'alta e media-bassa pianura (Estratto da A. Dal Prà - 1989)

Il materasso alluvionale ghiaioso di alta pianura ospita un'unica falda a superficie libera (freatica), che alimenta e regola dal punto di vista idraulico tutto il sistema multifalde in pressione presente più a sud essendo ad esso idraulicamente, anche se in modo indiretto, collegato.

I fattori di alimentazione del sistema idrogeologico complessivo sono essenzialmente costituiti da:

- la dispersione in alveo dei corsi d'acqua nei tratti disperdenti;
- l'infiltrazione degli afflussi meteorici diretti;
- l'infiltrazione delle acque irrigue nelle zone di alta pianura ad elevata permeabilità dei suoli.

Allo stato attuale delle conoscenze risultano di grandezza assai meno significativa le immissioni profonde derivanti da sorgenti in roccia sepolte sotto i sedimenti delle conoidi alluvionali.

Le direzioni del deflusso sotterraneo a valle della zona di persistenza della falda freatica di Alta Pianura (e quindi a valle del limite superiore della fascia delle risorgive) possono essere definite in modo meno dettagliato di quella dell'alta pianura a causa della maggiore complessità dei sistemi, a meno di non eseguire rilievi di dettaglio.

A grandi linee viene comunque riconosciuto un andamento del deflusso coerente con quello del deflusso sotterraneo nelle zone di alta pianura laddove, a valle della fascia delle risorgive, la denominazione di "falda freatica" meglio viene definita dal termine falda acquifera superficiale.

A valle della fascia di transizione tra acquifero freatico e sistema delle falde in pressione, infatti, a partire dalla fascia delle risorgive e più a valle passando alla bassa pianura, risulta improprio riferirsi al termine falda freatica in quanto tale termine implica una buona omogeneità dei materiali costituenti l'acquifero con conseguente unitarietà in senso idraulico della falda stessa.

Al contrario nelle zone di Media e ancor più di Bassa Pianura risulta presente una falda acquifera superficiale che in realtà è costituita da diverse falde acquifere locali ospitate in livelli a permeabilità variabile (ma comunque generalmente piuttosto bassa) variamente interconnesse tra loro e spesso in rapporto idraulico con i corpi idrici superficiali. Tale rapporto di connessione con gli alvei di fiumi e canali di scolo (che risulta peraltro agente anche con maggiore importanza nella zona di Alta Pianura per quanto riguarda la ricarica della falda freatica operata dalle dispersioni in alveo dei fiumi) condiziona fortemente le direzioni di deflusso, le profondità di livello ed i gradienti del sistema della falda acquifera superficiale.

Per quanto riguarda la profondità del livello di falda rispetto al p.c., la stessa risulta assai variabile nelle zone di Alta Pianura anche a causa delle sensibili ondulazioni del piano campagna, decrescendo tuttavia con regolarità, ed abbastanza velocemente nelle zone di conoide, dal piede dei rilievi montuosi (dove si riscontrano i valori maggiori, pari a varie decine di metri) verso la fascia delle risorgive dove la falda affiora a giorno nei punti più depressi.

Nelle zone di Media e Bassa Pianura la profondità della falda acquifera superficiale risulta sempre assai limitata (generalmente inferiori ai 2 metri) eccezion fatta per le zone adiacenti agli alvei fluviali che drenando l'acquifero deprimono il livello di falda.

Le oscillazioni del livello di falda risultano peraltro assai maggiori nella falda freatica unitaria di Alta Pianura che nelle falde libere superficiali presenti in Media e Bassa Pianura: mentre le prime

possono raggiungere oscillazioni di diversi metri durante l'anno, le seconde generalmente limitano la loro variabilità di livello a qualche decimetro.

Secondo la suddetta schematizzazione idrogeologica il territorio comunale appartiene al settore idrogeologico di media pianura. Particolare rilievo deriva dalla presenza del fiume Brenta per il diretto rapporto di interconnessione tra acqua in alveo e falda.

3.3. Acque superficiali

Dal punto di vista idrografico il Territorio del Comune di San Giorgio in Bosco appartiene al bacino idrografico regionale del Brenta-Bacchiglione con l'alveo del Fiume Brenta che corre a ovest del territorio comunale e ne costituisce in gran parte il confine occidentale.

La rete dei canali irrigui e di scolo viene gestita parte dal Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta (ad ovest della strada statale 47,) e parte dal Consorzio Acque Risorgive (ad est della strada statale), in Figura 11 vengono illustrate le rispettive aree di competenza.

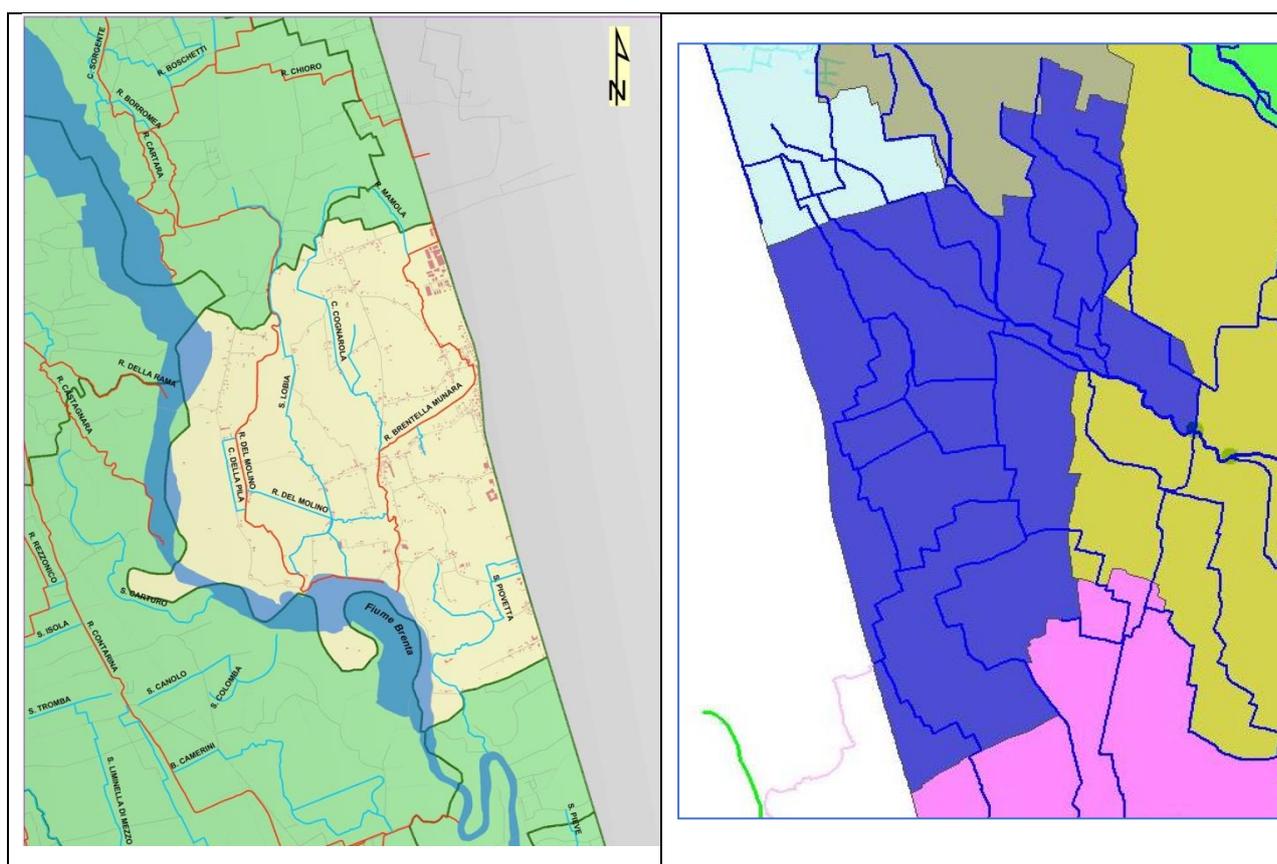


Figura 25: Porzione del territorio comunale appartenente al Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta (a sinistra) e porzione appartenente al Consorzio di Bonifica Acque Risorgive (a destra).

3.4. 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. Seguendo le indicazioni riportate negli standard di rappresentazione, sono stati cartografati i dati utili alla definizione dell'assetto del territorio per la valutazione della risposta sismica.

Sono state raccolte informazioni dalle seguenti fonti originali:

- Cartografia geologica allegata agli strumenti pianificatori del Comune (PRG e PAT);
- Cartografia geologica allegata al Piano Territoriale Provinciale di Coordinamento;
- Pubblicazioni ed articoli specialistici disponibili;
- Dati ed indagini resi disponibili 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 suddivisione del territorio in cui si possono distinguere due aree geologicamente diversificate: una prima area in corrispondenza della porzione nord-orientale, in cui sono presenti livelli di ghiaie già nei primi metri di sottosuolo (al di sotto del primo livello di terreno vegetale) alternate a livelli di terreni coesivi (limi e argille), ed una seconda costituita da terreni maggiormente sabbiosi e sabbioso-limosi nei primi 30-40 m con presenza talora di ghiaie solo a profondità elevate e ubicata nella zona centro-orientale e meridionale del comune.

L'analisi della carta geologico-tecnica porta a definire i seguenti aspetti principali.

3.4.1. Substrato geologico e copertura quaternaria

Le principali caratteristiche litostratigrafiche sono nei seguenti paragrafi Si sottolinea che la successione stratigrafica dell'intero territorio comunale è caratterizzata da una forte variabilità verticale e laterale e la seguente schematizzazione comprende i terreni presenti fino a 50-60 m di profondità dal piano campagna, oltre alla quale sono stati reperiti pochissimi dati stratigrafici. Il substrato geologico si trova a profondità maggiori di 500 metri.

Depositi quaternari

RI – TERRENI CONTENENTI RESTI DI ATTIVITA' ANTROPICA

Queste aree si riferiscono ad aree in passato interessate da cave attualmente estinte e/o abbandonate e successivamente ripristinate ad uso agricolo mediante riporti di terreno, tali aree sono state cartografate all'interno dello studio del PAT comunale all'interno della Carta Geomorfologica. I riporti sono generalmente costituiti da terreno limoso, argilloso e sabbioso.

GC – GHIAIE ARGILLOSE, MISCELA DI GHIAIA, SABBIA E ARGILLA

I terreni quaternari identificati in questa categoria sono caratterizzati da una successione stratigrafica nella quale si vedono alternanze di livelli ghiaiosi e sabbiosi con livelli di terreni coesivi limosi risultano essere localizzati nella porzione settentrionale e orientale del comune in cui si rileva la presenza di depositi ghiaiosi con presenza di sabbie, talora abbondanti, già a pochi metri di profondità dal piano campagna, fino a circa 20-25 m di profondità.

Più in profondità le ghiaie sono alternate a livelli di argille e limi dello spessore di 5-10 m. Oltre i 40-50 m di profondità si rileva nuovamente uno spesso livello di ghiaie e sabbie.

SC – SABBIE ARGILLOSE, MISCELA DI SABBIA E ARGILLA

L'area centrale e meridionale vede nel primo sottosuolo la presenza di alternanze di sabbie con limi e argille, solo in profondità, oltre i 40 m si rileva la presenza di livelli ghiaiosi, sempre frammisti a sabbie talora abbondanti, tali livelli ghiaiosi si assottigliano spostandosi da nord verso sud fino a scomparire nelle porzioni più meridionali del comune in cui si rileva la presenza di soli depositi sabbiosi.

3.4.2. Elementi geomorfologici, geologici e idrogeologici

Dal punto di vista morfologico sono state inserite le tracce degli assi di paleoalveo i quali sono peculiari di quest'area di pianura alluvionale.

Tra gli elementi geologici sono riportate le ubicazioni di alcuni sondaggi, i quali non hanno raggiunto il substrato geologico.

La profondità della falda indicata si riferisce alla falda freatica la quale si attesta generalmente a pochi metri dal piano campagna. E' peraltro presente una falda confinata artesianica entro gli orizzonti permeabili di natura ghiaioso-sabbioso posti a circa 40-60 m di profondità, come già descritto nei paragrafi precedenti.

3.4.3. Elementi tettonico strutturali

La faglia riportata in cartografia è ricavata dalla banca dati del progetto ITHACA, già descritta in precedenza.

La carta riporta anche la traccia della sezione interpretativa locale: la Sezione A-A' attraversa quasi la totalità del territorio comunale con direzione Nord-Sud, la traccia è sub-parallela alla SS47. Si è scelto di eseguire una sola sezione stratigrafica in quanto la distribuzione dei dati stratigrafici disponibili all'interno del comune non ha permesso di eseguire una ulteriore sezione.

4. LA CARTA DELLE INDAGINI

4.1. *Indagini pregresse e le nuove indagini*

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 si è articolato nelle seguenti fasi:

- 1 raccolta delle indagini pregresse geognostiche e geofisiche;
- 2 realizzazione di nuove indagini geofisiche allo scopo di caratterizzare meglio i terreni dal punto di vista sismico. Complessivamente, sono state effettuate **32 stazioni con tecnica a stazione singola HVSR** e **13 profili con tecnica MASW**. Le nuove indagini eseguite sono state utilizzate sia per la stesura dello studio di Livello 1, sia per avviare la redazione dello studio di Livello 2.

La raccolta delle indagini geognostiche (prove e stratigrafie) svolte all'interno del territorio comunale è stata fatta mediante la consultazione degli archivi dell'ufficio tecnico del Comune di San Giorgio in Bosco, nonché mediante la raccolta di altri studi geologici e idrogeologici svolti in passato all'interno del comune dal presente studio. Inoltre, sono state consultate le banche dati on line dell'ISPRA. In tutto sono state raccolte **n. 207 indagini puntuali**.

La raccolta delle indagini e le nuove indagini eseguite specificatamente per il presente studio hanno portato alla rappresentazione delle seguenti prove puntuali e lineari in sito.

Puntuali:

- HVSR Prova microtremore a stazione singola (tot. n. 32)*
- DL Prova penetrometrica dinamica leggera (n. 6)
- DN Prova penetrometrica dinamica media (n. 9)
- T Trincea (n. 103)
- CPT Prova penetrometrica statica (n. 24)
- PA Pozzo per acqua (n. 24)
- S Sondaggio a carotaggio continuo (n. 5)
- SD Sondaggio a distruzione di nucleo (n. 36)

Lineari:

- MASW Prova Multichannel Analysis of Surface Waves (n. 13)*

() prove specificatamente eseguite per lo studio di MS*

Le indagini sopra riportate sono state rappresentate 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 028076) relativi al codice ISTAT della Provincia di Padova e del Comune di San Giorgio in Bosco. Tutte le indagini raccolte e realizzate per il presente studio sono riportate in uno specifico allegato.

4.2. Nuove indagini geofisiche

Al fine di acquisire, alcuni parametri inerenti alle 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 mese di maggio 2022, si è articolata in:

- N° 13 stendimenti sismici utilizzando la tecnica MASW
- N° 32 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 (V_s). La velocità di propagazione delle onde Rayleigh varia tra $0,9 V_s$ e $0,95 V_s$.

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 spazati; 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 1 o 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.

Tabella 4: caratteristiche profili sismici MASW

<i>Codice Profilo MASW</i>	<i>Lunghezza (m)</i>	<i>Passo inter-geofonico (m)</i>	<i>Source offset (m)</i>
028076L1	69	3	6 ÷ 9
028076L2	69	3	6 ÷ 9
028076L3	69	3	6 ÷ 9
028076L4	69	3	6 ÷ 9
028076L5	69	3	6 ÷ 9
028076L6	69	3	6 ÷ 9
028076L7	69	3	6 ÷ 9
028076L8	69	3	6 ÷ 9
028076L9	69	3	6 ÷ 9
028076L10	69	3	6 ÷ 9
028076L11	69	3	6 ÷ 9
028076L12	69	3	6 ÷ 9
028076L13	69	3	6 ÷ 9

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 $\lambda/4$), si può ricavare una stima della profondità del rifratore 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 V_s , è possibile determinare lo spessore (h) di una coltre sedimentaria soprastante un bedrock sismico, applicando la relazione $f = V_s / 4 h$.

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 durate di acquisizione pari a 20 minuti; la frequenza di campionamento è stata mantenuta pari a 200 Hz.

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 6.

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.

Tabella 5: intervalli di velocità delle onde di taglio misurate per i vari litotipi

Tipologia	Velocità onde S (m/s)
Terreno agrario "aerato"	< 100
Depositi alluvionali poco addensati	100 ÷ 200
Depositi alluvionali da poco a mediamente addensati	200 ÷ 400
Depositi alluvionali ben addensati	400 ÷ 600

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 (queste ultime sono però, talvolta, approssimative).

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.

Per quanto riguarda le acquisizioni del rumore sismico ambientale, effettuate con la tecnica HVSR, le misurazioni non sono state disturbate da particolari eventi tali da comprometterne l'affidabilità e solo alcuni eventi transienti sono stati esclusi dal computo spettrale, probabilmente legati al rumore antropico. Alcune stazioni di misura ritenute poco attendibili sono state ripetute in periodi diversi.

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

Tabella 6: risultati delle misure HVSR

Stazione di misura	Data	Località	Frequenza (Hz)	Ampiezza
028076P208	16.05.2022	Via Cavallare	1; 6	3; 2,3
028076P209	16.05.2022	Via Pozzo	0,95; 7,3	3,1; 2,2
028076P210	16.05.2022	Via Pozzo	1; 7	3,2; 1,8
028076P211	16.05.2022	Via Romanie	1; 8,5	4,1; 2,2
028076P212	16.05.2022	Via Busetto	0,85	3,1
028076P213	16.05.2022	Via Bocchiero	0,8	3,4
028076P214	16.05.2022	Via Vittorio Veneto	0,98	3,1
028076P215	16.05.2022	Via Bolzonella	1; 10	2,7; 3,6
028076P216	16.05.2022	Via Valli	1; 6,7	2,7; 2,7
028076P217	16.05.2022	Via Kennedy	1; 13	3,5; 2,4
028076P218	16.05.2022	Via Kennedy	1; 1,9	3,1; 2,1
028076P219	16.05.2022	Via San Francesco	1; 6,7	3,1; 2,3
028076P220	16.05.2022	Via Giacomo Leopardi	0,95; 6,5	3; 2,4
028076P221	16.05.2022	Via Montello	1; 6	3,1; 3,4
028076P222	16.05.2022	Via Sega	0,98; 6	3; 2,8
028076P223	16.05.2022	Via Sega	0,85 ÷ 1; 6,7	2,5; 3,2
028076P224	16.05.2022	Via Valsugana	0,95; 7,5	2,4; 1,8
028076P225	23.05.2022	San Nicolò	0,85; 8	2,2; 2,7
028076P226	23.05.2022	Via Monte Ortigara	0,9; 6,7	2,5; 4,3
028076P227	23.05.2022	Via dell'Agricoltura	0,9; 6,7	2,3; 3
028076P228	23.05.2022	San Nicolò	0,85; 6	2,1; 3,5
028076P229	23.05.2022	Via Monte Pasubio	0,8 ÷ 1; 6	1,9; 4,5

028076P230	23.05.2022	Vicolo Consorti	0,8 ÷ 1; 5,5	2,1; 3
028076P231	23.05.2022	Via Esenti	5,6	3
028076P232	23.05.2022	Via Ponte Sauro	0,8 ÷ 1; 6,3	1,9; 3,5
028076P233	23.05.2022	Via Valli	0,82; 7	2,5; 2,1
028076P234	23.05.2022	Via Ronco	0,95	2,7
028076P235	23.05.2022	Via Ramusa	0,95	3
028076P236	23.05.2022	Via Giotto	1	2,9
028076P237	23.05.2022	Via Ramondini	0,85; 1,1	2,6; 2,1
028076P238	23.05.2022	Via Persegara	0,85 ÷ 1	2,5
028076P239	23.05.2022	Via Carbogna	0,85 ÷ 1	2,6

Sulla base dei dati riportati nella Tabella 6 ed inseriti anche nella carta delle MOPS si possono fare le seguenti osservazioni:

- Nella maggior parte delle stazioni di misura effettuate si osserva un picco di risonanza posto a frequenze comprese tra 0,8 e 1,0 Hz, espressione di un contrasto di impedenza sismica situato a profondità variabili tra 60 e 80 m circa dal p.c..
- In corrispondenza ad alcune stazioni si osservano anche picchi a frequenze più alte, i quali sono da correlare con la presenza di contrasti di impedenza all'interno della copertura alluvionale, localizzati a minore profondità dal p.c..

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il modello del sottosuolo è stato ricostruito attraverso l'esame dei dati bibliografici disponibili, delle indagini geognostiche pregresse ed in base ai risultati delle nuove indagini geofisiche. I dati litostratigrafici censiti indicano che le perforazioni non hanno mai raggiunto il substrato roccioso, per cui le valutazioni sullo spessore dei depositi alluvionali derivano unicamente dall'elaborazione delle indagini geofisiche le quali, in assenza di punti di taratura, sono affette da un certo margine di incertezza. Il sondaggio più profondo indica che il sottosuolo è costituito fino alla profondità di 500 metri da alternanze di depositi alluvionali a granulometria ghiaiosa-sabbiosa e limoso-argillosa; non si hanno informazioni precise sulla profondità e natura del substrato lapideo.

Dal punto di vista sismostratigrafico, il territorio comunale può essere schematizzato nel modo seguente.

La fascia più superficiale del sottosuolo è costituita da depositi a granulometria medio-fine poco addensati o consistenti caratterizzati da velocità V_s comprese tra 100 e 200 m/s; lo spessore è dell'ordine di 1-2 metri.

Segue una serie di sismostrati aventi velocità variabile tra 200 e 400 m/s i quali possono essere rappresentati dal punto di vista stratigrafico sia da terreni ghiaioso-sabbiosi, sia limoso-argilloso-sabbiosi. In corrispondenza ad alcuni punti di misura sono state individuate anche delle inversioni di velocità a profondità compresa tra 5 e 20 m dal p.c. circa. Complessivamente, questi sismostrati hanno spessore variabile tra 60 e 80 m circa.

Il sismostrato più profondo che è stato possibile individuare con le indagini geofisiche eseguite nel corso di questo studio possiede velocità V_s compresa tra 450 e 600 m/s. Tale incremento di velocità è da attribuire ad un maggiore grado di addensamento/consistenza dei depositi alluvionali.

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Le indagini pregresse raccolte e le nuove indagini geofisiche hanno consentito la ricostruzione del modello geologico e sismostratigrafico del sottosuolo del Comune di San Giorgio in Bosco.

Le incertezze eventualmente da approfondire con i successivi livelli di microzonazione sismica riguardano i seguenti aspetti:

- Carenza di informazioni relative alla natura e profondità del bedrock sismico.
- Carenza di informazioni relative alla composizione dei depositi appartenenti alla copertura quaternaria, in alcuni settori del territorio comunale. Tale carenza assume importanza soprattutto nell'eventualità di dover valutare aspetti quantitativi dell'amplificazione sismica, tipici del 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 metri. Le elaborazioni geofisiche sono state condotte in modo da incrementare 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.
- Come indicato nel paragrafo 2.4, il database di ITHACA segnala per il territorio del Comune di San Giorgio in Bosco la presenza della Faglia Attiva e Capace denominata Faglia "East Padova" (N° 72300 del catalogo). Nell'ambito di questo studio, si è optato per non classificare la faglia in oggetto come Faglia Attiva e Capace (FAC), soprattutto a causa dell'ubicazione molto incerta del tracciato della faglia, che potrebbe discostarsi sensibilmente da quella indicata in ITHACA e dell'elevata profondità del substrato lapideo.

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.

Sulla base delle indagini pregresse recuperate presso il Comune e delle nuove indagini geofisiche, si è potuto suddividere il territorio indagato in n. 2 zone nelle quali sono state stimate le principali caratteristiche sismiche dei terreni.

L'intero territorio comunale viene ascritto alle zone suscettibili di instabilità, a causa del possibile verificarsi di fenomeni di liquefazione, in quanto l'analisi della situazione stratigrafica generale mostra la presenza di livelli sabbiosi di vario spessore sotto falda in tutto il territorio comunale.

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 ma amplificabili

Sono state individuate le seguenti tipologie di zone stabili ma amplificabili in caso di sisma (si veda Figura 16).

MOPS 2001

Terreni alluvionali di media pianura padano-veneta, caratterizzati da alternanze di livelli ghiaiosi e sabbiosi con livelli di limi e argille dell'ordine del metro, presenza di livelli ghiaiosi anche in profondità, tra i 40 e i 60 m. Spessore non rilevato (il substrato geologico si attesta oltre i 500 m), $V_s = 150 - 400$ m/s fino a 20 m e $V_s = 250 - 300$ m/s fino a 40 m.

MOPS 2002

Terreni alluvionali di transizione tra la media e la bassa pianura padano-veneta, caratterizzati da alternanze di livelli sabbiosi e limoso argillosi con presenza di livelli ghiaioso-sabbiosi solo a profondità elevate (40-50 m) che vanno via via assottigliandosi fino a scomparire da nord a sud lasciando il posto a potenti depositi sabbiosi. Fino a profondità dell'ordine di 40 – 50 m, la V_s risulta

prevalentemente compresa tra 150 e 300 m/s; possono essere presenti limitate intercalazioni più veloci.



Figura 36: colonne litostratigrafiche sintetiche rappresentative delle microzone indicate nella carta delle MOPS

7.3. Descrizione delle instabilità e delle forme

7.3.1. Liquefazione (ZA_{LQ})

Sulla base delle conoscenze geologiche ed idrogeologiche del territorio in esame, si ritiene che nell'intero territorio comunale, possano sussistere le condizioni perché si verifichi il fenomeno della liquefazione in caso di sisma. La scarsa profondità della falda freatica, la presenza di orizzonti e livelli sabbioso-limosi e infine la possibilità che si verifichino sismi con magnitudo maggiore di 5, rendono i terreni alluvionali potenzialmente liquefacibili e di conseguenza si ritengono necessari specifici approfondimenti in caso di progettazione di opere ed edifici in questa parte del territorio.

Per la valutazione della suscettività alla liquefazione si è utilizzato il seguente diagramma di flusso proposto da Sherif e Ishibashi (1978) integrato da due schemi, uno relativo alla composizione granulometrica (Tsuchida, 1970) e l'altro all'andamento con la profondità dei valori del numero di colpi da prova SPT standard (Nishiyama et al., 1977); relativamente a quest'ultimo parametro, risulta essere non sempre disponibile nei dati stratigrafici reperiti ed è stato quindi ricavato per via indiretta e deduttiva.

PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIVITA' ALLA LIQUEFAZIONE DI UN DEPOSITO (Sherif & Ishibashi, 1978).

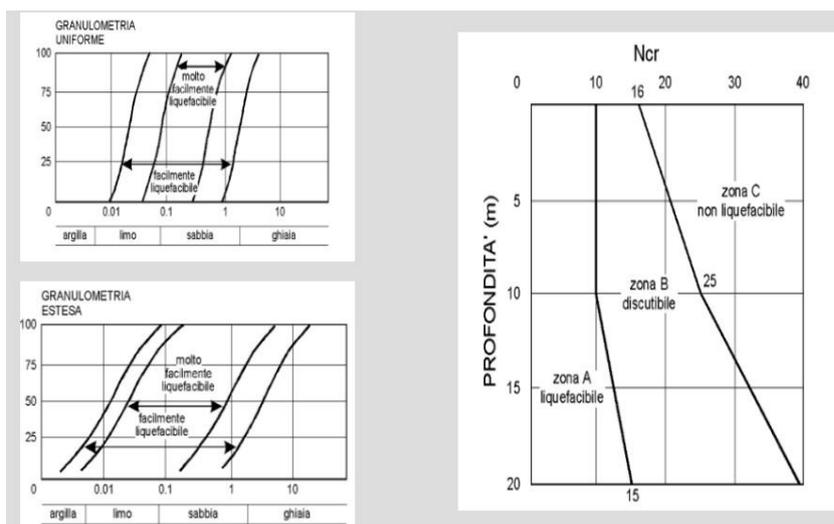
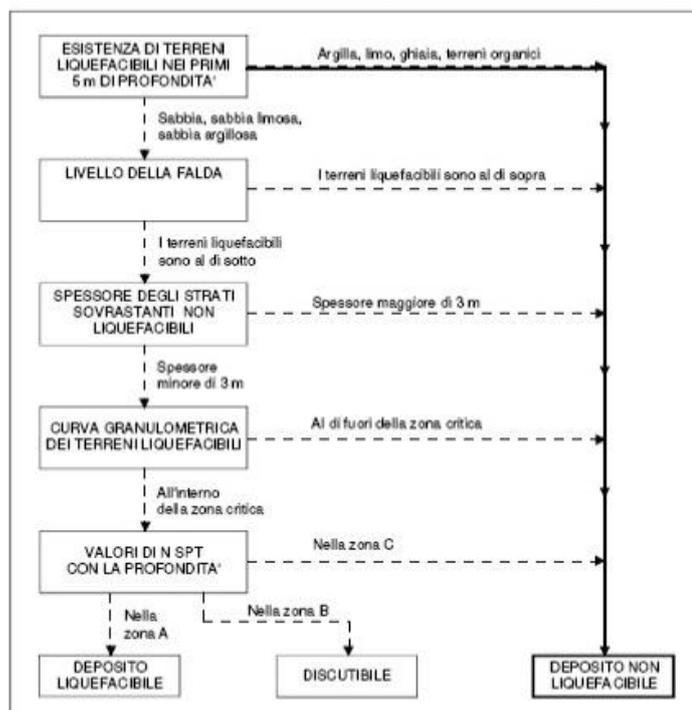


Figura 47: Diagramma di flusso utilizzato per la valutazione della suscettività alla liquefazione dei terreni

7.3.2. Sovrapposizione di instabilità differenti (Z_{AID})

Nella carta delle MOPS sono state individuate alcune aree, precedentemente cartografate nella Carta Geologico-Tecnica come aree caratterizzate da terreni di copertura di riporto (contenenti resti di attività antropica) prevalentemente di natura limo-argillosa, le quali vengono ascritte alle Zone di attenzione per Cedimenti Differenziali (Z_{ACD}).

Tali aree ricadono peraltro anche all'interno delle aree definite come Zone di attenzione per Liquefazione (Z_{ALQ}), conseguentemente si verifica la sovrapposizione di due differenti tipologie di instabilità.

7.3.3. Forme di superficie e sepolte

Tra le forme di superficie sono stati individuati solamente gli assi di paleoalveo, dedotti dallo studio del PAT comunale in quanto non risulta presenza di altre forme significative.

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 instabili 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.

Come illustrato nei capitoli precedenti tutto il territorio comunale è interessato dalla **Zona di attenzione per liquefazione** (indicata in carta con codice Z_{ALQ}): pertanto, in fase progettuale per qualsiasi tipo di intervento su nuovi edifici o interventi su edifici esistenti che prevedano la modifica quantitativa e/o qualitativa della distribuzione dei carichi sul terreno, dovranno essere sempre effettuate le indagini e verifiche, finalizzate a calcolare il coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione. Sarà valutata la liquefazione in condizioni sismiche ed i cedimenti indotti, come indicato nel D.M. 17.01.2018 che, a proposito della stabilità nei confronti della liquefazione, al paragrafo 7.11.3.4.3 recita: *“Quando nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.*

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista.”

Lo studio di MS di II° livello, che sarà prodotto nell'ambito del Piano degli Interventi secondo quanto richiesto dalla normativa regionale vigente, dovrà approfondire l'analisi della liquefazione dei terreni, per verificare e/o eventualmente modificare le aree interessate dal fenomeno e proposte in questa sede.

Per quanto riguarda le **amplificazioni sismiche**, relativamente alle opere in **classe I e II** (D.M. 17.01.2018, al paragrafo 2.4.2 Classi d'uso delle costruzioni), 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** "Ai 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.II, 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, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s 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 V_s 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 V_{seq} . Come suggerito anche normativa citata, si ritiene sempre preferibile determinare la velocità delle onde di taglio V_s 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.

Abbinare alle determinazioni di V_s 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: "Il 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 quanto 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 rigidità 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.

8.2. Zone di attenzione per cedimenti differenziali

Sono indicate in carta con codice Z_{AID} poiché interessate, oltre che da possibili cedimenti, anche da potenziali fenomeni di liquefazione. In corrispondenza di queste zone si ritiene che la realizzazione di qualsiasi tipo di costruzione appartenente alle classi I, II, III e IV come indicate nel

D.M. 17.01.2018 possa essere eseguito solo a seguito di un'analisi di livello 3, incentrata sull'esecuzione di specifiche indagini per verificare la reale geometria e volumetria dei materiali riportati e le loro caratteristiche; dovranno poi essere effettuate opportune indagini geognostiche atte a caratterizzare i materiali effettivamente presenti nel sottosuolo, al fine di quantificare l'effettiva instabilità del sito.

9. BIBLIOGRAFIA

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

Banca Dati on-line del © Servizio geologico d'Italia, 2017 (<http://sgi2.isprambiente.it/mapviewer/>)

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.

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

Gruppo di Lavoro DISS (2021). Database delle singole sorgenti sismogenetiche (DISS), Versione 3.3.0: una raccolta di potenziali sorgenti per terremoti superiori a M 5.5 in Italia e nelle aree circostanti. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

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

De Rossi J., 1997 Indagine idrogeologica del Territorio comunale di San Giorgio in Bosco

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 $M \geq 6$ 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.

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G. (2018) - CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5>

Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G., Valensise G. (2019), CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area, Scientific Data 6, Article number: 80 (2019). doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>

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 5th Forum Nazionale di Scienze della Terra, Geitalia 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 <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>

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.
- 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.
- Poli M.E., P. Burrato, F. Galadini e A. Zanferrari, 2008 Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north-eastern Italy , INGV Roma
- Piano Assetto Territoriale del comune di San Giorgio in Bosco (2013)
- Regione del Veneto, Servizio Geologico d'Italia (1988): Carta geologica del Veneto – scala 1 : 250.000
- Rovida A., Camassi R., Lollì B., Gasperini P. (eds) CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of the Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lollì B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>
- 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.