

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Veneto
Comune di Cittadella



Regione	Soggetto realizzatore	Data
	Studio Mastella	31 Maggio 2022 Rev. 0 31/01/2023

1. INTRODUZIONE	4
1.1. Riferimenti Normativi.....	4
1.2. Modalità di indagine	5
1.3. Finalità degli studi: pericolosità sismica e Microzonazione Sismica	6
1.4. Generalità sulla Microzonazione Sismica.....	7
1.5. Foto aeree.....	9
1.6. Elenco degli archivi consultati	9
1.7. Descrizione generale dell'area.....	10
1.8. Aree da sottoporre agli studi di MS di I Livello	12
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	14
2.1 Caratteristiche sismogenetiche del comune.....	14
2.2 Sismicità storica.....	23
2.2.1 La sismicità storica del Veneto	23
2.3 Faglie Attive e Capaci.....	32
2.3.1 Database DISS	32
2.3.2 Database ITHACA.....	33
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	38
3.1 Inquadramento topografico e geomorfologico	38
3.2 Forme e processi fluviali.....	38
3.3 Forme artificiali.....	38
3.4 Inquadramento geologico.....	39
3.2.1 Stratigrafia dell'area in studio	39
3.2.2 Caratterizzazione geomeccanica dei litotipi	44
3.5 Inquadramento geologico strutturale	44
3.5.1 Elementi morfologici a valenza sismica	48
3.6 Inquadramento idrogeologico	49
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	52
4.1 Parametri geotecnici statici e dinamici ricavati da dati pregressi.....	52
4.2 Nuove indagini	52

4.2.1	Indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSr)	52
4.2.2	Metodo M.A.S.W.	58
5.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	66
6.	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	69
6.1	Identificazione e rappresentatività dei dati raccolti	69
7.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	70
8.	ELABORATI CARTOGRAFICI	72
8.1	Carta delle indagini	72
8.2	Carta Geologico-Tecnica (CGT)	74
8.2.1	Unità litologiche	74
8.2.2	Elementi geologici ed idrogeologici	77
8.2.3	Elementi tettonico strutturali	77
8.2.4	Forme di superficie e sepolte	77
8.3	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	77
8.3.1	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	80
8.3.2	Zone stabili di attenzione per Instabilità	81
8.3.3	Faglie attive e capaci	82
8.3.4	Punti di misura di rumore ambientale	82
8.3.5	Forme di superficie e sepolte	82
9.	PRESCRIZIONI E INDICAZIONI PER GLI STUDI DI APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO	84
9.1	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	84
9.2	Zone suscettibili di Instabilità	84
9.2.1	Zone di attenzione per liquefazione	84
9.2.2	Zone di attenzione per Faglie attive e capaci	85
10.	BIBLIOGRAFIA	87

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è un documento tecnico-scientifico che accompagna gli elaborati cartografici richiesti per lo studio di Microzonazione Sismica di I Livello del comune di Cittadella.

1.1. Riferimenti Normativi

Lo studio di Microzonazione Sismica (MS) di I Livello del Comune di Cittadella (PD) è stato redatto in conformità all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (O.P.C.M.) n. 3907, in data 13 Novembre 2010, istituita ai sensi dell'articolo 11 del D.L. n. 39 in data 28 Aprile 2009 convertito, con modificazioni, dalla Legge n. 77 del 24 Giugno 2009 (art. 11) ed in conformità all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007, in data 29 Febbraio 2012. L'O.P.C.M. n. 3907/2010, all'art. 5 comma 3, dispone che le Regioni individuino, con proprio provvedimento, i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di Microzonazione Sismica (MS), definendo come soglia generale di ammissibilità al finanziamento, il valore di accelerazione massima al suolo "ag" superiore o uguale a 0,125 g, come specificato nell'Allegato 2 e nell'Allegato 7.

A seguito dell'emanazione del DGR n. 899 del Giugno 2019 e relativo Allegato A (Studi di Microzonazione Sismica – Direttive per l'applicazione dei livelli di approfondimento), della Regione Veneto, sono stati forniti ulteriori chiarimenti e precisazioni in ordine all'applicazione dei livelli di approfondimento degli studi in relazione alla tipologia di strumento urbanistico sul quale si deve operare. In particolare, lo studio di MS di 2° Livello si applica in sede di redazione di studi per gli strumenti urbanistici che individuano e disciplinano gli interventi sul territorio in tutte quelle parti suscettibili di amplificazione sismica, individuate nel 1° Livello, per i quali si prevedono trasformazioni urbanistico-edilizie ed incremento dei carichi urbanistici/insediativi; inoltre si applica anche a tutti gli ambiti di urbanizzazione consolidata, di edificazione diffusa, nelle zone a servizi di interesse intercomunale ed in quelle oggetto di accordi di programma con previsioni insediative o infrastrutturali.

Successivamente, dalla necessità di adeguare ed uniformare le zone sismiche della Regione Veneto alla Mappa di Pericolosità Sismica di riferimento nazionale (O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006), creata sulla base delle accelerazioni locali massime attese al suolo, e di disciplinare in maniera coordinata il controllo della pianificazione e dell'attività edificatoria, nel rispetto dei confini amministrativi comunali, con D.G.R. n. 244 del 09 marzo 2021 è stato approvato l'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto. Il criterio di assegnazione dei Comuni alle nuove zone sismiche è fondato sul valore di accelerazione sismica massima attesa a_{max} con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Sono così assegnati alla Zona 1 i Comuni con $a_{max} > 0,250$ g; alla Zona 2 quelli con a_{max} compresa tra

0,250 e 0,150 g, ed alla Zona 3 quelli con $a_{\max} < 0,150$ g in coerenza con le disposizioni contenute nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519.

Nell'Allegato B del suddetto DGR si individuano i Comuni vincolati alla realizzazione degli studi di Microzonazione Sismica (1°, 2° ed eventuale 3° Livello di approfondimento) estesi a tutte le parti di interesse urbanistico del territorio comunale (come definito dalla D.G.R. 899/2019), nella fase di redazione dei primi strumenti urbanistici generali (P.A.T. e P.I.) o prime loro varianti.

Il lavoro è stato eseguito secondo le modalità indicate negli *“Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica”* (ICMS Parte I e II) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome in data 13 Novembre 2008. Nel Dicembre 2020 sono stati emanati dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica gli *“Standard per l'informatizzazione degli studi di Microzonazione Sismica”* Versione 4.2 (O.P.C.M. n. 3907/2010 art. 5 comma 7).

1.2. Modalità di indagine

Il presente studio è stato svolto secondo le seguenti fasi di lavoro:

- Raccolta dati relativi a studi, perizie e rilievi geologici-geomorfologici-idrogeologici, indagini geognostiche e geofisiche nel territorio comunale;
- Esame della documentazione in materia elaborata negli ultimi anni a livello regionale ed interregionale;
- Analisi in chiave sismologica della cartografia geologica comunale relativa al P.A.T.;
- Approfondimenti relativi alle problematiche sismiche, alla sismicità di base ed alla valutazione della amplificazione sismica locale;
- Esecuzione di nuove indagini geofisiche per caratterizzare i terreni nei confronti dei parametri più importanti dal punto di vista sismico. Complessivamente sono state effettuate 22 stazioni di misura HVSR e 22 profili con tecnica MASW;
- Elaborazione dei dati pregressi e di nuova realizzazione;
- Sintesi delle informazioni raccolte, redazione della cartografia prevista e suddivisione del territorio in Microzone con caratteristiche omogenee dal punto di vista del comportamento sismico (MOPS);
- Archiviazione dei documenti, delle indagini esistenti e di quelle eseguite ex-novo, secondo quanto previsto dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica.

La presente relazione risulta corredata delle tavole di seguito indicate:

Tavola	Scala
Carta Geologico-Tecnica – Settore Nord	1:10.000
Carta Geologico-Tecnica – Settore Sud	1:10.000
Carta delle indagini – Settore Nord	1:10.000
Carta delle indagini – Settore Sud	1:10.000
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - – Settore Nord	1:10.000
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - – Settore Sud	1:10.000

1.3. Finalità degli studi: pericolosità sismica e Microzonazione Sismica

È fondamentale avvalersi degli studi di Microzonazione Sismica (MS) durante la fase di progettazione degli strumenti urbanistici al fine di determinare la riduzione del rischio sismico (RS), che può essere così definito:

$RS = \text{Pericolosità sismica} \times \text{Esposizione urbanistica} \times \text{Vulnerabilità dei centri urbani e delle opere.}$

Una MS completa deve, quindi, considerare anche la vulnerabilità dei centri urbani e delle opere. Non essendo ancora disponibile una procedura speditiva riconosciuta valida per la valutazione della vulnerabilità (le procedure finora attuate sono di dettaglio e, quindi, onerose sia in termini di costi e soprattutto di tempi) la MS, in genere, è limitata a valutazioni della pericolosità sismica locale nelle zone di esposizione urbanistica: centri abitati ove si realizza una concentrazione di popolazione, zone destinate ad attività produttive e commerciali, altre previsioni urbanistiche e lungo le reti infrastrutturali.

Devono essere forniti dei criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti di amplificazione sismica locale ed instabilità in caso di terremoto in maniera da orientare le scelte, nella fase di progettazione urbanistica, verso aree a minore pericolosità sismica e supportare qualsiasi altro intervento finalizzato alla riduzione del rischio sismico (es.: interventi di riqualificazione urbanistica, messa in sicurezza, ...).

La **pericolosità sismica** dipende essenzialmente da due elementi:

- Dalle caratteristiche sismiche dell'area, ossia dalla presenza e/o distanza dalle sorgenti sismiche attive, dall'energia e dal tipo dei terremoti nonché dalla frequenza degli eventi. Questi aspetti afferiscono alla "pericolosità sismica di base";

- Dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio di riferimento; infatti queste caratteristiche possono influenzare notevolmente le caratteristiche dell'evento sismico in superficie e costituire appunto gli elementi predisponenti al verificarsi dei fenomeni di amplificazione o di instabilità del suolo (cedimenti, frane, liquefazione). Questi aspetti afferiscono alla "pericolosità sismica locale".

Lo studio della "pericolosità di base" e della "pericolosità locale" tendono sostanzialmente al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Individuare delle aree ove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;
- Stima quantitativa della risposta sismica locale indotta dai depositi superficiali e della morfologia del territorio: "Analisi della Risposta Sismica Locale" (RSL);
- Suddivisione del territorio comunale in sottozone omogenee a cui attribuire lo stesso valore di pericolosità sismica locale: "Microzonazione Sismica" (MS).

I risultati di questi studi afferiscono al quadro conoscitivo e vengono successivamente applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica; forniscono inoltre indicazioni per l'applicazione, in fase di progettazione, delle vigenti Norme Tecniche delle Costruzioni (DM 17/01/2018).

1.4. Generalità sulla Microzonazione Sismica

La Microzonazione Sismica, ovvero "la suddivisione dettagliata del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale", tiene conto sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo dei terremoti attesi), sia dell'amplificazione locale legata alle caratteristiche topografiche, geomorfologiche, geolitologiche ed idrogeologiche dell'area di studio. Ha come finalità fondamentale quella di indirizzare la pianificazione urbanistica verso l'utilizzo edificatorio degli ambiti a minor rischio sismico.

Si articola in più livelli di approfondimento, sinteticamente sono così descrivibili:

- **Primo Livello:** è lo studio propedeutico ai livelli successivi. Consente di delineare gli scenari della pericolosità sismica ed identifica, nella carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, le parti del territorio comunale suscettibili di effetti locali: amplificazione del moto sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rottura del terreno, ecc.. Consiste nelle seguenti azioni:
 - Raccolta dei dati esistenti e formulazione di una relazione che ricostruisce la sismicità storica dell'area, dei danni che i terremoti avvenuti hanno arrecato al territorio, delle possibili correlazioni con le principali strutture geologiche esistenti;

- Elaborazione di una cartografia che, attraverso la rivisitazione dei contenuti geologici, geolitologici ed idrogeologici dello Studio Geologico per il P.R.G.C., individui gli elementi, in chiave sismologica, in grado di amplificare localmente la sismicità di base e/o di aumentare la pericolosità locale;
- Elaborazione della cartografia di suddivisione del territorio in zone omogenee in prospettiva sismica;
- **Secondo Livello:** è lo studio di approfondimento locale; ha come obiettivo la redazione della Microzonazione Sismica e si applica a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuate nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del “centro abitato” così come previsti dalla normativa vigente. Consiste nelle seguenti azioni:
 - Caratterizzazione locale del terreno con la misura delle V_{seq} o V_{s30} , per le aree “stabili”;
 - Determinazione della profondità del bedrock in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo, alla definizione di profili di V_{seq} o V_{s30} e valutazione degli effetti morfologici, per le aree soggette ad amplificazione sismica; studio degli effetti di cui al punto precedente e degli ambiti di possibile instabilità.
- **Terzo Livello:** si applica in fase progettuale agli scenari suscettibili di instabilità, liquefazione, cedimenti. È un approccio puntuale ai singoli fenomeni. Si applica:
 - Per le scelte espansive di pianificazione urbanistica nelle aree con particolari criticità geologiche per previsioni ricadenti nelle aree classificate come:
 - P1b zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti,
 - P1c zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana,
 - P2a zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc...,
 - P2b zona con depositi granulari fini,
 - P2c zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici,
 - P4a Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi che presentino le seguenti caratteristiche $h/l > 0,65/V_{Cv} - l$ dove h è la profondità della valle (massimo spessore del deposito), l la sua semiampiezza, C_v il rapporto fra la velocità V_s nel basamento sismico e quella media nei terreni di riempimento,
 - P4b Zona di fondovalle stretta ($C > 0,25$) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale,
 - P1a movimenti franosi attivi. Sebbene l’urbanizzazione in queste aree sia vincolata da altre norme è possibile che si renda necessario uno studio di MS, ad esempio per riparazione di un’opera esistente (strada, edifici, centro abitato, ...),
 - P5b zona ove sono presenti o potenzialmente presenti ca sotterranee o sinkhole.

- Nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere con rilevante interesse pubblico. Per queste parti del territorio ove la pericolosità risulta elevata deve essere attentamente valutata la possibilità di non operare trasformazioni urbanistiche od incremento dei carichi urbanistici. I primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione urbanistica, mentre il terzo livello di approfondimento diviene obbligatorio per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da potenziali effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e quando con le risultanze del 2° livello si dimostra l'inadeguatezza delle procedure semplificate per la stima dell'amplificazione previste dalle vigenti Norme Tecniche delle Costruzioni (DM 17/01/2018). Nel caso di opere con rilevante interesse pubblico si procederà sempre fino a raggiungere il 3° livello di approfondimento che potranno essere suddivise con il 1° e 2° livello di MS nell'ambito del progetto preliminare ed il 3° livello di approfondimento nell'ambito del progetto definitivo.

La procedura proposta fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

Il presente studio di Microzonazione Sismica fa riferimento al I dei livelli di approfondimento sopra descritti.

1.5. Foto aeree

Per effettuare il presente studio di Microzonazione Sismica sono stati consultati alcuni fotogrammi aerei appartenenti ai seguenti voli:

- 1954-55 GAI;
- 1981 reven;
- 1987 reven;
- 1987-88 reven Centri Storici;
- 1990 reven;
- 1999 reven Veneto centrale e provincia Rovigo.

Tali fotogrammi aerei sono consultabili all'indirizzo web:

http://mapserver.iuav.it/website/foto_aeree/ che si riferisce al Laboratorio di Cartografia e GIS dell'Università IUAV di Venezia.

1.6. Elenco degli archivi consultati

Per reperire i dati geologici e cartografici, necessari alla redazione del presente studio, sono stati consultati i seguenti archivi multimediali:

- <https://idt2.regione.veneto.it/idt/downloader/download> (per dati cartografici e geologici regionali);

- http://mapserver.iuav.it/website/foto_aeree/ (per la consultazione delle foto aeree);
- <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/> catalogo nazionale delle faglie capaci – Progetto ITHACA);
- <http://cnt.rm.ingv.it> (Catalogo ISIDe per i terremoti recenti);
- <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/> (Database Macrosismico Italiano).

Inoltre, è stato consultato il PAT del Comune di Cittadella per i dati geologici e sismici più recenti.

1.7. Descrizione generale dell'area

Il territorio del Comune di Cittadella (PD) è situato nella pianura veneta, nella porzione più occidentale della Provincia di Padova (Cfr. Figura 1).

Nella tabella seguente (Tabella 1) si riportano i principali dati altimetrici e di superficie.

TABELLA 1 – DATI ALTIMETRICI DEL COMUNE DI CITTADELLA

Superficie	26.68 km ²
Quota media	35 m s.l.m.
Quota minima	50 m s.l.m.
Quota massima	68 m s.l.m.

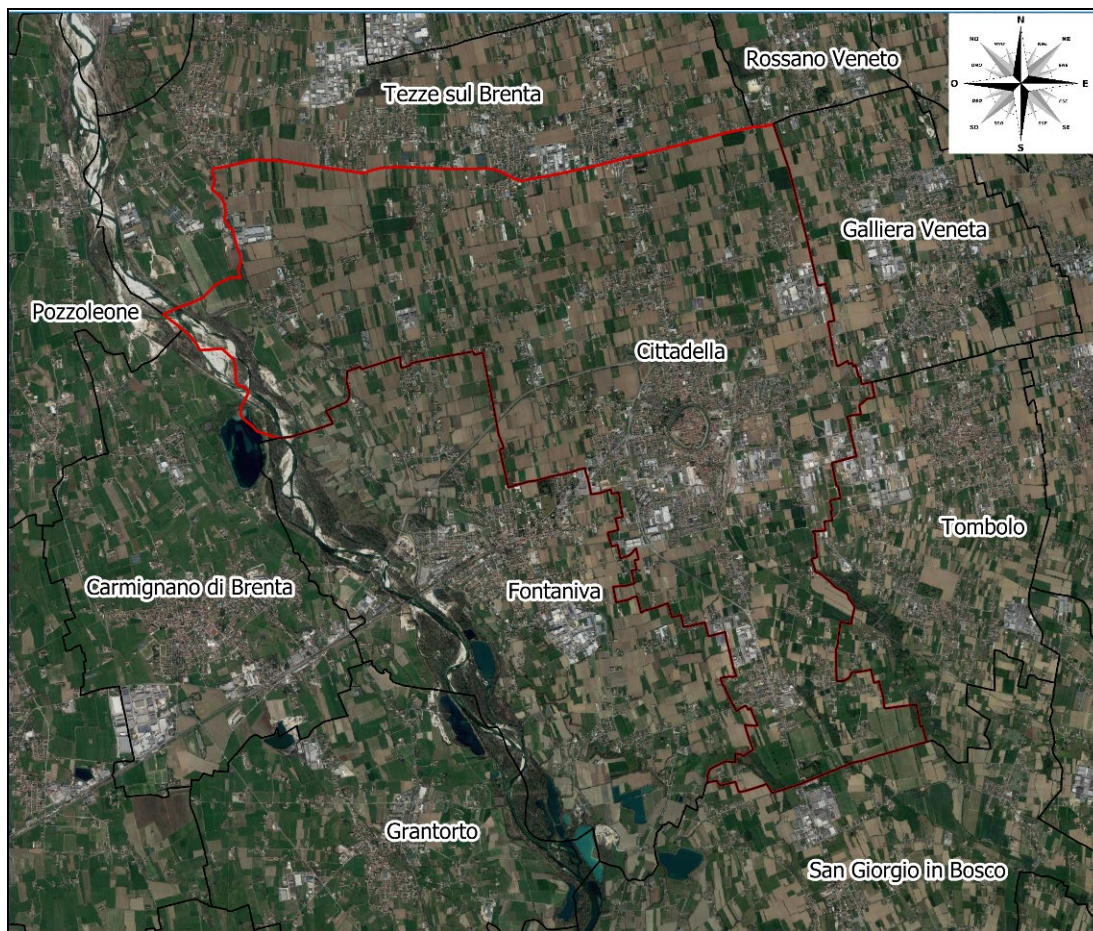


FIGURA 1 – CONFINI DEL COMUNE DI CITTADELLA (INDICATI IN ROSSO)

Il Comune di Cittadella confina con i seguenti territori:

- Tezze sul Brenta a Nord;
- Pozzoleone e Carmigliano di Brenta a Nord-Ovest;
- Carmigliano di Brenta ad Ovest;
- Fontaniva ad Ovest - Sud-Ovest;
- San Giorgio in Bosco a Sud;
- Tombolo a Sud-Est;
- Galliera Veneta e Rossano Veneto a Nord-Est.

In linea generale il comune di Cittadella, trovandosi all'interno della pianura veneta, risulta caratterizzato dalla presenza dall'ampia conoide di deposito del Fiume Brenta a partire dalla zona pedemontana fino alla medio-bassa pianura. In questi territori si rinvencono soprattutto forme fluviali come conseguenza del deposito ed accumulo, per perdita di energia, di sedimenti, quali ghiaie, sabbie e limi argillosi, provenienti dalla catena alpina e prealpina.

Dal punto di vista geomorfologico la pendenza della pianura degradante da NNO verso SSE è variabile tra 0.50% e 0.65%.

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

- 104090 Tezze sul Brenta;
- 104100 Cittadella - Nord;
- 104140 Cittadella - Sud;

Gli elementi interessati in scala 1:5.000 risultano essere i seguenti:

- 104094 Tezze sul Brenta;
- 104091 Stroppari;
- 104104 Laghi;
- 104101 Mottinello Nuovo;
- 104102 Galliera Veneta;
- 104103 Cittadella - Nord;
- 104092 Santa Croce Bigolina;
- 104093 Pozzoleone;
- 104144 Cittadella - Sud;
- 104141 Tombolo;
- 104142 Facca;
- 104143 San Giorgio in Brenta.

1.8. Aree da sottoporre agli studi di MS di I Livello

In accordo con la carta della trasformabilità del PATI, riportata in Figura 2 è stato preso in esame l'intero territorio urbanizzato ed urbanizzabile inclusi i servizi di interesse comune, i nuovi limiti fisici di edificazione e le aree di riqualificazione e riconversione.

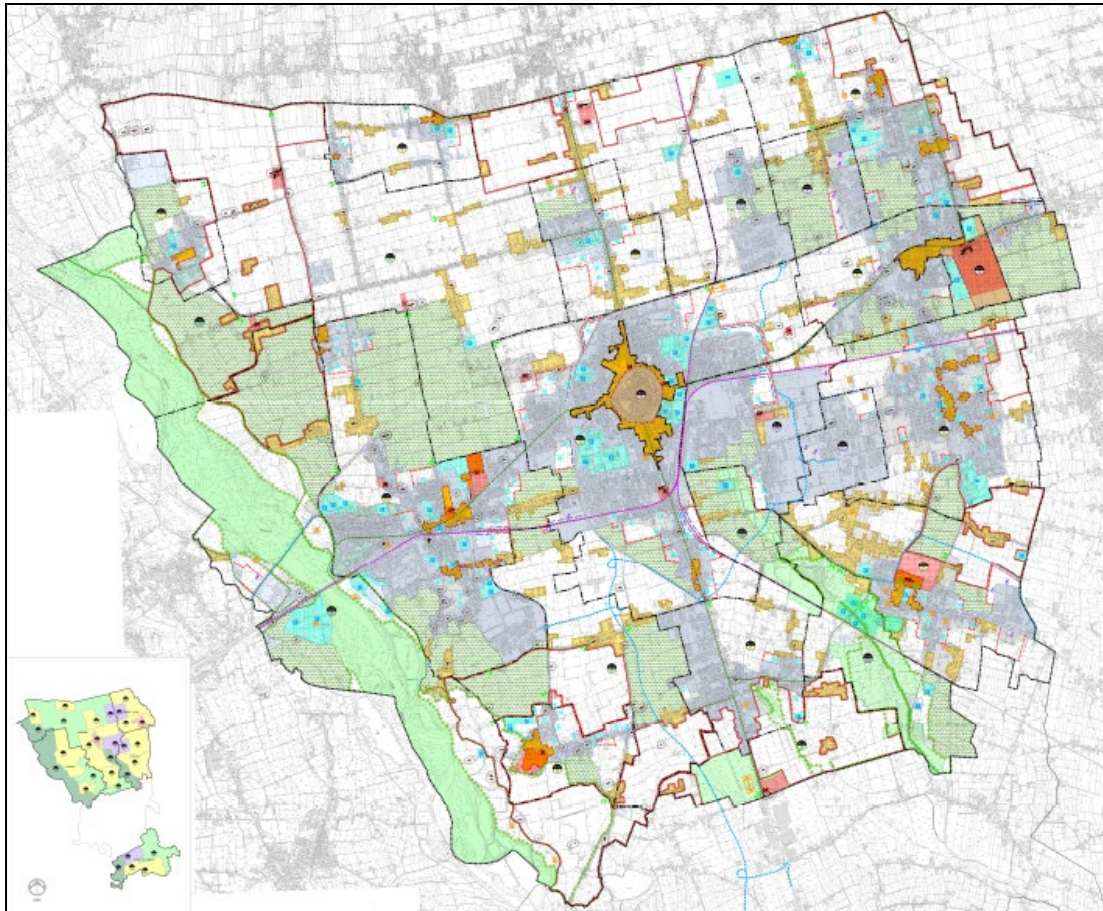


FIGURA 2 – CARTA DELLA TRASFORMABILITÀ DEL PATI (MAGGIO 2009)

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Caratteristiche sismogenetiche del comune

Con delibera n. 67 del 03 dicembre 2003, pubblicata sul Bollettino Ufficiale Regionale del 13 gennaio 2004 n. 6, il Consiglio Regionale ha approvato il nuovo elenco dei comuni sismici del Veneto, allegato al predetto provvedimento.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, n°3274, pubblicata sul Suppl. Ord. n°72 della Gazzetta Ufficiale dell'8 maggio 2003 n°105 3274/03, sono state approvate nuove regole tecniche per le costruzioni antisismiche riguardanti i ponti, le fondazioni e gli edifici in genere. Tali regole tecniche innovano le modalità di calcolo attualmente in vigore in quanto viene abbandonato il metodo delle "tensioni ammissibili" in favore del criterio degli "stati limite".

Con D.G.R. 28 novembre 2003, n. 3645 sono state approvate le modalità per procedere alle verifiche tecniche a cura dei proprietari degli edifici a carattere strategico ed opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile e degli edifici ed opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, con priorità nella zona sismica 2.

Tale provvedimento regionale è stato adottato in ottemperanza al comma 4 dell'art. 2 della citata Ordinanza 3274/2003 che dispone siano le Regioni a provvedere, per quanto di competenza, ad elaborare, sulla base delle risorse finanziarie disponibili, il programma temporale delle verifiche, ad individuare le tipologie degli edifici e delle opere che presentano le caratteristiche di cui al comma 3 ed a fornire ai soggetti competenti le necessarie indicazioni per le relative verifiche tecniche, che dovranno stabilire il livello di adeguatezza di ciascuno di essi rispetto a quanto previsto dalle norme.

In ordine alla nuova classificazione ed alle nuove regole tecniche, sulla scorta di quanto dispone in merito l'Ordinanza e tenuto conto che la materia, già regolata nella Regione Veneto dalla legge 16.08.1984, n° 42, titolo VI, modificata dalla successiva L.R. 7 novembre 2003 n.27, nonché dalla legge 13 aprile 2001, n° 11, di recepimento delle disposizioni statali in materia di trasferimento di competenze alle regioni in attuazione al D.Lgs 31 marzo 1998 n. 112, si forniscono le disposizioni adottate che seguono cui sono invitati ad attenersi le Strutture regionali, gli enti dipendenti dalla Regione, le Province, i Comuni, le Comunità Montane, gli Enti pubblici.

Il Comune di Cittadella è stato classificato dal punto di vista sismico in Zona 2 dalla DGR n. 244 del 09/03/2021, in applicazione del disposto dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 (Cfr. Figura 3 e Tabella 2).

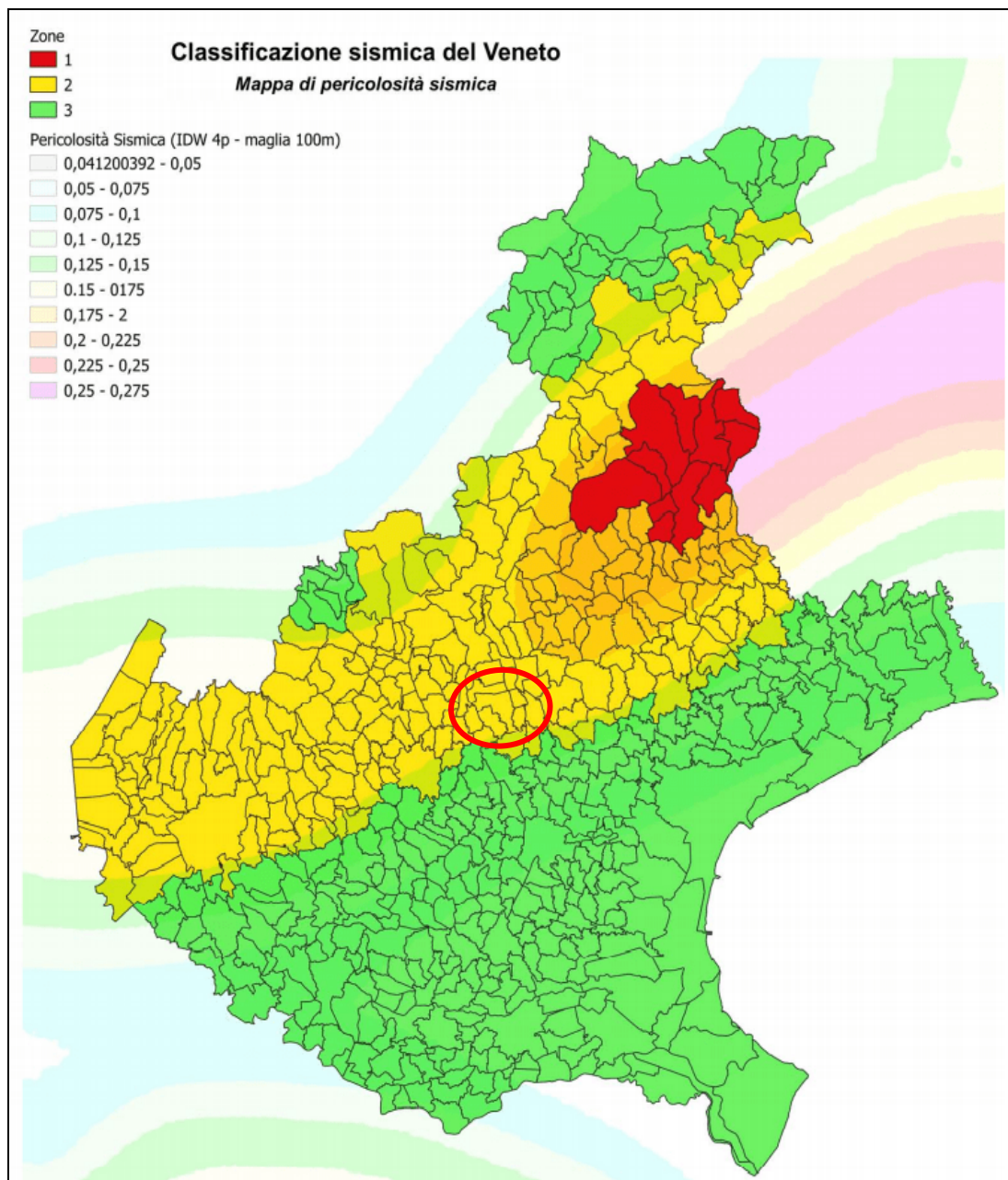


FIGURA 3 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL VENETO – MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA (ALLEGATO A - DGR N. 244/2021). NEL CERCHIO ROSSO INDICATO IL COMUNE DI CITTADELLA

TABELLA 2 – ALLEGATO C - DGR N. 244/2021

ZONA SISMICA	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Ag)
Zona 1	$0,25 < ag \leq 0,35 \text{ g}$	0,35 g
Zona 2	$0,15 < ag \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g
Zona 3	$0,05 < ag \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g
Zona 4	$ag \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g

Secondo la zonazione sismogenetica attualmente in vigore (ZS9), il Veneto centro-occidentale ricade all'interno della zona 906 che comprende la fascia pedemontana del Lago di Garda proseguendo fino a Bassano del Grappa, in cui la fagliazione responsabile dei terremoti è tipo faglia inversa con profondità media stimata tra 5 e 8 km Cfr. Figura 4 e Figura 5 e Tabella 3).

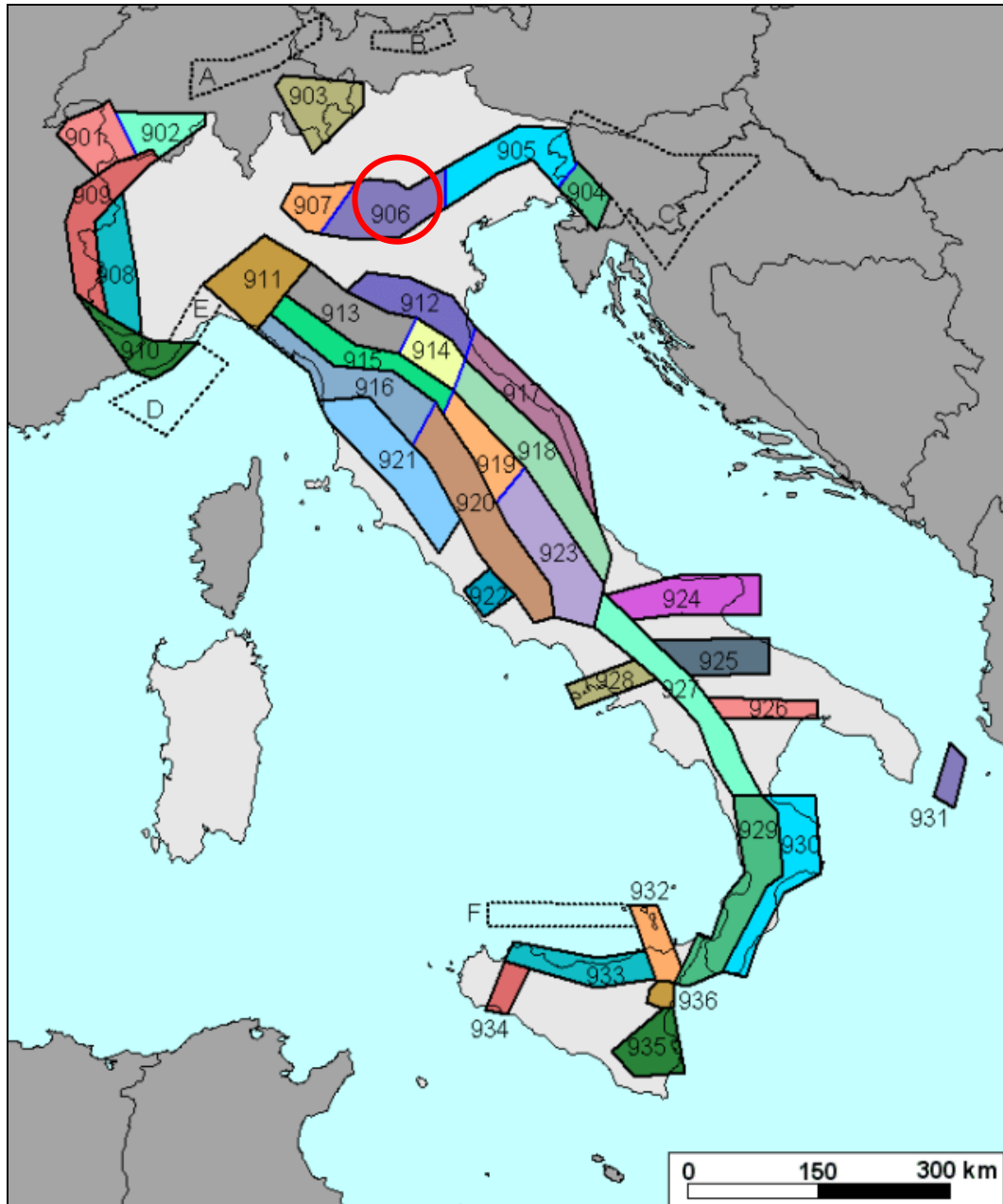


FIGURA 4 – ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9

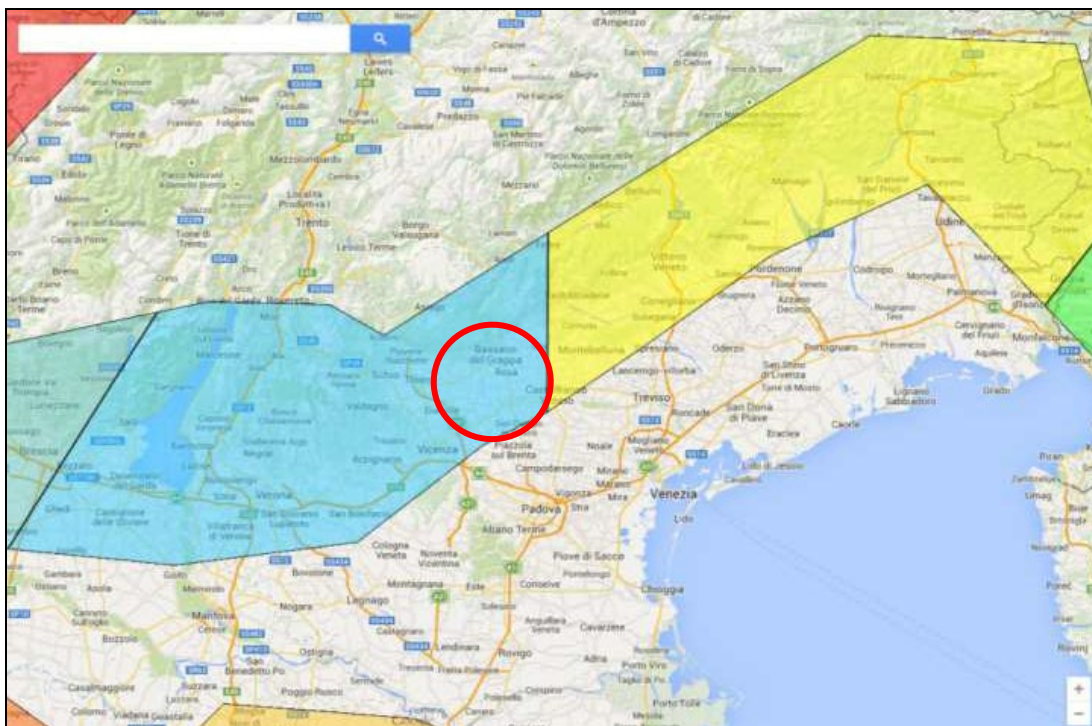


FIGURA 5 – LOCALIZZAZIONE DELLA ZONA SISMOGENETICA 906 IN AZZURRO. IL COMUNE DI CITTADELLA È INDIDUATO DAL CERCHIO ROSSO.

TABELLA 3 – NUMERO DI EVENTI SISMICI E RELATIVE MAGNITUDO MASSIME ZONA 906 (ZS9) PARI A 4.7

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *

Secondo le Linee guida per la Microzonazione sismica - Par. 2.8 - (Bramerini et al., 2008), si assume come valore di magnitudo attesa quella massima della zona sismogenetica di appartenenza che per il territorio di Cittadella (Zona 906) è stimato in $M_{max} = 6,60$ con un tempo di ritorno $T_r = 1000$ anni riferito al terremoto veronese di Belfiore-Zevio ($I_0 = 9-10$ MCS) avvenuto il giorno 3 Gennaio dell'anno 1117.

Tale terremoto è segnalato come tra i più forti eventi riportati nei Cataloghi della Sismicità storica Italiana che ha colpito il Nord d'Italia. Secondo i cataloghi oggi disponibili (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e

Vulcanologia. <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) la sua magnitudo è addirittura compresa tra 6.49 e 6.89.

TABELLA 4 – VALORI DI M_{WMAX} PER LE ZONE SISMOGENETICHE DI ZS9 (ESTRATTO DA GRUPPO DILAVORO, 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

Dalle Linee guida per la Microzonazione sismica - Par. 2.8, vengono stabiliti i valori medi di magnitudo attesa per comune, con tempi di ritorno $T_r = 475$ anni, che per il territorio di Cittadella, assumono il valore $M = 5,0 \div 5,5$ (Spallarossa e Barani, 2007) (Cfr. Figura 6).

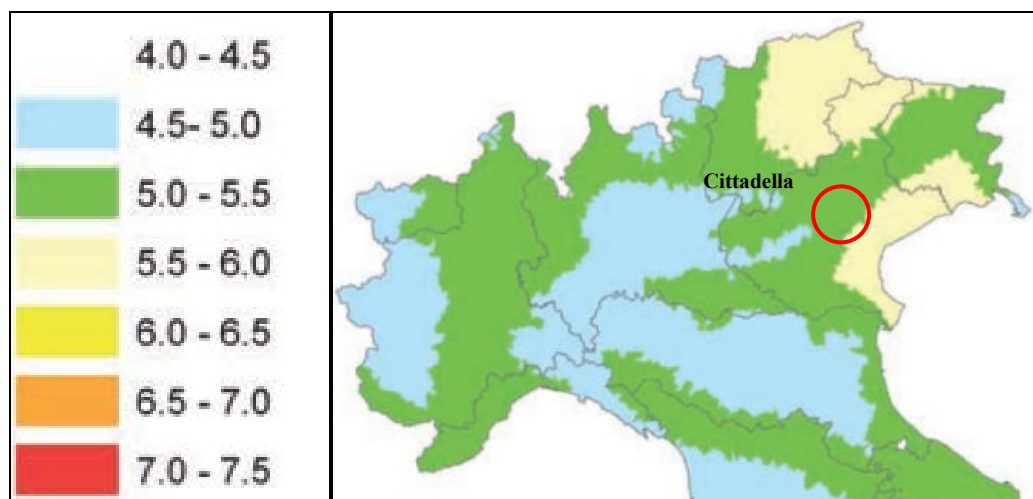


FIGURA 6 – VALORI MEDI DI MAGNITUDO OTTENUTI A SEGUITO DELLA DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA CON TEMPI DI RITORNO DI 475 ANNI. PER IL TERRITORIO DI CITTADELLA SI ASSUME IL VALORE $M = 5.0 - 5.5$ CON $T_r = 475$ ANNI.

Nella mappa della pericolosità sismica allegata alla OPCM 3519/2006 qui di seguito riportata, per la zona in esame, risulta una **accelerazione massima al suolo compresa tra 0.150 g e 0.175 g** con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Cfr. Figura 7 e Figura 9).

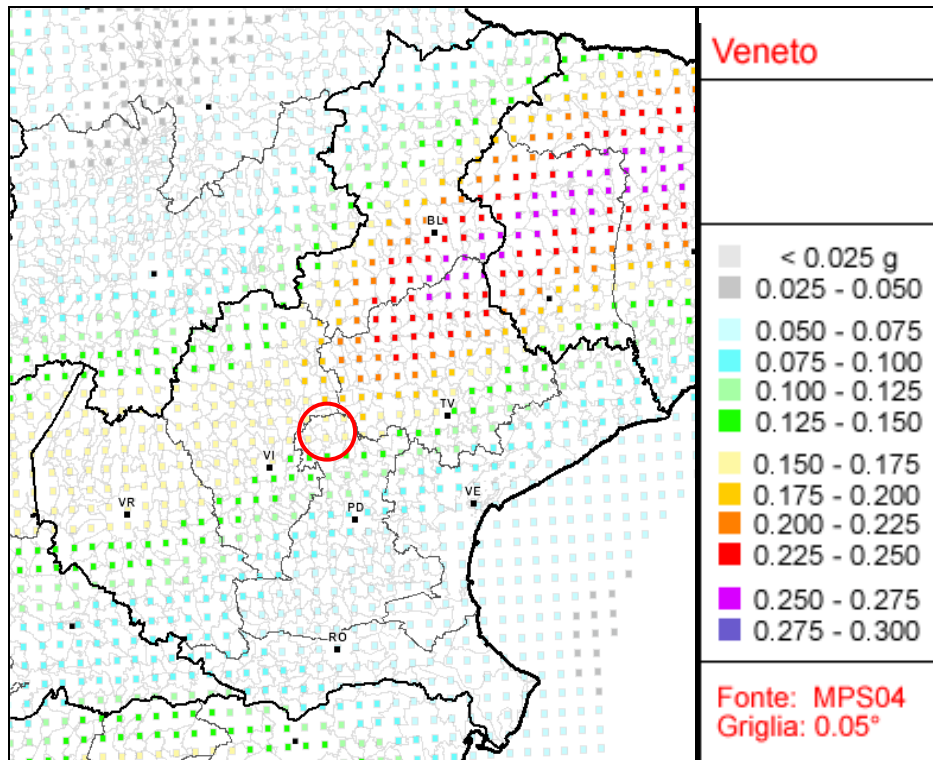


FIGURA 7 - CARTA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DELLA REGIONE VENETO ESPRESSA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO (AG) CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 10% IN 50 ANNI RIFERITA A SUOLI DI CATEGORIA A ($V_{s30} > 800$ M/S)

Il comune di Cittadella è individuato in maniera univoca tramite le seguenti coordinate geografiche:

Lat.: 45.666036°; Long.:11.786617°

La figura che segue ed i dati tabellati sono stati integralmente scaricati dal sito dell'INGV per il comune di Cittadella compreso tra 4 nodi della griglia di pericolosità sismica, aventi come ID identificativo:

- ID: 11631
- ID: 11632
- ID: 11854
- ID: 11853

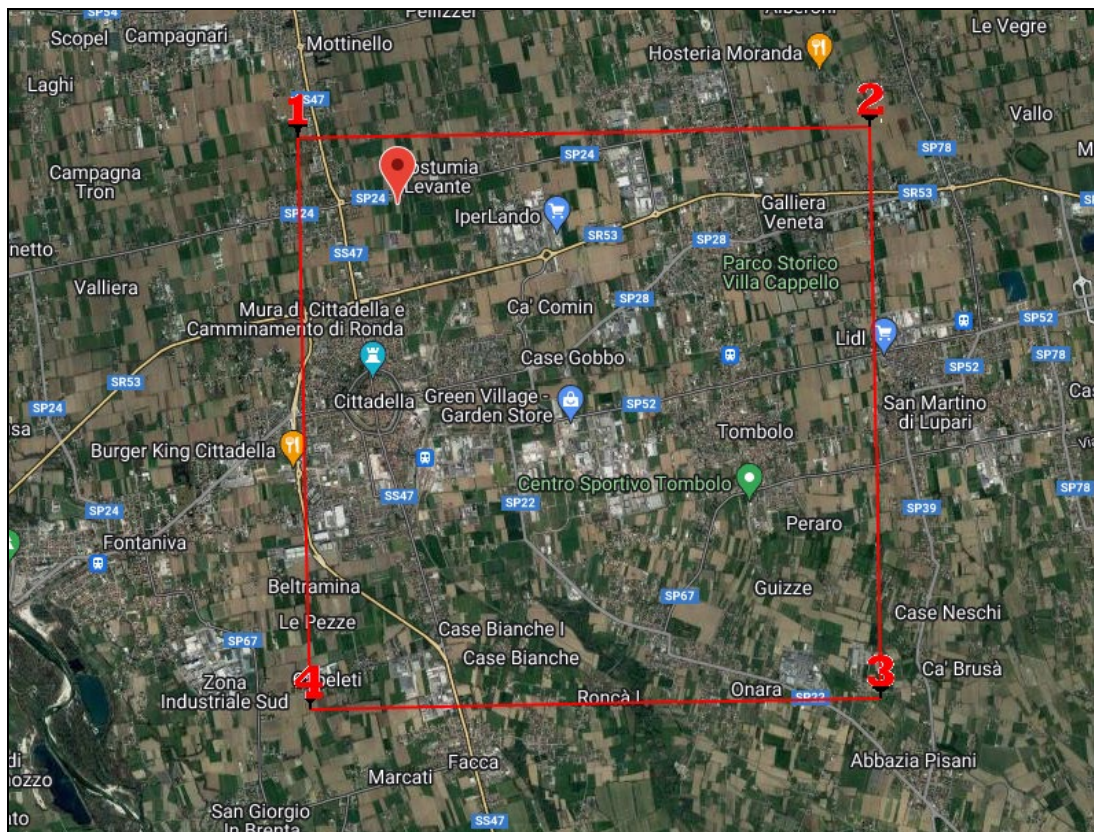


FIGURA 8 – I QUATTRO NODI DELLA GRIGLIA PER IL SITO IN STUDIO (LAT: 45.666036, LONG: 11.786617)

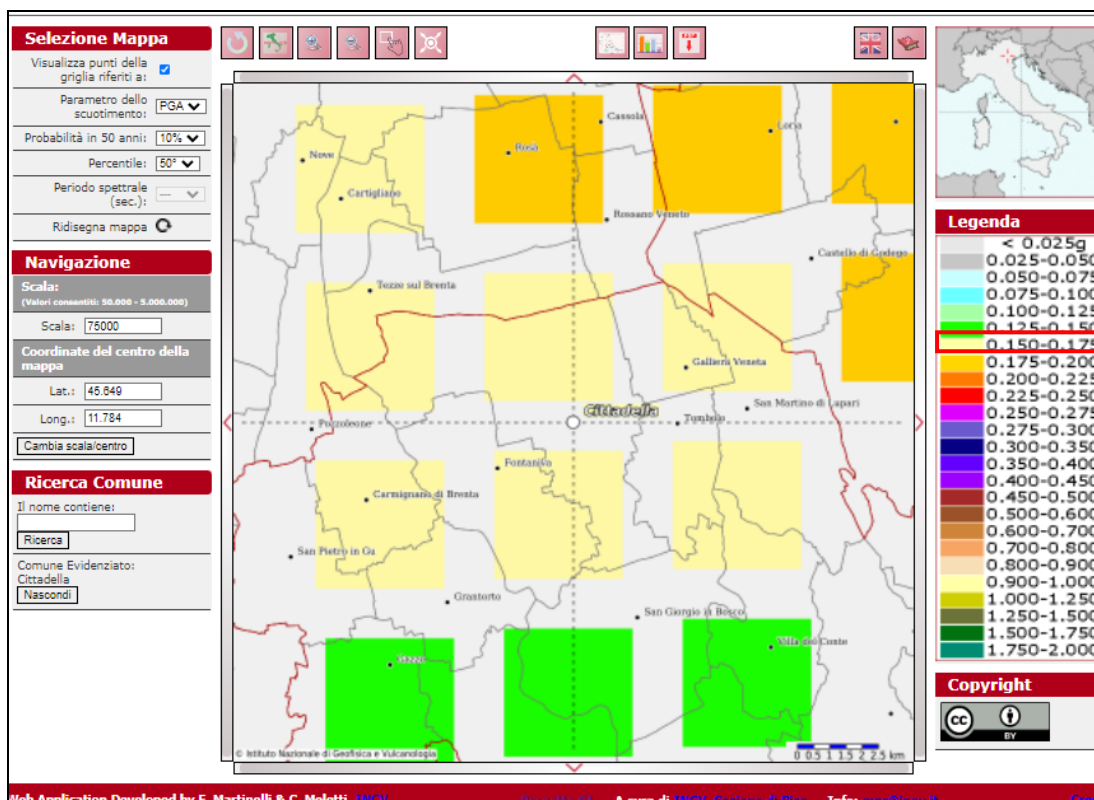


FIGURA 9 – GRIGLIA DI PERICOLOSITÀ SISMICA PER IL SITO (LAT. 45.649-LONG. 11.784) CON PROBABILITÀ IN 50 ANNI AL 10% E PERCENTILE AL 50

La tabella 5 riporta i valori della pericolosità sismica relativi al comune di Cittadella espressi in termini di accelerazione orizzontale massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 2, 5, 10, 22, 30% in 50 anni, su suoli rigidi ($V_S > 800$ m/s), come previsto dall'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b, estratta da <http://zonesismiche.mi.ingv.it>.

Le stime di PGA sono state determinate con la tecnica di analisi statistica degli effetti stimati sulla base dei dati contenuti nei cataloghi sismici, proposta da Cornell (Cornell, 1968; Bender & Perkins, 1987; Gruppo di Lavoro MPS, 2004) e la loro incertezza è espressa mediante percentili, considerando il catalogo un campione rappresentativo dell'intera popolazione di eventi possibili con effetti significativi nel luogo.

TABELLA 5 – VALORI DI PGA STIMATI PER IL COMUNE DI CITTADELLA PER DIFFERENTI LIVELLI DI PROBABILITÀ IN 50 ANNI, DIFFERENTI PERIODI DI RITORNO E DIVERSO PERCENTILE. I DATI, ESTRATTI DALLA MAPPA DIGITALE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DAL SITO [HTTP://ESSE1.MI.INGV.IT/](http://ESSE1.MI.INGV.IT/), SONO RIFERITI A SUOLI RIGIDI ($V_S > 800$ M).

Parametro di scuotimento PGA(g)	(Coordinate del punto lat: 45.671, long: 11.632)				
	Probabilità in 50 anni/periodo di ritorno				
	2%	5%	10%	22%	30%
	ANNI				
	2475	975	475	201	140
16° percentile	0.245	0.186	0.146	0.102	0.087
50° percentile	0.296	0.216	0.165	0.117	0.099
84° percentile	0.358	0.243	0.181	0.127	0.108

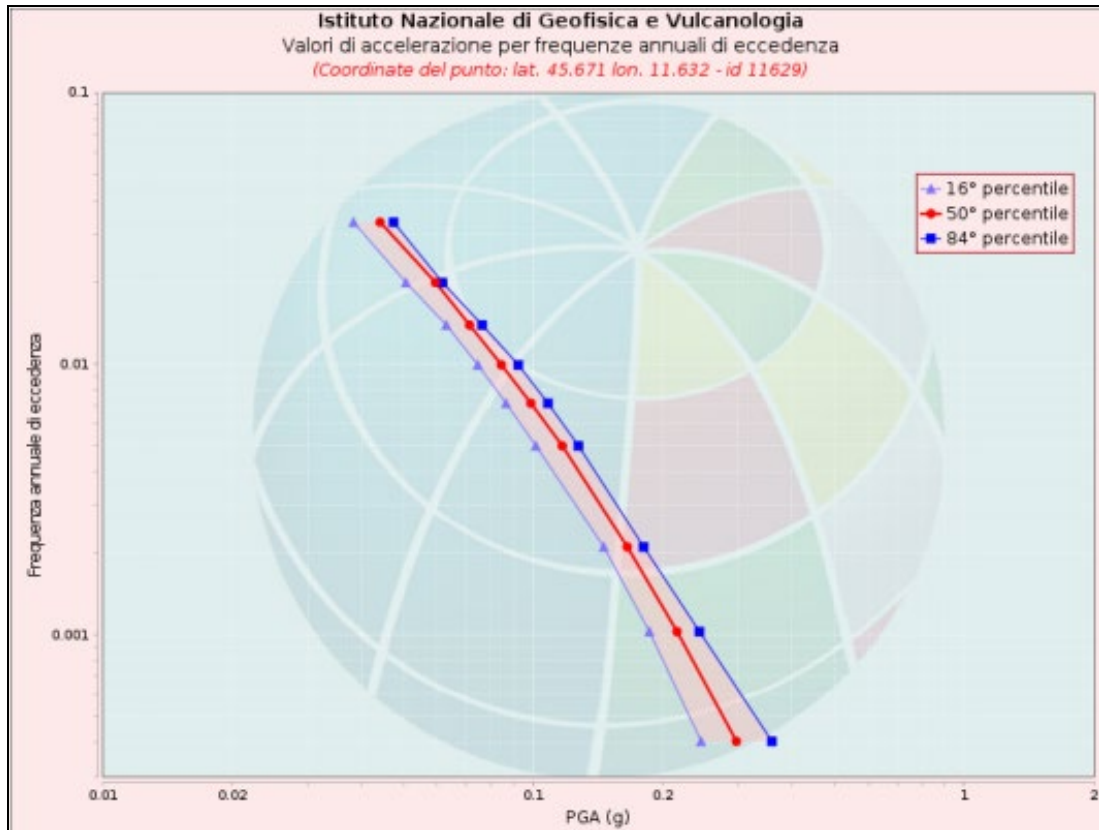


FIGURA 10 - VALORI DI ACCELERAZIONE PER FREQUENZE ANNUALI DI ECCEDENZA (COORDINATE LAT: 45.453, LON: 10.714)

2.2 Sismicità storica

2.2.1 La sismicità storica del Veneto

La Regione Veneto è caratterizzata da una certa sismicità di magnitudo medio-bassa messa in luce negli ultimi decenni dal monitoraggio strumentale dell'attività sismica. A partire dal 1988 in Veneto è stata installata una rete di monitoraggio sismico che si è progressivamente arricchita arrivando a contare attualmente 11 stazioni di misura, di cui 8 a corto periodo e 3 a lungo periodo.

Nel periodo 1977-2006 la rete gestita in convenzione dall'OGS (Osservatorio Geofisico Sperimentale) di Trieste ha registrato in Veneto quasi 1200 eventi sismici con magnitudo compresa tra 2.0 e 3.0. La maggior parte di questi eventi è localizzata lungo la fascia prealpina che unisce l'Alpago al Monte Baldo. La profondità epicentrale più frequente è compresa tra 7 e 15 km di profondità. Solo l'11% degli eventi si colloca a profondità maggiore (fino a 22 km).

In Figura 11 è riportata la distribuzione di tutti i terremoti registrati dall'OGS distinti per classi di magnitudo di durata MD*. Gli eventi con MD>4 i cui epicentri ricadono nel territorio regionale o in prossimità di esso sono identificati con una stella rossa. Si tratta dei seguenti:

- 24/05/1987 Garda MD = 4.2

- 13/09/1989 Pasubio MD = 4.8
- 13/04/1996 Claut MD = 4.2
- 24/11/2004 Salò MD = 5.2

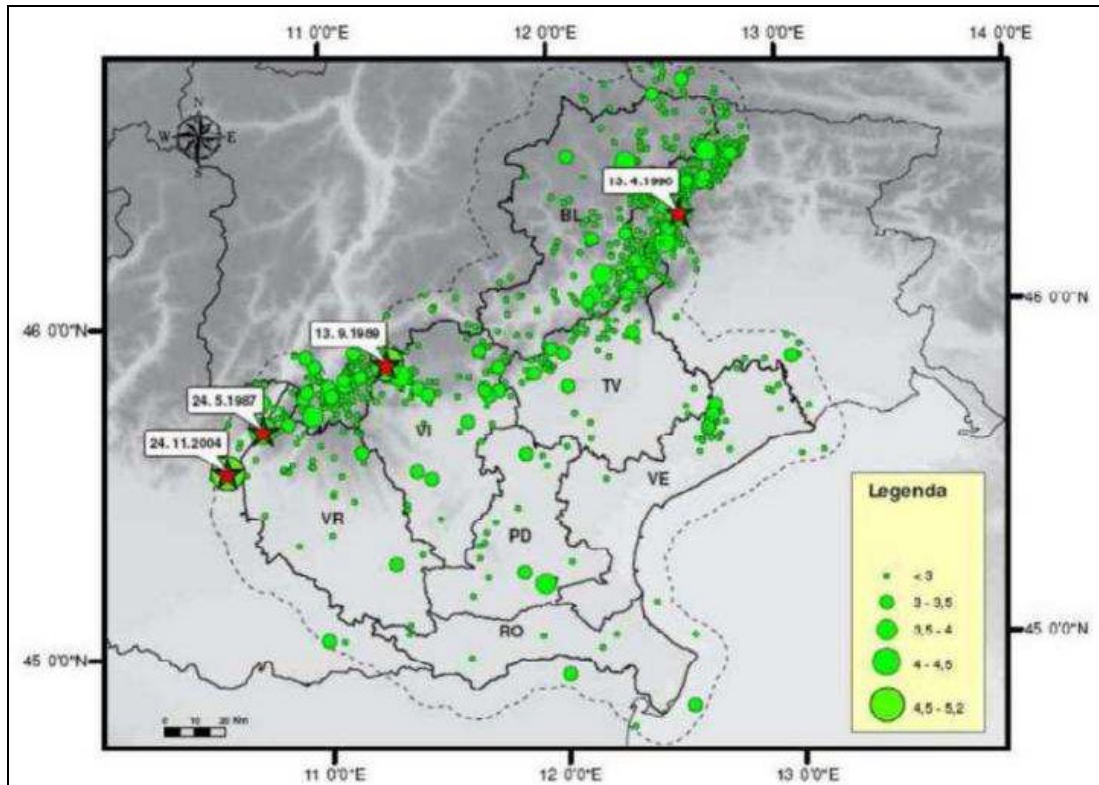


FIGURA 11 – DISTRUBUZIONE DI TUTTI I TERREMOTI RECENTI REGISTRATI DALLA RETE SISMOMETRICA GESTITA DA OGS IN VENETO NEL PERIODO 1977-2006 (PRIOLO, 2008)

I dati relativi alla sismicità storica di Cittadella fanno riferimento al Database Macrosismico Italiano (versione DBMI15) realizzato a cura dell'INGV (<http://emidius.mi.ingv.it>) che raccoglie le osservazioni emerse nella finestra temporale 1000-2020. Il database macrosismico DBMI15 riporta per il comune in studio 16 eventi sismici (Cfr. Figura 12).

Nella seguente tabella vengono riportati i terremoti storici e strumentali riferiti al comune di Cittadella o ad aree limitrofe.

Cittadella

PlaceID	IT_28774
Coordinate (lat, lon)	45.648, 11.784
Comune (ISTAT 2015)	Cittadella
Provincia	Padova
Regione	Veneto
Numero di eventi riportati	16

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	🔗	1695	02	25	05	30	Asolano	107	10	6.40
NF	🔗	1898	01	16	13	10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
NF	🔗	1899	11	15	23	40	Pianura Veneta	25	5	4.25
3	🔗	1900	03	04	16	55	Asolano	98	6-7	5.05
2	🔗	1907	04	25	04	52	Veronese	122	6	4.79
NF	🔗	1908	03	15	07	38 3	Valle d'Illasi	28	5-6	4.91
NF	🔗	1908	07	10	02	13 3	Carnia	119	7-8	5.31
5	🔗	1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	🔗	1913	11	25	20	55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
3	🔗	1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
NF	🔗	1915	01	13	06	52 4	Marsica	1041	11	7.08
NF	🔗	1920	09	07	05	55 4	Garfagnana	750	10	6.53
3	🔗	1983	11	09	16	29 5	Parmense	850	6-7	5.04
3	🔗	1989	09	13	21	54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
4	🔗	2001	07	17	15	06 1	Val Venosta	657	5-6	4.78
3	🔗	2004	12	04	22	20 5	Prealpi Trevigiane	108	4-5	3.86

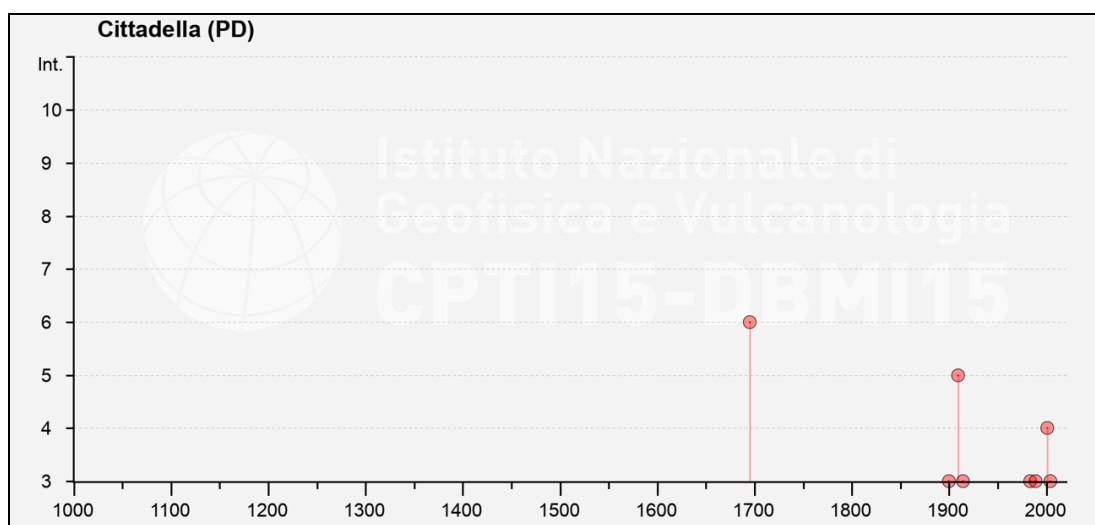


FIGURA 12 – STORIA SISMICA DEL COMUNE DI CITTADELLA

Dall'analisi della storia sismica del Comune di Cittadella, si evince che il terremoto con intensità maggiore riscontrato è: il terremoto del 25 Febbraio 1695 con $I_0 = IX - X$ MCS e $MW = 6.61$.

Il catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (versione CPTI15), realizzato da Rovida et al. è stato concepito come catalogo di consenso per unificare ed omogeneizzare, attraverso procedure di stima dei parametri uguali per tutti i terremoti, tutte le informazioni disponibili sui terremoti italiani. Il catalogo copre una finestra temporale relativa agli anni 1000-2020. Di seguito si riportano i dati in dettaglio relativi ai terremoti pertinenti Cittadella, già individuati attraverso il DBMI15.

1695 febbraio 25 05:30								
Asolano								
EqID 16950225_0530_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	I_0	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	45.861	11.910		10	6.40 ± 0.10		Mdm	
□ Macro	45.861	11.910	bx0	10	6.40 ± 0.10		bxn	

FIGURA 13 – EVENTO SISMICO DEL 25 FEBBRAIO 1695

1898 gennaio 16 13:10								
Romagna settentrionale								
EqID 18980116_1210_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	I_0	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	44.657	11.821		6	4.59 ± 0.17		Mdm	
□ Macro	44.657	11.821	bx0	6	4.59 ± 0.17		bxn	

FIGURA 14 - EVENTO SISMICO DEL 16 GENNAIO 1898

1899 novembre 15 23:40								
Pianura Veneta								
EqID 18991115_2340_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	I_0	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	45.404	11.440		5	4.25 ± 0.21		Mdm	
□ Macro	45.404	11.440	bx0	5	4.25 ± 0.21		bxn	

FIGURA 15 - EVENTO SISMICO DEL 15 NOVEMBRE 1899

1900 marzo 04 16:55								
Asolano								
EqID 19000304_1655_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	45.849	12.067		6-7	5.05 ± 0.12		Mdm	
▣ Macro	45.849	12.067	bx0	6-7	5.05 ± 0.12		bxn	

FIGURA 16 – EVENTO SISMICO DEL 04 MARZO 1900

1907 aprile 25 04:52								
Veronese								
EqID 19070425_0452_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	45.318	11.073		6	4.79 ± 0.11		Wmim	
▣ Macro	45.318	11.073	bx0	6	4.77 ± 0.15		bxn	
◇ Instr	45.060	11.020	SANAL014		4.83 ± 0.18		Pry_msmb	1.0

FIGURA 17 – EVENTO SISMICO DEL 25 APRILE 1907

1908 marzo 15 07:38:38.00								
Valle d'Illasi								
EqID 19080315_0738_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	45.623	11.207		5-6	4.91 ± 0.21		Wmim	
▣ Macro	45.623	11.207	bx0	5-6	4.45 ± 0.46		bxn	
Instr	-				5.04 ± 0.24		Pry_msmb	

FIGURA 18 - EVENTO SISMICO DEL 15 MARZO 1908

1908 luglio 10 02:13:35.00								
Carnia								
EqID 19080710_0213_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	46.465	13.191		7-8	5.31 ± 0.08		Wmim	
▣ Macro	46.465	13.191	bx0	7-8	5.35 ± 0.10		bxn	
Instr	-				5.25 ± 0.15		Pry_msmb	

FIGURA 19 – EVENTO SISMICO DEL 10 LUGLIO 1908

1909 gennaio 13 00:45								
Emilia Romagna orientale								
EqID 19090113_0045_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	44.579	11.688		6-7	5.36 ± 0.08		Wmim	
▣ Macro	44.579	11.688	bx0	6-7	5.30 ± 0.10		bxn	
Instr	-				5.53 ± 0.16		Pry_msmb	

FIGURA 20 - EVENTO SISMICO DEL 13 GENNAIO 1909

1913 novembre 25 20:55								
Appennino parmense								
EqID 19131125_2055_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	44.551	10.196		4-5	4.65 ± 0.13		Wmim	
▣ Macro	44.551	10.196	bx0	4-5	4.49 ± 0.17		bxn	
Instr	-				4.99 ± 0.24		Pry_msmb	

FIGURA 21 – EVENTO SISMICO DEL 25 NOVEMBRE 1913

1914 ottobre 27 09:22								
Lucchesia								
EqID 19141027_0922_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	43.912	10.598		7	5.63 ± 0.08		Wmim	
▣ Macro	43.912	10.598	bx0	7	5.55 ± 0.10		bxn	
Instr	-				5.89 ± 0.17		Pry_msmb	

FIGURA 22 – EVENTO SISMICO DEL 27 OTTOBRE 1914

1915 gennaio 13 06:52:43.00								
Marsica								
EqID 19150113_0652_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	42.014	13.530		11	7.08 ± 0.08		Wmim	
▣ Macro	42.014	13.530	bx0	11	7.11 ± 0.10		bxn	
Instr	-				6.99 ± 0.19		Pry_msmb	

FIGURA 23 – EVENTO SISMICO DEL 15 GENNAIO 1915

1920 settembre 07 05:55:40.00								
Garfagnana								
EqID 19200907_0555_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	44.185	10.278		10	6.53 ± 0.08		Wmim	
▣ Macro	44.185	10.278	bx0	10	6.56 ± 0.10		bxn	
Instr	-				6.47 ± 0.17		Pry_msmb	

FIGURA 24 – EVENTO SISMICO DEL 07 SETTEMBRE 1920

1983 novembre 09 16:29:52.00								
Parmense								
EqID 19831109_1629_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	44.755	10.265		6-7	5.04 ± 0.10		InsO	
▣ Macro	44.755	10.265	bx0	6-7	5.14 ± 0.10		bxn	
◇ Instr	44.652	10.342	CSTI1.1		5.04 ± 0.10		MwMT	18.1

FIGURA 25 – EVENTO SISMICO DEL 09 NOVEMBRE 1983

1989 settembre 13 21:54:01.50								
Prealpi Vicentine								
EqID 19890913_2153_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	45.882	11.264		6-7	4.85 ± 0.10		InsO	9.0
▣ Macro	45.870	11.172	bx0	6-7	4.99 ± 0.10		bxn	
◇ Instr	45.882	11.264	OGS-BFVG		4.85 ± 0.10		MwMT	9.0

FIGURA 26 – EVENTO SISMICO DEL 13 SETTEMBRE 1989

2001 luglio 17 15:06:15.27								
Val Venosta								
EqID 20010717_1506_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	46.697	11.074		5-6	4.78 ± 0.07		InsO	0.1
▣ Macro	46.591	11.222	bx0	5-6	4.73 ± 0.10		bxn	
◇ Instr	46.697	11.074	CSI1.1		4.78 ± 0.07		MwMT	0.0

FIGURA 27 – EVENTO SISMICO DEL 17 LUGLIO 2001

2004 dicembre 04 22:20:50.20								
Prealpi Trevigiane								
EqID 20041204_2220_000								
	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	45.942	11.996		4-5	3.86 ± 0.10		Wmim	5.2
▣ Macro	45.891	11.936	bx0	4-5	4.01 ± 0.12		bxn	
◇ Instr	45.942	11.996	BSINGV		3.33 ± 0.23		Pry_ml	5.2

FIGURA 28 – EVENTO SISMICO DEL 04 DICEMBRE 2004

Dalla consultazione del catalogo ISIDe, inoltre, ponendo come raggio di ricerca 10.0 km nell'intorno dell'area comunale, è stato possibile effettuare la ricerca degli eventi sismici con Magnitudo compresa tra 0 e 10 che hanno interessato Cittadella dal 01/01/2000 ad oggi. Nella tabella seguente si riportano rispettivamente i dati di ciascun evento e la loro ubicazione planimetrica.

TABELLA 6 – CATALOGO ISIDE

ID	Ora	Latitud.	Long.	Prof. (km)	Autore	Magtype	Magn.	Epicentro
1207589	2000-12-16 T 12:04:42.81	45.463	11.854	3.5	BULLETIN-VAX	Md	2.8	1 km S San Martino di Lupari (PD)
1679189	2006-07-20 T 22:47:56.33	45.636	11.825	10.0	BULLETIN-SISPICK	ML	2.8	1 km S Tombolo (PD)
17976181	2018-01-03 T 18:25:30.10	45.6885	11.6695	8.4	BULLETIN-INGV	ML	2.5	2 km SE Schiavon (VI)

In particolare, si è verificato un terremoto di magnitudo ML 2.5 a una profondità di 8.4 km, avvenuto ad 2km Se da Schiavon (VI) il 03-01-2018 alle ore 18:25:30 (UTC +02:00) ora italiana ed il terremoto di magnitudo ML 2.7 ad una profondità di 10.0 km, avvenuto a 1km S da Tombolo (PD) il 20-07-2006 alle ore 22:47:56 30 (UTC +02:00) ora italiana (Cfr. Figura 29).

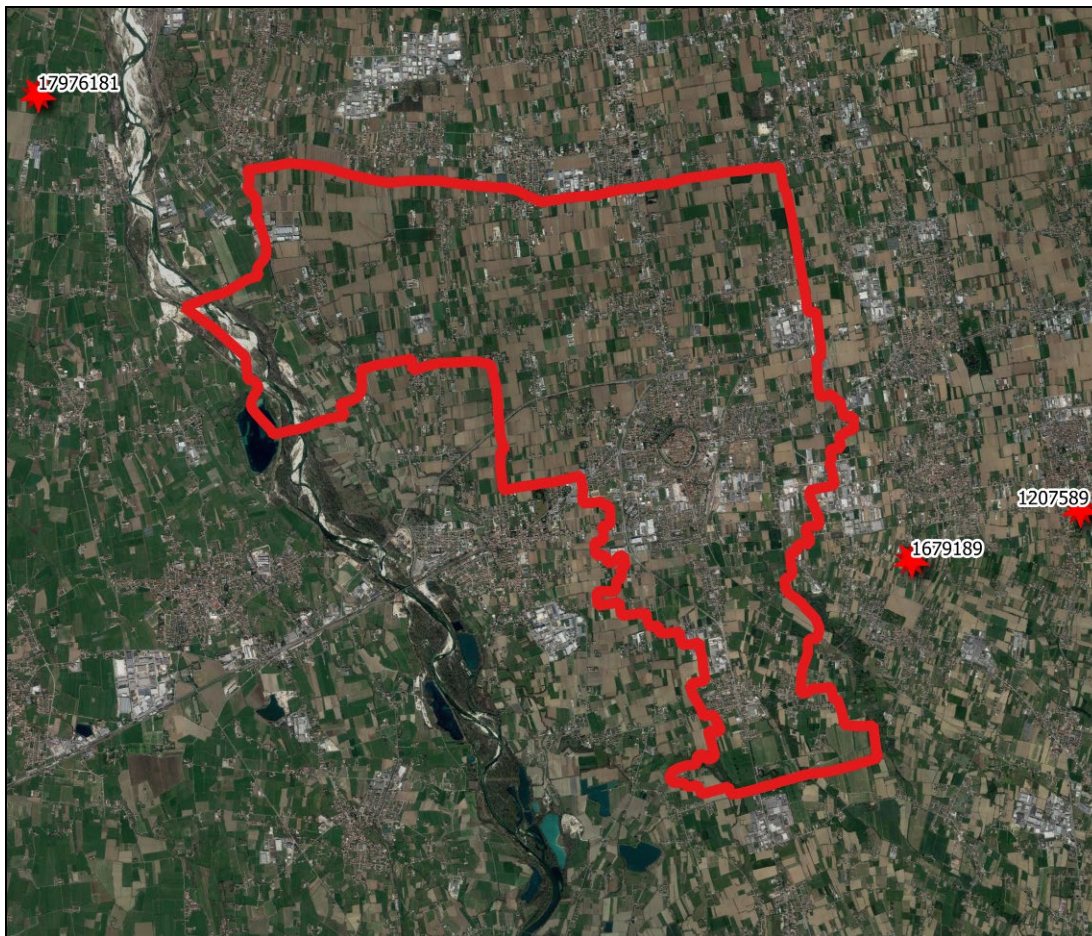


FIGURA 29 – EVENTI SISMICI PROSSIMI AL COMUNE DI CITTADELLA (ESTRATTI DA CATALOGO ISIDE) ELABORATA IN GIS

2.3 Faglie Attive e Capaci

Come descritte dalle Linee guida *“Per La Gestione Del Territorio In Aree Interessate Da Faglie Attive e Faglie Capaci (FAC) Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile”*, “è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene)”, mentre “è considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno”.

Le conoscenze di cui dispone la comunità scientifica risultano sintetizzate all’interno di due database principali e che riguardano l’intero territorio nazionale:

- Database of Individual Seismogenic Sources (DISS, INGV);
- Database ITaly HAZard from CAPable faults (ITHACA, ISPRA).

2.3.1 Database DISS

Il database DISS (versione 3.3.0. Dicembre 2021) raggruppa tutte le informazioni relative a faglie attive, pieghe attive, potenziali sorgenti sismogenetiche individuali, sorgenti sismogenetiche composite e sorgenti sismogenetiche dibattute in letteratura.

La consultazione del suddetto database relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che l'area in studio non ricade all'interno di alcuna Sorgente sismogenetica (Cfr. Figura 30). (Guidoboni et al., 2007; Rovida et al., 2011).

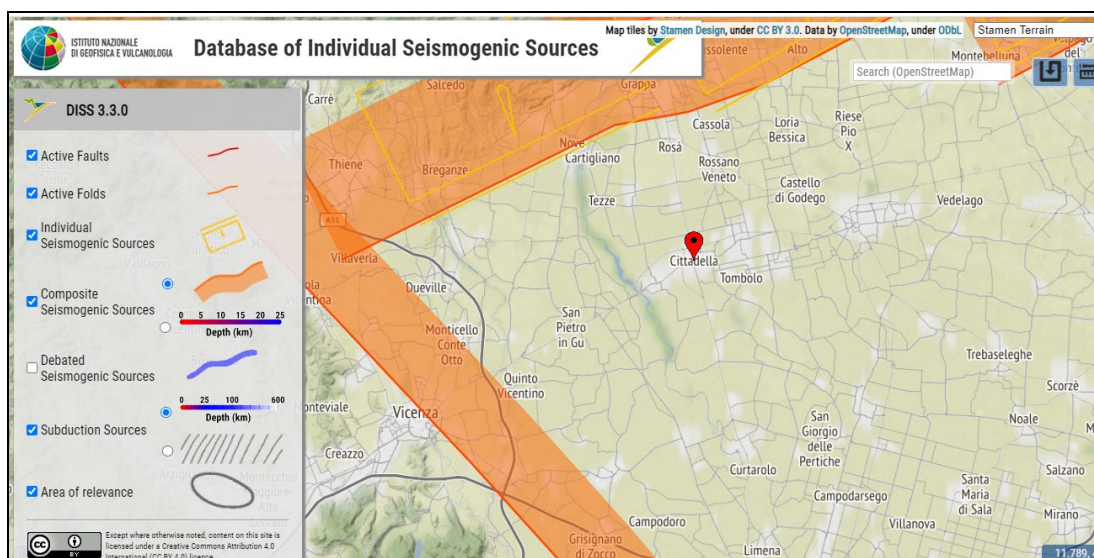


FIGURA 30 – STRALCIO TRATTO DA DATABASE DISS 3.3.0 CON INDACATO IL COMUNE DI CITTADELLA

2.3.2 Database ITHACA

Il database ITHACA, di proprietà dell'ISPRA, tiene conto invece delle faglie capaci, cioè di faglie potenzialmente in grado di creare deformazione permanente in superficie, al di là della natura strutturale.

Per quanto riguarda la definizione di faglia attiva e capace ITHACA adotta la seguente definizione di faglia capace, che tiene conto delle definizioni riportate sopra e del contesto geodinamico italiano.

- Una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.
- La deformazione attesa può essere sia una dislocazione ben definita lungo un piano di rottura (fault displacement/offset) che una deformazione distribuita (warping).
- La riattivazione attesa viene definita in funzione del regime tettonico in atto, rispetto al quale deve essere compatibile. Elementi secondari possono però mostrare rotture "anomale", ad esempio movimenti compressivi in un ambiente distensivo, a causa di geometrie locali delle strutture riattivate.

Si evidenzia che nel Catalogo ITHACA l'intervallo considerato per le strutture capaci (< 125 ka sensu IAEA, 2010 e 2015) è più esteso di quello (40 ka) considerato negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (Dipartimento Protezione Civile, 2008) redatti dal

Dipartimento di Protezione Civile (DPC) (link) e poi nelle Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC).

La sua consultazione all'interno del GeoMap Viewer del geoportale ISPRA avviene attraverso un servizio che permette l'interrogazione della banca dati sia geografica che alfanumerica, mettendo a disposizione dell'utente una serie di schede web.

Nell'area comunale di Cittadella è stata rilevata la presenza di n. 2 faglie capaci incerte dirette (Figura 31).

Ad ovest del territorio comunale troviamo due strutture tettoniche denominate rispettivamente "West Padova" con direzione circa N-S ed identificata con il codice 72200, che risulta avere una lunghezza di 57,2 km, un'attività risalente al Pleistocene inferiore ed una evidenza sul territorio di dislocazione di depositi quaternari; poco più a est di questa vi è la struttura tettonica denominata "East Padova", con direzione circa N-S ed identificata con il codice 72300, che risulta avere una lunghezza di 54,9 km ed un'attività risalente al Pleistocene inferiore ed una evidenza sul territorio di dislocazione di depositi quaternari (Cfr. Tabelle 7 e 8).

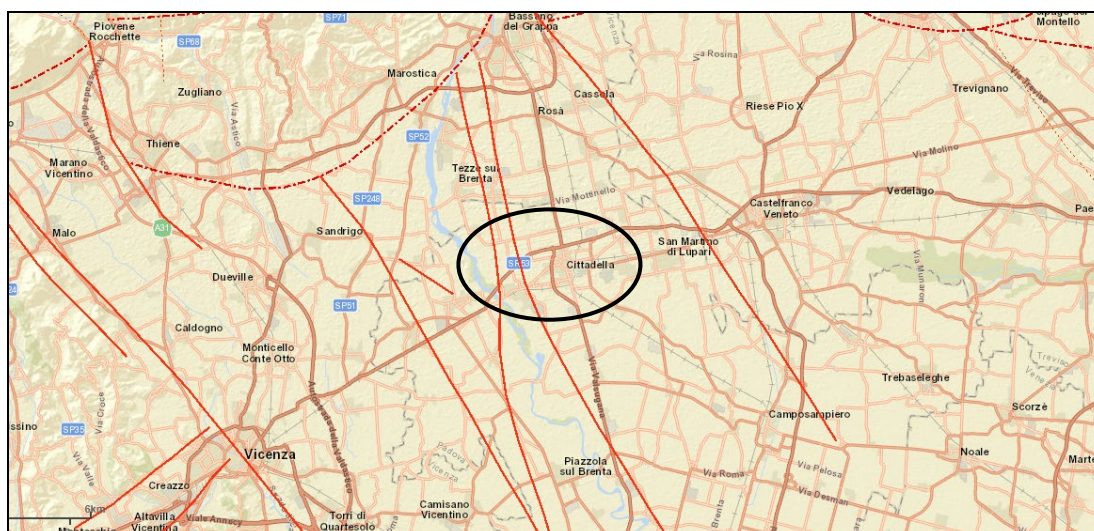


FIGURA 31 – INDICATE NEL CERCHIO NERO LE STRUTTURE CHE INTERESSANO IL COMUNE DI CITTADELLA

TABELLA 7 – DESCRIZIONE DELLA FAGLIA CON CODICE 72200 TRATTA DA ITHACA WORKING GROUP (2019). ITHACA (ITALY HAZARD FROM CAPABLE FAULTING), A DATABASE OF ACTIVE CAPABLE FAULTS OF THE ITALIAN TERRITORY. VERSION DECEMBER 2019. ISPRA GEOLOGICAL SURVEY OF ITALY. WEB PORTAL [HTTP://SGI2.ISPRAMBIENTE.IT/ITHACAWEB/MAPPATURA.ASPX](http://SGI2.ISPRAMBIENTE.IT/ITHACAWEB/MAPPATURA.ASPX)

Fault description	
GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	72200
Fault Name	West Padova
Region Name	Veneto
Tectonic Environment	ND
System Name	West Padova
Synopsis	
Rank	Primary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	150
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	E
Fault Length (km)	57.2
Mapping Scale	1:
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal
ACTIVITY	
Surface Evidence	ND
Last Activity	Early Pleistocene
Evidence for Capability	Displacement of Quaternary deposits and/or land forms
SLIP PARAMETERS	
Recurrence Interval (yr)	
Slip Rate (mm/yr)	
Max Credible Rupture Length (km)	
Max Credible Slip (m)	
Time Since Last Event (yr)	
Max Known Magnitude (Mw)	
Max Known Intensity (MCS)	
Known Seismic Events	

FINAL REMARKS				
Capability Consensus		Medium reliability		
Study Quality		LOW		
Notes				
Fault Trace Reference				
Last Update				
REFERENCES				
Authors		Title	Reference	Year
ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDIN D., CAVALLIN A. et alii		Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Sc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982
ZANFERRARI A., GIRARDI A., PIANETTI F. & SEDEA R. (1980)		Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 50 - Padova (p.p.) e 64 - Rovigo (p.p.)	CNR (1980) - Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. P.F. Geodinamica, Pubbl. 356 (1), 437-461	1980
PIANETTI E. & ZANFERRARI A. (1980)		Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 51 - Venezia e 52 - San Donà di Piave (p.p.) ed evoluzione pliocenico - quaternaria della pianura e dell'area prealpina del Veneto orientale	CNR (1980) - Contributi conclusivi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 513 P.F. Geodinamica, 239 - 288	1980
AA.VV.		ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	1981
SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C. et alii		Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp	1987
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)		Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
OGNIBEN L. (1987)		Modello geodinamico della regione trentina ed aree circostanti	St. Trent. Sc. Nat., 63, 1-165	1987
AA.VV.		CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983

TABELLA 8 – DESCRIZIONE DELLA FAGLIA CON CODICE 72300 TRATTA DA ITHACA WORKING GROUP (2019). ITHACA (ITALY HAZARD FROM CAPABLE FAULTING), A DATABASE OF ACTIVE CAPABLE FAULTS OF THE ITALIAN TERRITORY. VERSION DECEMBER 2019. ISPRA GEOLOGICAL SURVEY OF ITALY. WEB PORTAL [HTTP://SGI2.ISPRAMBIENTE.IT/ITHACAWEB/MAPPATURA.ASPX](http://SGI2.ISPRAMBIENTE.IT/ITHACAWEB/MAPPATURA.ASPX)

Fault description	
GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	72300
Fault Name	East Padova
Region Name	Veneto
Tectonic Environment	ND
System Name	East Padova
Synopsis	
Rank	Primary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	140
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	E
Fault Length (km)	54.9
Mapping Scale	1:
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal

ACTIVITY			
Surface Evidence	ND		
Last Activity	Early Pleistocene		
Evidence for Capability	Displacement of Quaternary deposits and/or land forms		
SLIP PARAMETERS			
Recurrence Interval (yr)			
Slip Rate (mm/yr)			
Max Credible Rupture Length (km)			
Max Credible Slip (m)			
Time Since Last Event (yr)			
Max Known Magnitude (Mw)			
Max Known Intensity (MCS)			
Known Seismic Events			
FINAL REMARKS			
Capability Consensus	Medium reliability		
Study Quality	LOW		
Notes			
Fault Trace Reference			
Last Update			
REFERENCES			
Authors	Title	Reference	Year
OGNIBEN L. (1987)	Modello geodinamico della regione trentina ed aree circostanti	St. Trent. Sc. Nat., 63, 1-165	1987
ZANFERRARI A., GIRARDI A., PIANETTI F. & SEDEA R. (1980)	Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 50 - Padova (p.p.) e 64 - Rovigo (p.p.)	CNR (1980) - Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. P.F. Geodinamica, Pubbl. 356 (1), 437-461	1980
ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDIN D., CAVALLIN A. et alii	Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Sc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982
PIANETTI E. & ZANFERRARI A. (1980)	Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 51 - Venezia e 52 - San Donà di Piave (p.p.) ed evoluzione pliocenico - quaternaria della pianura e dell'area prealpina del Veneto orientale	CNR (1980) - Contributi conclusivi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 513 P.F. Geodinamica, 239 - 288	1980
AA.VV.	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	1981
AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C. et alii	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp	1987

Sebbene queste faglie siano segnalate da ITHACA si può notare come la qualità degli studi delle stesse sia bassa (Study Quality: LOW), pertanto la scala di rappresentazione risulta essere molto piccola. Le faglie hanno, dunque, un indice di attività non del tutto certo.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Inquadramento topografico e geomorfologico

Il territorio del Comune di Cittadella, geomorfologicamente, fa parte della pianura alluvionale costituita dall'ampia conoide di deposito del Brenta, la quale si raccorda in parte ad ovest con le alluvioni dell'Astico-Tesina e ad Est con i depositi del Piave: si rinvencono, pertanto, soprattutto le forme fluviali tipiche della Pianura Veneta, come conseguenza del deposito e accumulo di sedimenti provenienti dalla catena alpina e prealpina.

La genesi è collegata alla perdita di energia di trasporto dei sedimenti da parte dei fiumi principali (Fiume Brenta) con deposito di ghiaie, sabbie e limi argillosi a formare la conoide a partire dalla zona pedemontana fino alla medio-bassa pianura, e, più di recente, dagli sviluppi dell'idrografia superficiale con processi di tracimazione ed esondazione di rami fluviali a lento decorso ed a bassa energia che permettono la sedimentazione di materiale più fine a composizione limo-sabbiosa e argillosa: questi ultimi sono tendenzialmente ad una quota più bassa rispetto ai dossi fluviali.

3.2 Forme e processi fluviali

Nel territorio comunale di Cittadella sono individuabili dei dossi fluviali alti 0.3/0.5 m rispetto alle aree circostanti conseguenti a depositi di elevata energia di materiali ghiaiosi e ciottolosi, difficilmente erodibili e modificabili da eventi alluvionali di minor energia; questi testimoniano antiche divagazioni fluviali del Fiume Brenta, collegate alla genesi di formazione e deposizione del conoide pleistocenico.

In località tra S. Lucia di Tezze sul Brenta e Ca' Micheli/Casoni si rinvencono, in direzione N-S, orli di scarpata fluviale del Fiume Brenta ad altezza variabile tra 3 e 6 m che separano il terrazzo pleistocenico dal "piano di divagazione ed erosione recente", collocabile nel periodo post-glaciale fino a tempi storici.

Lungo l'alveo attuale del Fiume Brenta si riscontra la tendenza all'erosione laterale; in particolare, vi sono tratti in cui attualmente il fiume scorre formando anse appoggiate al primo terrazzo recente; ciò provoca un'erosione laterale alla base del terrazzo stesso tesa ad allargare il letto del Fiume, in maggior misura lungo la sponda sinistra.

3.3 Forme artificiali

Alle forme "naturali" si sommano quelle "artificiali" derivanti dall'intervento antropico: si tratta perlopiù di opere legate alla difesa idraulica dalle piene del Brenta.

Tra queste si possono osservare, nell'area di deposito ad erosione recente del Fiume

Brenta, più argini artificiali alti mediamente 2 m che difendono una ampia fascia di circa 600 m, nelle vicinanze di Vie Basse del Brenta, dalle alluvioni del fiume stesso.

Poco più a sud della Località Laghi ed in una piccola bassura a S-O di Contrada Guidolin sono presenti, infine, aree parzialmente depresse in pianura alluvionale caratterizzate da presenza di specchi lacuali dovuti ad ex cave abbandonate.

3.4 Inquadramento geologico

Il settore di pianura coperto dal territorio comunale di Cittadella si inserisce nella Media Pianura Veneta caratterizzata da depositi alluvionali “recenti” del Fiume Brenta prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi passanti a misti con interstrato di sabbie limose e lenti limoso-argillose tipiche della fascia delle risorgive ed a fitte intercalazioni di strati poco competenti di sabbie limose ed argille limose.

I materiali più grossolani (ghiaie e sabbie) comprendono circa il 75% del territorio comunale con percentuali elevate soprattutto nella zona che appartiene all'area di recente divagazione del fiume Brenta ed in quella corrispondente al centro storico; materiali più fini con modeste percentuali di ghiaie e sabbie, si rilevano nella parte sud-sud-occidentale del Comune; infine, a sud-sud-est del territorio in studio emerge una zona costituita da sabbie e sabbie limose.

Nella parte nord-ovest del territorio sono presenti delle aree di ripristino di vecchie cave di ghiaie e ghiaie sabbiose costituite da materiale di riporto eterogeneo a spessore significativo.

3.2.1 Stratigrafia dell'area in studio

Nel territorio comunale, secondo la Carta Litologica del PATI, affiorano prevalentemente cinque differenti litologie (Cfr. Figura 32).

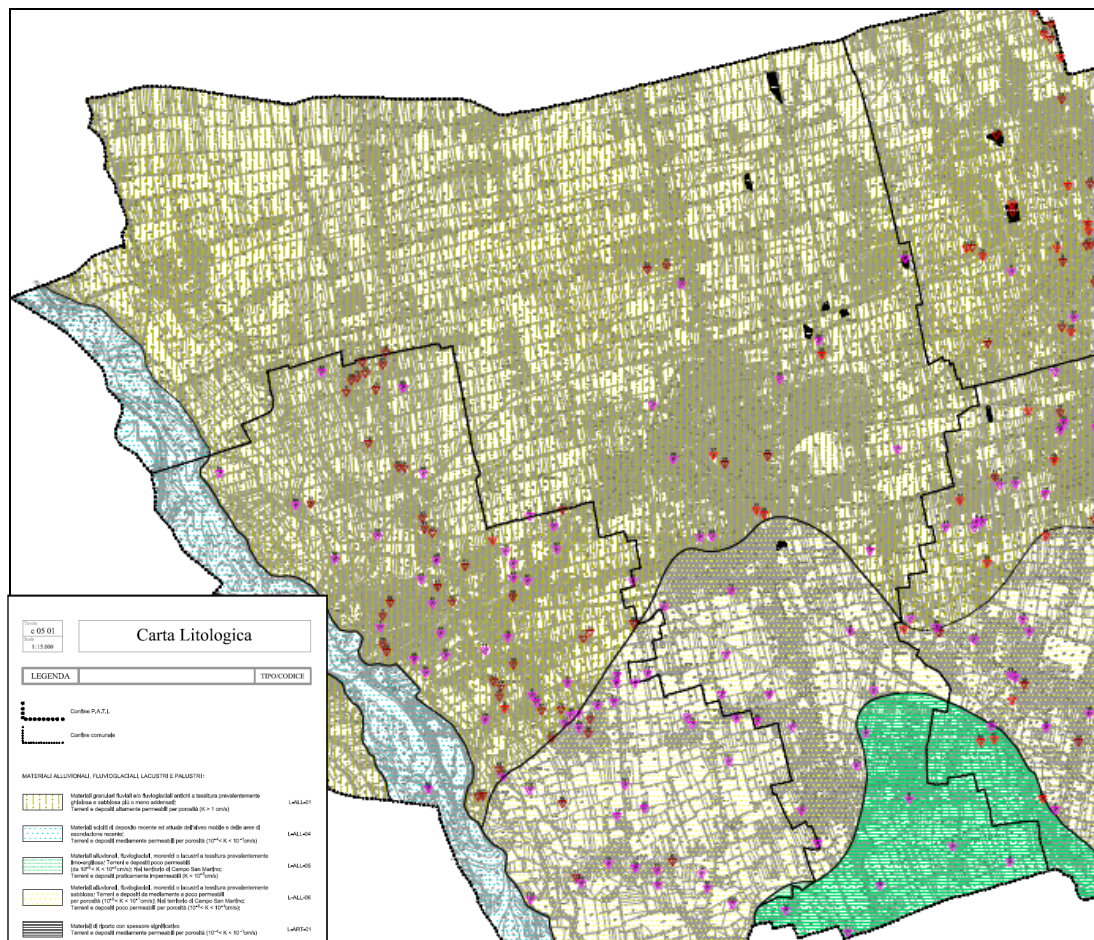


FIGURA 32 – STRALCIO DELLA CARTA LITOLOGICA REDATTA NEGLI STUDI DEL PATI

In particolare nel territorio si rinvencono le seguenti litologie:

Materiali granulari fluviali e/o fluvio-glaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno abbondante

Si tratta dei depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi localmente cementati che occupano la quasi totalità della porzione settentrionale del territorio comunale;

E' una zona dotata di buone/ottime caratteristiche geotecniche.

A queste è stato associato il Codice MS: **GW** con ambiente genetico deposizionale es (argine/Barra/Canali).

Materiali sciolti di deposito recente e attuale dell'alveo mobile e delle aree di esondazione recente

Compagnano nel settore nord-occidentale del territorio comunale, più precisamente, nell'attuale alveo del Fiume Brenta. Sono sedimenti caratterizzati da depositi ghiaiosi e

sabbiosi recenti poco addensati e non cementati, dotati comunque di buone/ottime caratteristiche geotecniche.

A queste è stato associato il Codice MS: **GP** con ambiente genetico deposizionale **es** (argine/Barra/Canali).

Materiali alluvionali, fluvioglaciali morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa

Si tratta di depositi alluvionali limo-argillosi che si rinvencono nella parte meridionale del territorio comunale, più precisamente nelle zone delle risorgive.

Sono materiali contraddistinti da mediocri e scadenti caratteristiche geotecniche.

A questi è stato associato il Codice MS: **ML** con ambiente genetico deposizionale **es** (argine/Barra/Canali).

Materiali alluvionali, fluvioglaciali morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa

Si tratta di depositi sabbiosi e sabbioso-limosi, a volte con scarsa presenza di ghiaia fine, di origine alluvionale che costituiscono la fascia di transizione tra la parte Nord del comune e la zona a sud del limite superiore delle risorgive.

Sono materiali contraddistinti da buone/mediocri caratteristiche geotecniche.

A questi è stato associato il Codice MS: **SM** con ambiente genetico deposizionale **es** (argine/Barra/Canali).

Materiali di riporto con spessore significativo

Si tratta di aree di ripristino di vecchie cave di ghiaie e ghiaie sabbiose costituite da materiali eterogenei con caratteristiche spesso peggiori rispetto l'intorno per il minor grado di compattazione.

Le caratteristiche geotecniche, in queste situazioni, sono variabili da buone a scadenti, in funzione del tipo di ripristino, da valutare attentamente con specifiche indagini geotecniche ed ambientali nel caso di ubicazione di nuova edificazione.

Sono presenti nella zona nord-est del Comune.

A queste è stato associato il Codice MS: **RI** con ambiente genetico deposizionale **zz** (altro).

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle singole litologie cartografate nella carta litologica del PAT e riclassificate con i codici della Carta Geologico-Tecnica redatta secondo

specifiche tecniche degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.2” e lo stralcio della Carta Geologico-Tecnica redatta nello presente studio (Cfr. Figura 33).

TABELLA 9 – CONFRONTO TRA LITOLOGIE DEL PAT E RICLASSIFICAZIONE SECONDO STANDARD VERSIONE 4.2

CODIFICA PAT	DESCRIZIONE PAT	CODICE MS	DESCRIZIONE MS	CODICE AMBIENTE GENETICO/ DEPOSIZIONALE
L-ALL-01	Materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno abbondanti	GW	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	es (Argine/Barra/Canali)
L-ALL-04	Materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo mobile e delle aree di esondazione recente	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	es (Argine/Barra/Canali)
L-ALL-05	Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa	ML	Limi organici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità	es (Argine/Barra/Canali)
L-ALL-06	Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa	SM	Sabbie limose, miscele di sabbia e limo	es (Argine/Barra/Canali)
L-ART_01	Materiale di riporto con spessore significativo	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica	zz (altro)

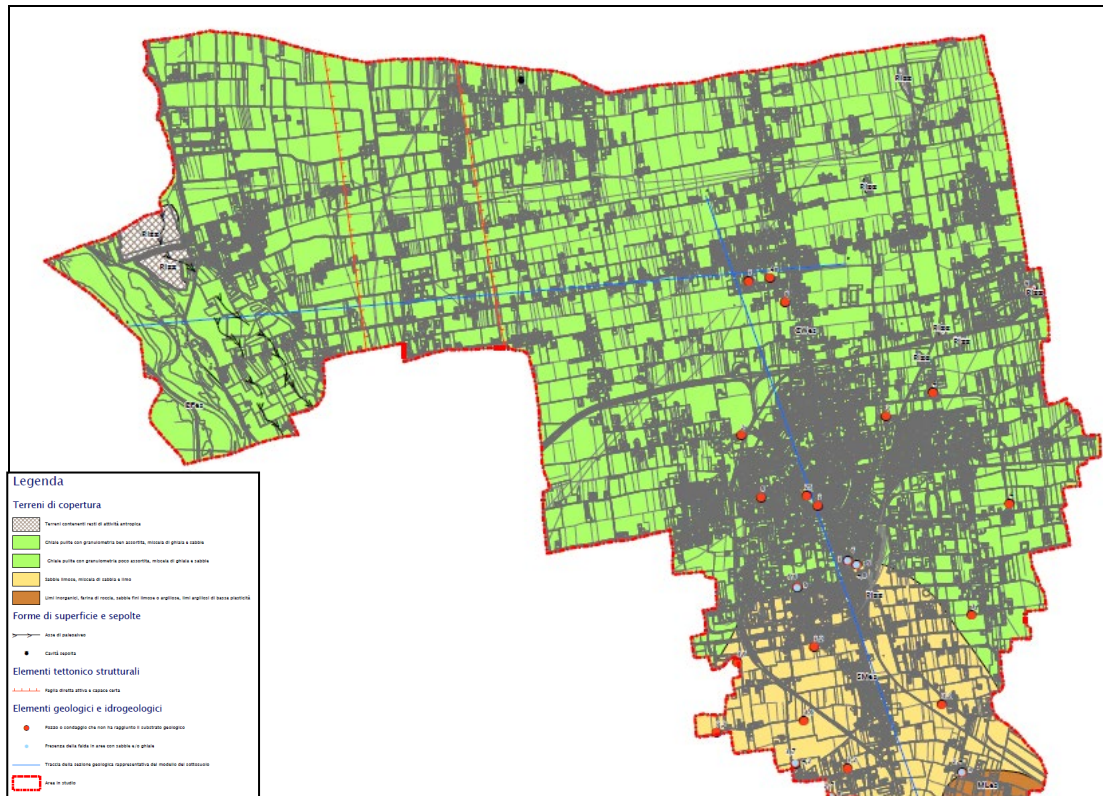


FIGURA 33 – CARTA GEOLOGICO-TECNICA E RELATIVA LEGENDA – COMUNE DI CITTADELLA – SETTORE NORD

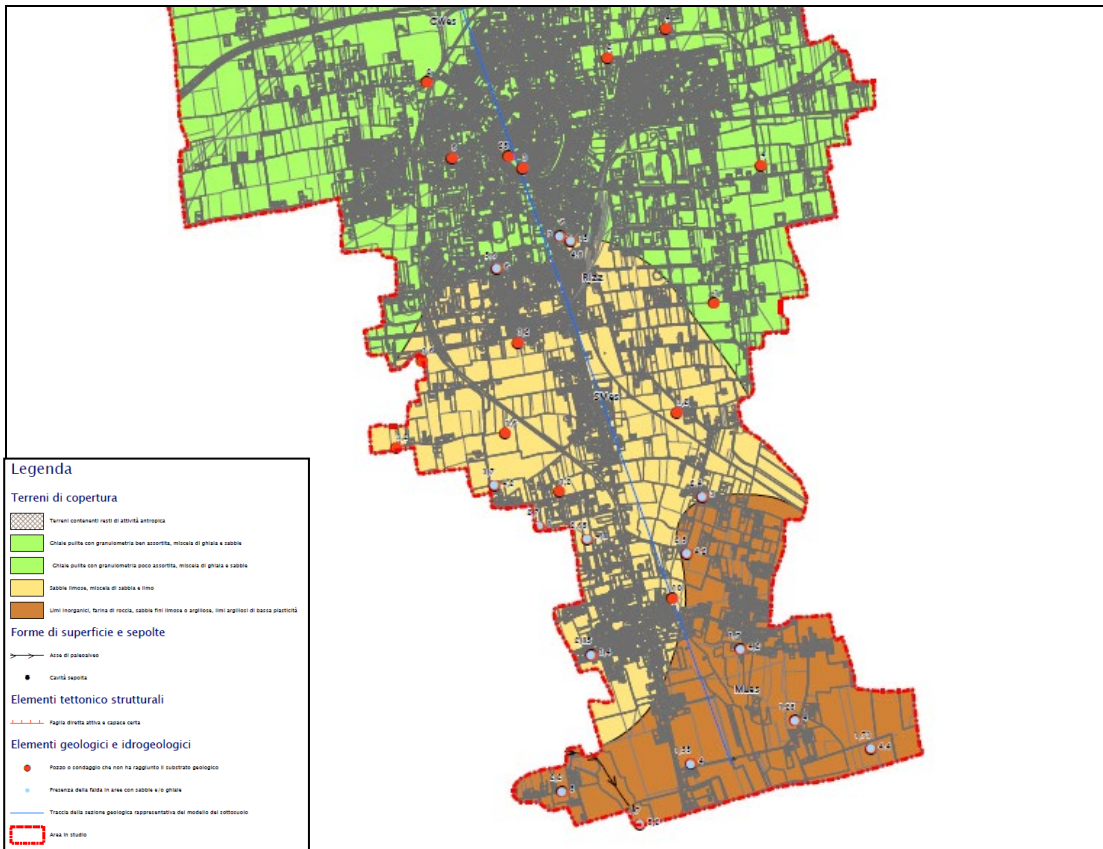


FIGURA 34 – CARTA GEOLOGICO-TECNICA E RELATIVA LEGENDA – COMUNE DI CITTADELLA – SETTORE SUD

3.2.2 Caratterizzazione geomeccanica dei litotipi

Nel territorio comunale si è potuta verificare la presenza di differenti litologie con le caratteristiche geotecniche riportate nella tabella sottostante desunte da letteratura.

È importante ricordare poi come le litologie siano variabili in profondità, sia in senso verticale che orizzontale, e che i valori della tabella sono puramente indicativi.

Litologia	Valori orientativi	
	Angolo di attrito interno/coesione	Peso specifico Kg/cm ³
Materiali granulari più o meno addensati dei terrazzi fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa	Angolo di attrito interno = 30° - 45°	1,9÷2,2
Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limoargillosa	Coesione = 0,25÷1,0 kg/cm ²	1,7÷1,9
Materiali alluvionali a Tessitura prevalentemente sabbiosa	Angolo di attrito interno = 26°÷32°	1,8÷1,9

3.5 Inquadramento geologico strutturale

Dal punto di vista strutturale il territorio della Regione Veneto è ubicato tra la porzione occidentale delle Alpi Meridionali Orientali (AMO), a Nord, e la Pianura veneta a Sud.

Le AMO, situate sull'estremità nord-orientale della microplacca Adria, retrovergente rispetto alla catena alpina, e separate da essa ad opera di un sistema di faglie denominato Lineamento Periadriatico (o Linea Insubrica), risultano essere il settore con la sismicità più accentuata dell'intera catena alpina, a causa delle caratteristiche geodinamiche dell'area (Cfr. Figura 35).

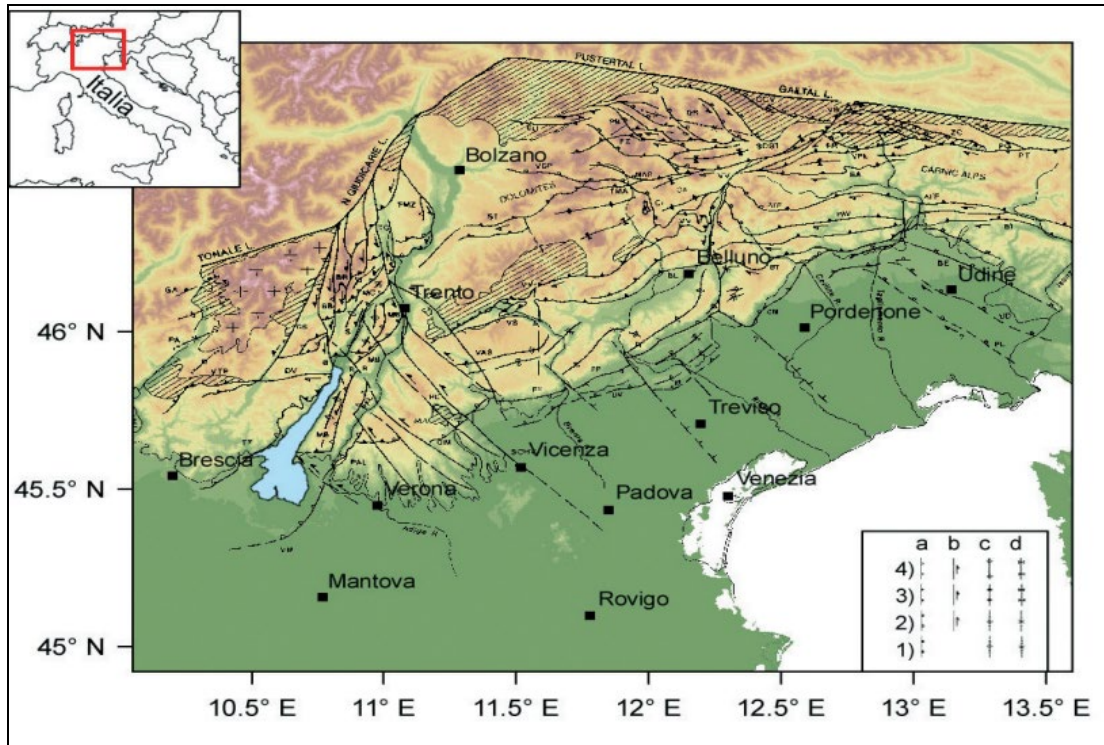


FIGURA 35 - INTERPRETAZIONE STRUTTURALE DELLE ALPI MERIDIONALI ORIENTALI (AMO) TRATTA DA CASTELLARIN ET AL- 1998

Il territorio di Cittadella si colloca, quindi, a ridosso della grande unità litologica delle Alpi Meridionali che è stata interessata dal rifting Giurassico con l'individuazione di una piattaforma carbonatica bordata dal bacino Carnico, bacino Bellunese, bacino di Tolmino e dal plateau Carnico-Giulio.

La placca Adria, che tettonicamente rappresenta un promontorio della placca Africana (Channell, 1996), interagisce attivamente con la placca Europea determinando il corrugamento Alpino ed Appenninico e, conseguentemente, lo stress tettonico attuale (Cfr. Figura 36).

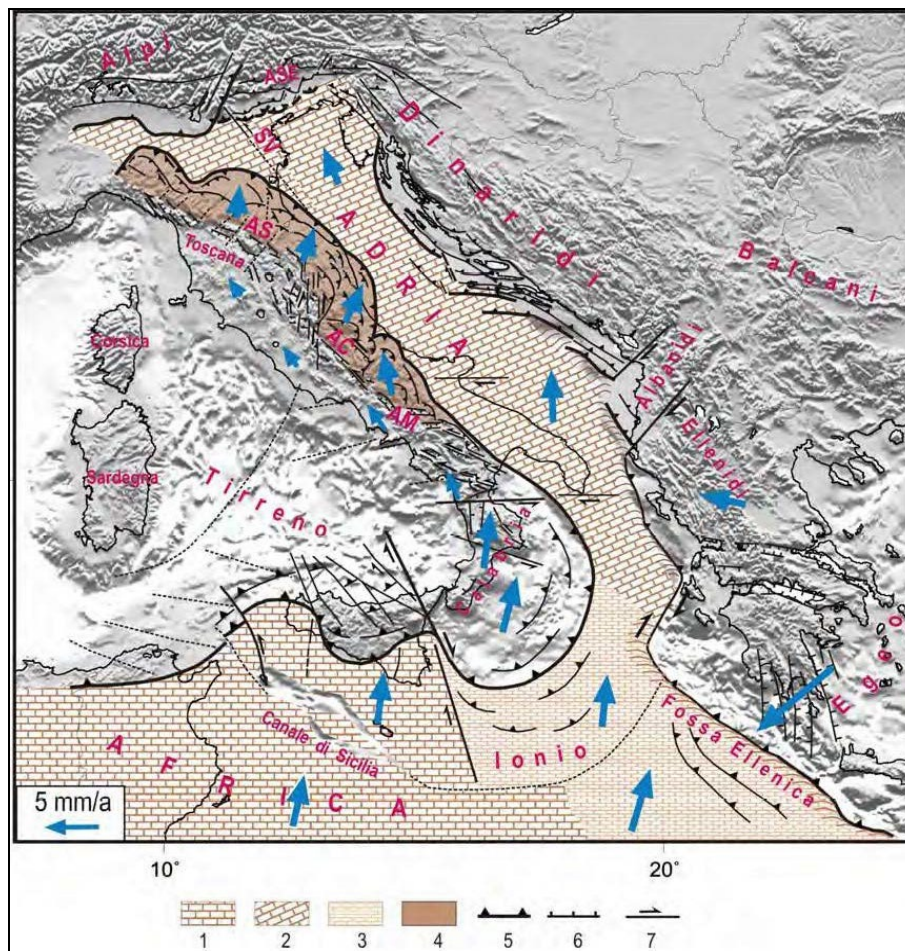


FIGURA 36 - SCHEMA TETTONICO DELLA PENISOLA ITALIANA (LEGENDA: 1- PLACCA AFRICANA CON CROSTA CONTINENTALE; 2- MICROPLACCA ADRIA CON CROSTA CONTINENTALE; 3- AREA DI TRANSIZIONE TRA PLACCA AFRICANA E MICROPLACCA ADRIA; 4- CATENA APPENNINICA (AS: APPENNINO SETTENTRIONALE; AC: APPENNINO CENTRALE; AM: APPENNINO MERIDIONALE); 5- FRONTE DELLA CATENA APPENNINICA; 6- FAGLIE NORMALI; 7- FAGLIE TRASCORRENTI (SV: LINEA SCHIO-VICENZA); ASE: ALPI MERIDIONALI ORIENTALI. LA LUNGHEZZA DELLA FRECCIA BLU È PROPORZIONALE ALLA VELOCITÀ DI MOVIMENTO DELLA PLACCA)

Dalla suddetta convergenza si sono generati i thrust sudvergenti che caratterizzano tutta l'area Sudalpina; in questo quadro è da inserire anche il sollevamento generale che interessava l'area Sudalpina a partire dal Pliocene (ZANFERRARI et al., 1982), probabilmente ancora in atto nella parte del Sudalpino veronese. Quest'ultima area comprende la regione (Monte Baldo) e l'altopiano dei Lessini ed è caratterizzata da faglie appartenenti a due sistemi diversi:

- il sistema Giudicariense, con strutture transpressive aventi direzione NNE-SSW che coinvolgono il settore occidentale;
- il sistema Scledense, con faglie trascorrenti destre, con direzione NNW-SSE, posizionate soprattutto nel settore orientale.

Queste faglie, ereditate da strutture estensionali Mesozoiche e Paleogene, sono state riattivate nelle fasi deformative più recenti, neotettoniche, e sono parallele a lineamenti sismo genetici (Cfr. Figura 37).

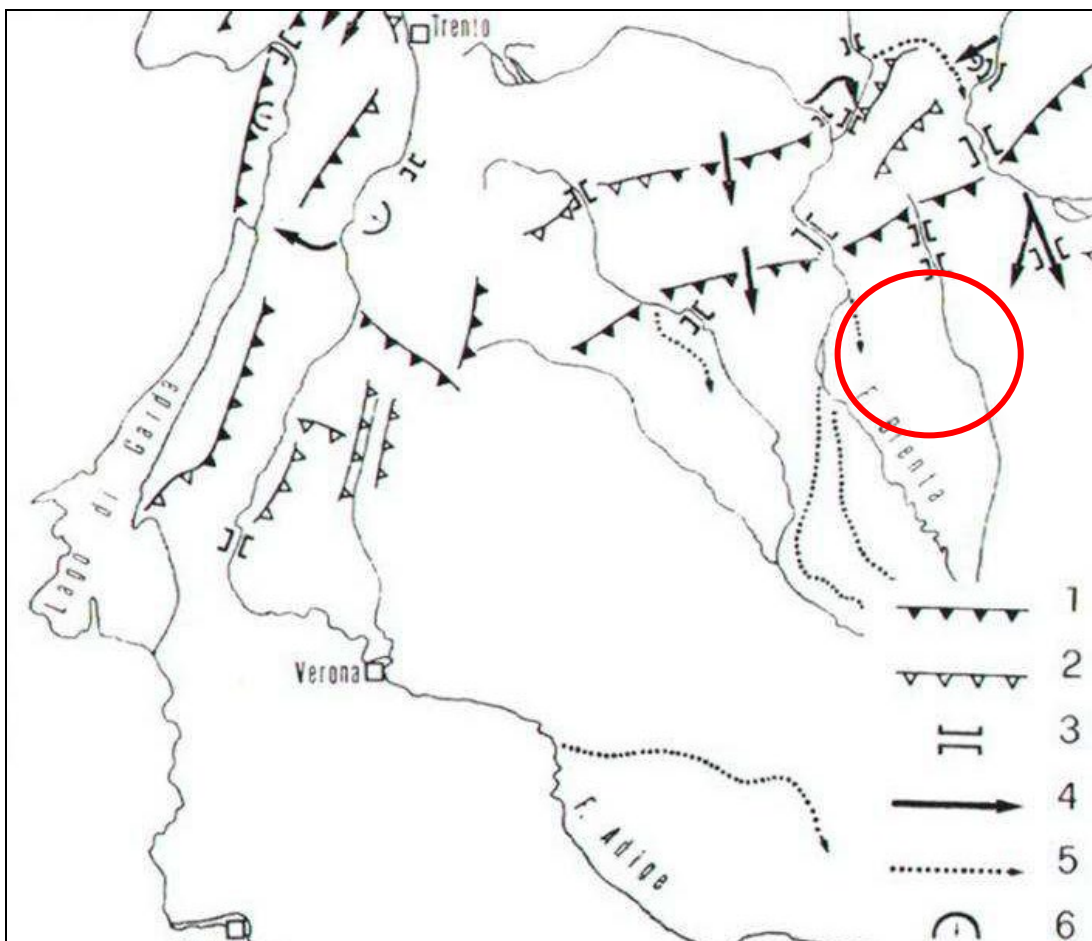


FIGURA 37 - UBICAZIONE DELLE FORME NEOTETTONICHE PIU' EVIDENTI DEL TERRITORIO VENETO. LEGENDA: 1 = SCARPATE MORFONEOTETTONICHE DI GRANDI DIMENSIONI (500 METRI); 2 = SCARPATE MORFONEOTETTONICHE BEN CONSERVATE DI MEDIE DIMENSIONI; 3 = FOSSE E/O TRATTI VALLIVI ANTECEDENTI; 4 = PALEOALVEI ED ANTICHE DIREZIONI DI SCORRIMENTO; 5 = PALEOALVEI E DEVIAZIONI FLUVIALI; 6 = GRANDI FRANE, LEGATE PROBABILMENTE AD EVENTI SISMICI, IN CORRISPONDENZA DI STRUTTURE TETTONICHE. (DA ZANFERRARI ET AL., 1982). NEL CERCHIO IN ROSSO L'AREA IN STUDIO.

Nella pubblicazione *"Distretti sismici del Veneto"* di M. Segan e L. Peruzza (Dicembre 2011) il territorio veneto viene suddiviso in 9 distretti sismici sulla base di evidenze sismologiche, geologico-strutturali e geodinamiche.

Il comune di Cittadella ricade all'interno del **Distretto Pedemontana Sud: PS** che si estende dall'altopiano di Asiago fino alla zona pedemontana del margine del Cansiglio. In questo settore è presente la Flessura Pedemontana, elemento dal quale prendono il nome sia il distretto stesso sia il contiguo elemento (Pedemontana Nord) a NO.

L'area è caratterizzata da pieghe e sovrascorrimenti ad andamento ENE-OSO, prevalentemente vergenti a S-SE (Poli et al., 2008); tuttora l'area presenta un'attività tettonica rilevante, con una compressione attiva la cui velocità è stimata nell'ordine di qualche mm/a (D'Agostino et al., 2005). 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.

Il summenzionato distretto è mostrato nella Figura 38.

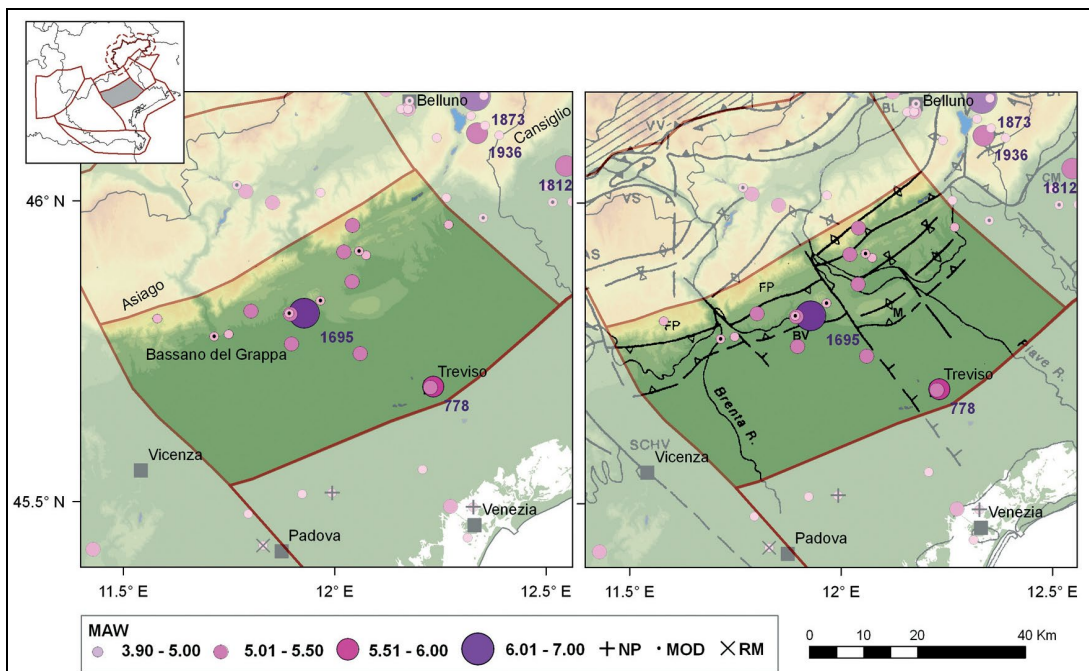


FIGURA 38 - MAPPA DELLA SISMICITÀ STORICA DEL DISTRETTO PEDEMONTANA SUD (PS) - TRATTA DA CPTI04 REV. MOLIN ET AL. 2008

Come si nota dalla Figura, nell'area di interesse ricade graficamente l'epicentro derivante da informazioni macrosismiche dell'evento distruttivo del 25 Febbraio 1695 ($M_w = 6.61$; $I_0 = IX - X$ MCS). Localizzato nell'Asolano l'evento ha raggiunto la soglia della distruzione coinvolgendo pesantemente l'area compresa tra Bassano del Grappa e Valdobbiadene, le ipotesi genetiche relative a questo terremoto sono molto dibattute; il piano quotato è ben rappresentato nella direzione della pianura, ma nessuna informazione è riferita alle zone montuose.

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, $M_w = 5.48$), ed una serie di eventi dannosi, prevalentemente documentati nella seconda metà del XIX secolo. Da oltre un secolo, quindi, nell'area non si verificano eventi di energia significativa.

3.5.1 Elementi morfologici a valenza sismica

Nel territorio comunale di Cittadella non si rinvencono elementi morfologici che possono avere valenza sismica; infatti, neppure gli orli di scarpata di erosione del fiume

Brenta presenti lungo il suo corso (di altezza massima 5 m) hanno un'altezza tale da permettere amplificazioni di tipo topografico.

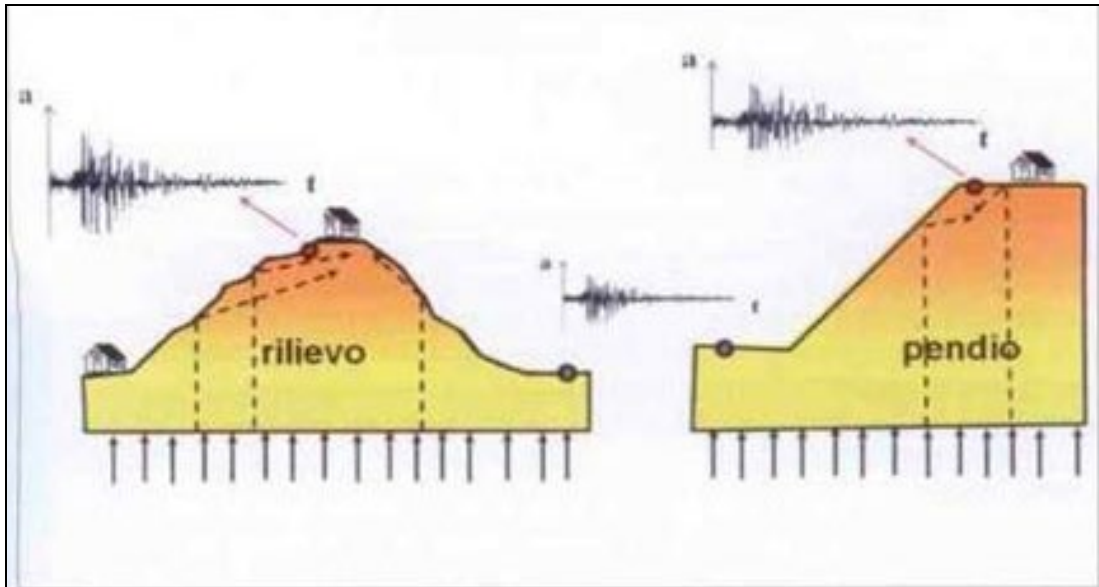


FIGURA 39 – EFFETTI TOPOGRAFICI 2D E 3D LEGATI ALLA INTERAZIONE TRA ONDE SISMICHE E MORFOLOGIA SUPERFICIALE CON EFFETTI DI LOCALIZZAZIONE DELLE ONDE SISMICHE (DA LANZO, 2005).

3.6 Inquadramento idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico il corso d'acqua principale nell'ambito del territorio comunale è il Fiume Brenta, corso d'acqua di 1° categoria.

Corso d'acqua secondario è il Roggia Munara che taglia il territorio comunale in senso Nord-Sud, girando attorno alle mura della città, passando per Facca e Bolzonella.

Relativamente al corso d'acqua principale, nella Relazione del P.A.I. del comune di Cittadella risulta solo l'area fluviale all'interno degli argini principali, riportata con retino azzurro chiaro (Cfr. Figura 40).

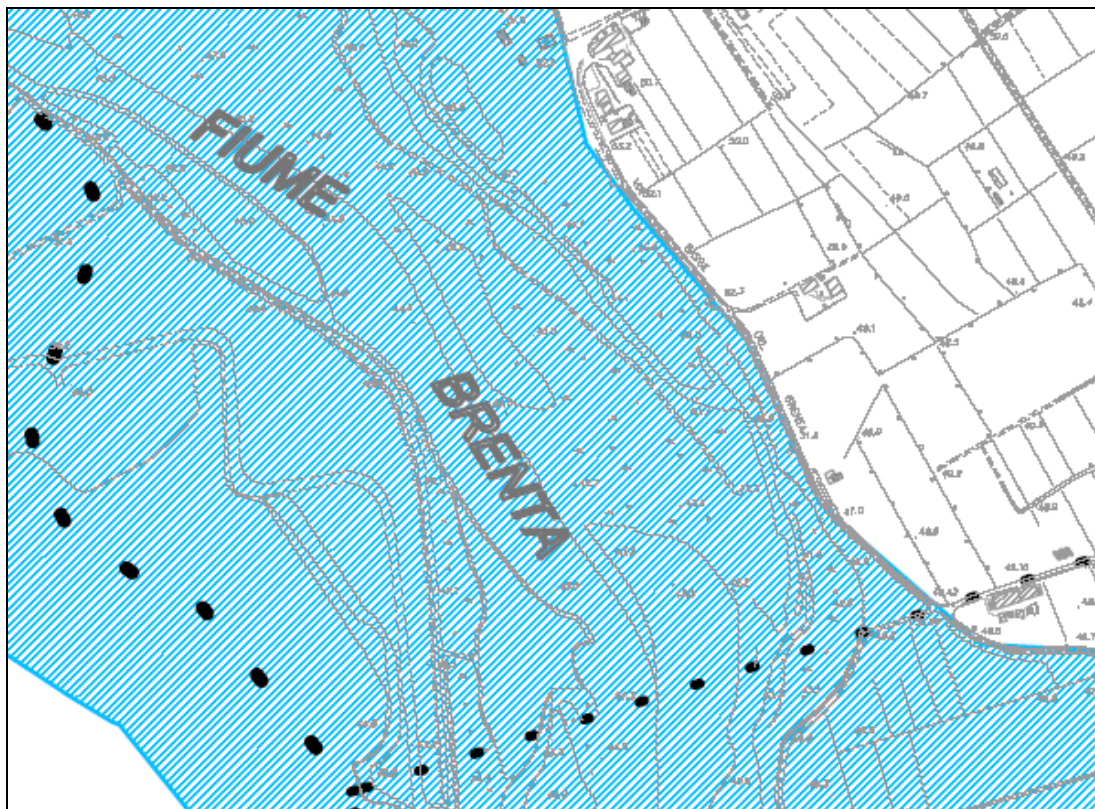


FIGURA 40 – ESTRATTO DELLA CARTA DEL P.A.I. RELATIVA AL COMUNE DI CITTADELLA

L'idrografia del territorio in studio risulta condizionata dalla presenza del summenzionato fiume Brenta che assume un'importanza rilevante più sull'idrogeologia del sottosuolo che sull'idrografia principale.

Dal punto di vista idrogeologico il territorio comunale si colloca a cavallo del limite superiore della fascia delle risorgive, in zona di Media Pianura alluvionale, pertanto, gli acquiferi sono costituiti prevalentemente da materiali ghiaiosi e sabbiosi e sono indifferenziati fino a quando non intervengono le stratificazioni di natura fine, poco permeabile (limi e argille).

In località Facca / Santa Maria e nelle località delle sorgenti del Tergola a sud di Onara sono presenti una serie di acquiferi sovrapposti (in pressione – artesiani o risalenti), a potenzialità variabile, di cui il più superficiale (freatico o risalente) si colloca a profondità limitata dal p.c. (risorgive).

La prima falda alloggiata nei livelli permeabili presenti nei primi metri dal p.c. mostra caratteristiche sia di tipo freatico che risalente, in funzione della permeabilità dei terreni; infatti, si ha un acquifero freatico (condizioni di falda libera) in presenza di materiali sabbiosi, permeabili, mentre se è presente una copertura impermeabile o poco permeabile (terreni limosi-argillosi-sabbiosi) si hanno condizioni di subartesianesimo (falda risalente).

In generale l'alimentazione del sistema di falde presenti avviene attraverso l'acquifero indifferenziato posto a monte della linea delle risorgive, il quale a sua volta viene ricaricato

in gran parte dalle perdite in alveo del fiume Brenta.

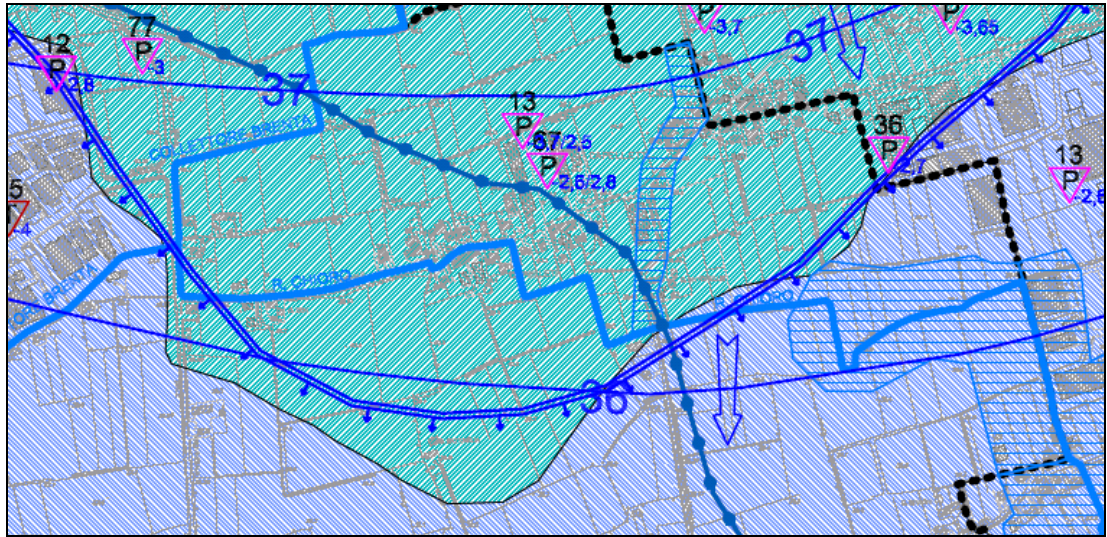


FIGURA 41 – ANDAMENTO DELLA LINEA DELLE RISORGIVE TRA I COMUNI DI CITTADELLA E FONTANIVA

Le oscillazioni della superficie di falda sono ridotte e stimate attorno ad 1 metro in località Facca, variabili tra 1 e 2 m nel centro abitato di Cittadella ed, infine, nelle fasce adiacenti l'alveo del Brenta risentono notevolmente della variazione del fiume arrivando ad avere apprezzabili oscillazioni anche dell'ordine dei 5 m.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Le indagini pregresse sono state recuperate presso gli uffici tecnici del Comune di Cittadella, grazie ai quali è stato possibile raccogliere prove e stratigrafie situate all'interno del territorio comunale.

Nella tabella seguente vengono suddivise in tipologie le indagini reperite (Cfr. Tabella 10).

TABELLA 10 - SINTESI DELLE INDAGINI PREGRESSE E NUOVE CHE RIGUARDANO LE AREE PERIMETRATE DEL TERRITORIO COMUNALE DI CITTADELLA

TIPOLOGIA INDAGINI PREGRESSE	TIPOLOGIA	SIGLA	QUANTITA'
Sondaggio a carotaggio continuo	Puntuale	S	11
Prova penetrometrica dinamica super pesante	Puntuale	DS	20
Trincea o pozzetto esplorativo	Puntuale	T	3

4.1 Parametri geotecnici statici e dinamici ricavati da dati pregressi

Dalle prove penetrometriche acquisite da studi precedenti e riportate in questo livello di MS non è stato possibile osservare il parametro geotecnico Rpd30.

4.2 Nuove indagini

Per poter approfondire in modo più accurato il livello di conoscenza del sottosuolo del comune di Cittadella si è proceduto ad effettuare tra il mese di Gennaio e Febbraio 2022 una campagna di indagini geofisiche che ha previsto la realizzazione di n. n. 22 indagini di sismica attiva in array tipo M.A.S.W., n. 22 indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSr).

4.2.1 Indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSr)

In un sistema costituito da uno strato tenero (copertura) adagiato da un substrato rigido (bedrock) un'onda di volume SH incidente verticalmente dal basso tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple (alla superficie libera, nuovamente al bedrock e così via) e darà luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti $\lambda = n \cdot 4H$.

Le frequenze a cui si manifesta la risonanza di detta onda sono descritte dalla legge:

$$f = n \frac{Vs}{4H}$$

$n = 1, 3, 5, \dots$

dove:

n = ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.);

V_s = velocità delle onde di taglio nello strato che risuona ;

H = spessore di detto strato (strato 1 nella figura seguente).

Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione, il solo modo visibile è il fondamentale.

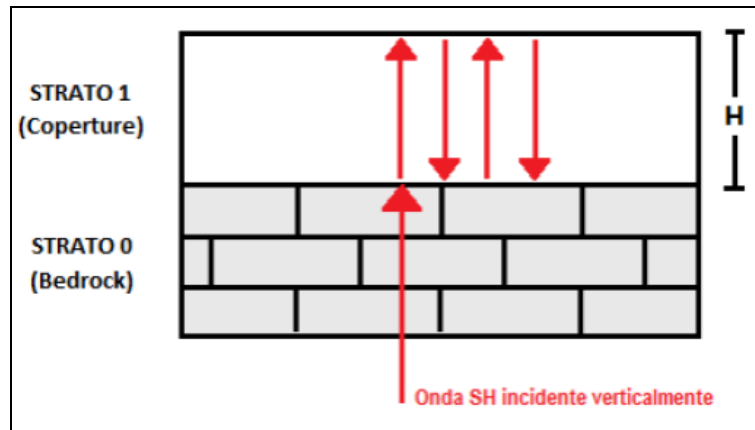


FIGURA 42 - INTRAPPOLAMENTO E SUCCESSIVO RIFLESSIONI DI UN'ONDA SISMICA SH INCIDENTE VERTICALMENTE DAL BASSO IN UNO STRATO DI COPERTURE DI SPESSORE H SOVRASTANTI UN SUBSTRATO RIGIDO

La prova sismica a stazione singola viene di solito utilizzata per stimare le frequenze di risonanza, ossia frequenze alle quali viene amplificato il moto del terreno.

La prova, chiamata H/V (rapporto tra la componente spettrale orizzontale H e quella verticale V), fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989). Essa si fonda su un segnale composto per la maggior parte da onde di superficie (Rayleigh e Love) e sfrutta la proprietà per cui la componente spettrale verticale (Rayleigh) si 'annulla' in corrispondenza delle frequenze di risonanza dell'onda SH. Questo è il motivo per cui si osserva un massimo nella curva H/V in corrispondenza di queste frequenze.

La tecnica H/V non ha bisogno, però, di un evento sismico per poter essere effettuata, in quanto il terreno è normalmente investito da un tremore ambientale continuo. Si può, inoltre, notare dall'equazione sopra riportata, che la tecnica H/V può fornire dati stratigrafici; infatti conoscendo la V_s delle coperture, si può risalire alla profondità dei riflettori sismici principali attraverso la f misurata, oppure, noto lo spessore degli strati, se ne può stimare la V_s .

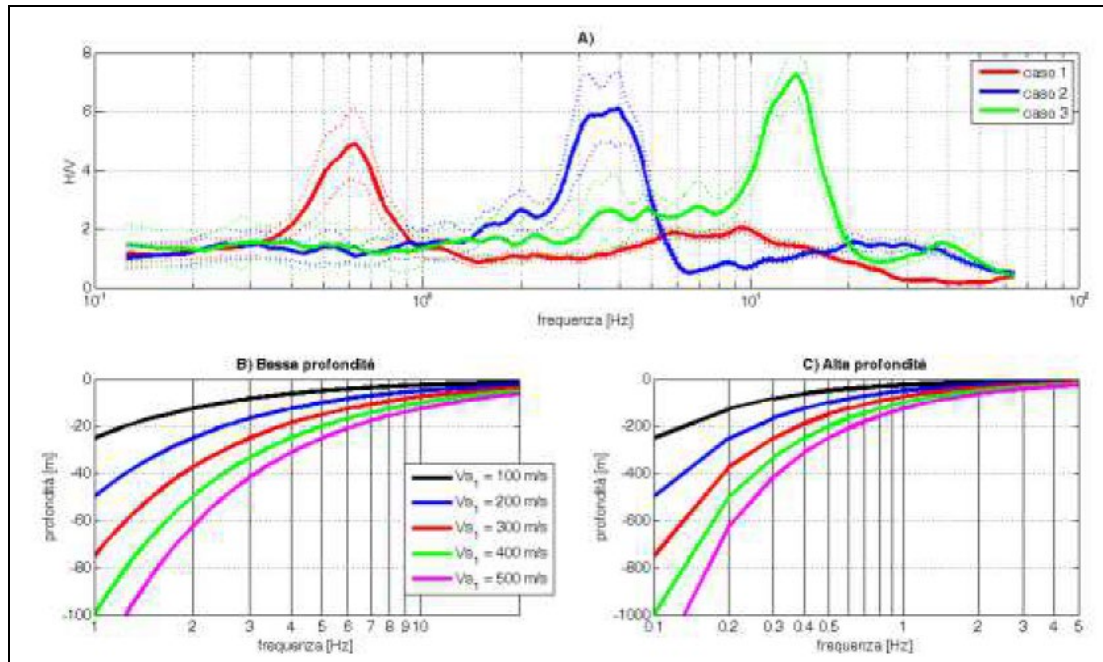


FIGURA 43 - A) ESEMPIO DI BEDROCK SISMICO A DIVERSE PROFONDITÀ CHE GENERA RISONANZE A DIVERSE FREQUENZE. CASO 1: BEDROCK A 300 M DI PROFONDITÀ, CASO 2: BEDROCK A 20 M DI PROFONDITÀ, CASO 3: BEDROCK A 4 M DI PROFONDITÀ; B) RELAZIONE V-F 0-H ALLE MEDIO-ALTE FREQUENZE; C) RELAZIONE V-F 0-H ALLE MEDIO-BASSE FREQUENZE.

La relazione tra frequenza di risonanza e spessore della copertura che risuona, per diversi tipi di sottosuolo, quindi, per diverse Vs, è riportata in Figura 43 (B e C). In A sono presentati, invece, tre esempi di curve H/V misurate rispettivamente su coperture con spessori dell'ordine di diverse centinaia di metri (caso 1, $f_0 = 0.6$ Hz), di qualche decina di metri (caso 2, $f_0 = 3.5$ Hz) e di pochi metri (caso 3, $f_0 = 14$ Hz).

Misure H/V effettuate su roccia sana che non amplifica daranno, invece, curve piatte con ampiezza circa 1 in tutto il dominio di interesse ingegneristico.

Poiché la tecnica H/V indica la frequenza di risonanza verticale locale, essa è sensibile alle variazioni stratigrafiche laterali, permettendo di discriminare geometrie 1D da geometrie 2D, entro i limiti di visibilità imposti dalla legge fisica $f = V$ (lunghezza d'onda x frequenza = velocità).

4.2.1.1 Strumentazione

Le misure di microtremore a stazione singola a scopo di Microzonazione Sismica si effettuano per mezzo di sismometri o tromometri (del tipo ECHO TROMO HVS3 nel presente studio) tricomponenti sufficientemente sensibili nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (0.1-20 Hz, corrispondenti alle frequenze dei modi di vibrare della maggior parte delle strutture).

Per definirsi sufficientemente sensibile, lo strumento deve essere in grado di rilevare segnale anche nei punti più silenziosi della superficie terrestre. Di fatto non esistono modelli statisticamente affidabili che descrivono il minimo del rumore di fondo su roccia in questa

banda di frequenze poiché si tratta un intervallo di modesto interesse sismologico, che tradizionalmente si concentra su frequenze inferiori.

4.2.1.2 Acquisizione

La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Nella già citata ipotesi che una misura di interesse ingegneristico ricada nell'intervallo 0.1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 12-15 min, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando anche che qualcuna potrà dover essere rimossa per la presenza di disturbi che alterano lo spettro medio.

La frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz.

Lo strumento di misura va posto a diretto contatto col terreno e reso solidale con questo senza interfacce intermedie. La misura sismica passiva va effettuata direttamente su terreno naturale e quando questo non fosse possibile è necessario tener conto degli effetti indotti dai terreni artificiali rigidi in questo tipo di misure.

L'orientamento strumentale secondo il Nord geografico, sebbene si tratti di una convenzione, è stato mantenuto in tutte le prove eseguite in questa campagna di acquisizione.

4.2.1.3 Analisi dei dati

Nel presente studio di Microzonazione Sismica, per l'elaborazione e l'analisi dei dati acquisiti attraverso il tromometro, è stato utilizzato il software Grilla (2015) Rel. 7.0.

Le serie temporali registrate nelle tre componenti del moto vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (FFT, wavelet, ecc.) fino alla produzione delle curve H/V, dove H è la media di due componenti spettrali orizzontali ortogonali. Si rimanda a SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations, 2005) per uno dei possibili esempi di protocollo di analisi. Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti:

1. La curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza ed in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato. Esistono diversi metodi per "pulire" una curva H/V. SESAME (2005) propone la rimozione nella serie temporale di quelle finestre caratterizzate da una deviazione del segnale (STA, media a breve termine) maggiore della media a lungo termine (LTA). Tuttavia, le procedure che propongono la rimozione dei disturbi sulla base della serie temporale non appaiono le più indicate quando l'obiettivo è pulire una curva che è funzione

della frequenza. La pulizia deve, infatti, essere rivolta alla ricerca di un rapporto H/V stabile e quindi alla rimozione delle sole finestre in cui questo rapporto risulti alterato, a parità di frequenza, tra i canali H e i canali V. Questo tipicamente avviene in presenza di segnali di natura impulsiva, che presentano cioè spettri bianchi. Un esempio di pulizia del segnale nel dominio delle frequenze è riportato in Figura 44;

2. Le curve H/V non vanno mai osservate da sole ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui derivano. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli di natura antropica. In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma “a occhio” o “ad ogiva”. Questa forma è indicativa di picchi H/V di origine stratigrafica.

E' evidente, però, che in una misura di tremore entrano anche vibrazioni monofrequenziali (artefatti) indotte da macchinari o simili. Queste si traducono in picchi stretti (delta) ben definiti su tutte e tre le componenti spettrali e quando l'ampiezza sulle tre componenti non è simile, danno luogo a picchi o gole artefattuali nelle curve H/V. La differenza nei pattern spettrali tra il caso naturale e quello artefattuale rende agevole la distinzione dei picchi H/V stratigrafici da quelli antropici, in modo particolare lavorando su spettri poco lisciati.

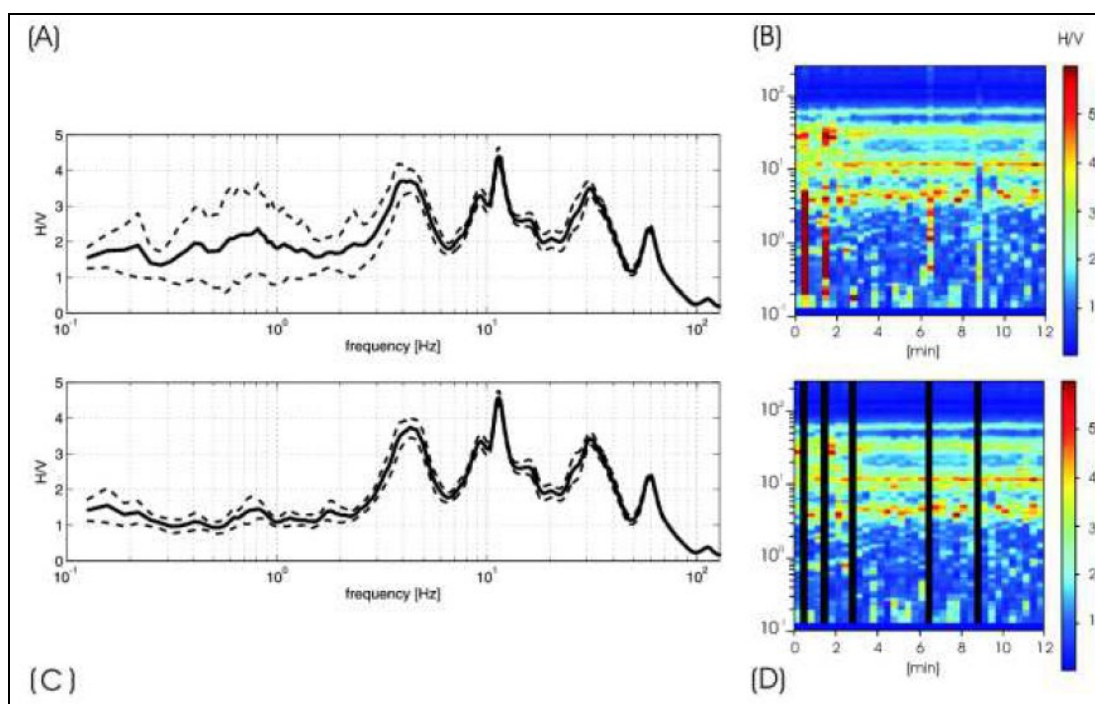


FIGURA 44 – PULIZIA DELLA CURVA H/V NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE. (A) CURVA H/V MEDIA E DEVIAZIONE STANDARD NON PULITA; (B) SERIE TEMPORALE DEGLI H/V PER CIASCUNA FINESTRA DI ANALISI DELLA DURATA DI 20 S (ORDINATA: FREQUENZE, ASCISSA: TEMPI, COLORE: H/V); (C) CURVA H/V E DEVIAZIONE STANDARD DOPO LA RIMOZIONE DEI DISTURBI; (D) SERIE TEMPORALE DEGLI H/V PER CIASCUNA FINESTRA DI ANALISI DELLA DURATA DI 20 S (ORDINATA: FREQUENZE, ASCISSA: TEMPI, COLORE: H/V). LE BANDE NERE VERTICALI INDICANO LE FINESTRE RIMOSSE PERCHÉ CARATTERIZZATE DA DISTURBI CHE ALTERANO L'H/V MEDIO

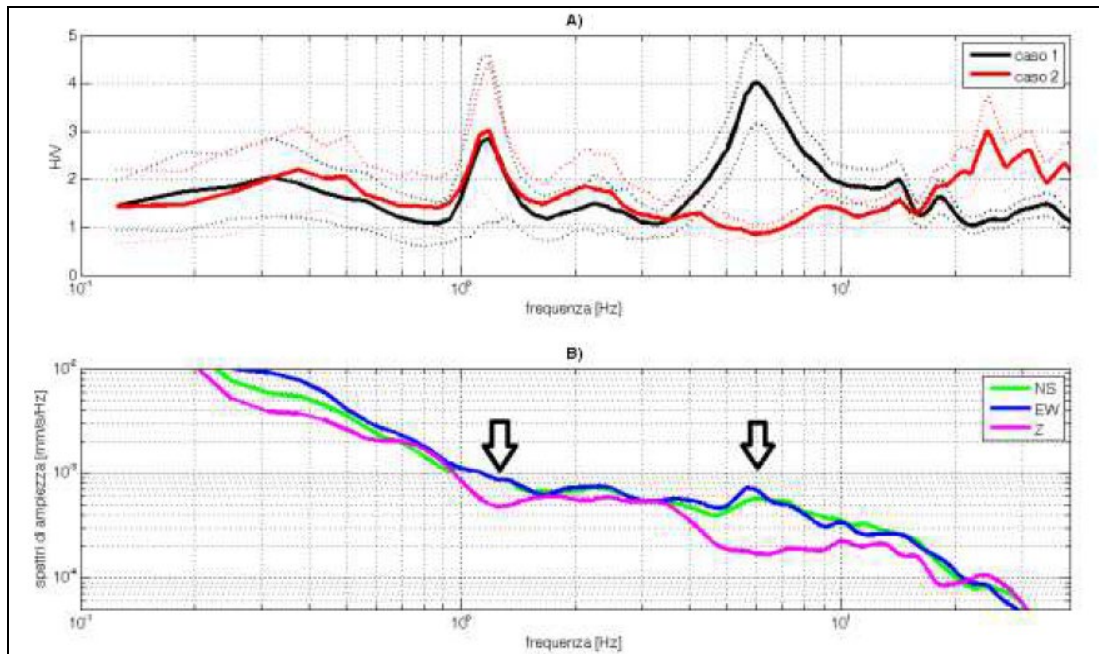


FIGURA 45 – ESEMPI DI CURVE H/V REGISTRATE A 40 M DI DISTANZA. NELLA CURVA 1 EMERGE UN PICCO A 6 HZ LEGATO ALLA PRESENZA DI UN LIVELLO DI GHIAIE A 12 M DI PROFONDITÀ CHE È ASSENTE NELLA CURVA RELATIVA AL SITO 2. NEL DOMINIO DELLE MEDIO-BASSE FREQUENZE LE CURVE SONO STATISTICAMENTE UGUALI. B) SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI DEL MOTO (NS, EW E Z) REGISTRATI NEL SITO 1. LE FRECCHE EVIDENZIANO LE FORME “A OGIVA” CARATTERIZZATE DA UN MINIMO LOCALE DELLA COMPONENTE VERTICALE CHE CARATTERIZZANO I PICCHI H/V DI NATURA STRATIGRAFICA

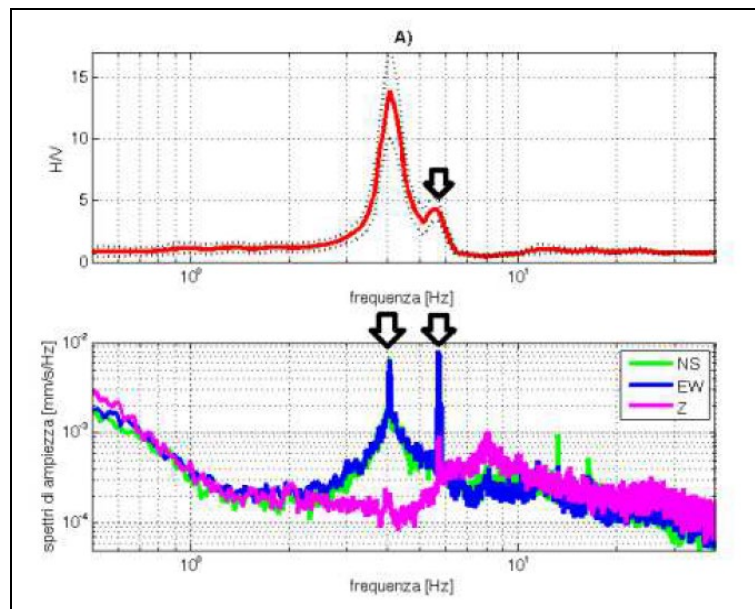


FIGURA 46 – ESEMPIO DI PICCO H/V STRATIGRAFICO (4 HZ) CUI SONO SOVRAPPOSTI DUE ARTEFATTI (A 4 E 6 HZ) DI ORIGINE ANTROPICA. LA CURVA H/V È LISCIATA AL 10% DELLA FREQUENZA CENTRALE, GLI SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI NON SONO LISCIATI

Nel 2005 il progetto SESAME stabilì una serie di criteri per la valutazione della significatività statistica dei picchi H/V.

La prima parte di questi criteri, individuata la frequenza del picco H/V, verifica se la

registrazione è stata effettuata per un periodo statisticamente significativo e se l'analisi è stata condotta secondo i principi base della statistica.

La seconda parte di questi analizza la geometria del picco e dice semplicemente se il picco ha una forma ben definita.

Questa parte dei test SESAME va interpretata con cognizione di causa perché solo un contatto netto tra litotipi diversi dal punto di vista meccanico genera picchi netti. Al contrario, le transizioni graduali (per es. roccia fratturata su roccia sana, passaggi da limo-argilloso a sabbia-limosa, alternanze di lave con vario grado di alterazione ecc.) generano più spesso amplificazione in una banda larga di frequenze. In questo caso eventuali non superamenti dei criteri SESAME non significano che non ci siano risonanze importanti ma solo che non ci sono picchi singoli ben definiti. La seconda parte dei criteri SESAME (2005) risulta chiaramente non soddisfatta nei siti che non presentano amplificazione.

I criteri SESAME (2005) considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2.

4.2.2 Metodo M.A.S.W.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica geofisica di indagine non invasiva del sottosuolo basata sulla dispersione geometrica delle onde superficiali, in particolare delle onde Rayleigh.

La dispersione delle onde Rayleigh è un fenomeno per cui differenti lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità (velocità di fase), campionando diversi strati in profondità; in un terreno eterogeneo verticalmente quindi, la velocità di propagazione delle onde Rayleigh risulta essere strettamente dipendente dalla frequenza. Le onde con frequenze elevate (basse lunghezze d'onda) si propagano nelle porzioni meno profonde, vicino al piano campagna e danno informazioni relative alle proprietà meccaniche di quelle zone, mentre le componenti di bassa frequenza coinvolgono gli strati più profondi.

L'acquisizione dei dati inerenti alla dispersione delle onde superficiali viene effettuata per mezzo di diversi ricevitori (accelerometri o geofoni) posizionati in maniera adeguata sul piano campagna; una volta registrati i dati relativi alla propagazione delle onde nel sottosuolo, questi vengono analizzati ed elaborati attraverso complesse tecniche computazionali che permettono di ottenere l'informazione desiderata; le applicazioni principali del metodo MASW sono la ricostruzione del profilo di velocità delle onde di taglio, la classificazione dei terreni di fondazione e la determinazione della profondità del substrato.

La procedura standard per la realizzazione di un'indagine basata sulla dispersione delle onde superficiali consiste in tre fasi; la prima è l'acquisizione dei dati di campagna, la seconda è l'elaborazione del segnale registrato per ricavare la curva di dispersione sperimentale e, infine, la terza fase riguarda il processo d'inversione mirato a stimare le proprietà del sito investigato.

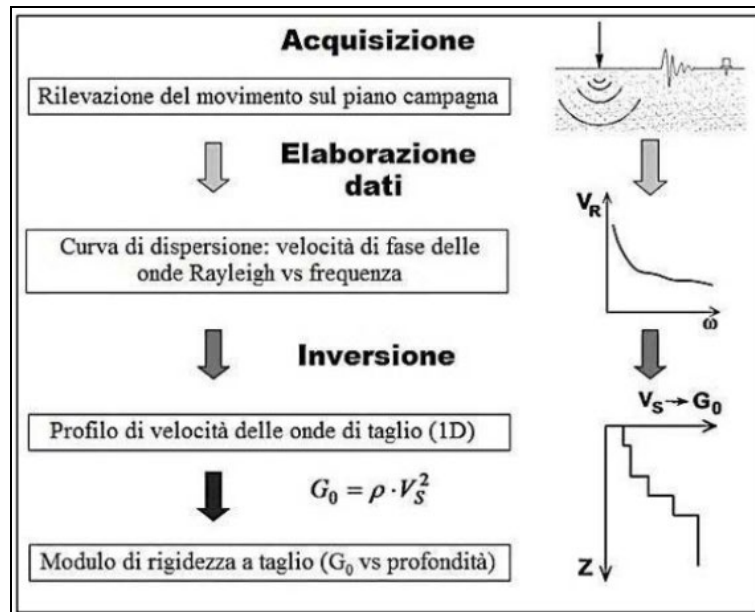


FIGURA 47 – DIAGRAMMA DI FLUSSO RELATIVO ALLE INDAGINI BASATE SULLA DISPERSIONE DELLE ONDE SUPERFICIALI (DA FOTI, 2005)

La scelta dell'attrezzatura e della configurazione dei ricevitori è strettamente connessa all'obiettivo dell'indagine che si vuole eseguire ed alla tecnica che si utilizzerà per attuare l'interpretazione dei dati elaborati; esistono, infatti, alcune indicazioni pratiche che risultano utili nella scelta dei parametri di acquisizione sia nel tempo che nello spazio, tra le principali si consiglia: che la lunghezza dello stendimento debba essere almeno il doppio della profondità di investigazione desiderata, l'utilizzo di geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz per indagini geotecniche) spaziali di una distanza compresa tra 1 e 5 metri e che la durata della registrazione sia sufficiente per acquisire l'intero treno d'onde.

È importante ricordare che le onde Rayleigh viaggiano in una zona spessa circa una lunghezza d'onda dal piano campagna e sono informative delle caratteristiche di questa porzione di terreno; inoltre la relazione tra frequenza, lunghezza d'onda e velocità di fase comporta che l'intervallo di frequenza di interesse sia strettamente connesso ai materiali che devono essere investigati (es. in terreni soffici, una penetrazione profonda richiede componenti di bassa frequenza).

Generalmente i segnali vengono acquisiti nel dominio spazio-tempo in modo tale da poter essere reinterpretati con differenti tecniche d'elaborazione; l'informazione relativa alla propagazione delle onde superficiali è contenuta nei segnali e, come detto precedentemente, può essere estratta attraverso differenti tecniche computazionali.

4.2.2.1. Strumentazione

Nell'esecuzione di un'indagine sismica basata sulla dispersione delle onde superficiali sono indispensabili i seguenti strumenti:

- ricevitori singoli o multipli;
- dispositivo di acquisizione dei segnali sismici (sismografo);
- sorgente di onde sismiche (nel caso di metodi attivi).

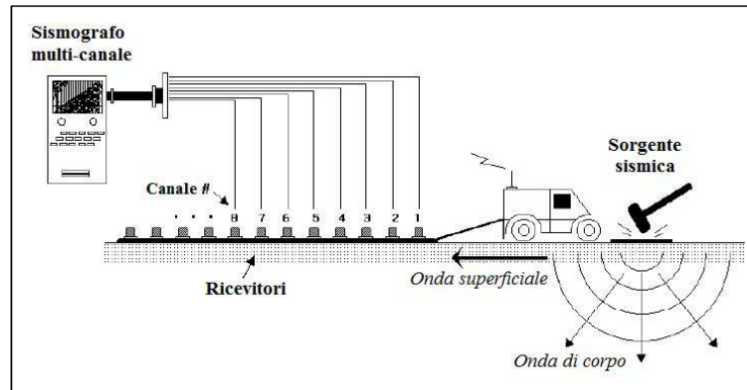


FIGURA 48 – CONFIGURAZIONE SCHEMATICA DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER ESEGUIRE UN'INDAGINE MASW (DA PARK ET AL., 2001)

Il metodo MASW utilizza un numero multiplo di ricevitori disposti generalmente in maniera lineare e spazati di una stessa distanza; ciascun ricevitore è collegato, inoltre, ad un unico dispositivo di registrazione.

Il tipo di ricevitori e la loro interdistanza sono scelti solitamente in relazione con la profondità d'investigazione che si vuole raggiungere; ad esempio, se si vogliono avere informazioni su strati profondi, è necessario utilizzare geofoni a bassa frequenza.

Nella pratica comune si usano geofoni a 4,5 Hz che possono essere maneggiati con più facilità e che sono meno costosi rispetto ai geofoni a minor frequenza.

Il dispositivo di acquisizione può essere di diversi tipi; la sua funzione principale è digitalizzare e registrare i segnali elettrici analogici generati dai ricevitori.

Nei metodi attivi l'onda viene generata da una sorgente di onde sismiche; diversi tipi di sorgenti sismiche possono essere utilizzate a seconda del range di frequenza di interesse per l'applicazione: ad esempio, facendo uso di semplici mazze si ottengono segnali ad alta frequenza (7-200 Hz), mentre, aumentando la massa che genera le onde si possono avere segnali a bassa frequenza (2-40 Hz). Le sorgenti pesanti sono, quindi, necessarie per investigare gli strati più profondi mentre quelle più leggere sono utili per caratterizzare le porzioni più superficiali del sottosuolo.

Lo stendimento dei ricevitori utilizzato nel metodo M.A.S.W. è composto da geofoni multipli collocati lungo una linea rettilinea e la sorgente è posta ad uno dei due capi dell'array.

Un'operazione molto importante da eseguire è la scelta dei parametri di

campionamento sia nel tempo che nello spazio; tali parametri, nel tempo, vengono impostati direttamente sul dispositivo di acquisizione, mentre quelli nello spazio sono determinati dalla geometria dello stendimento e sono soggetti ad alcune restrizioni dovute, ad esempio, al numero di ricevitori disponibili e all'estensione del sito.

Nella pratica comune si utilizza un'interdistanza costante tra i geofoni, questo perché i processi successivi di elaborazione dei dati risultano essere più semplici. È importante ricordare che una spaziatura elevata tra i ricevitori permette di rilevare ampie lunghezze d'onda e di caratterizzare, quindi, gli strati più profondi; allo stesso tempo però, l'attenuazione delle componenti ad alta frequenza, provoca la perdita delle informazioni contenute in queste frequenze e la conseguente diminuzione della risoluzione nelle parti superficiali del terreno. Per quanto riguarda, invece, la scelta dei parametri di acquisizione nel tempo, essa è in relazione con il range di frequenza di interesse dell'operatore (es. 5-100 Hz per applicazioni ingegneristiche); un passo di campionamento di 2 ms (corrispondente ad una frequenza di Nyquist di 250 Hz) è solitamente sufficiente per le analisi basate sulla dispersione delle onde superficiali poiché la risoluzione nel dominio del tempo non è molto rilevante.

La lunghezza totale del segnale nel tempo è in relazione all'intervallo di frequenza del segnale trasformato nel dominio della frequenza, quindi è importante avere una finestra di acquisizione di almeno 1 s (frequenza di risoluzione di 1 Hz); in ogni caso è necessario che l'intero evento venga registrato.

4.2.2.2. Elaborazione dati

La fase successiva all'acquisizione dei dati di campagna riguarda tutti i processi relativi alla loro elaborazione.

I dati vengono trattati attraverso diverse procedure che permettono di stimare la cosiddetta curva di dispersione sperimentale, ovvero la relazione tra la velocità di fase e la frequenza. Tali procedure ricorrono ad una varietà di strumenti per l'analisi del segnale basati principalmente sulla trasformata di Fourier. Facendo uso dell'analisi di Fourier è, infatti, possibile separare le differenti componenti della frequenza di un segnale, le quali vengono successivamente utilizzate per stimare la velocità di fase attraverso diversi approcci in relazione alle caratteristiche dell'indagine svolta e al numero di ricevitori.

I metodi di elaborazione dei dati basati sulla trasformata di Fourier sono i più utilizzati e consistono nella trasformazione dei dati sperimentali dal dominio spazio-tempo a domini differenti, nei quali la curva di dispersione viene agevolmente ricavata dai massimi spettrali. Ad esempio, applicando una doppia trasformata di Fourier ai dati di campo, la curva di dispersione può essere identificata come i massimi nel grafico frequenza-velocità di fase (f - c).

L'equazione che sta alla base del metodo MASW è l'equazione del movimento relativa

ad un mezzo lateralmente omogeneo, assumendo un campo di deformazione piano ed imponendo le condizioni al contorno relative alle onde in un semispazio con una superficie libera; dopo aver imposto la condizione di continuità dello sforzo e della deformazione alle interfacce degli strati.

Il risultato che si ottiene è un problema lineare differenziale di autovalori. Tale problema presenta una soluzione non nulla solamente per determinati valori del numero d'onda; questa soluzione, relativa ad un sistema stratificato, si trova stabilendo una relazione particolare tra la frequenza e il numero d'onda: l'equazione che ne risulta è conosciuta come la funzione secolare di Rayleigh.

Per una determinata frequenza può esistere una soluzione solamente per specifici valori del numero d'onda: nei sistemi verticalmente eterogenei questo si traduce in una funzione polidroma della frequenza che rappresenta le curve modali. Sebbene ad una singola frequenza, gli autovalori implicino una serie di soluzioni discrete possibili, ciascuna con un massimo di energia concentrato in corrispondenza di uno specifico numero d'onda, la dispersione produce comunque dei lobi nel grafico f-k. Stimati i numeri d'onda per ciascuna frequenza, questi valori vengono utilizzati per costruire la curva di dispersione sapendo che la velocità di fase è pari al rapporto tra la frequenza e il numero d'onda.

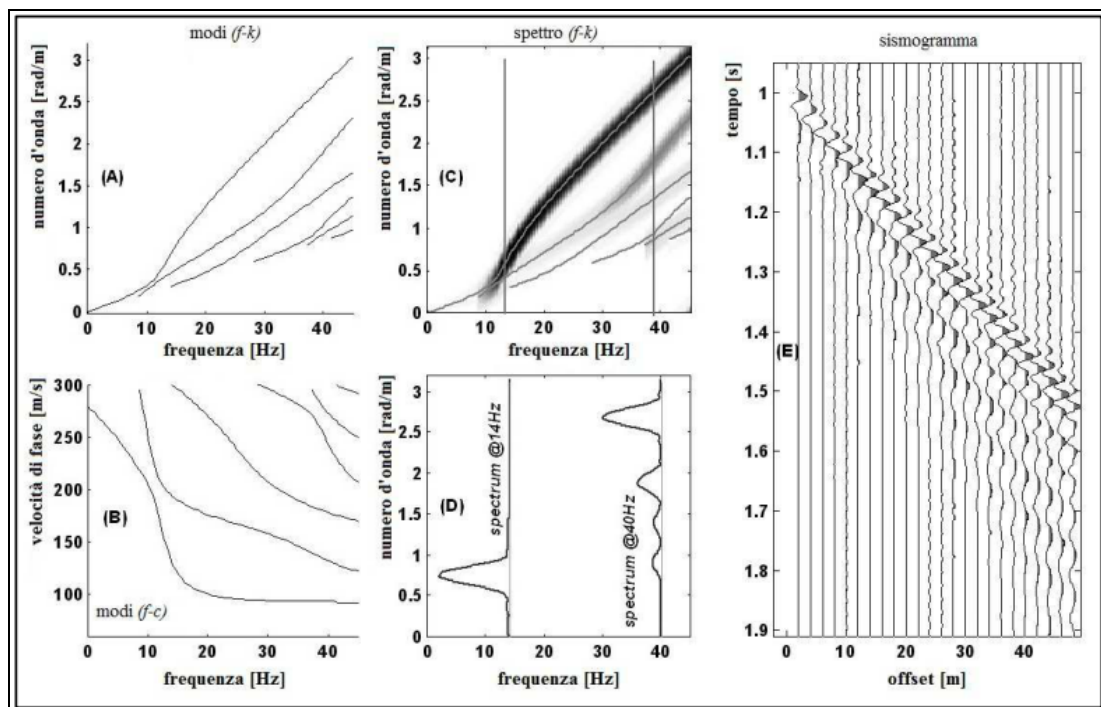


FIGURA 49 – SCHEMA DELLA PROCEDURA COMUNEMENTE ADOTTATA PER RICOSTRUIRE UNA CURVA DI DISPERSIONE. I GRAFICI (A) E (B) RAPPRESENTANO LE CURVE MODALI RISPETTIVAMENTE IN F-K E IN F-C MENTRE IL GRAFICO (C) MOSTRA LO SPETTRO F-K NEL QUALE IL PRIMO MODO DI PROPAGAZIONE È DOMINANTE. IL RIQUADRO (D) EVIDENZIA I LOBI PRODOTTI DALLA DISPERSIONE NEL DOMINIO F-K MENTRE IL GRAFICO (E) È IL SISMOGRAMMA DI PARTENZA (DA STROBBIA ET AL., 2004).

Nella pratica comune, per procedere con l'elaborazione dei dati, si assume che la maggior parte dell'energia sia associata al modo fondamentale di propagazione delle onde di

Rayleigh.

Nel presente studio di Microzonazione Sismica l'acquisizione dei dati di campagna è stata eseguita tramite un array lineare totalmente digitale (modello ECHO 24/2002 Seismc Unit), costituito da 12 geofoni da 4,5 Hz. Ogni geofono è collegato, tramite un cavo sismico a 12 take-outs ciascuno spaziato a 5 metri con connettore "cannon" NK27, al sismografo, presso il quale la curva di dispersione frequenza-velocità di fase (f-c) viene ricostruita mediante il software "Easy MASW"; la sorgente sismica utilizzata è una mazza di 6 kg (sorgente impulsiva) posta ad una distanza di 2 metri dal primo ricevitore mentre i parametri di campionamento del segnale sono un tempo di campionamento di 0.000131 s e una finestra di acquisizione di 1 secondo.

Dopo aver ricostruito la curva di dispersione sperimentale si è proceduto all'individuazione dei massimi della velocità di fase ad intervalli di frequenza regolari (picking); in queste indagini si è deciso di eseguire l'operazione di picking solamente per le frequenze superiori ai 5-6 Hz per il semplice motivo che un colpo di mazza non riesce a generare frequenze al di sotto dei 5-6 Hz. Eliminando i dati relativi alle frequenze inferiori a 5 Hz, si diminuisce il margine di errore del modello finale aumentandone l'affidabilità.

I valori individuati durante la fase di picking, sono delle coppie frequenza-velocità di fase che verranno utilizzate nel processo d'inversione finale.

4.2.2.3. Inversione

Il processo d'inversione dei dati sperimentali è l'ultimo dei passaggi da svolgere e fornisce il profilo della velocità delle onde di taglio derivante dalle caratteristiche di dispersione osservate dai dati sperimentali; in questo studio il suddetto è stato realizzato mediante l'utilizzo del programma "Easy MASW".

Durante l'inversione il primo passaggio è correlare i parametri che derivano dalle analisi con ECHO TROMO HVSR3 e quindi fittare i dati M.A.S.W. con le curve H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). Successivamente, il programma risolve il sistema di equazioni di tutti gli strati inseriti nel modello ipotetico e restituisce per ciascuno strato, la velocità delle onde di taglio calcolata, in modo tale da ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio del sito investigato.

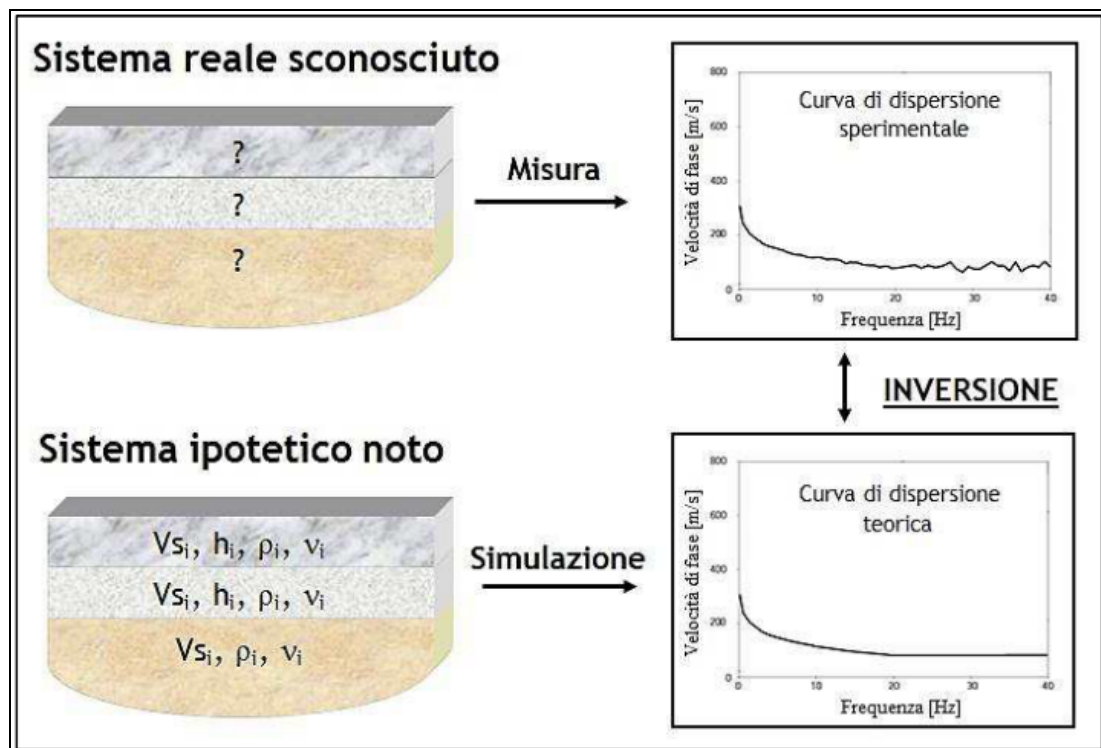


FIGURA 50 – SCHEMA RIASSUNTIVO DEL METODO MASW ESEGUITO NEL PRESENTE STUDIO

Le indagini MASW eseguite nel presente lavoro hanno permesso di caratterizzare con un buon grado di dettaglio i primi 10 metri di sottosuolo dal punto di vista sismico, fornendo, inoltre, informazioni utili nell'elaborazione e nell'interpretazione di alcune misure HVSr effettuate in siti che richiedevano ulteriori approfondimenti geologici.

Per la redazione della seguente relazione ci si è avvalsi sia dei dati provenienti dalle indagini reperite dal Comune sia di nuovi dati derivanti da una campagna di indagini geofisica eseguita ad hoc, tra il mese di Febbraio e Marzo 2022, atta a definire le caratteristiche sismiche delle parti di territorio comunale urbanizzato ed urbanizzabile inclusi i servizi di interesse comune, i nuovi limiti fisici di edificazione e le aree di riqualificazione e riconversione indicate nella carta di Trasformabilità del PATI.

L'insieme dei suddetti dati (pregressi e di nuova realizzazione) ha permesso di disporre, quindi, di un totale di 22 indagini lineari (ind_ln) e 56 indagini puntuali (ind_pu) suddivise e rappresentate, come da Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica, nella Carta delle Indagini di Microzonazione Sismica di I Livello (Cfr. Figure 51 e 52).

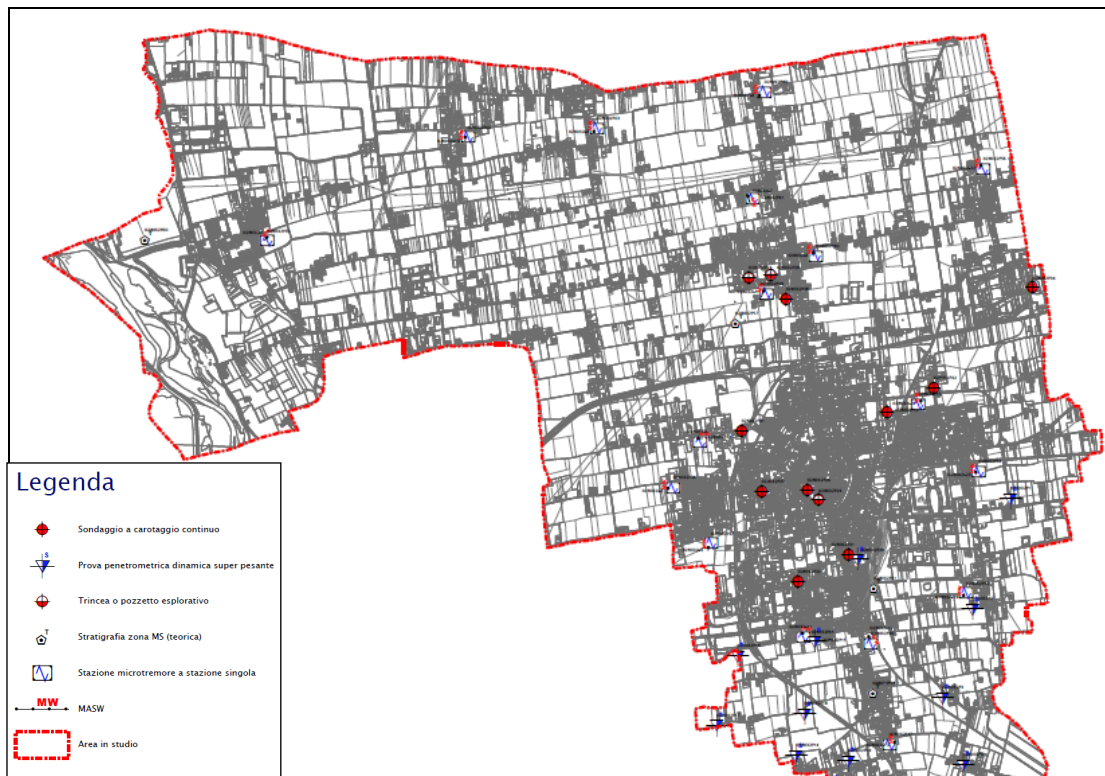


FIGURA 51 – CARTA DELLE INDAGINI – SETTORE NORD, IN SCALA 1:10.000 CON RELATIVA LEGENDA

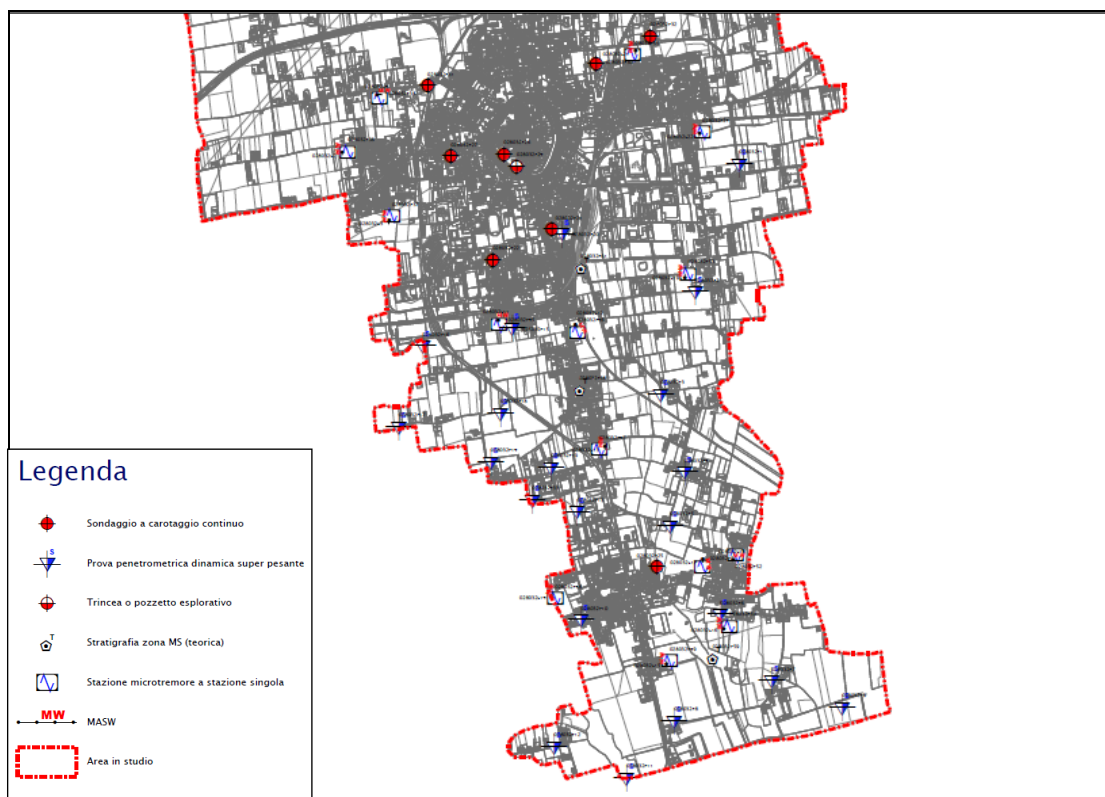


FIGURA 52– CARTA DELLE INDAGINI – SETTORE SUD, IN SCALA 1:10.000, CON RELATIVA LEGENDA

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Sebbene i sondaggi effettuati precedentemente e reperiti per questo studio non siano stati spinti a profondità tali da poter indagare in modo accurato il sottosuolo e, quindi, ricostruire un modello geologico con un opportuno grado di affidabilità si è comunque ricostruito preliminarmente un primo assetto sismostratigrafico del sottosuolo schematizzato nelle due sezioni geologiche schematiche 2D, in scala 1:1.000, di seguito riportate.

Per aumentare il dettaglio delle sezioni e mostrare la forma dei depositi si è scelto di esagerare la dimensione verticale aumentandola di 10 volte rispetto l'orizzontale

I profili sono nominati come il seguente elenco:

- **Sezione A-A'** – orientata NNO-SSE;
- **Sezione B-B'** – orientata O-E.

Il territorio comunale di Cittadella risulta caratterizzato a nord da depositi fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa; nel settore centrale da materiali alluvionali a tessitura prevalentemente sabbiosa ed, infine, nel settore meridionale da depositi alluvionali a tessitura prevalentemente limo-argillosa.

SEZIONE A-A'

Il sottosuolo del territorio di Cittadella risulta ben rappresentato dalla sezione A-A' con direzione NNO-SSE.

Come si può osservare, procedendo da Ovest verso Est, affiorano esclusivamente terreni di copertura, e più precisamente si rinvenengono depositi di natura ghiaiosa; nella parte centrale della sezione affiorano depositi sabbiosi ed, infine, nella parte est della sezione sono presenti i materiali limo-argillosi.

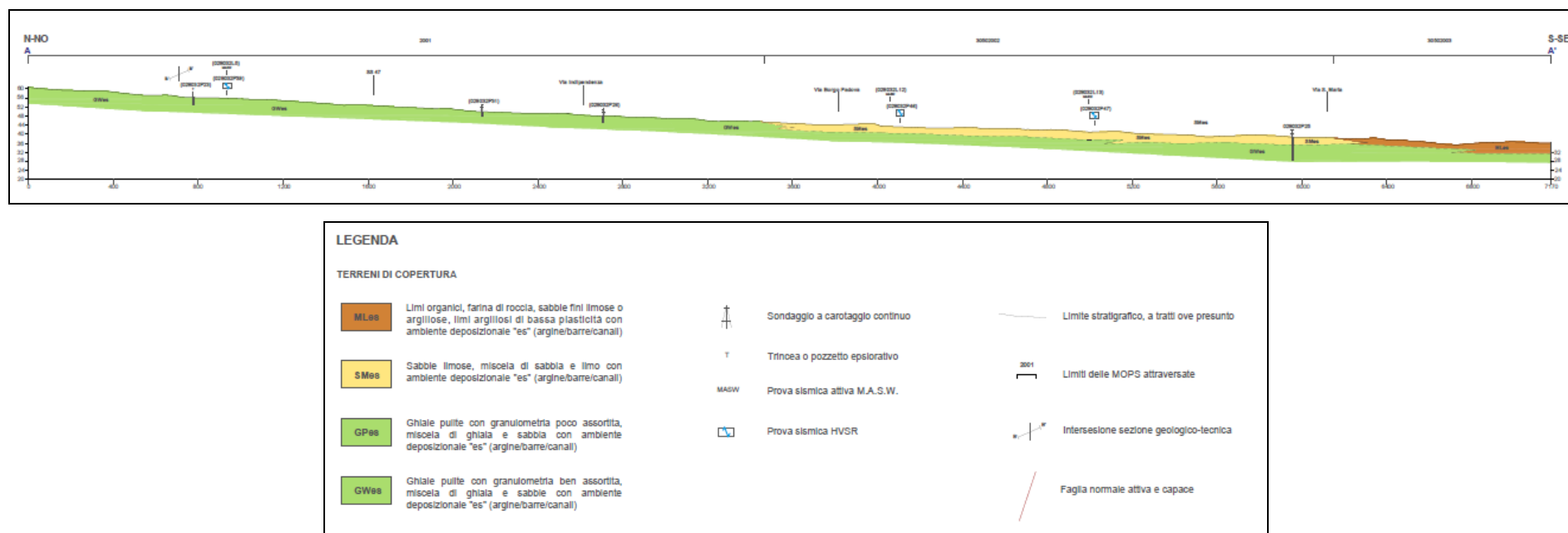


FIGURA 53 – SEZIONE A-A' CON LEGENDA

SEZIONE B-B'

La sezione B-B' ha direzione E-O e, come si può osservare, lungo l'intero profilo affiorano esclusivamente terreni di copertura prevalentemente appartenenti a depositi ghiaiosi (GP e GW).

In questa sezione vengono attraversate le due lineazioni tettoniche indicate dal database ITHACA

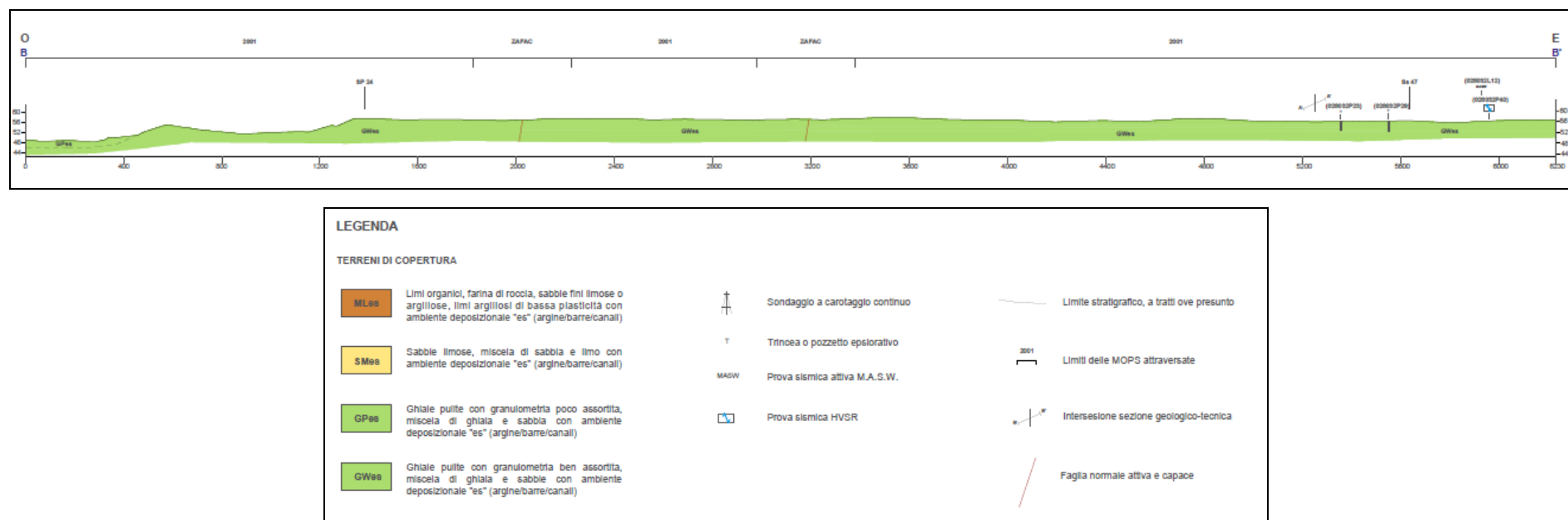


FIGURA 54 - SEZIONE B.B' CON LEGENDA

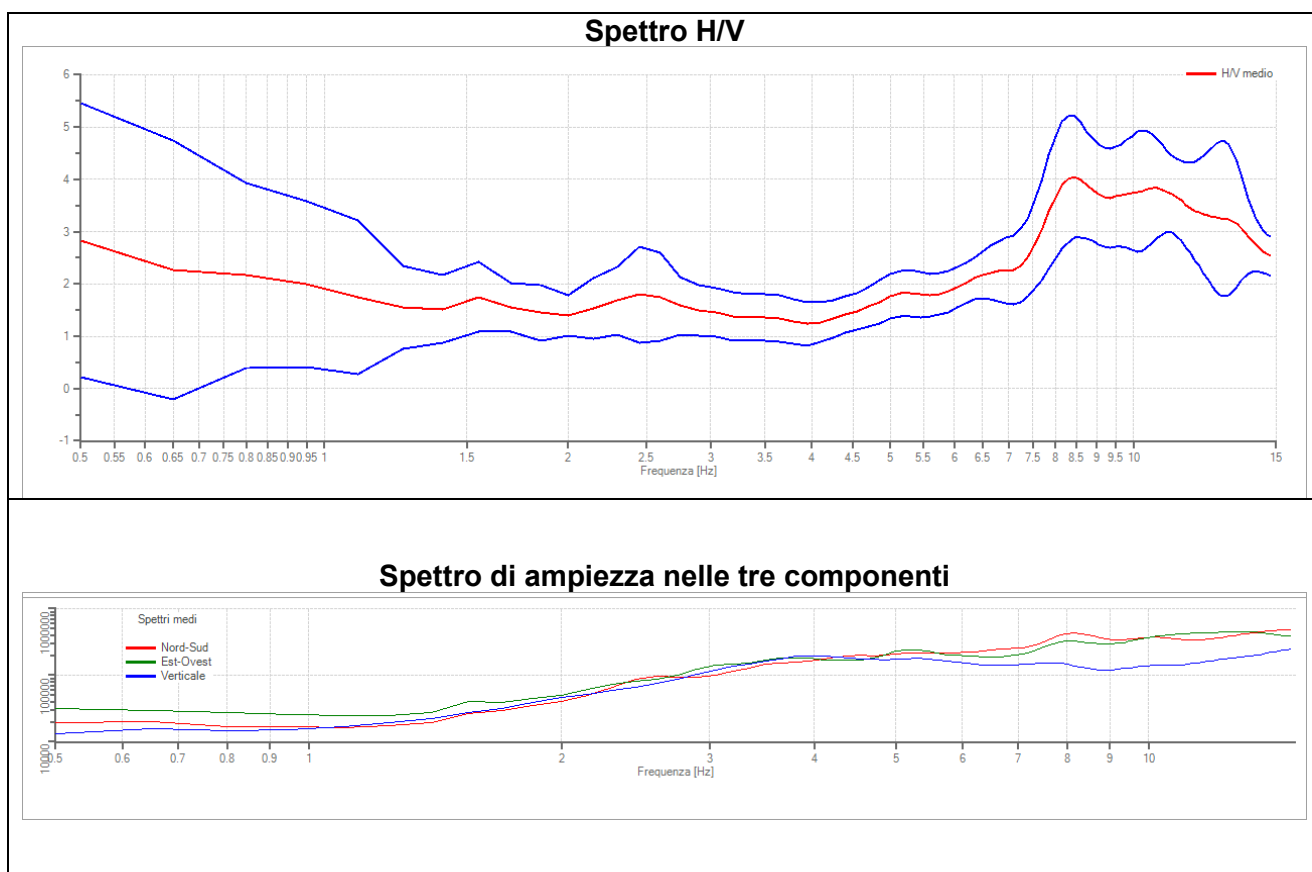
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

6.1 Identificazione e rappresentatività dei dati raccolti

I dati geologici, idrogeologici e geomorfologici emergono da rilevamenti di dettaglio effettuati nel territorio comunale e da indagini precedenti fornite dagli archivi comunali. Tali dati rappresentano la componente geologica più superficiale del territorio che deve essere sviluppata in maniera più dettagliata nei successivi livelli di Microzonazione Sismica.

In una indagine HVSr si sono riscontrati alcuni problemi legati a particolari situazioni geologiche o a disturbi ambientali che hanno perturbato la buona riuscita dell'indagine o ne hanno resa difficoltosa l'analisi:

HVSr 11 – CODICE 028032P45



Come si può notare dallo spettro di ampiezza nelle tre componenti spaziali, la componente N-S e la componente E-W hanno un guadagno molto diverso: ciò è dovuto probabilmente ad un cattivo accoppiamento tra lo strumento ed il terreno.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Di seguito verranno illustrate la modalità di elaborazione dei dati geologici, idrogeologici e geomorfologici utilizzati per effettuare la zonazione di primo livello del Comune di Cittadella:

- **Zone suscettibili di amplificazione locale**, cioè una riclassificazione delle litologie presenti in chiave sismica e in generale:
 - **Zona 2001**: si tratta di ghiaie alluvionali con modesta frazione sabbiosa localmente cementati che caratterizzano quasi totalmente la porzione settentrionale del territorio comunale. In essi si possono produrre effetti di amplificazione sismica di tipo stratigrafico;
 - **Zona 2004**: si tratta di aree di ripristino di vecchie cave di ghiaie e ghiaie sabbiose costituite da materiali eterogenei con caratteristiche spesso peggiori rispetto la litologia circostante; poggiano sulla microzona 1. In essi si possono produrre effetti di amplificazione sismica di tipo stratigrafico;
 - **Zona 2005**: si tratta di aree di ripristino di vecchie cave di ghiaie e ghiaie sabbiose costituite da materiali eterogenei con caratteristiche spesso peggiori rispetto la litologia circostante, poggiano sulla zona instabile 2002. In essi si possono produrre effetti di amplificazione sismica di tipo stratigrafico.
- **Zone suscettibili di instabilità**:
 - **Zona 30502002**: Liquefazioni per depositi sciolti sabbiosi con profondità della falda inferiore ai 15 metri dal p.c.. Tali depositi possono liquefarsi con una sollecitazione sismica: essi sono composti da depositi alluvionali a tessitura prevalentemente sabbiosa con una subordinata frazione limosa. Essi poggiano su depositi prevalentemente ghiaiosi di origine alluvionale e sono localizzati nella parte centro meridionale del comune;
 - **Zona 30502003**: Liquefazioni per depositi sciolti a prevalenza limo-argillosa con profondità della falda inferiore ai 15 metri dal p.c.. Tali depositi possono liquefarsi con una sollecitazione sismica: essi sono composti da depositi alluvionali a tessitura prevalentemente limoso argillosa. Essi poggiano su depositi prevalentemente ghiaiosi di origine alluvionale e sono localizzati nella parte meridionale del comune;

- **Zone di attenzione per Faglie attive e capaci:**
 - **3060:** si tratta di due aree a nord ovest del territorio comunale attraversate da due differenti lineazioni tettoniche riportate dal Database ITHACA come faglie attive e capaci dirette certe, che, come da Standard, sono state cartografate con un buffer di 200 m per lato a cavallo della traccia.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Per la produzione delle seguenti cartografie sono stati selezionati ed analizzati i dati geologici, geomorfologici ed idrogeologici derivanti dalle cartografie del PAT e studi posteriori ad esso, oltre che ulteriori informazioni prodotte tratte in seguito. Sono state, inoltre, effettuate alcune indagini sismiche passive a stazione singola (HVSR) e MASW.

A corredo dello studio sono state elaborate le seguenti carte in scala 1:10.000:

1. Carta delle indagini – Settore Nord e Settore Sud;
2. Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS) – Settore Nord e Settore Sud;
3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS) – Settore Nord e Settore Sud.

Le stesse saranno consegnate in formato cartaceo e digitale. Negli elaborati proposti vengono riportati i dati e le simbologie, secondo quanto espresso nelle specifiche tecniche degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.2”.

8.1 Carta delle indagini

Il primo elaborato dello studio di Microzonazione Sismica di I Livello ha lo scopo di raccogliere le indagini (sia pregresse sia realizzate ex novo), in modo da avere dati di partenza da cui elaborare e delimitare le diverse zone stabili, suscettibili di amplificazioni locali o suscettibili di instabilità.

Nella Carta delle Indagini sono state inserite le diverse indagini effettuate sul territorio comunale di Cittadella.

Queste indagini sono state, inoltre, codificate come dettato dagli Standard di Rappresentazione Informatica ver.4.2 all’interno di sei tipologie di tabelle (estratte dai relativi DB):

- Sito_puntuale: per ogni punto sulla carta esiste una tabella con la sua localizzazione geografica e la data in cui è stata eseguita la prova;
- Indagini_puntuali: Per ogni indagine puntuale vengono descritte la tipologia delle indagini e la profondità totale indagata;
- Parametri_puntuali: per ogni singolo strato geotecnico di ogni singola indagine vengono descritte le caratteristiche litologiche, il parametro geotecnico o il parametro geofisico acquisito e lo spessore di tale strato;

- Sito_lineare: per ogni sito lineare sulla carta esiste una tabella con la localizzazione geografica dei suoi vertici e la data in cui è stata eseguita la prova;
- Indagini_lineari: Per ogni indagine lineare vengono descritte la tipologia dell'indagine;
- Parametri_lineari: per ogni singolo strato geotecnico di ogni singola indagine vengono descritte le caratteristiche litologiche, il parametro geotecnico o il parametro geofisico acquisito e lo spessore di tale strato.

Nella carta sono rappresentati:

- Sondaggio a carotaggio continuo (S);
- Prova penetrometrica dinamica super pesante (DS);
- Trincea o pozzetto esplorativo (T);
- Indagine di microtremore a stazione singola HVSR;
- Indagine geofisica tipo MASW;
- Stratigrafia MOPS (teorica).

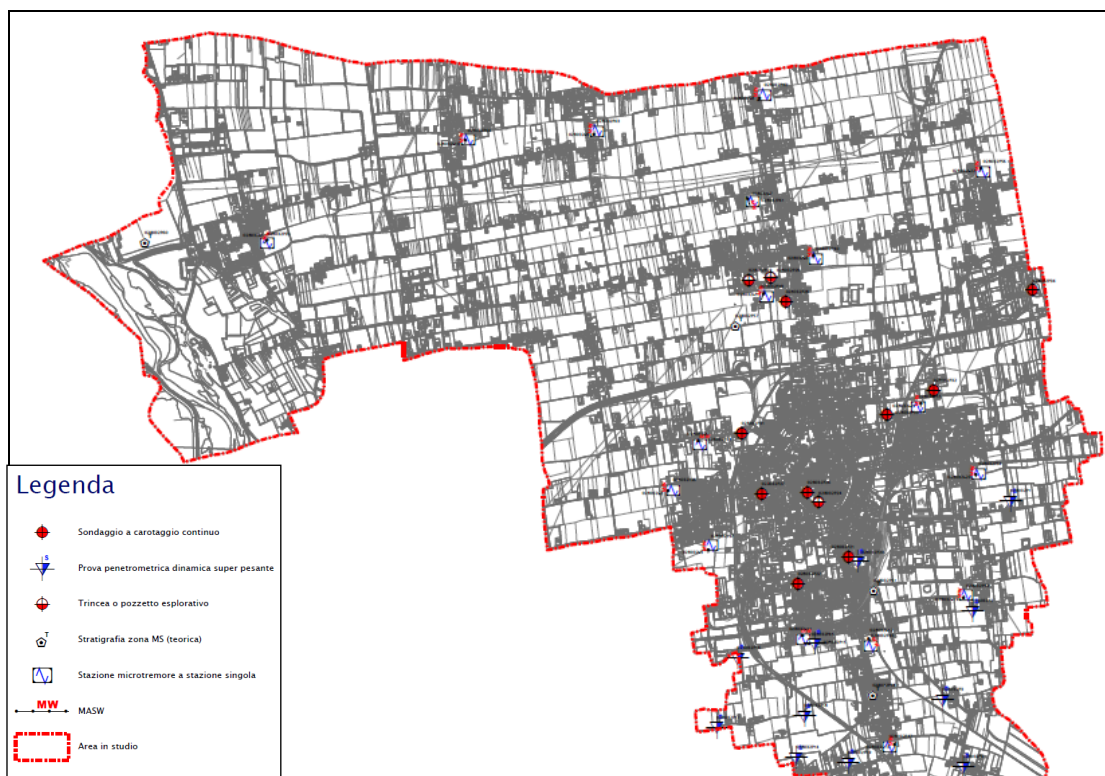


FIGURA 55 – CARTA DELLE INDAGINI – SETTORE NORD, IN SCALA 1:10.000

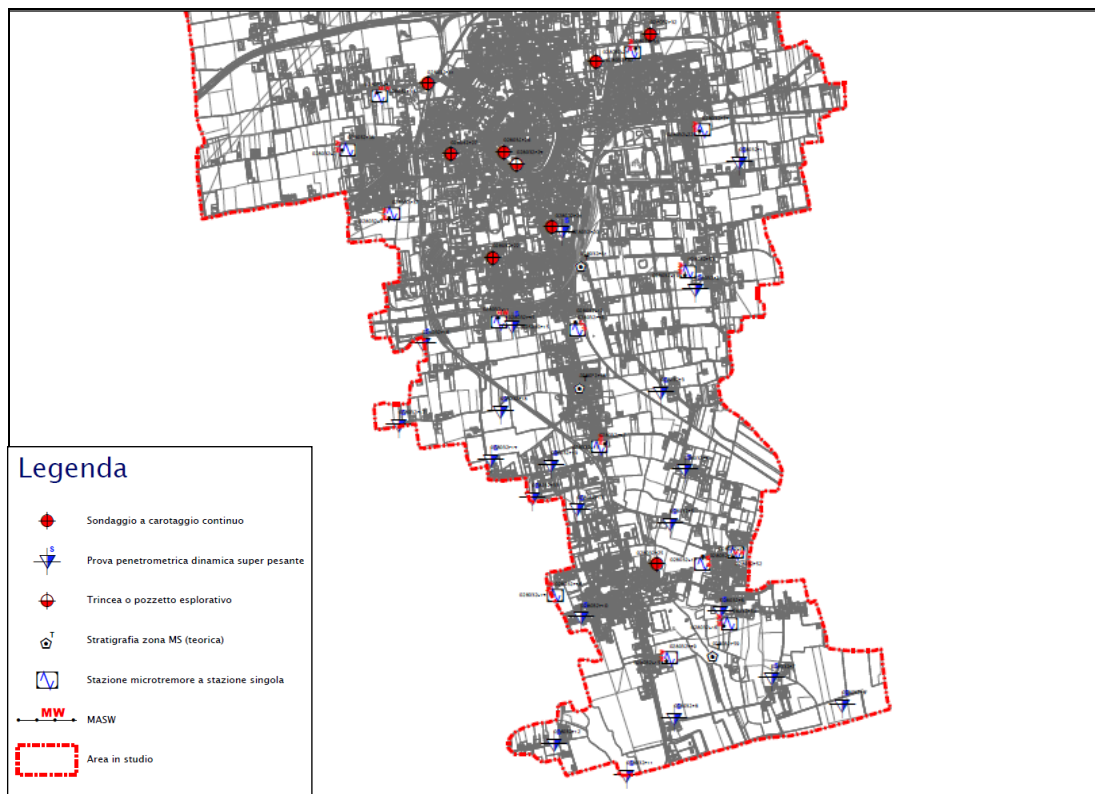


FIGURA 56 – CARTA DELLE INDAGINI – SETTORE SUD, IN SCALA 1:10.000

8.2 Carta Geologico-Tecnica (CGT)

Il secondo elaborato di questo studio di microzonazione contiene i dati geologici e geomorfologici utilizzati per produrre la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica. Tutti gli elementi presenti in questa carta sono stati codificati in base agli Standard di Rappresentazione Informatica ver.4.2.

8.2.1 Unità litologiche

Le unità litologiche presenti in carta sono state create riclassificando le unità litologiche presenti nel PAT previa approfondita verifica. Queste si suddividono in:

TERRENI DI COPERTURA

	RIzz	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GWes	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	Gpes	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	Smes	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	Mles	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità

Litologia	Genesi
RI – aree di ripristino di vecchie cave di ghiaie e ghiaie sabbiose costituite da materiali eterogenei	zz (altro)
GW - Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie: si tratta di materiali granulari antichi a tessitura prevalentemente ghiaioso sabbiosa	es (Argini/barre/canali)
GP - Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia: si tratta di materiali sciolti recenti e attuali dell'alveo mobile del Fiume Brenta e delle aree di esondazione recente	es (Argini/barre/canali)
SM - Sabbie limose, miscela di sabbia e limo: si tratta di materiali alluvionali, fluvioglaciali a tessitura prevalentemente sabbiosa	es (Argini/barre/canali)
ML - Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità: si tratta di materiali alluvionali, fluvioglaciali a tessitura prevalentemente limo-argillosa	es (Argini/barre/canali)

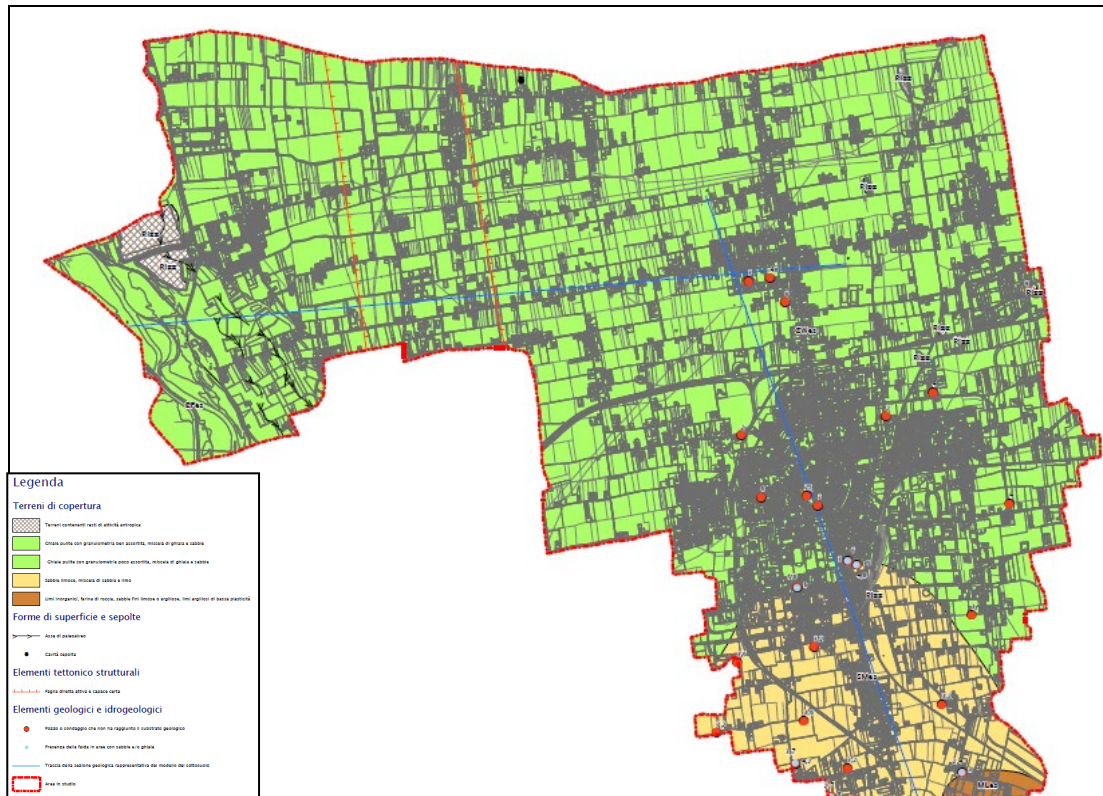


FIGURA 57 – STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICO-TECNICA (CGT) SETTORE NORD DEL COMUNE DI CITTADELLA - 2022

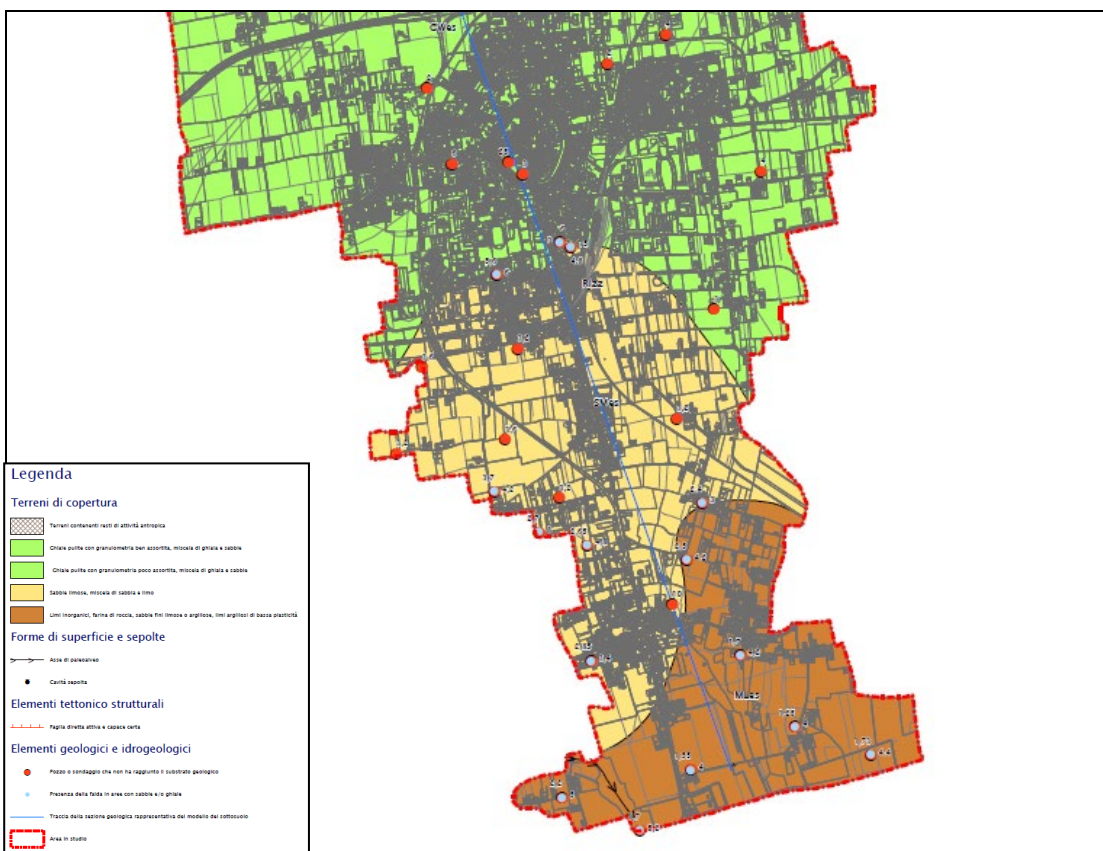


FIGURA 58 – STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICO-TECNICA (CGT) SETTORE SUD DEL COMUNE DI CITTADELLA - 2022

8.2.2 Elementi geologici ed idrogeologici

-  Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico (profondità in metri)
-  Profondità (m) della falda in aree con sabbie e ghiaie
-  Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

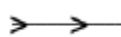
All'interno della Carta Geologica Tecnica sono tracciate 2 sezioni (A-A'; B-B') che permettono di ricostruire il modello di sottosuolo del Comune di Cittadella.

8.2.3 Elementi tettonico strutturali

-  Faglia attiva e capace/fessura eruttiva certa

All'interno della Carta Geologica Tecnica sono riportate n.2 lineazioni tettoniche (Faglie attive e capaci) riportate nel database ITHACA a cinematisma normale.

8.2.4 Forme di superficie e sepolte

-  Asse di paleoalveo
-  Cavità sepolta isolata/sinkhole/dolina

Sono stati presi in considerazione gli elementi geomorfologici che possono in qualche modo avere una lettura in chiave sismica, in particolare quelli lineari che possono dare origine ad amplificazione sismica di tipo topografico:

- **Asse di paleoalveo:** presenti prevalentemente nel settore nord-occidentale del comune; questi testimoniano la divagazione del Fiume Brenta;
- **Cavità sepolta isolata/sinkhole/dolina:** si tratta di vecchie cave di ghiaia ormai dismesse presenti nella zona nord del comune.

8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

Il terzo elaborato previsto per il I Livello è la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS). La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni

geologiche, geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici (si sottolinea che si tratta di dati pregressi, già disponibili per l'area) e sismici (MASW e HVSR) è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, liquefazioni...).

Le informazioni utilizzabili, oltre alla cartografia di base disponibile, sono state:

- Carta delle Indagini redatta in questo studio;
- Carta Geologico-Tecnica redatta in questo studio;
- Carte geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del PAT.

Questa carta identifica le geometrie di microzone potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici.

Non è previsto l'utilizzo di un input sismico, né la quantificazione numerica dei diversi effetti. Si è scelto di circoscrivere l'area in cui studiare le microzone nelle zone su cui sussistono centri abitati o nelle quali l'amministrazione comunale ha previsto edificazioni.

Le microzone della carta sono classificate in due categorie:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale (le zone da 1, 4 e 5 sono state definite in base alle diverse componenti litologiche in quanto come suddetto queste variazioni possono creare effetti di amplificazioni);
- **Zone suscettibili di instabilità**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). I tipi di instabilità individuate sono zone di attenzione per liquefazione (zona 2 e 3) e zone di attenzione per Faglie attive e capaci (ZA_{FAC}).

Nella Carta delle MOPS sono, inoltre, contenuti alcuni elementi morfologici ritenuti significativi. Tutti gli elementi presenti in questa carta sono stati codificati in base agli Standard di Rappresentazione Informatica ver.4.2.

Con la cartografia prodotta sarà possibile:

- la programmazione di indagini di approfondimento, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi;
- l'individuazione delle aree per le quali sono necessari ulteriori livelli di approfondimento.

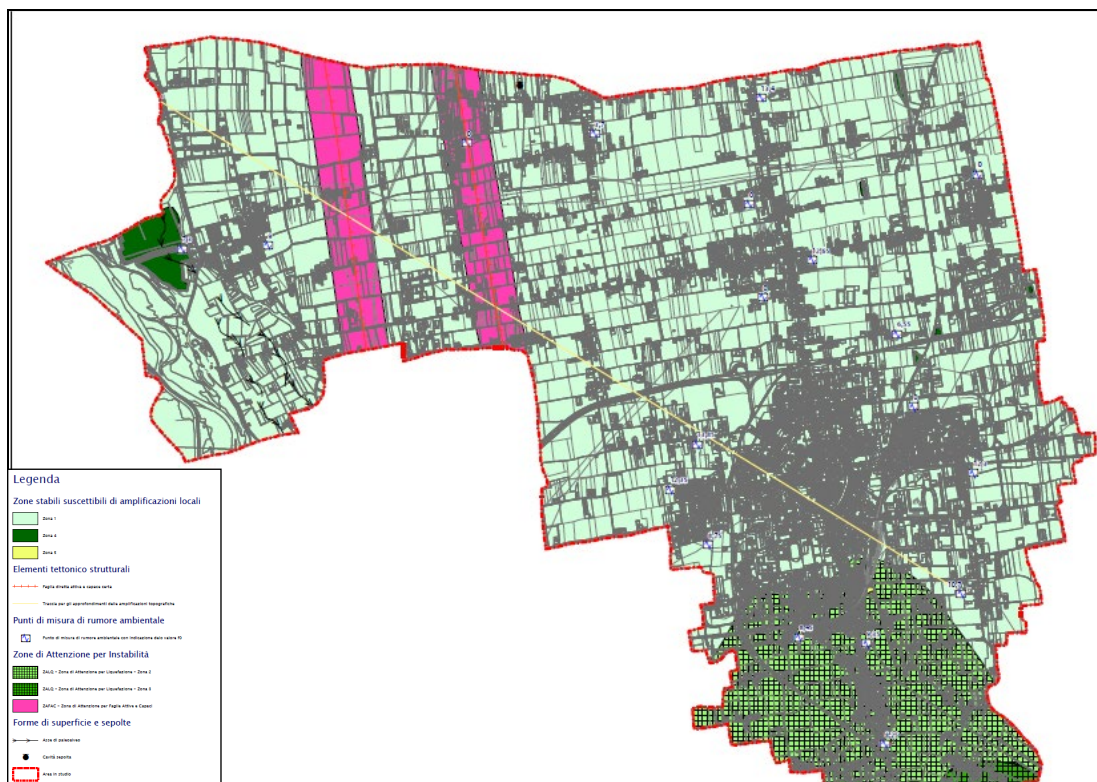


FIGURA 59 – STRALCIO DELLA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA(MOPS) SETTORE NORD DEL COMUNE DI CITTADELLA - 2022

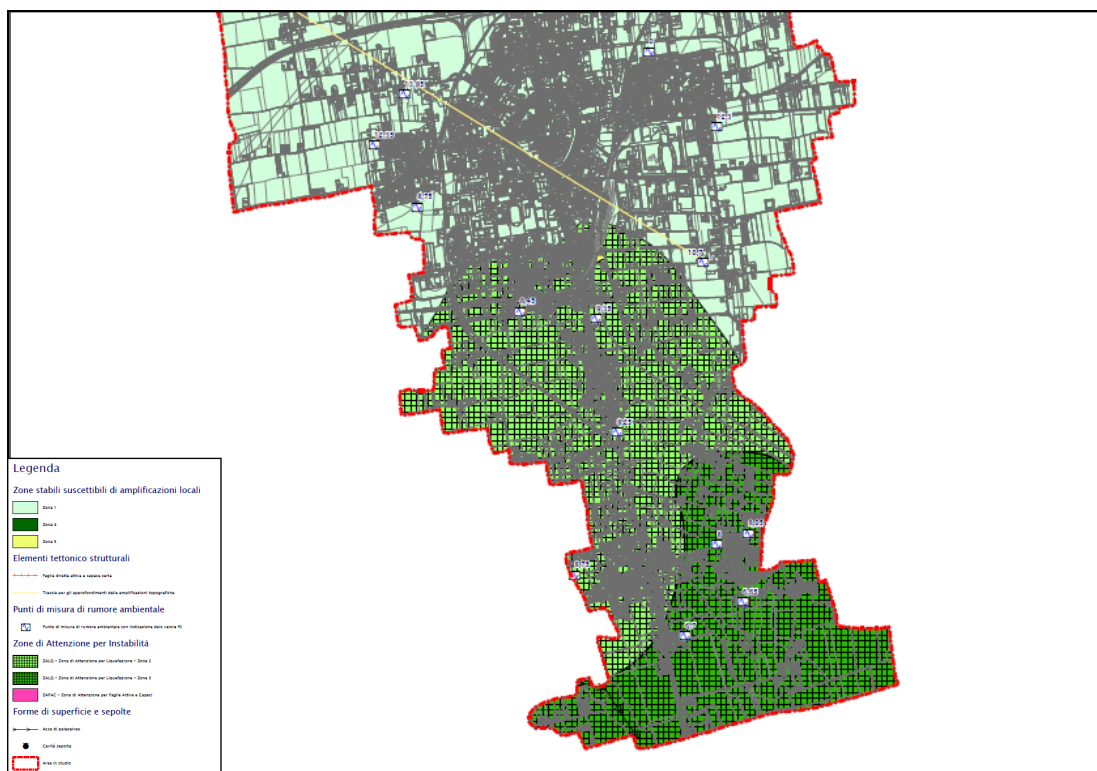
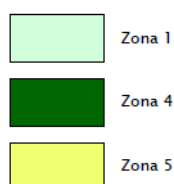


FIGURA 60 – STRALCIO DELLA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA(MOPS) SETTORE SUD DEL COMUNE DI CITTADELLA - 2022

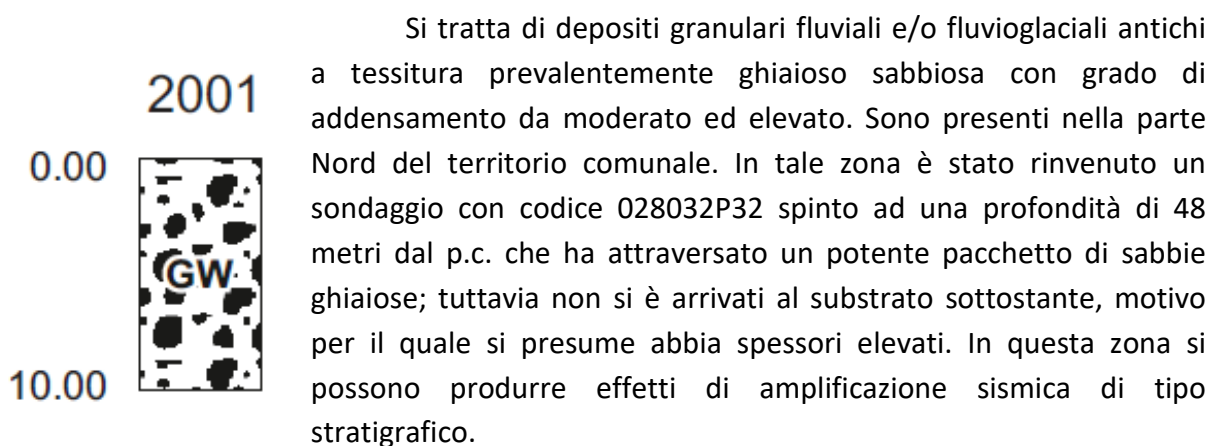
8.3.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

In tali aree sono attese amplificazioni locali del moto sismico a causa dell'assetto litostratigrafico e morfologico delle aree stesse. Valutando tali criteri di amplificazione è stato possibile suddividere le aree suscettibili ad amplificazioni locali in 3 zone differenti, qui di seguito descritte.

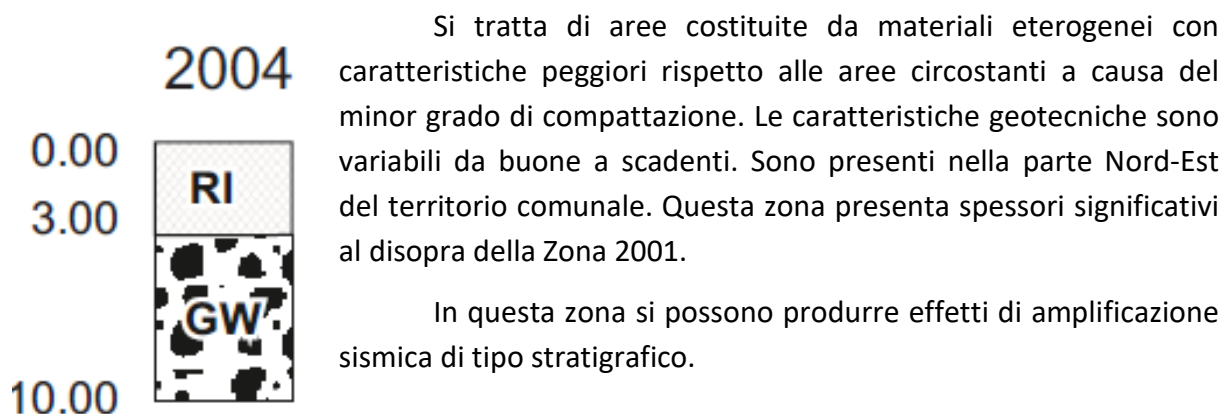
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



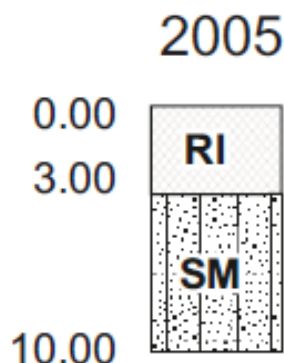
ZONA 2001 – Ghiaie e sabbie antiche di origine fluviale e/o fluvioglaciale



ZONA 2004 – Materiale di riporto con spessore significativo



ZONA 2005 – Materiale di riporto con spessore significativo

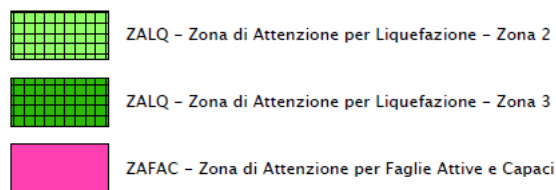


Si tratta di aree costituite da materiali eterogenei con caratteristiche peggiori rispetto alle aree circostanti a causa del minor grado di compattazione. Le caratteristiche geotecniche sono variabili da buone a scadenti. Sono presenti nella parte Sud del territorio comunale. Questa zona presenta spessori significativi al disopra della Zona 2002.

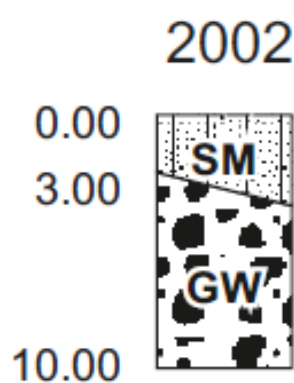
In questa zona si possono produrre effetti di amplificazione sismica di tipo stratigrafico.

8.3.2 Zone stabili di attenzione per Instabilità

Zone di Attenzione per Instabilità

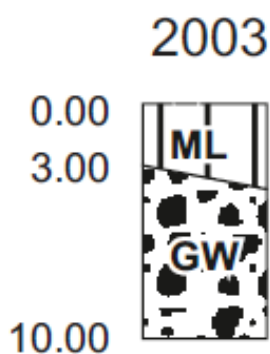


ZONA 30502002 – ZALQ - Zona di attenzione per Liquefazione



Si tratta di materiali alluvionali fluvioglaciali, morenici a tessitura prevalentemente sabbiosa limosa a tratti argillosa. Sono presenti nella parte centro meridionale del territorio comunale. In tale zona sono stati rinvenuti parecchi sondaggi spinti a differenti profondità dal p.c. che hanno rilevato la presenza della falda a quote superiori ai 6 metri.

Da questa evidenza è nata l'esigenza di inserire la suddetta zona di attenzione che dovrà, nei successi livelli di approfondimento, essere studiata in modo più accurato.



ZONA 30502003 – ZALQ - Zona di attenzione per Liquefazione

Si tratta di materiali alluvionali fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa. Sono presenti

nella parte meridionale del territorio comunale. In tale zona sono stati rinvenuti parecchi sondaggi spinti a differenti profondità dal p.c. che hanno rilevato la presenza della falda a quote superiori ai 2.5 metri.

Da questa evidenza è nata l'esigenza di inserire la suddetta zona di attenzione che dovrà, nei successivi livelli di approfondimento, essere studiata in modo più accurato.

In particolare, nelle zone di attenzione per liquefazione è necessario un approfondimento di II livello, procedendo con la valutazione del fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione attraverso metodi semplificati.

La suscettibilità del terreno deve essere valutata sulla base di prove geofisiche in sito, investigando un numero di verticali adeguato all'estensione dell'area di indagine. Dovrà essere determinata con appropriate rilevazioni anche l'entità delle fluttuazioni dei livelli di falda e nelle analisi dovrà essere considerata la condizione meno cautelativa.

8.3.3 Faglie attive e capaci

 Faglia attiva e capace/fessura eruttiva certa

All'interno della Carta delle MOPS sono riportate n.2 lineazioni tettoniche (Faglie attive e capaci) riportate nel database ITHACA a cinematisma normale. A queste è stato inserito un buffer di 200 m per lato a cavallo delle stesse in modo da farle rientrare in aree ZA_{FAC} ovvero in zone di attenzione per faglie attive e capaci con codice 3060.

8.3.4 Punti di misura di rumore ambientale

 Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f_0

Nella Carta delle MOPS sono stati inseriti anche i punti di misura ambientale, ovvero i punti delle indagini HVSr effettuate per questo Studio. In carta sono presenti anche le frequenze di picco misurate in ciascun punto.

8.3.5 Forme di superficie e sepolte

All'interno della Carta delle MOPS sono presenti alcuni elementi geomorfologici che possono dare origine a locali amplificazioni di tipo stratigrafico. Tali elementi sono gli assi di paleo alveo.

➤ — ➤ Asse di paleovalveo

Infine è riporta anche la traccia della sezione topografica.

—— Traccia della sezione topografica

9. PRESCRIZIONI E INDICAZIONI PER GLI STUDI DI APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO

A seguito dei risultati illustrati in tale studio e nelle Carte ad esso allegate emergono alcune problematiche di tipo sismico che necessitano di un approfondimento, in modo da poter diminuire la vulnerabilità sismica delle future edificazioni prevenendo tali problematiche.

Di seguito vengono date alcune prescrizioni sulle Zone suscettibili di amplificazioni locali e sulle Zone suscettibili d'instabilità presenti nella Carta della Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica.

9.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

In tali Zone interessate da probabili effetti di amplificazione di tipo morfologico e/o topografico sono necessari **approfondimenti di II livello di Microzonazione Sismica** per stimare i valori di amplificazione attraverso la quantificazione dei fattori FA (fattore di amplificazione a bassi periodi) e FV (fattore di amplificazione ad alti periodi) come indicato negli ICMS (2008).

In tutte le microzone (1÷5) evidenziate nella carta delle MOPS sarà necessario valutare, per mezzo di metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), l'entità delle amplificazioni di tipo topografico e di tipo litostratigrafico. Gli approfondimenti dovranno derivare da opportune indagini geofisiche attive/passive da ubicare preferibilmente negli ambiti interessati da previsioni urbanistiche.

9.2 Zone suscettibili di Instabilità

9.2.1 Zone di attenzione per liquefazione

Per quanto riguarda le zone di attenzione per liquefazione è necessario un **approfondimento di II livello**, procedendo con la valutazione del fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione attraverso metodi semplificati.

La suscettibilità del terreno deve essere valutata sulla base di prove geofisiche in sito, investigando un numero di verticali adeguato all'estensione dell'area di indagine. Dovrà essere determinata con appropriate rilevazioni anche l'entità delle fluttuazioni dei livelli di falda e nelle analisi dovrà essere considerata la condizione meno cautelativa.

9.2.2 Zone di attenzione per Faglie attive e capaci

Per le zone **ZA_{FAC}**, è necessario un **approfondimento di III Livello di Microzonazione Sismica** in cui deve essere indicato se si tratta di Zone di Suscettibilità (ZS) o Zone di Rispetto (ZR), come indicato negli ICMS (2008) e negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica.

La pianificazione urbanistica e territoriale in zone interessate dalla presenza di faglie attive e capaci è chiamata, infatti, a disciplinare gli usi del suolo e le previsioni di trasformazione urbana, tenendo conto della relazione tra la pericolosità sismica ed i diversi contesti insediativi.

Nell'ambito degli strumenti di pianificazione urbanistica, gli studi di MS, ai vari livelli definiti negli ICMS, sono integrati, con quanto specificato dalle linee guida per le Faglie Attive e Capaci.

Al fine di definire tale disciplina, si farà riferimento convenzionalmente a tre categorie di aree urbanistiche:

- **Aree edificate** (recenti o consolidate);
- **Aree non edificate** (con previsione di trasformazione);
- **Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata.**

Ciascuna delle tre categorie di aree è definita da specifici caratteri insediativi, infrastrutturali e di destinazione d'uso la cui relazione con la presenza di **ZA_{FAC}**, **ZS_{FAC}** e **ZR_{FAC}** va sottoposta a specifiche normative.

In particolare, le tre categorie di aree urbanistiche possono essere definite nel modo seguente:

- **Aree edificate** (recenti o consolidate): Aree urbanizzate ed edificate di diverso livello di completamento, consolidamento e stratificazione. Comprendono centri storici, tessuti consolidati, aree in completamento con usi residenziali, produttivi, a servizio o misti.
- **Aree non edificate** (con previsione di trasformazione): Aree non edificate, parzialmente edificate o con previsione di nuovi insediamenti - residenziali, produttivi, a servizio o misti - di manufatti edilizi, di infrastrutture e reti. Tali aree possono trovarsi sia in adiacenza ad aree edificate, sia in contesti ancora non urbanizzati.
- **Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata:** Aree non edificabili o con limitate previsioni di edificabilità, per destinazione d'uso (aree agricole).

Queste tre categorie vanno riferite alle previsioni dello strumento di piano vigente ed alle sue effettive condizioni di attuazione. Per quanto riguarda le specifiche articolazioni

della normativa urbanistica nelle suddette aree, ogni Regione potrà predisporre opportune corrispondenze tra le tre categorie urbanistiche e le zone omogenee individuate dai rispettivi strumenti di pianificazione urbanistica.

La disciplina degli usi del suolo e delle previsioni di trasformazione nelle zone di faglia attiva e capace viene articolata in **due tipi di indicazioni**:

- indicazioni urbanistiche, che definiscono possibili regolamentazioni dallo strumento urbanistico anche in termini di categorie di intervento e di destinazioni d'uso e modalità attuative;
- indicazioni edilizie, che definiscono per l'edilizia esistente e di nuova costruzione, con riferimento alla normativa tecnica antisismica, quali categorie di intervento sono possibili e su quali classi d'uso. Con riferimento alle tre categorie di aree urbanistiche sopra definite e alle zone di faglia in cui esse ricadono, viene proposto un abaco di diverse tipologie di indicazioni urbanistiche (Cfr. Tab. B1). Nella tabella viene riportata anche una colonna relativa alle infrastrutture, come ambito distinto e in questa sede non approfondito.

CATEGORIE URBANISTICHE		AREE EDIFICATE (RECENTI O CONSOLIDATE)	AREE NON EDIFICATE (CON PREVISIONE DI TRASFORMAZIONE)	AREE NON URBANIZZATE A TRASFORMABILITÀ LIMITATA	INFRASTRUTTURE
Zone di faglia	Z _{AIC}	Obbligo di approfondimento (8.1.1)	Obbligo di approfondimento (8.2.1)		Programma Infrastrutture (8.3)
	Z _{SIC}	Programma Zone Instabili (8.1.2)	Intervento limitato (8.2.2)		
	Z _{RIC}		Intervento inibito (8.2.3)		

10. BIBLIOGRAFIA

ANDERSON H., JACKSON J. (1987): ACTIVE TECTONICS OF ADRIATIC REGION, GEOPHYS. J. R. ASTR. SOC., 91, 937-983.

AOUDIA A. (1998): ACTIVE FAULTING AND SEISMOLOGICAL STUDIES FOR EARTHQUAKE HAZARD ASSESSMENT. PH.D. THESIS, 153 PP., UNIV. OF TRIESTE, OCTOBER 1998.

AOUDIA A., SARAO' A., BUKCHIN B., SUHADOLC, P. (2000): THE FRIULI 1976 EVENT: A REAPPRAISAL 23 YEARS LATER. GEOPHYS. RES. LETTERS, 27, 573-576.

BURRATO, POLI, VANNOLI 2008 SOURCES OF MW 5+ EARTHQUAKES IN NORTHEASTERN ITALY AND WESTERN SLOVENIA: AN UPDATED VIEW BASED ON GEOLOGICAL AND SEISMOLOGICAL EVIDENCE.

CASTELLARO S., MULARGIA F., BIANCONI L. (2005): STRATIGRAFIA SISMICA PASSIVA: UNA NUOVA TECNICA ACCURATA VELOCE ED ECONOMICA. GEOLOGIA TECNICA & AMBIENTALE, N. 3, PP. 76-102.

CPTI CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI INGV, ROMA

DISS 3.1.0, DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENETIC SOURCES, INGV, ROMA:
[HTTP://DISS.RM.INGV.IT/DISS](http://diss.rm.ingv.it/diss)

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.

E. GUIDOBONI, G. FERRARI, D. MARIOTTI, A. COMASTRI, G. TARABUSI, G. VALENSISE. CFTI CATALOGO DEI FORTI TERREMOTI IN ITALIA 461 B.C. – 1997

IBS VON SEHT M., WOHLBERG J. (1999): MICROTREMOR MEASUREMENTS USED TO MAP THICKNESS OF SOFT SEDIMENTS. BULL. SEISM. SOC. AM. 89, PP. 250-259.

ILICETO V., PERUZZA L., ROVELLI A., SLEJKO D. (2002): LA DIFESA DAI TERREMOTI MEDIANTE ZONAZIONE SISMICA: SINERGIE FRA PROTEZIONE CIVILE E PIANI REGOLATORI. GEOLOGIA TECNICA & AMBIENTALE, N. 3, PP. 15-36. DOGLIONI C., BOSELLINI A. (1987) – EOALPINE E MESOALPINE TECTONICS IN THE SOUTHERN ALPS. GEOL. RUNDSCH., 76, PAGG 735-754.

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, GEOITALIA 2005, 20-23 SEPT. 2005, SPOLETO.

ILICETO V., BOAGA J. (2005): INFLUENZA DELLE GEOSTRUTTURE NELLA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO: IL CASO DELLA VAL D'ADIGE. ATTI DEL WORKSHOP DI GEOFISICA: "LA GEOFISICA A SERVIZIO DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI, CON ATTENZIONE ALLE PROBLEMATICHE IN AMBITO MONTANO", ROVERETO (TN), 9-12-2005.

ITHACA BANCA DATI ACCELEROMETRICA ITALIANA, INGV, MILANO:
[HTTP://ITACA.MI.INGV.IT/ITACANET](http://itaca.mi.ingv.it/itacanet)

KOHLER A., OHRNBERGER M., SCHERBAUM F., STANGE S., KIND F. (2004): AMBIENT VIBRATION MEASUREMENTS IN THE SOUTHERN RHINE GRABEN CLOSE TO BASEL. ANNALS OF GEOPH. 47, N. 6, PP. 1771-1781.

KONNO K., OMACHI T. (1998): GROUND MOTION CHARACTERISTICS ESTIMATED FROM SPECTRAL RATIO BETWEEN HORIZONTAL AND VERTICAL COMPONENTS OF MICROTREMORS. BULL. SEISM. SOC. AM. 88, PP. 228-241.

LACHET C, BARD P.-Y. (1994): NUMERICAL AND THEORETICAL INVESTIGATIONS ON THE POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF NAKAMURA'S TECHNIQUE. J. PHYS. EARTH 42, PP. 377-397.

C. MELETTI, G. VALENSISE: ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 – APP. 2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA. MARZO 2004

D. MOLIN, M. STUCCHI E G. VALENSISE: MASSIME INTENSITÀ MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI. GNDT. ING, SSN – 1996

NAKAMURA Y. (1989): A METHOD FOR DYNAMIC CHARACTERISTICS ESTIMATION OF SUBSURFACE USING MICROTREMORS ON THE GROUND SURFACE. QUARTERLY 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

POLI M.E., P. BURRATO, F. GALADINI E A. ZANFERRARI, 2008 SEISMOGENIC SOURCES RESPONSIBLE FOR DESTRUCTIVE EARTHQUAKES IN NORTH-EASTERN ITALY , INGV ROMA

SESAME PROJECT AA.VV. [HTTP://SESAME-FP5.OBS.UJF-GRENOBLE.FR/SES_REPORTS.HTM](http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/ses_reports.htm)

STUDIO RECH, 2009: RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA E RELATIVA CARTOGRAFIA ALLEGATA ALLA DOCUMENTAZIONI DEL PATI DEI COMUNI DI CAMPO SAN MARTINO, CITTADELLA, FONTANIV, GALLIERA VENETA E TOMBOLO .

M. SUGAN E L. PERUZZA: DISTRETTI SISMICI DEL VENETO. BOLLETTINO DI GEOFISICA TEORICA ED APPLICATA VOL. 52 SUPPLEMENT - OGS - 2011

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 NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI. TRIESTE 1987

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.

[HTTPS://IDT2.REGIONE.VENETO.IT/IDT/DOWNLOADER/DOWNLOAD](https://idt2.regione.veneto.it/idt/downloader/download) (PER DATI CARTOGRAFICI E GEOLOGICI REGIONALI);

[HTTP://MAPSERVER.IUAV.IT/WEBSITE/FOTO_AEREE/](http://mapserver.iuav.it/website/foto_aeree/) (PER LA CONSULTAZIONE DELLE FOTO AEREE);

[HTTP://CNT.RM.INGV.IT](http://cnt.rm.ingv.it) (CATALOGO ISIDE PER I TERREMOTI RECENTI)

[HTTPS://EMIDIUS.MI.INGV.IT/CPTI15-DBMI15/](https://emidius.mi.ingv.it/cpti15-dbmi15/) (DATABASE MACROSISMICO ITALIANO)



INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA APPROVATI DALLA CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME (13.11.2008).

STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA – SPECIFICHE TECNICHE PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA – VERSIONE 4.2;
COMMISSIONE TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.