PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

REGIONE VENETO

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Veneto

Comune di Brogliano

Regione	Soggetto realizzatore	Data
REGIONE VENETO	COMUNE DI BROGLIANO	Maggio 2014
Segreteria Regionale per l'Ambiente	Progettisti:	
	DOLOMITI STUDIO GEOLOGIA INGEGNERIA AMBIENTE TERRITORIO dr. geol. Claudia Centomo	
	collaboratore dr. geol. Matteo Collareda	

INDICE

1. INTRODUZIONE 3

2. GENERALITA' 4

3. ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO 5
   - 3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 5
   - 3.2 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO 6
   - 3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 10
   - 3.4 IDROLOGIA DI SUPERFICIE 14
   - 3.5 ACQUE SOTTERRANEE 15

4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO 16
   - 4.1 INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO GENERALE 16
   - 4.2 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA LOCALE 19
   - 4.3 SISMICITÀ STORICA 20
   - 4.4 FAGLIE CAPACI E SORGENTI SISMOGENETICHE 24
   - 4.5 ZONAZIONE SISMICA NAZIONALE 26
   - 4.6 PERICOLOSITÀ SISMICA DI RIFERIMENTO 29

5. MICROZONAZIONE SISMICA. PRINCIPI GENERALI E FINALITA' 32
   - 5.1 INTRODUZIONE 32
   - 5.2 LA NATURA DEL PROBLEMA 32
   - 5.3 FINALITÀ E LIVELLI DI APPROFONDIMENTO 34

6. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI PREGRESSI E DI NUOVA REALIZZAZIONE 35
   - 6.1 INDAGINI PREGRESSE E DI NUOVA REALIZZAZIONE 35
   - 6.2 METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DELLE NUOVE INDAGINI 35

7. SINTESI DEI RISULTATI 37
   - 7.1 INDAGINE SISMICA DI TIPO PASSIVO IN *ARRAY* (RE.MI.) 38

8. DETERMINAZIONE DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (V_S) 39

9. RISULTATI DELLE MISURE 39
   - 9.1 MODELLO GEOSISMICO DEL SOTTOSUOLO. INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE 49

10. ELABORATI CARTOGRAFICI 50
    - 10.1 CARTA DELLE INDAGINI 50
    - 10.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (CGT_MS) 50
    - 10.3 CARTA DELLE MICROZONE OMEGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) 56
    - 10.4 CARTA DELLE FREQUENZE 59

11. COMMENTI FINALI E CRITICITÀ 61

12. REDAZIONE CARTOGRAFICA E CREAZIONE BASI INFORMATIVE 62

13. ANALISI PER LA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA (C.L.E.) 64

14. BIBLIOGRAFIA 67

Allegati fuori testo:

- Carta delle indagini scala 1:10.000
- Carta geologico-tecnica scala 1:10.000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica scala 1:10.000
- Carta delle frequenze scala 1:10.000
- Carta dell'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) scala 1:10.000
- Schede delle indagini
- DVD contenente i file pdf dello studio e le basi informative

1. INTRODUZIONE

Su incarico dell'Amministrazione comunale con determina n. 311 del 29.11.2013 è stato affidato a codesto studio l'incarico per la redazione dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 e Condizione Limite di Emergenza ai sensi dell'O.P.C.M. 52/13.

Tra i principali compiti che la Regione Veneto svolge in materia ambientale e di governo del territorio vi è quello di pianificare e programmare strumenti diretti alla mitigazione dei rischi naturali e antropici con l'obiettivo di favorire trasformazioni positive nella vita delle persone e una migliore sostenibilità ambientale.

I rischi naturali possono essere mitigati attraverso azioni preventive, come la corretta gestione del territorio da parte delle amministrazioni competenti. Attendere un evento sismico per intervenire in fase di emergenza, aumenta esponenzialmente il costo di gestione degli interventi e delle successive ricostruzioni. Al contrario, agire in modo preventivo riduce i costi di gestione in fase di emergenza, poiché intervenire sulla mitigazione del rischio riduce alla fonte il loro "peso" economico e sociale sull'ambiente e sulla popolazione. Procedere in modo preventivo, quindi, significa sviluppare una serie di norme, linee guida e-comportamenti operativi/educativi finalizzati alla gestione dei rischi naturali, alla riduzione generale dei costi sociali e della loro ricaduta sulla popolazione.

La Regione Veneto, da diversi anni, ha attivato una serie d'iniziative di tipo normativo e tecnico-operativo per conseguire efficaci progressi sulla conoscenza dei fenomeni naturali del proprio territorio legati alla geologia, con l'obiettivo di attivare azioni efficaci in materia di riduzione dei rischi naturali, con particolare riguardo al rischio sismico. Gli studi preventivi in campo sismico permettono di identificare aree in cui la pericolosità sismica raggiunge livelli che possono pregiudicare la sostenibilità del territorio, sia in termini di vite umane, sia economici e sia di degrado ambientale.

Per Microzonazione Sismica (MS) s'intende la "valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo". In sostanza, la MS individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità. È da tempo noto che le condizioni locali dei terreni di fondazione condizionano in modo importante gli effetti del terremoto: lo stesso evento sismico può provocare scuotimenti decisamente differenti in dipendenza degli spessori e delle caratteristiche dei terreni più soffici presenti negli strati più superficiali o delle caratteristiche morfologiche del sito.

Le caratteristiche geologiche del territorio possono alterare localmente e in maniera evidente l'azione sismica. Recentemente, anche in Italia (ad esempio Umbria-Marche, 1997 – Salò, 2004 – L'Aquila, 2010 – Modenese, 2012), sono stati evidenziati livelli di danneggiamento estremamente diversi in edifici ubicati a breve distanza tra loro e aventi all'incirca le stesse caratteristiche strutturali. In alcune di queste località (ad esempio Umbria-Marche, 1997) sono state effettuate registrazioni accelerometriche durante un *aftershock*, che hanno mostrato come i livelli di scuotimento su siti in pianura su terreni sciolti siano stati amplificati di oltre il doppio rispetto a siti su roccia e abbiano avuto una durata molto più lunga.

Gli studi di MS hanno l'obiettivo di razionalizzare la conoscenza di questi fenomeni restituendo informazioni utili per chi deve pianificare o realizzare interventi sul territorio.

2. GENERALITA'

La Microzonazione Sismica (MS) è uno strumento molto utile ai fini della prevenzione sismica e della valutazione del rischio sismico, per il governo del territorio, per la progettazione e per la pianificazione per l'emergenza. La MS ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o subcomunale) le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture. In sostanza, lo studio di MS viene sintetizzato in una carta del territorio nella quale sono indicate:

- le zone in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
- le zone in cui sono presenti fenomeni di deformazione permanente del territorio, attivi o potenzialmente attivabili in caso di sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione, cedimenti differenziali, ecc.).

In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi, gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità e impegno crescenti, passando dal Livello 1 fino al Livello 3:

- il **Livello 1** è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle zone sopra descritte;
- il **Livello 2** si propone di quantificare l'effetto sismico proprio di ogni zona omogenea individuata nel Livello 1, utilizzando allo scopo ulteriori e mirate indagini, ove necessario, e definisce la Carta di Microzonazione Sismica;
- il **Livello 3** restituisce una Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Tali studi sono di fondamentale importanza nella pianificazione al fine di:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti;
- definire gli interventi ammissibili in una data area;
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento;
- stabilire gli orientamenti e le modalità di intervento nelle aree urbanizzate;
- definire le priorità di intervento.

Nella pianificazione d'emergenza, sia di livello comunale che provinciale, gli studi di MS consentono una migliore e consapevole individuazione degli elementi strategici di un piano di emergenza e, in generale, delle risorse di protezione civile. La conoscenza dei possibili effetti locali indotti da un evento sismico su un territorio contribuisce a:

- scegliere opportunamente le aree in cui si dovranno posizionare le strutture di emergenza e gli edifici strategici;
- individuare le strutture e le infrastrutture che necessitano di specifiche analisi, per definirne il grado di adeguamento necessario ad evitarne il collasso in caso di sisma e, quindi, per non compromettere le loro funzioni di pubblica utilità.

La normativa di riferimento, per lo svolgimento del presente studio, è rappresentata dalla D.G.R. n°884 del 04/06/2013 che recepisce pienamente l'O.C.D.P.C. n°52/2013, concedendo i contributi a favore degli enti locali. Lo studio è stato svolto ad un Livello 1 con approfondimenti successivi, secondo le modalità riportate negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome il 13/11/2008. A tal riguardo, anche se non previsto nel Livello 1, sono state effettuate delle misurazioni sismiche su tutto il territorio comunale, in modo da ottenere informazioni più dettagliate sulla risposta sismica locale, necessaria per definire con maggior cura lo studio di Microzonazione Sismica e per restituire, oltre a quelle richieste, carte tematiche importanti per lo sviluppo urbanistico del territorio e per gli eventuali adeguamenti sismici delle strutture.

Ad ogni modo, i risultati del Livello 1 possono offrire elementi conoscitivi utili per l'adeguamento o il miglioramento di opere esistenti e per la realizzazione di quelle nuove, orientando il Progettista nella scelta degli approfondimenti specifici da eseguire.

3. ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Brogliano si estende su un'area di 12,15 kmq lungo versante destro del settore meridionale della Valle del torrente Agno, alle estreme propaggini orientali dei Monti Lessini.

Esso confina a nord con il Comune di Cornedo Vicentino e Valdagno, a sud e ovest con il Comune di Trissino e ad est con il Comune di Castelgomberto.

Inquadramento generale del territorio

È caratterizzato da una forma allungata sulla direttrice est-ovest, con netta prevalenza (90%) di rilievi collinari cui si affianca, verso est, una ridotta porzione di fondovalle pianeggiante, attraversata dal torrente Agno.

Il particolare rapporto tra morfologia del territorio e le principali "vie" di comunicazioni ha determinato una struttura insediativa convergente sui centri principali di Brogliano e Quargnenta su quali gravita una fitta maglia di contrade e nuclei rurali che presidiano il territorio.
Il fondovalle si estende per circa 200 ha e comprende il centro di Brogliano il quale costituisce il punto di riferimento per l'intera area.

L'alveo del torrente Agno separa la continuità della porzione pianeggiante determinando un'immediata selezione dei percorsi stradali.

Un solo ponte attraversa il torrente in ambito comunale e questo ha condizionato lo sviluppo insediativo del capoluogo e ha indotto la prevalente localizzazione delle attività produttive sulla sponda sinistra dell'Agno proprio grazie alla migliore accessibilità alla strada statale 246.

Per quanto riguarda la zona collinare, trattandosi di un comprensorio prevalentemente agricolo, esso ha subito il generale declino dell'attività agricola con il conseguente progressivo abbandono delle contrade.

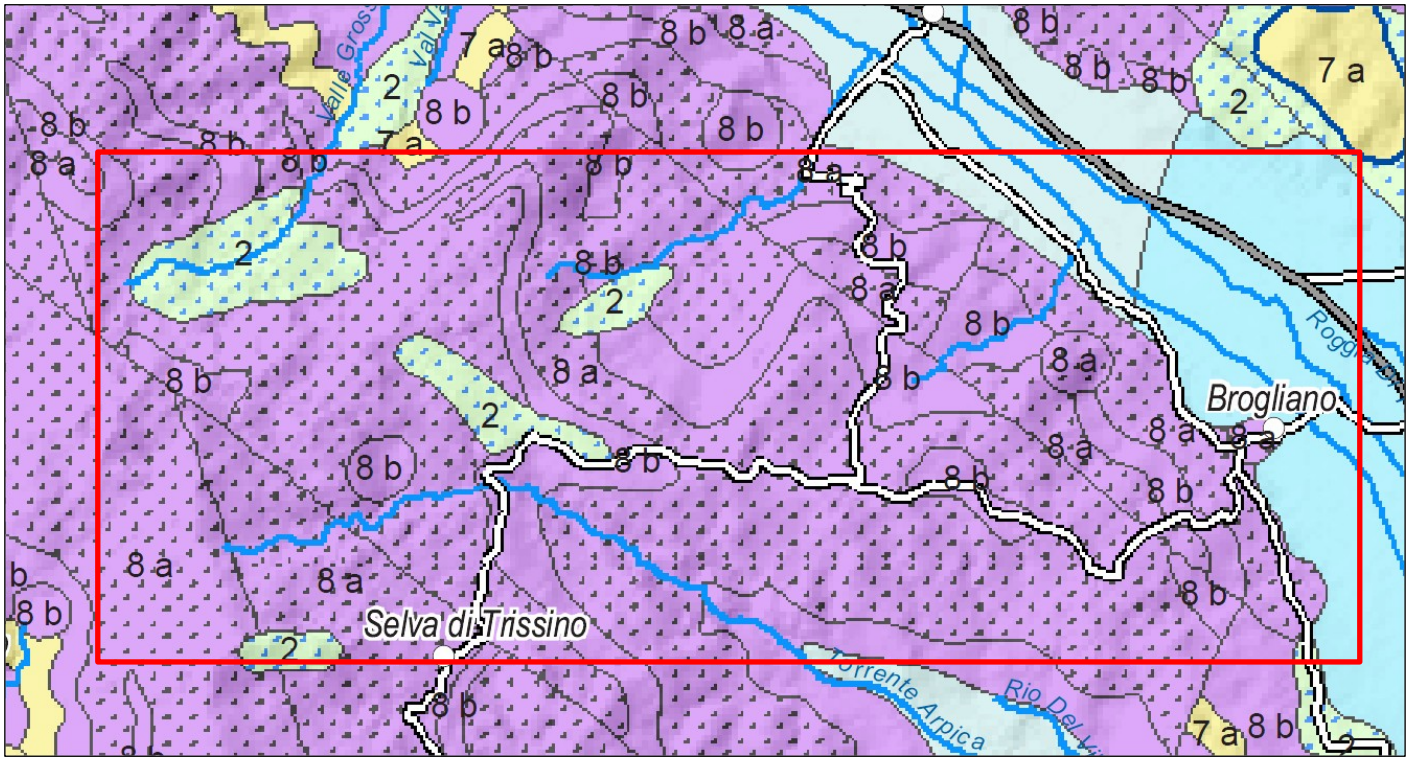
Per quanto concerne infine il sistema viario, il Comune di Brogliano è percorso trasversalmente dalla Strada Provinciale n. 38 "della Selva" che collega l'abitato di Nogarole Vicentino (nella valle del Chiampo) a quello di

Cornedo Vicentino attraversando la frazione di Quargnenta: da questa, in località Marzari, si stacca la S.P. n. 39 che oltrepassando il Capoluogo ed il torrente Agno si innesta sull'importante asse della ex S.S. n. 246. Entrambe queste direttrici sono intercettate dalla S.P. 102 "di S. Martino" che, con andamento pressoché parallelo alla valle dell'Agno, collega l'abitato di Trissino a Cornedo passando attraverso il centro di Brogliano.

Su questa rete viaria principale si articola un reticolo stradale minore che mettere in comunicazione tra loro le contrade ed i nuclei rurali.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO

Per un inquadramento generale del territorio studiato si allega estratto della Carta Geologica della Provincia di Vicenza da cui risulta chiaramente come il la litologia sia data da formazioni vulcaniche terziarie in ambito collinare e da depositi alluvionali costituiti da ghiaie e sabbie nel fondovalle.



Estratto Carta geologica della Provincia di Vicenza

LEGENDA

4 a – Ghiaie e sabbie prevalenti - Quaternario

8 a – Basalti di colata, filoni e camini di lava – Oligocene – Paleocene sup.

8 b – ialoclastiti, tufi e brecce d'esplosione – Oligocene –Paleocene sup.

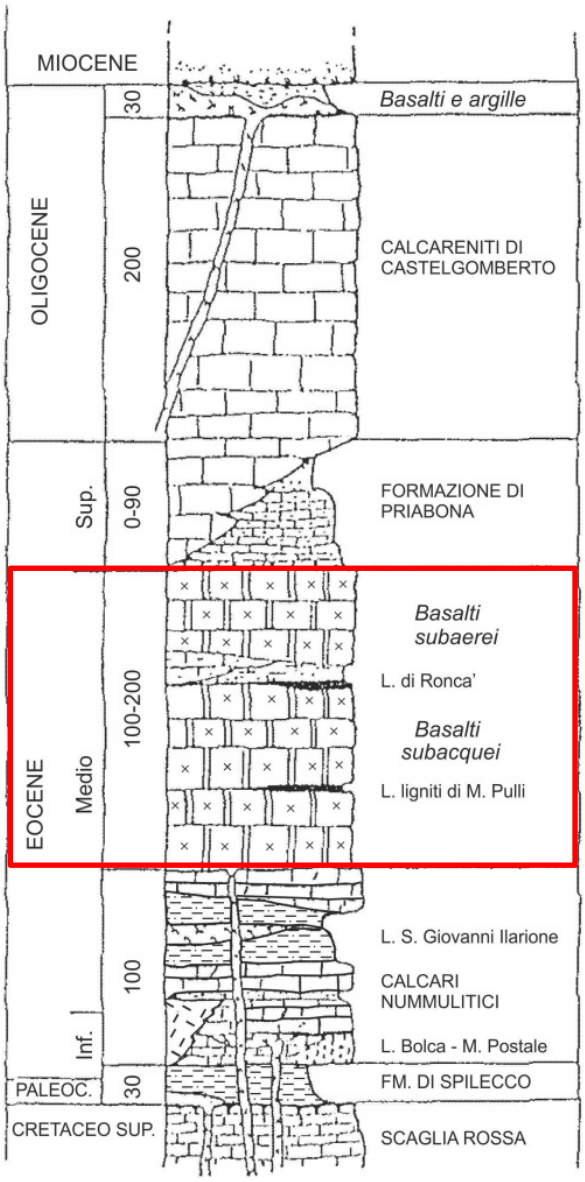
❖ **Cenni di geologia storica**

Con l'inizio dell'Era Cenozoica l'area dei Monti Lessini viene interessata da cospicue manifestazioni vulcaniche, sia subaeree che sottomarine.
Gran parte di questa attività vulcanica è concentrata in una particolare struttura vulcano tettonica, denominata "semigraben dell'Alpone-Agno", costituita da una depressione allungata in senso meridiano e asimmetrica in quello parallelo che si estendeva ad Est della linea di Castelvero fino a comprendere la valle dell'Alpone, del Chiampo e dell'Agno oltre alla parte occidentale dei Berici.
All'interno di questa fossa fortemente subsidente si sono accumulati, a partire dal Paleocene fino alla fine dell'Eocene medio, spessori di alcune centinaia di metri di prodotti vulcanici basaltici.

La prima fase vulcanica (Paleocene sup. - Eocene medio) è quasi interamente sottomarina con ampie colate di lava, tufi subacquei e ialoclastiti mentre il ciclo successivo (Eocene medio) inizia con lave subacquee e si conclude in condizioni subaeree.

Nell'Eocene inferiore, in concomitanza con un periodo di stasi dell'attività vulcanica, iniziarono a sedimentarsi all'interno del semigraben depositi calcarei di mare relativamente basso (Calcari nummulitici). Questa situazione di stasi, che ha inoltre favorito la nascita di isolotti di origine vulcanica, è perdurata fino all'Eocene medio, periodo in cui l'attività vulcanica riprende il sopravvento riempiendo lentamente il semigraben.

All'inizio dell'Eocene superiore l'area dei Lessini orientali si trova in condizioni di emersione. Una successiva trasgressione marina darà origine ad un complesso di conglomerati, marne e calcareniti che andrà a costituire la Formazione di Priabona.



Colonnina stratigrafica dei Lessini Orientali

3.2.1 Carta Geolitologica del PAT

Le informazioni di natura litostratigrafica di dettaglio sono state riprese *in toto* dallo studio geologico redatto per il Piano di Assetto del Territorio. In particolare è stata considerata la *Tavola c050101 - Carta Geolitologica* dove i litotipi del substrato sono stati classificati in base alle loro caratteristiche strutturali e meccaniche (compattezza, stratificazione, presenza di alternanze di litotipi a diverso grado di resistenza, grado di cementazione e di alterazione), mentre i terreni della copertura sono stati distinti sulla base dei processi che li hanno generati, del loro grado di addensamento, della loro granulometria.

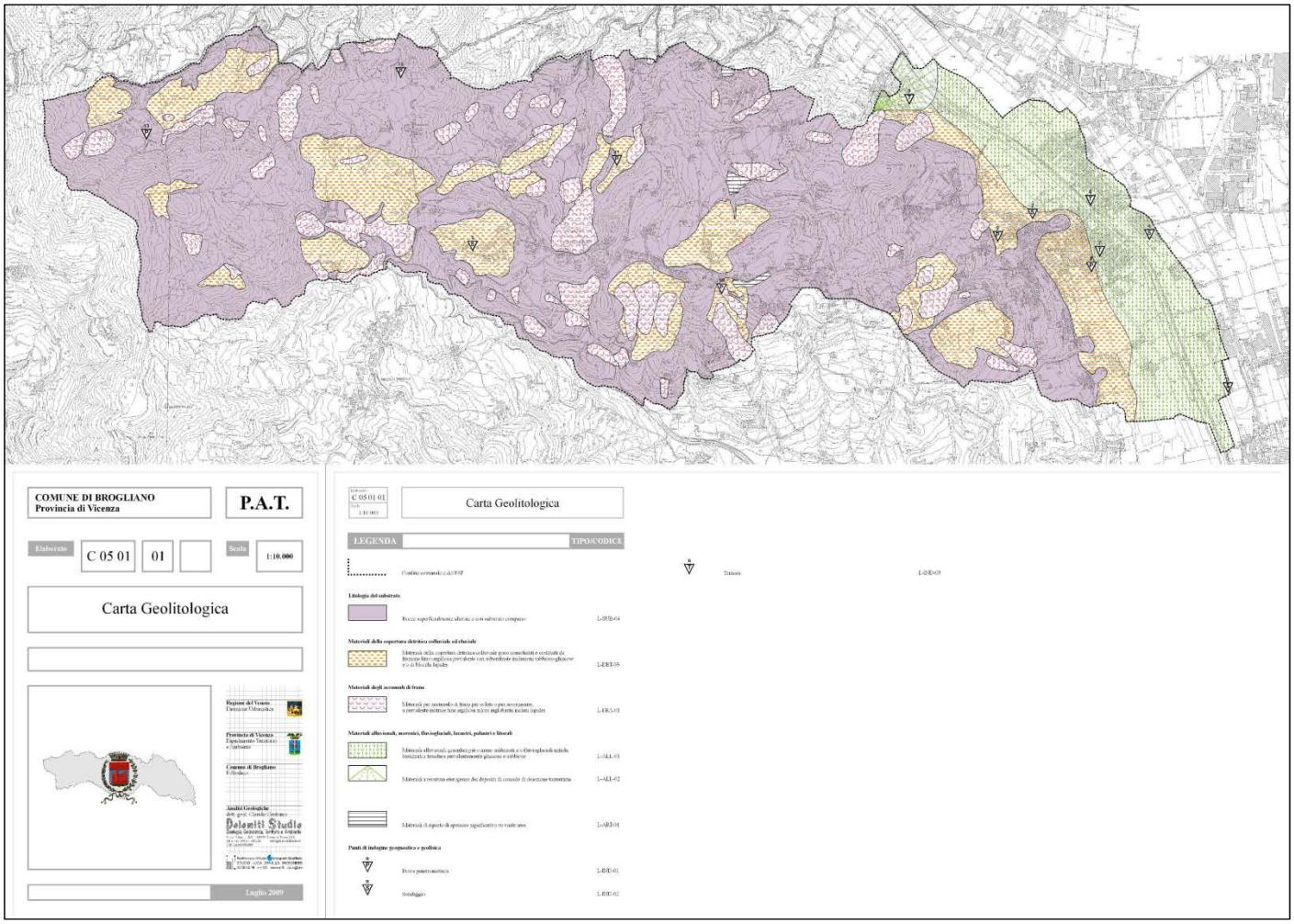


Tavola c050101 Carta Geolitologica del PAT

❖ **Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto**

In questa classe sono state accorpate tutte le tipologie di rocce vulcaniche presenti nel territorio. Si tratta di rocce che si alterano e degradano facilmente a contatto con gli agenti atmosferici e pertanto tendono a dare origine ad estese coperture di alterazione che ricoprono il sottostante substrato compatto. Comprendono:

a) le ***vulcanoclastiti*** (tufi, ialoclastiti, brecce)

La loro distribuzione è molto limitata rispetto alle lave basaltiche. Un orizzonte di tufi e brecce di esplosione è presente a NE di Quargnenta e limitati affioramenti di prodotti vulcanoclastici si trovano presso le contrade: Pozza, Boleo, Morgante. Tali rocce si presentano in masse di colore giallo, rosso vinaccia o grigio, sempre in avanzato stato di alterazione. La roccia sana si presenta costituita da clasti di forma poliedrica, eterogenei, generalmente con distribuzione caotica; localmente si sono rinvenuti tufi a granulometria fine, ben stratificati e gradati.

b) i ***basalti di colate laviche subacquee***

I basalti di colata sono ampiamente rappresentati su tutto il rilievo collinare in particolare nel settore occidentale da M. Croce del Bosco a contrada Menon.

Spesso sono fratturati in blocchi delle dimensioni variabili da pochi cm al metro a seguito della contrazione della lava per raffreddamento. A volte sono visibili strutture particolari come le lave a cuscini (pillows lava); in tal caso si presentano come blocchi rotondeggianti, con dimensioni che variano da pochi centimetri fino a qualche metro. I pillows sono caratterizzati da una superficie liscia e vetrosa e da fratture concentriche e radiali; la loro frantumazione origina ialoclastiti.

c) i ***basalti di colate laviche subaeree, dei camini e dei filoni***

Le singole unità di colata sono talora marcate da un aumento della bollosità e della vacuolarità verso la parte superiore. L'alterazione della massa basaltica è limitata lungo i contatti delle varie colate e nelle fessure della roccia. Il colore varia dal grigio al rossastro al nero.
I **camini** di alimentazione delle colate basaltiche sono ben distinguibili quando tagliano le rocce vulcanoclastiche caratterizzate da un minor grado di competenza e quindi più erodibili, non danno lo stesso risalto morfologico quando sono circondate dalle colate laviche.
Nel territorio comunale sono da citate, in quanto emergenti dal terreno circostante, i coni vulcanici del M. Bergonzola e del colle di Quargnenta mentre incerta è la definizione del corpo lavico del castello di Brogliano.
Spesso i corpi lavici presentano la tipica fessurazione colonnare in cui la fessurazione prismatica o colonnare assunta dal basalto è dovuto alle contrazioni per raffreddamento lento della lava. La giacitura delle colonne basaltiche permette di dedurre la configurazione della superficie da cui si disperdeva il calore e quindi la forma originaria dell'accumulo di lava stesso. Un esempio di basalti colonnari affioranti è visibile presso il colle di Brogliano.
Le caratteristiche geomeccaniche delle "*Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto*" sono buone, diventano scadenti per la roccia molto fratturata.
Le scarpate in roccia possono essere stabili anche in parete verticale tuttavia la presenza di superfici di discontinuità nella massa, come fratture o piani di strato, produce il continuo distacco e caduta di massi dal pendio. Molto pericolosi per i fenomeni di caduta massi sono gli affioramenti di basalto colonnare.
Il valore di permeabilità di queste formazioni varia a seconda del grado di fratturazione e degradazione dell'ammasso ma si possono considerare nell'insieme praticamente impermeabili con **K < 10^{-6} cm/s** anche se localmente una modesta circolazione idrica può avvenire tra le fessure della roccia.

- **Materiali della copertura detritica colluviale poco consolidati e costituiti da frazione limo-argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose e/o di blocchi lapidei**

Sono abbondantemente presenti su tutto il territorio come coltre di alterazione del sottostante substrato compatto, tuttavia sono stati riportati solamente dove lo spessore risulta particolarmente significativo, ossia lungo tutta la fascia pedecollinare di raccordo tra il rilievo ed il fondovalle e in alcune zone individuate su base morfologica, da rilievi di superficie o da prove in sito.
Le analisi granulometriche effettuate su alcuni campioni (rif. P.R.G. anno 1987) confermano che si tratta in prevalenza di *limi sabbiosi debolmente argillosi ad alta compressibilità* ed *argille inorganiche ad alta plasticità*.
La consistenza in genere medio-bassa e l'elevata compressibilità conferisce pertanto a questo tipo di coperture caratteristiche geotecniche nel complesso scadenti, talora pessime. Anche se alle volte una modesta circolazione idrica può avvenire all'interno dei livelli granulari, sono terreni praticamente impermeabili caratterizzati da valori di **K < 10^{-6} cm/s**.

- **Materiali sciolti per accumulo di frana per colata o per scorrimento, a prevalente matrice fine argillosa talora inglobante inclusi lapidei**

Tutti gli accumuli di frana rilevati nel territorio studiato interessano la copertura di alterazione del sottostante substrato vulcanico. La composizione granulometrica di questi materiali varia dai limi sabbiosi debolmente argillosi alle argille con blocchi di basalto.
La consistenza in genere bassa o nulla del terreno conferisce a questo materiale caratteristiche geotecniche in generale pessime. Sono materiali praticamente impermeabili caratterizzati da valori di **K < 10^{-6} cm/s**.

- **Materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno addensati**

Si tratta del materasso di alluvioni grossolane legato alle varie fasi deposizionali del T. Agno il cui spessore varia dai 30 ai 60 mt.
Analisi granulometriche effettuate su alcuni campioni hanno fornito i seguenti risultati: argilla e limo = 5-10%; sabbia = 15-20%; ghiaia = 65-70%; ciottoli = 5-10%.
Siamo dunque in presenza di ghiaie medio grosse, sabbiose con ciottoli e debole matrice argilloso-limosa.

In prossimità del rilievo il materasso alluvionale è interdigitato con frequenti corpi lenticolari sabbiosi o argillosi, mentre in superficie è presente una copertura di terreni limoso-argillosi di spessore mediamente non superiore a 1-2 mt.
Il grado di addensamento delle alluvioni varia da sciolto a compatto. Le caratteristiche geotecniche possono quindi variare da buone a mediocri in funzione del grado di addensamento o della consistenza.
Sono materiali caratterizzati da valori di permeabilità **K = 1 - 10^{-4} cm/s**.

- **Materiali a tessitura eterogenea dei depositi di conoide di deiezione torrentizia**

Comprendono materiali molto eterogenei dal punto di vista granulometrico e tessiturale, costituiti in prevalenza da terreni fini limoso-argillosi, con lenti e livelli più grossolani.
La consistenza è in generale medio-bassa.
Le caratteristiche geotecniche variano notevolmente in funzione dell'eterogeneità dei depositi e della consistenza, ma nell'insieme si possono ritenere scadenti. Anche se alle volte una modesta circolazione idrica può avvenire all'interno dei livelli granulari, sono materiali poco permeabili caratterizzati da valori di **K = 10^{-4} - 10^{-6} cm/s**.

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio di Brogliano risulta prevalentemente collinare con quota massima di 851 m s.l.m. nel settore occidentale (M. Croce del Bosco) mentre la quota altimetrica più bassa, sul fondovalle, è di 140 metri s.l.m.

La morfologia collinare è frutto di un modellamento dato da una rete idrografica ben sviluppata impostata su un substrato di rocce prevalentemente tenere che determinano superfici morbide, ondulate e pendenze dolci, localmente modificate con terrazzamenti per l'adeguamento alle esigenze agricole locali. Bruschi cambi di pendenza associati a locali tratti ad elevata acclività si possono trovare solo in corrispondenza delle incisioni vallive o delle vulcaniti compatte (basalti) che caratterizzano alcuni tipici rilievi di origine vulcanica. Il raccordo tra rilievo collinare e fondovalle è graduale e mascherato da una copertura uniforme di terreni argillosi di alcuni metri di spessore.

Al fine del presente studio di microzonazione sismica sono stati considerati alcuni aspetti geomorfologici significativi ricavati sia dallo studio geologico redatto per il Piano di Assetto del Territorio e riportati nella *Tavola c050301 - Carta Geomorfologica* del PAT sia dal Piano di Assetto Idrogeologico.

3.3.1 Tavola c050301 Carta Geomorfologica del PAT

Dalla Carta Geomorfologica del PAT sono state riprese le forme strutturali e vulcaniche (faglie, orli di scarpata e rilievi da neck vulcanico) e le forme di versante dovute alla gravità (corpi di frana, orli di scarpate di degradazione).

Dagli studi condotti il territorio risulta interessato da numerosi dissesti franosi di piccole e medie dimensioni classificabili come colamenti o scorrimenti, più rari e limitati a ristretti ambiti, i fenomeni di crollo. La maggior parte di questi dissesti sono localizzati in contesti agricoli e compromettono la viabilità di collegamento delle contrade. Non mancano tuttavia corpi di frana che lambiscono nuclei abitati con alcune abitazioni che sono state evacuate per sicurezza. Tutti i dissesti rilevati interessano la coltre di alterazione delle vulcaniti e in rari casi il substrato vulcanico molto fratturato, lo spessore risulta variabile da pochi metri alle decine di metri.

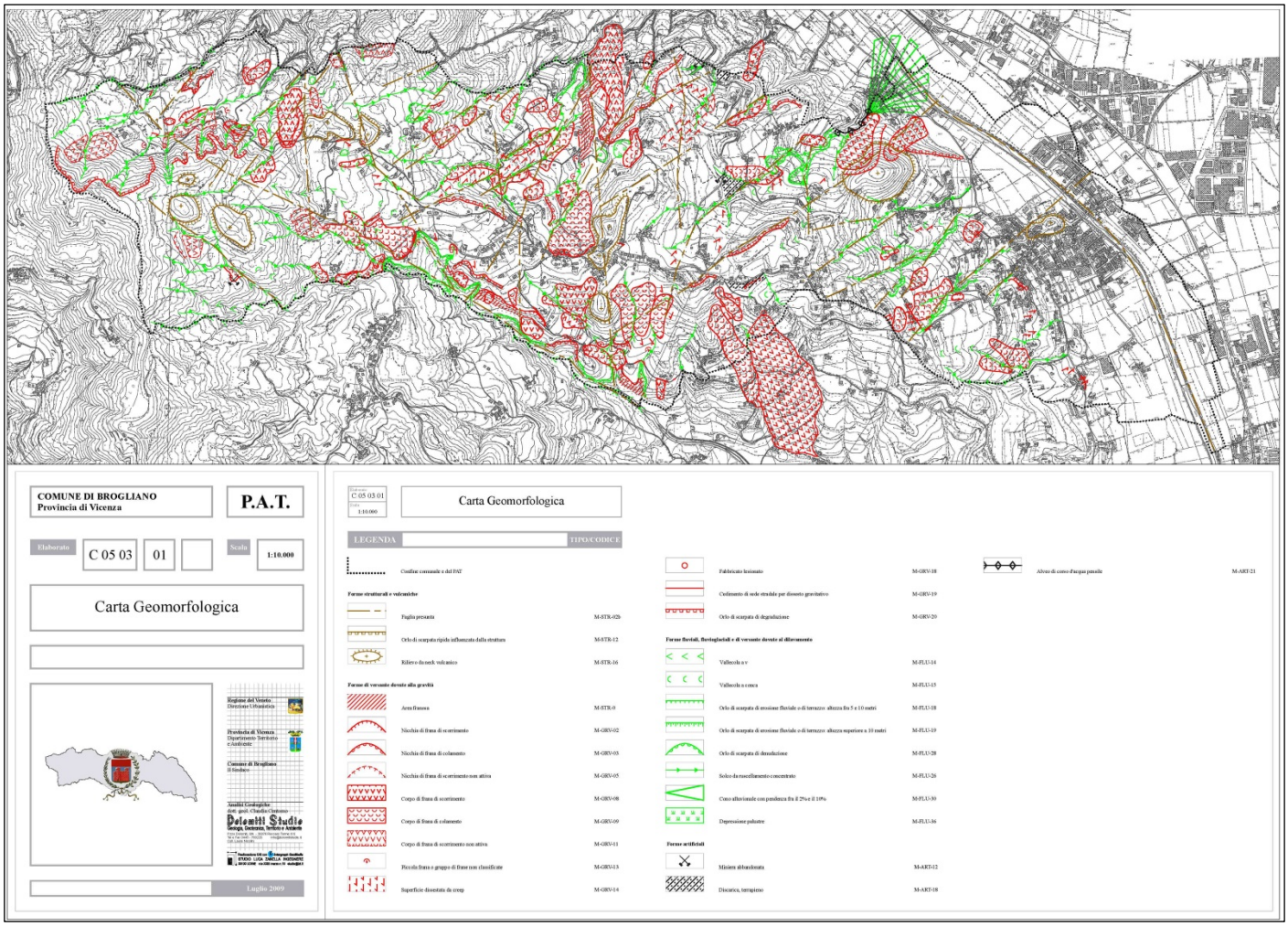


Tavola c050301 Carta Geomorfologica del PAT

3.3.2 Piano di Assetto Idrogeologico

Sono state considerate e riportate nella cartografia le seguenti aree a pericolosità idrogeologica del PAI:

n. 1 area a Pericolosità geologica moderata **P1**

n. 2 area a Pericolosità geologica moderata **P2**

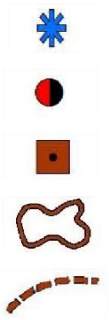
n. 20 aree a Pericolosità geologica elevata **P3**

Infine con delibera n. 3 in data 09.11.2012 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico è stato adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione (pubblicata nella GU n. 280 del 30.11.2012) contenente le Norme di Attuazione (NdA). Nelle nuove cartografie aggiornate sono state inserite anche le "zone di attenzione" per le quali si fa riferimento all'art. 5 delle NdA del PAI di seguito riportato:

Art. 5 - Zone di attenzione

1. *Sono definite "zone di attenzione" le porzioni di territorio ove vi sono informazioni di possibili situazioni di dissesto a cui non è ancora stata associata alcuna classe di pericolosità e che sono individuate in cartografia con apposito tematismo. L'associazione delle classi di pericolosità avviene secondo le procedure di cui all'art. 6.*
2. *Sono considerate pericolose nei territori per i quali non è stata ancora perimetrata e riportata su cartografia la perimetrazione della pericolosità:*
   a) *le aree soggette a dissesto idraulico e/o geologico e/o valanghivo risultanti da studi riconosciuti dai competenti organi statali o regionali, ovvero da specifiche previsioni contenute negli strumenti urbanistici vigenti;*
   b) in assenza di studi o specifiche previsioni urbanistiche, le aree che sono state storicamente interessate da fenomeni di dissesto idraulico e/o geologico e/o valanghivo.
3. *In sede di attuazione delle previsioni e degli interventi degli strumenti urbanistici vigenti, le amministrazioni comunali provvedono a verificare che gli interventi siano compatibili con la specifica natura o tipologia di dissesto individuata, in conformità a quanto riportato nell'art. 8.*
4. *In sede di redazione degli strumenti urbanistici devono essere valutate le condizioni di dissesto evidenziate e la relativa compatibilità delle previsioni urbanistiche. La verifica è preventivamente trasmessa alla Regione che, ove ritenga ne sussista la necessità, provvede all'avvio della procedura di cui all'art. 6 per l'attribuzione della classe di pericolosità.*

Nel comune di Brogliano sono presenti:



n. 10 dissesti franosi recenti non delimitati (fonte informativa Autorità di Bacino Alto Adriatico);

n. 38 dissesti franosi non delimitati (banca dati I.F.F.I. - Inventario dei fenomeni franosi in Italia);

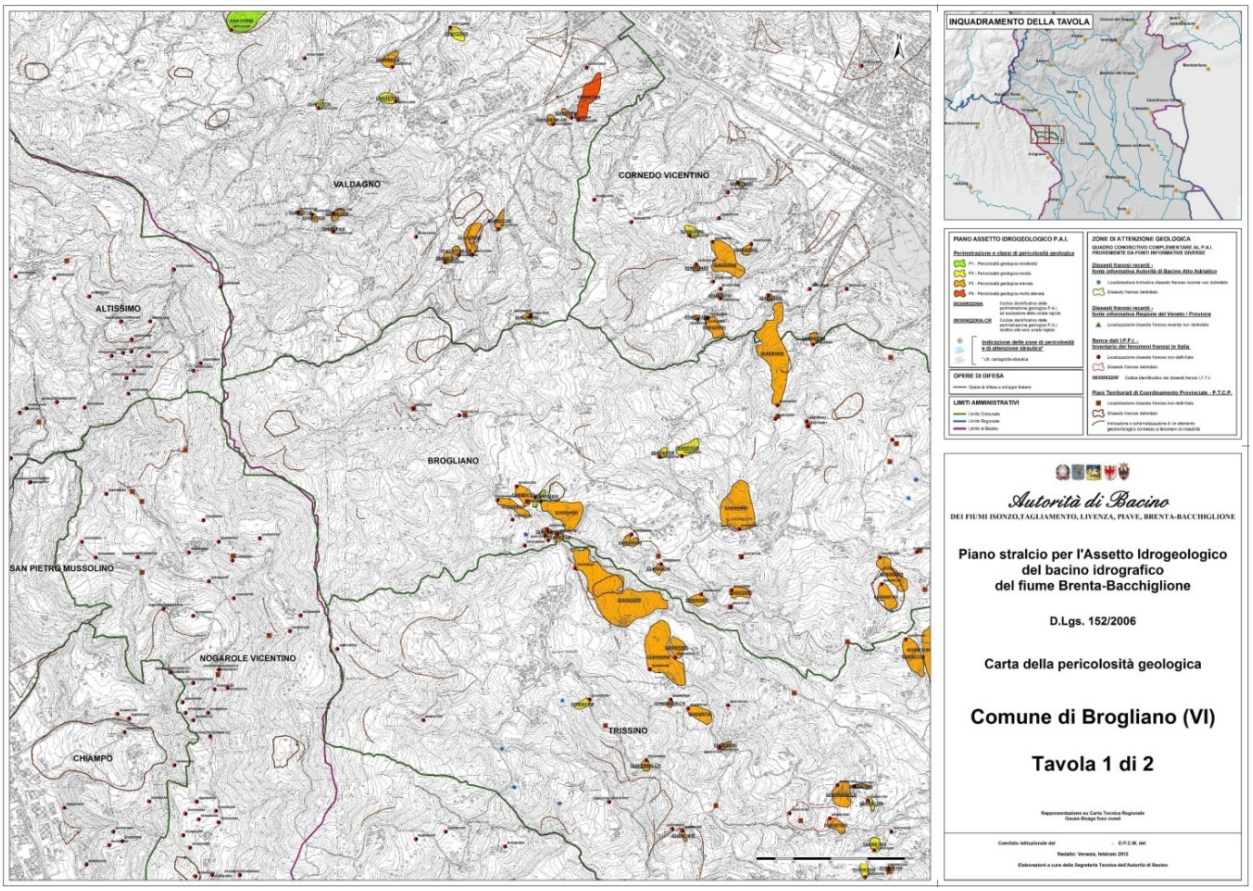
n. 17 dissesti franosi non delimitati (fonte P.T.C.P.);

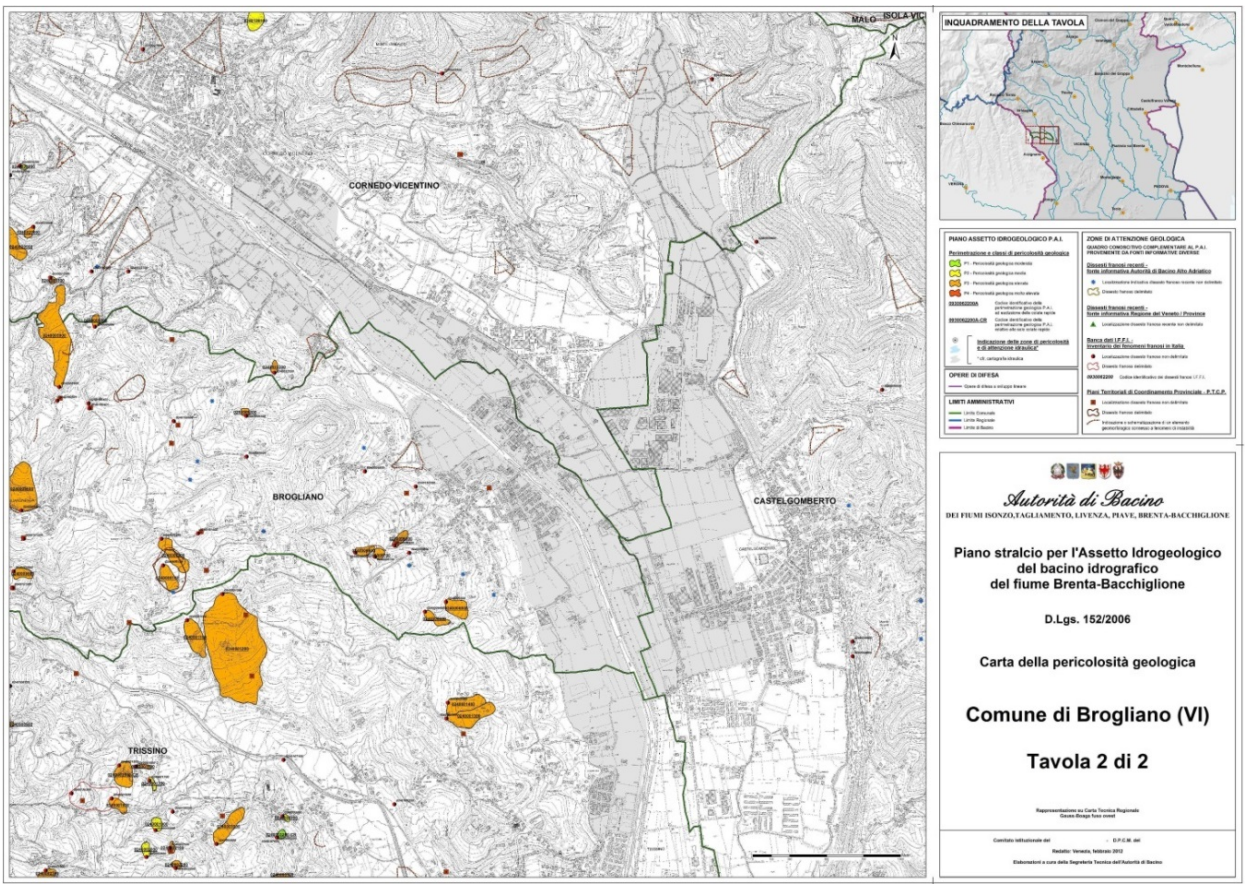
n. 5 dissesti franosi delimitati (fonte P.T.C.P.);

n. 23 elementi geomorfologici connessi a fenomeni di instabilità (fonte P.T.C.P.)

per un totale di **93** zone di attenzione geologica.

Tutte le zone di attenzione geologica sono state analizzate con senso critico e sono state considerate esclusivamente quelle di rilevanza ai fini del presente studio. Si allegano le cartografie del PAI riferibili al comune di Brogliano.


VALDAGNO
CORNEDO VICENTINO
ALTISSIMO
BROGLIANO
SAN PIETRO MUSSOLINO
NOGAROLE VICENTINO
TRISSINO
CHIAMPO
INQUADRAMENTO DELLA TAVOLA
PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.
ZONE DI ATTENZIONE GEOLOGICA
OPERE DI DIFESA
LIMITI AMMINISTRATIVI
Autorità di Bacino
DEI FIUMI ISONZO,TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE
Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico
del bacino idrografico
del fiume Brenta-Bacchiglione
D.Lgs. 152/2006
Carta della pericolosità geologica
Comune di Brogliano (VI)
Tavola 1 di 2

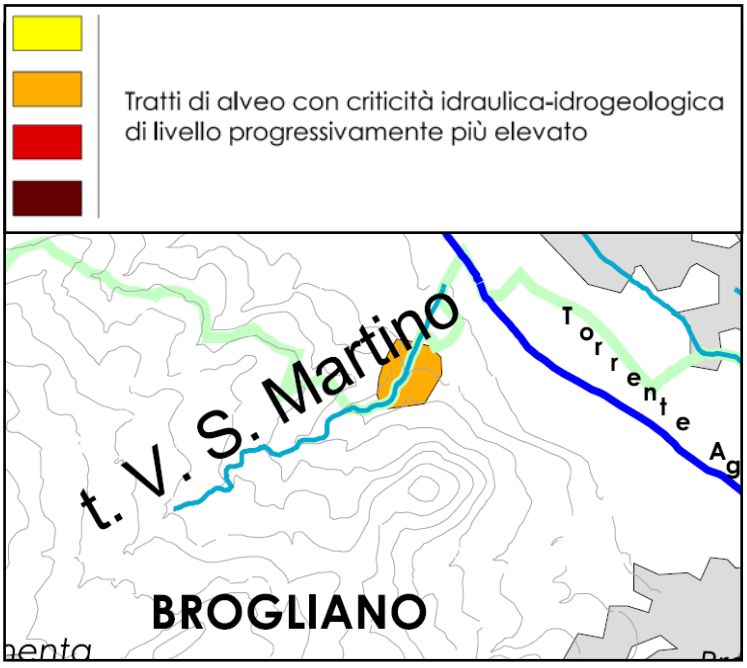

MALO
ISOLA VIC.
CORNEDO VICENTINO
BROGLIANO
CASTELGOMBERTO
TRISSINO
INQUADRAMENTO DELLA TAVOLA
PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.
ZONE DI ATTENZIONE GEOLOGICA
OPERE DI DIFESA
LIMITI AMMINISTRATIVI
Autorità di Bacino
DEI FIUMI ISONZO,TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE
Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico
del bacino idrografico
del fiume Brenta-Bacchiglione
D.Lgs. 152/2006
Carta della pericolosità geologica
Comune di Brogliano (VI)
Tavola 2 di 2

3.4 IDROLOGIA DI SUPERFICIE

Per quel che riguarda la rete idrografica, il fondovalle è percorso dal *T. Agno* caratterizzato da forti variazioni di portata durante l'anno e dalle seguenti rogge: Roggia del Molini e Roggia Lungo Agno.

Nell'area collinare i torrenti principali sono:

- il T. *Arpega* affluente di destra del T. Agno che scorre in buona parte lungo il confine tra il comune di Brogliano ed il comune di Trissino ricevendo le acque di numerosi affluenti secondari. All'interno del suo bacino orografico sono presenti numerosi e vasti fenomeni di dissesto ed erosione lungo le sponde che sono la causa di frequenti fenomeni di trasporto solido in alveo in occasione di periodi particolarmente piovosi;
- il *T. Valle S. Martino* caratterizzato da criticità idraulica – idrogeologica media al suo sbocco sul fondovalle. L'abbondante trasporto solido legato ai frequenti fenomeni erosivi lungo le sponde ed al grande corpo di frana che scende dalle pendici del M. Bregonzola ha provocato la sopraelevazione dell'alveo nel suo tratto finale. Questa pensilità costituisce ora l'elemento di rischio evidenziato anche nella cartografia allegata al *Piano Provinciale di Emergenza* della quale si allega l'estratto.



Estratto del Piano Provinciale di Emergenza

Altri torrenti minori sono:
- il T. Valle Finotti;
- il T. Valle Pantana;
- il T. Valle del Merlo;
- T. Valle Breseghello;
- T. Valle del Pozzo;
- T. Valle di Lora.

Diffuse ovunque sono le **sorgenti** e le **captazioni** utilizzate per uso irriguo o per alimentare le numerose fontane delle contrade. La loro distribuzione è evidente soprattutto nelle zone di raccordo tra le scarpate basaltiche e le coperture detritiche o fra le diverse unità di colata, per differente grado di permeabilità. Sono emergenze da falde poco profonde che hanno per la maggior parte carattere temporaneo e portate ridotte essendo legate al regime delle precipitazioni ed al modesto bacino di alimentazione.

3.5 ACQUE SOTTERRANEE

Il fondovalle del comune di **Brogliano** rientra nella fascia dell'Alta Pianura Veneta. La **falda freatica** è posizionata ad una profondità compresa tra 160 - 120 metri s.l.m. con un'oscillazione annua massima registrata di oltre i 10 metri.

Il sottosuolo dell'alta e media Pianura Veneta è costituito prevalentemente da grandi conoidi ghiaiose depositate dai corsi d'acqua prealpini allo sbocco delle vallate montane (Leogra, Astico, Brenta e Piave).

Nella fascia dell'alta pianura, a ridosso dei rilievi prealpini, per una larghezza di 5 – 10 Km, le differenti conoidi sono tra loro sovrapposte, giustapposte e sovente anastomizzate: ne risulta un sottosuolo pressoché interamente ghiaioso, indifferenziato anche per qualche centinaio di metri di spessore.

A valle, nella media pianura, le conoidi di differente età non sono direttamente sovrapposte tra loro ma risultano nettamente separate da spessi livelli limoso-argillosi, per spessori di 300-400 m.

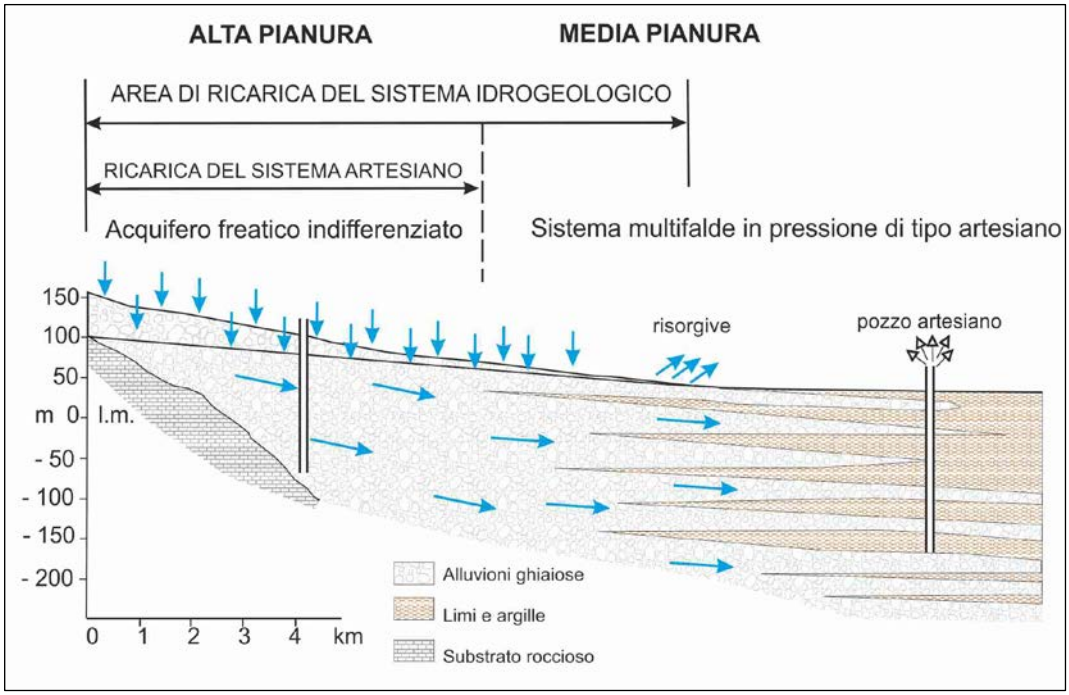
Il sistema idrogeologico, condizionato dalla struttura dei materiali alluvionali ghiaiosi permeabili che costituiscono gli "acquiferi", è unitario, data la continuità spaziale delle ghiaie; tuttavia assume, nella sua unitarietà complessiva, caratteri molto differenti tra alta e media pianura: nell'alta pianura il sottosuolo uniformemente ghiaioso consente l'esistenza di un'unica potente falda, di tipo freatico; nella media pianura la progressiva differenziazione stratigrafica del sottosuolo modifica il sistema monofalda in un sistema multifalde ad esso strettamente collegato e formato da una falda freatica e da più falde in pressione, separate tra di loro. La falda freatica del sistema multifalde si esaurisce lungo la "linea delle risorgive", venendo pressoché interamente a giorno.

La "fascia delle ghiaie" (alta pianura) rappresenta l'area di ricarica dell'intero sistema idrogeologico. L'alimentazione degli acquiferi deriva in grande prevalenza dalle dispersioni dei corsi d'acqua.

Il limite tra sistema monofalda indifferenziato e sistema multifalde corrisponde all'incirca all'isofreatica 45.

Quest'ultimo è costituito da:

- una falda superficiale con spessore variabile da qualche metro fino a circa 30 metri, generalmente libera ma localmente semiconfinata o confinata in relazione alla presenza di copertura limoso-argillosa;
- un sistema di acquiferi in pressione costituito da 3 livelli acquiferi confinati a profondità compresa tra 40-60 m (I acquifero in pressione), 70-80 m (II acquifero in pressione), 90-100 m (III acquifero in pressione).

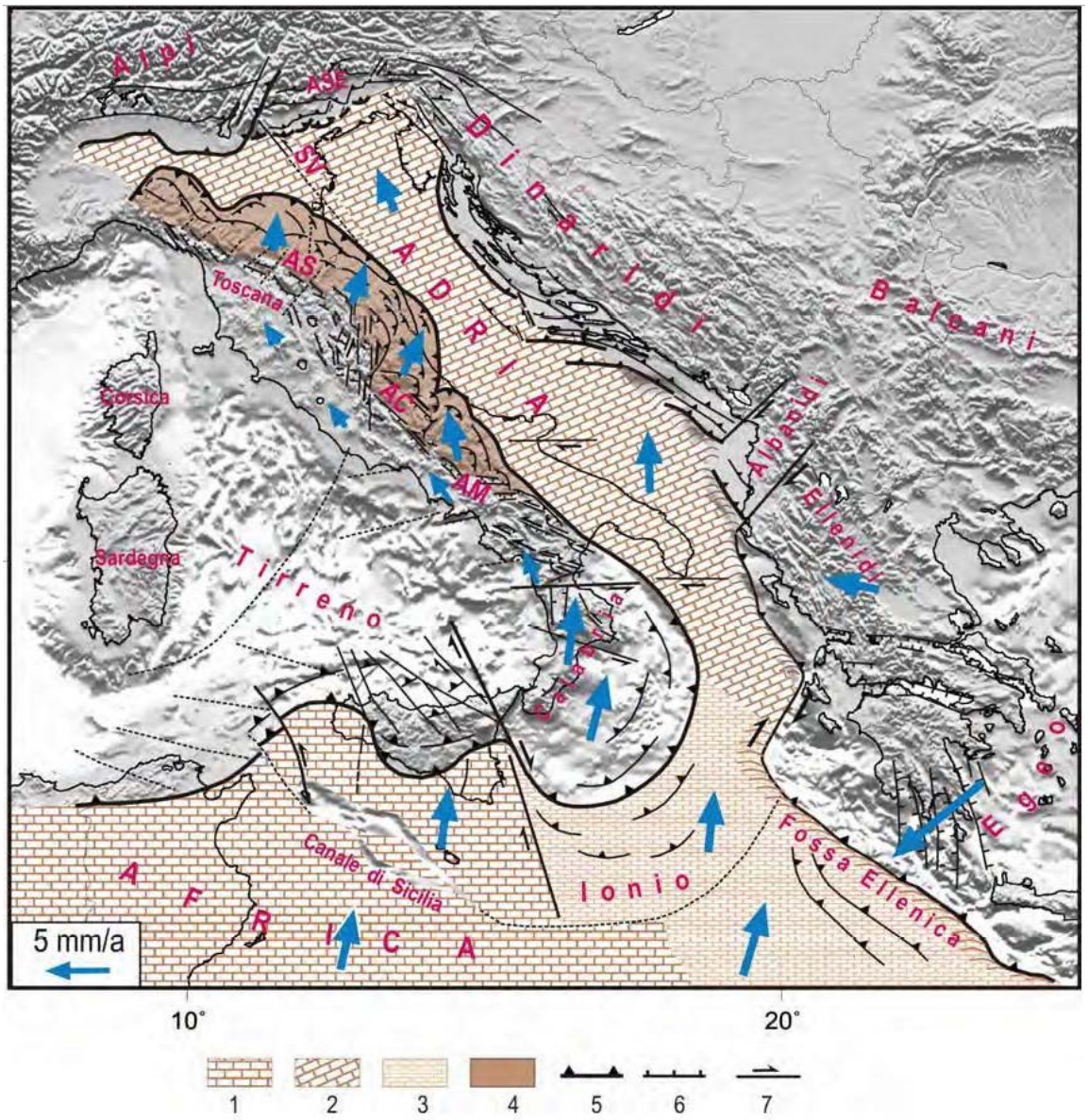


Modello idrogeologico dell'alta e media pianura veneta

4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

4.1 INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO GENERALE

Dal punto di vista strutturale, il territorio di **Brogliano** si colloca a ridosso della grande unità litologica delle Alpi meridionali. Quest'ultima 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) collocata lungo la pianura padana veneta e lungo il mare Adriatico, interagisce attivamente con la placca europea determinando il corrugamene alpino e appenninico e, conseguentemente, lo stress tettonico attuale.



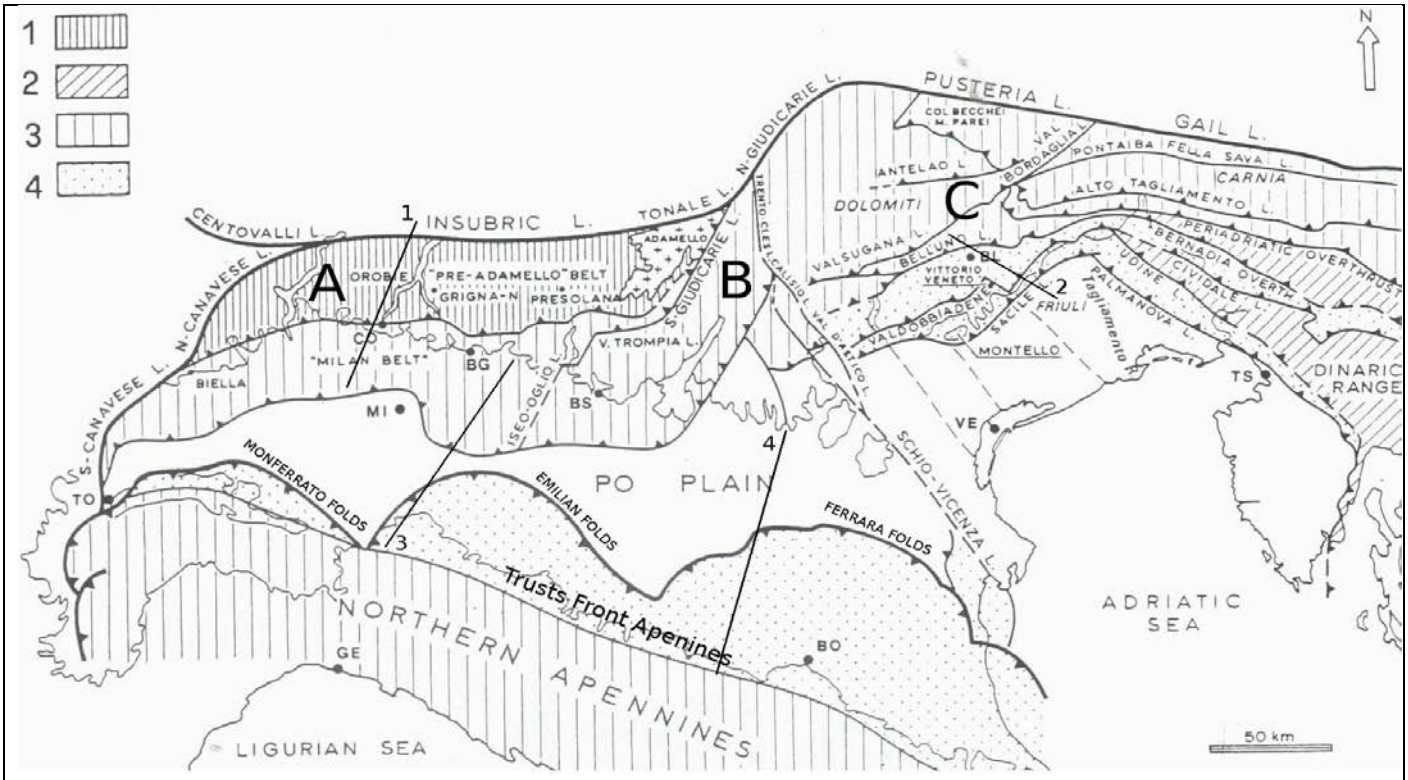
Schema tettonico della penisola italiana

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

L'Adria è costituita da crosta continentale che, nella porzione più settentrionale, è rappresentata dal substrato della pianura padana interagente con il fronte della catena appenninica a sud e con il sud-alpino a nord. La collisione continentale tra la parte più settentrionale della placca Adria e quella europea ha portato alla formazione della catena alpina. La conseguente subduzione verso sud della placca europea e il sovrascorrimento della placca Adria (subduzione continentale, Bally et al., 1985) ha provocato la formazione di strutture di retro-trust.

Un importante ruolo di svincolo cinematico della placca Adria settentrionale viene svolto dalla Linea Schio-Vicenza (Babbucci et al., 2002): una faglia trascorrente sinistra (Plio-Quaternaria) che mette le Alpi meridionali a contatto con quelle centro-occidentali.

Il blocco veneto-friulano (figura seguente) è caratterizzato da strutture tettoniche con direzioni variabili (Dogliosi et al.,1987; Castellarin et al., 1992; Pontron et al., 2000). Nella zona friulana centrale si ha il massimo delle deformazioni e del raccorciamento per l'estrema embricazione sud-vergente delle unità. L'assetto strutturale della pianura veneta, che rappresenta l'avampaese di due catene montuose perimetrali, è condizionato dall'interferenza tra le strutture del Sud-alpino a nord e il fronte della catena dinnarica a est (Merlini e al., 2002).



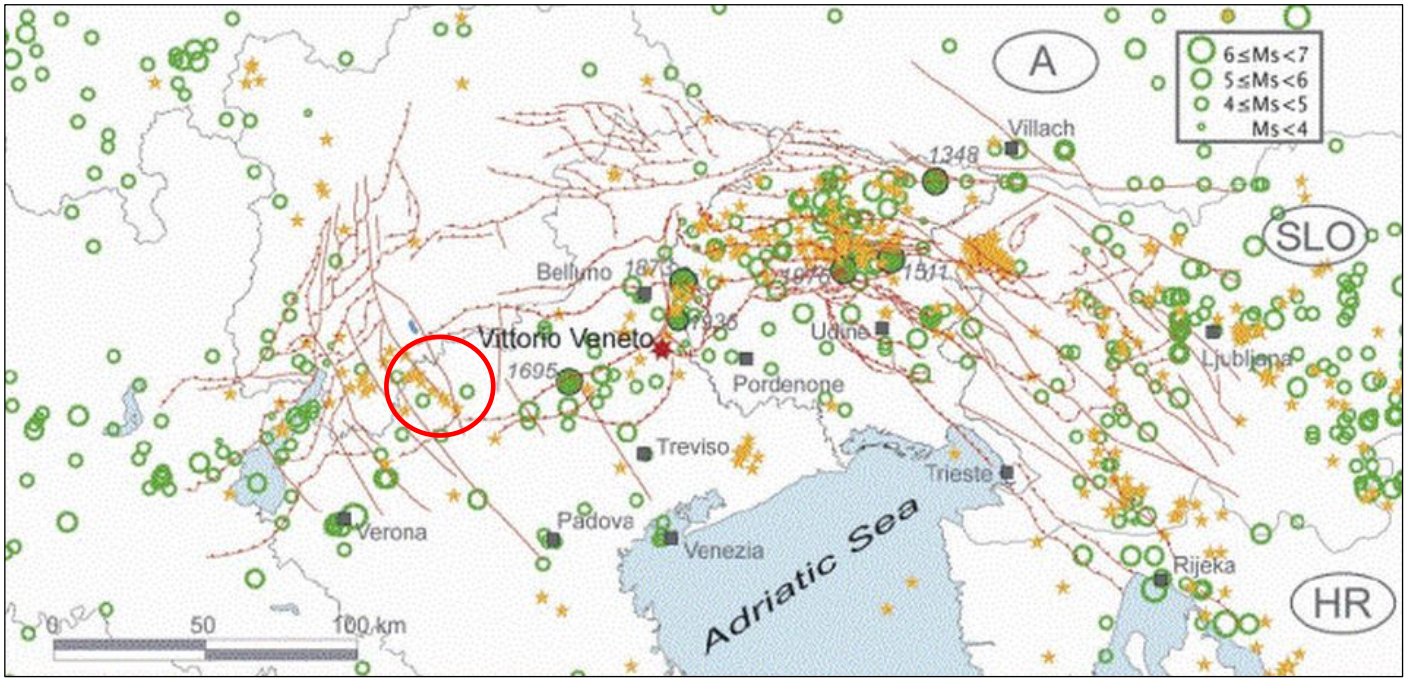
Schema strutturale della Pianura Padana (microplacca Adria) e delle aree adiacenti (mod. da: Castellarin e al., 1982)

Legenda: Il Sud-alpino è tettonizzato in età eoalpina (Cretaceo-Paleocenica) (1) e in età Eocene inf. e medio (2). L'area Appenninica è coeva al settore più occidentale delle Alpi (3) di età Messiniana e Plio-Pleistocenica. L'area Appenninica e Veneto-Friulana (4), in forte accorciamento, è caratterizzata dalle strutture sepolte sotto i depositi di pianura. Il Sud-alpino è diviso in A) Blocco Lombardo, B) Blocco Trentino–Lessineo e C) Blocco Veneto-Friulano

Dallo studio della distribuzione dei meccanismi focali si è ricavato l'assetto dell'ellissoide dello *stress* tettonico in termini di direzione di massima compressione e distensione, questo al fine di definire l'interazione tettonica attuale tra la placca europea e quella Adria, responsabile degli ultimi terremoti emiliani (Balocchi, 2012; Balocchi et al., 2012).

Si può concludere che la placca Adria sia in netta compressione nel settore sud-alpino dove il sovrascorrimento di quest'ultima rispetto alla placca europea genera dei retro-stress all'interno delle unità litologiche deposte sulla crosta continentale dell'Adria.

Il risultato finale è rappresentato da un'attività sismica nelle regioni delle Alpi orientali (Slejko et al., 1989) considerata tra le più elevate del nostro paese. Cinque terremoti con magnitudo di superficie (MS) superiore a 6 sono infatti avvenuti nell'ultimo millennio: nel 1348 a Villaco con MS 6,4 (l'epicentro sembra localizzato nell'attuale zona di confine tra Italia e Austria), nel 1511 nella zona tra Gemona e Idria con MS 6,2, nel 1695 ad Asolo con MS 6,5, nel 1873 nell'Alpago con MS 6,3 e nel 1976 a Gemona con MS 6,5. Oltre a questi, nel 1936 un terremoto di magnitudo (MS) 6,1 ha provocato distruzioni nei paesi del Cansiglio. La figura seguente mostra le faglie principali rilevate nella regione e la distribuzione spaziale dei maggiori terremoti. Questi ultimi, nell'area indagata, risultano di numero molto inferiore rispetto a quelli avvenuti nel vicino Friuli: bisogna segnalare, però, che la sismicità friulana risente della coda del forte terremoto del 1976 e che le stazioni della rete sismometrica dell'Italia nord-orientale sono state ubicate, per un lungo periodo, esclusivamente sul territorio friulano.



Principali lineamenti tettonici dell'area studiata (cerchiata in rosso), terremoti storici (in verde), terremoti strumentali recenti (in arancio)

Le principali strutture tettoniche nel Veneto centro-orientale sono rappresentate da sovrascorrimenti con orientazione nord est–sud ovest, tagliati talvolta da faglie trascorrenti.

Una prima interpretazione della sismicità in chiave sismogenetica è stata presentata da Slejko et al. (1989) nell'ambito di un modello sismotettonico che interessa il territorio italiano dal lago di Garda al confine con la Slovenia.

Nell'ambito di un progetto sviluppato negli anni Novanta, Meletti et al. (2000) hanno formulato un modello sismogenetico per l'Italia che consta di 80 zone sismogenetiche. Queste zone risultano omogenee sia dal punto di vista tettonico che da quello sismico. Studi successivi (Slejko e Rebez, 2002) hanno portato a complicare, a livello regionale, quel modello (zonazione FRI) o a semplificarlo (Zonazione ZS9 – Meletti and Valensise, 2004) al fine di disporre di cataloghi sufficientemente ricchi di terremoti per tutte le zone sismogenetiche.

4.2 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA LOCALE

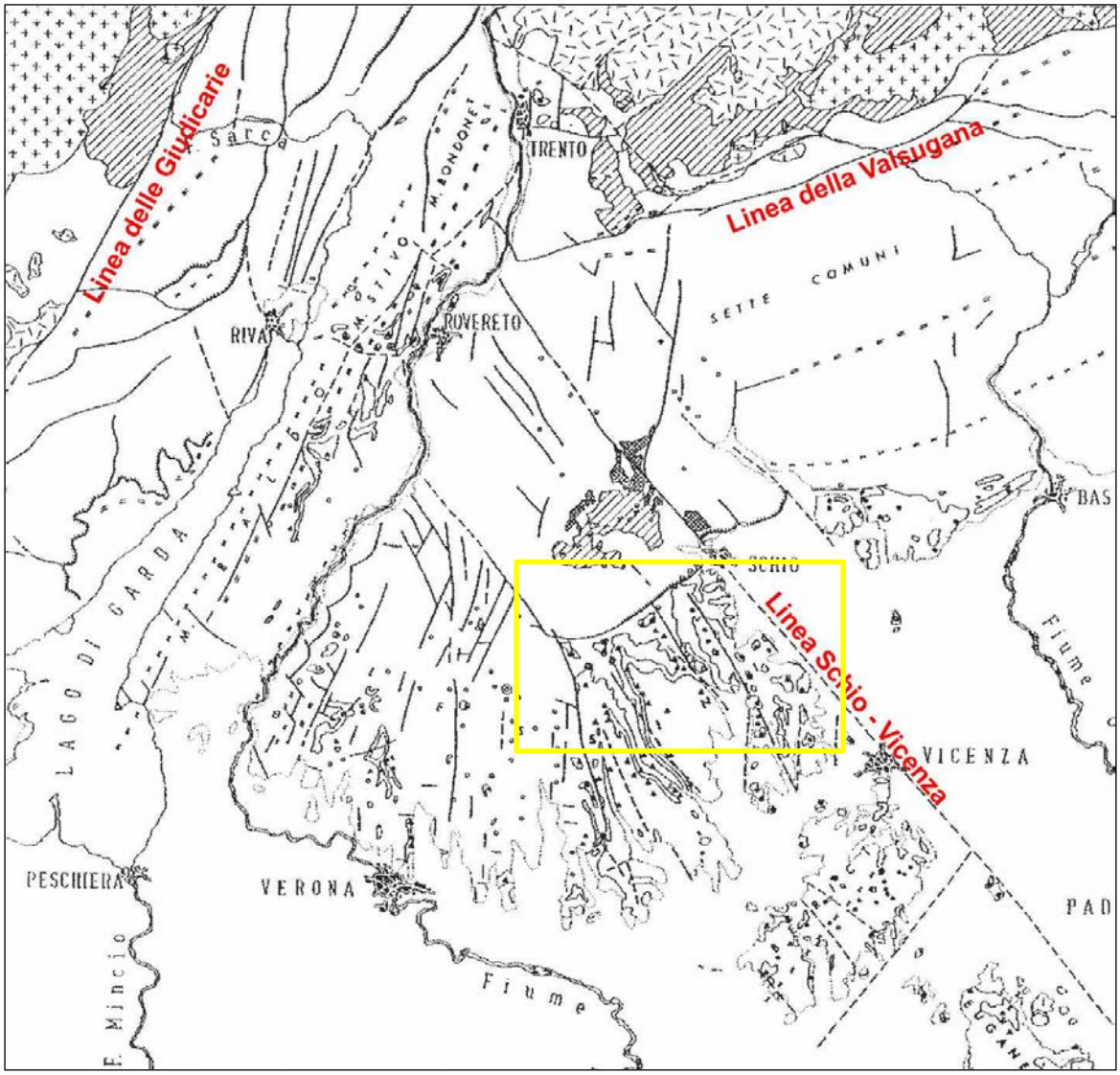
L'area oggetto del presente studio è situata nei Lessini centro-orientali.
La geologia della regione è ben nota nelle sue linee essenziali e relativamente semplice: i Lessini, infatti, si presentano come un'estesa monoclinale immergente a Sud.

La tettonica locale è definita da tre sistemi di faglie principali e con movimenti prevalentemente orizzontali che sono:

- NNE-SSW (direzione della linea delle Giudicarie);
- ENE - OSW (direzione della linea della Valsugana)
- NNW - SSE (direzione della Linea Schio-Vicenza).

Tra questi il più recente e più noto è il sistema scedense costituito da un fascio di oltre 20 km di ampiezza e di cui la Faglia Schio-Vicenza appare la più importante per entità di movimento. Non sono tuttavia da trascurare altre ad essa parallele con scivolamenti orizzontali anche dell'ordine del chilometro.

Nel fondovalle è presente una faglia distensiva verosimilmente di età terziaria denominata la **Faglia dell'Agno**, con direzione NNW-SSE, che ha dislocato verticalmente i due blocchi situati ad est ed a ovest di essa ed ha influenzato come linea disgiuntiva la genesi della flessura pedemontana (Barbieri & DE ZANCHE, 1980; BARBIERI *et alii*, 1980);



*Schema geologico e strutturale dei lessini, berici ed euganei (*Conedera *et al., 1972)*

4.3 SISMICITÀ STORICA

Il Veneto è attualmente una regione silente dal punto di vista sismico. L'assenza di grossi eventi sismici recenti sorprende, ma non deve far pensare che il Veneto sia una regione tettonicamente inattiva. Evidenze di movimenti recenti (neotettonica) sono osservabili soprattutto nella fascia pedemontana (in particolare al confine tra le province di Belluno e Treviso) lungo la quale sono allineati i principali eventi storici.

La pericolosità sismica del Veneto è in parte legata all'attività dei distretti sismici del Friuli centrale e, in minor misura, dell'Alpago e del Garda. Allo stato attuale, il territorio regionale è interessato da una certa sismicità di magnitudo medio–bassa, messa in luce negli ultimi decenni dal monitoraggio strumentale dell'attività sismica.

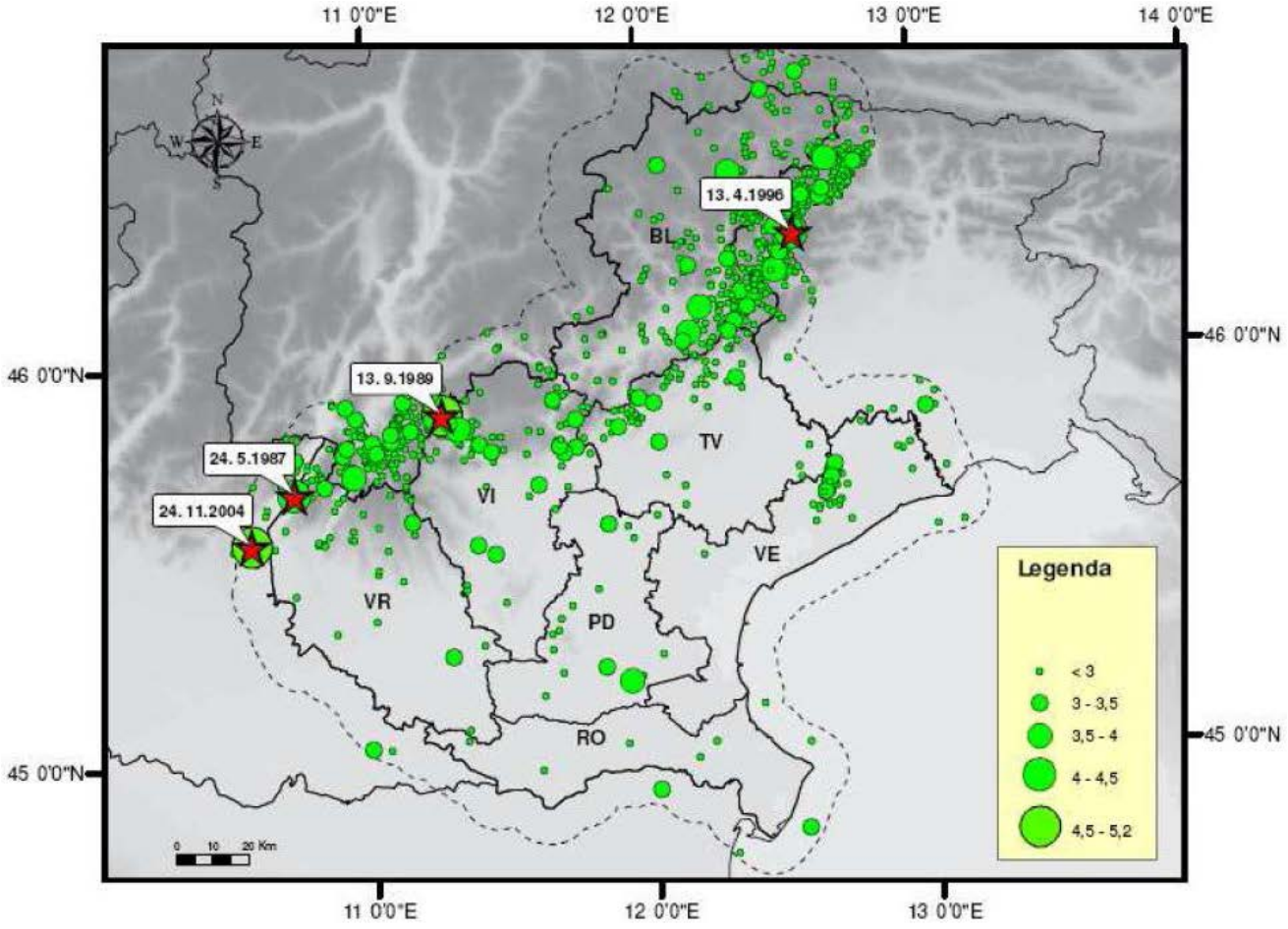
Tra i terremoti storici più rilevanti con epicentro in Veneto si possono ricordare:

Data	Area epicentrale	I MCS MAGNITUDO	Descrizione
03/01/1117	veronese	IX-X Mw=6.7	I danni maggiori si registrarono a Verona, ma interessarono anche la valle dell'Adige e, verso sud, il territorio fino ai primi rilievi emiliani.
04/11/1268	trevigiano	VII-VIII Mw=5.4	Colpita la provincia di Treviso. Danni gravi a Treviso, Feltre, Asolo. La scossa fu fortemente risentita a Padova.
25/02/1695	asolano	X Mw=6.5	Gravi danni in larga parte del Veneto in particolare nell'alto trevigiano, a sud del monte Grappa. Colpita la città di Asolo. Centinaia le vittime.
12/06/1836	Bassano	VIII Mw=5.5	Le località più danneggiate furono Liedolo, Fonte, Sant'Eulalia: Complessivamente crollarono un centinaio di case. Sentita fortemente anche a Venezia.
11/08/1866	Monte Baldo	VII Mw=4.9	Danni nelle località poste sulla riva orientale del Lago di Garda, in particolare ad Assenza, Cassone, Castelletto, Malcesine.
29/06/1873	bellunese	IX-X Mw=6.3	L'area più colpita dalla scossa fu il bellunese, ma gravi danni subirono gli edifici dei paesi compresi tra Belluno, Pordenone e Conegliano Veneto (TV). Il centro più danneggiato fu Belluno e si osservarono lesioni anche a Gorizia, Pordenone, Trieste, Udine, Verona e Vicenza. 80 le vittime.
29/04/1876	Monte Baldo	VII Mw=4.9	La scossa provocò danni a Cassone, Malcesine, Ferrara di Monte Baldo.
18/09/1882	Monte Baldo	VII Mw=5.0	Interessati i paesi della costa orientale del Lago di Garda, con danni lievi nei paesi di Cassone e Castelletto di Brenzone. Risentita a Verona.
07/06/1891	Valle d'Illasi	VIII-IX Mw=5.9	I danni più gravi a Castelvero, Badia Calavena, Marcemigo. Una ventina i paesi danneggiati in modo significativo (superiore o pari al VII MCS). La scossa fu risentita fino a Trieste, Auronzo, Bormio, Chiavenna, Domodossola, Torino, Asti, Genova.
19/02/1932	Monte Baldo	VII-VIII Mw=5.0	La scossa provocò danni a diverse località della sponda veronese del Lago di Garda, tra le quali Albisano, S. Zeno, Garda.
18/10/1936	Alpago-Cansiglio (BL-PN)	IX Mw=6.1	Colpita la zona di confine fra le attuali province di Belluno, Treviso e Pordenone con i massimi effetti a sud dell'altopiano del Cansiglio nei paesi di Fiaschetti, Stevenà e Villa di Villa. Gravissimi danni anche a nord del Cansiglio, nella conca d'Alpago in particolare nelle località di Puos d'Alpago, Cornei e Villa.

Nel periodo 1977–2006, la rete gestita 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 i 7 e i 15 km di profondità. Solo l'11% degli eventi si colloca a profondità maggiore (fino a 22 km).

Nella figura seguente è riportata la distribuzione di tutti i terremoti registrati da OGS distinti per classi di magnitudo di durata M_D[1]. Gli eventi con $M_D > 4$, i cui epicentri ricadono nel territorio regionale o in prossimità di esso, sono identificati con una stella rossa.



Distribuzione di tutti i terremoti recenti registrati dalla rete sismometrica gestita da OGS in Veneto nel periodo 1977 – 2006 (Priolo, 2008)

I terremoti identificati con la stella rossa sono così sintetizzabili:

- 24/05/1987 - Garda - $M_D = 4,2$
- 13/09/1989 - Pasubio - $M_D = 4,8$
- 13/04/1996 - Claut - $M_D = 4,2$
- 24/11/2004 - Salò - $M_D = 5,2$

La ricostruzione storica degli eventi sismici che hanno caratterizzato il territorio comunale di Brogliano è stata fatta utilizzando il Database Macrosismico Italiano DBMI11 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (a cura di M.

[1] La magnitudo di durata M_D è il tipo di magnitudo che si utilizza per registrare piccoli terremoti, come quelli registrati in zona vulcanica che, vicini agli strumenti, li saturano. Si basa sul logaritmo della durata dell'evento sismico.

Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011): rispetto al precedente DBMI04 raccomandato nelle Linee Guida della Regione Veneto per la realizzazione dello studio della compatibilità sismica, il DBMI11 ne rappresenta l'integrazione e l'aggiornamento, per cui è stato consultato per estrarre le seguenti informazioni.

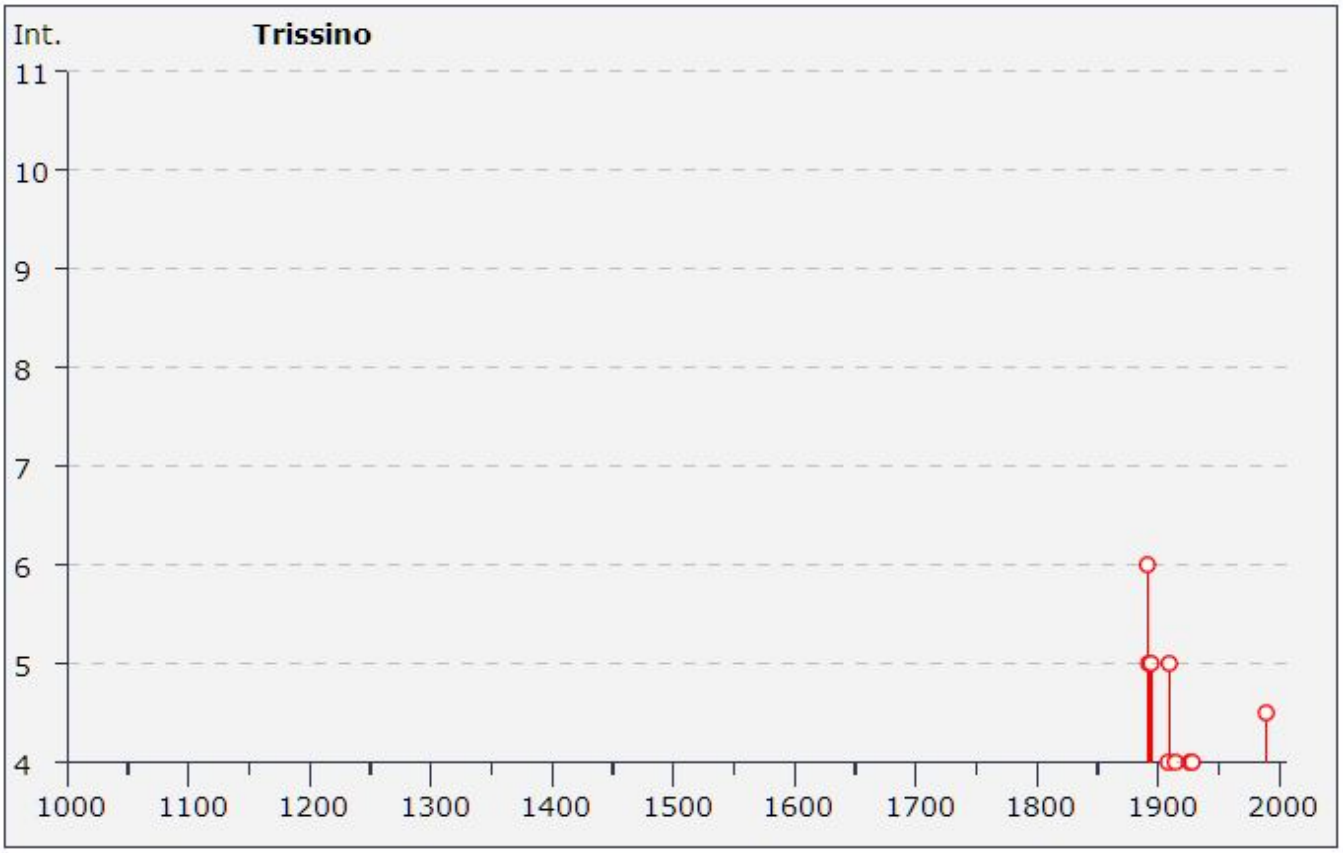
Si ritiene importante precisare che, il territorio di Brogliano non compare tra i comuni disponibili nel database sopra menzionato mentre al comune di Trissino risultano associati molti eventi sismici; visto che i due comuni sono confinanti si è deciso di utilizzare i dati disponibili per quest'ultimo comune.

Nello specifico, il comune di Trissino appare nove volte, con intensità registrata superiore o uguale a 4. Nella tabella seguente sono stati elencati i vari eventi registrati, con indicati, oltre all'intensità in scala MCS al sito in esame (I), la data (anno, mese, giorno, ora, minuto) in cui si è verificato l'evento Ax, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

Numero di eventi: 16

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
6	1891 06 07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9	5.86 ±0.06
5	1892 08 09 07:58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91 ±0.11
5	1894 02 09 12:48	Valle d'Illasi	116	6	4.77 ±0.15
F	1895 06 10 01:47	VALDOBBIADENE	73	6	5.03 ±0.13
NF	1897 06 11 12:45	Cornuda	47	5-6	4.54 ±0.33
3-4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
F	1900 03 04 16:55	VALDOBBIADENE	98	6-7	5.13 ±0.14
4	1908 02 03 13:36	Valle d'Illasi	34	5-6	4.43 ±0.47
3	1908 03 15 07:38	Valle del Chiampo	28	5-6	4.96 ±0.31
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
4	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
4	1926 01 01 18:04	Slovenia	63	7-8	5.85 ±0.18
4	1928 03 27 08:32	Carnia	359	9	5.84 ±0.09
4-5	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7	4.88 ±0.09
NF	2001 07 17 15:06	Merano	663	6	4.84 ±0.09
NF	2002 11 13 10:48	Franciacorta	770	5-6	4.29 ±0.09

Il grafico seguente ricostruisce la storia sismica di Trissino (per terremoti con intensità al sito superiore o uguale a 4) tra gli anni 1000 e fino al 2006 mentre la tabella successiva riporta l'elenco dei comuni limitrofi con numero di eventi sismici registrati in ognuno di essi.



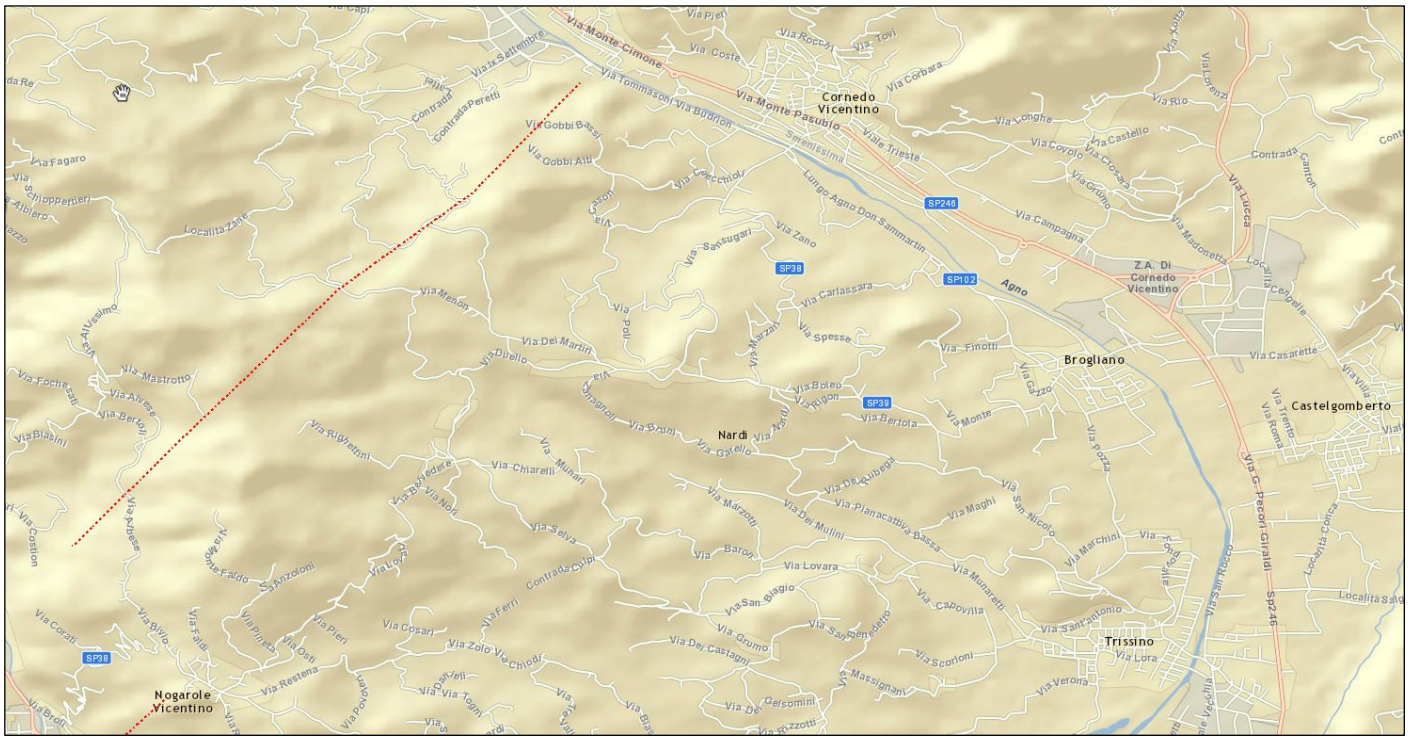
Località vicine (within 10km)

Località	Stato	NMO	Distanza
Altavilla Vicentina	IT	3	10km
Arzignano	IT	17	5km
Castelgomberto	IT	5	3km
Chiampo	IT	7	7km
Cornedo Vicentino	IT	7	6km
Isola Vicentina [Isola di Malo]	IT	5	9km
Montecchio Maggiore	IT	11	8km
Montorso Vicentino	IT	3	8km
San Pietro Mussolino	IT	5	9km
Sovizzo	IT	5	7km

4.4 FAGLIE CAPACI E SORGENTI SISMOGENETICHE

Per quanto riguarda il tema delle faglie capaci (faglie che si sono rotte almeno una volta negli ultimi 40.000 anni, raggiungendo la superficie e producendo una rottura del terreno) e l'inquadramento delle sorgenti sismogenetiche più prossime all'area di Brogliano, si è fatto riferimento agli studi condotti dagli esperti scientifici e riportate nei cataloghi ITHACA e DISS 3.1.1. Le sorgenti sismogenetiche rappresentano le zone che sono state riconosciute come origine dei terremoti grazie allo studio della sismicità storica e delle indagini geologiche.

ITHACA è un database creato per la raccolta e la consultazione di tutte le informazioni disponibili sulle strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie: dalla sua consultazione è stato possibile individuare, nel territorio in esame, una faglia trascorrente sinistra, ubicabile indicativamente come nella figura sotto riportata (immagini estratte dal sito dell'ISPRA).



La figura evidenzia, altresì, che la zona orientale del territorio comunale di Brogliano è interessata da una faglia (Cod. 79500); nella tabella sottostante, sono riportate le informazioni desunte dalle schede specifiche ITHACA per tale lineamento.

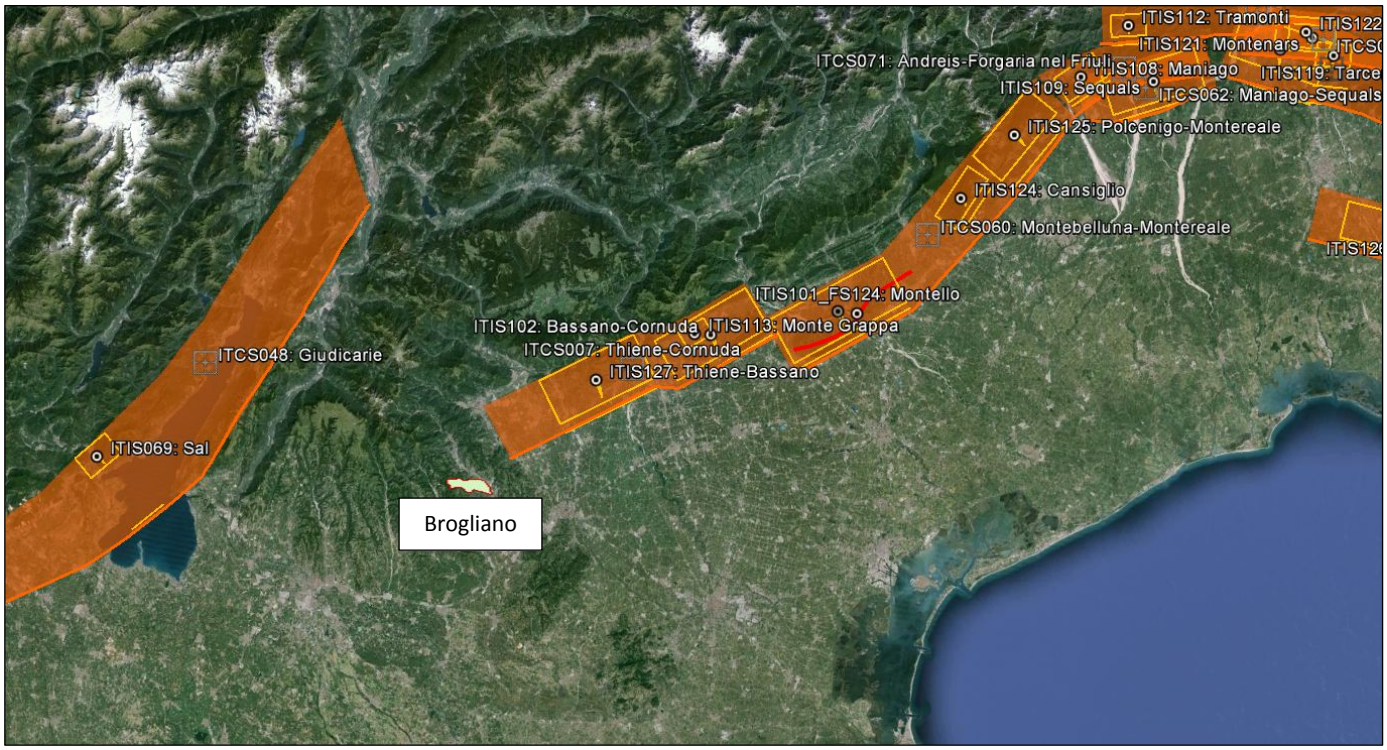
Nome faglia	**Chiampo**
Tipo Faglia	Trascorrente sinistra
Codice faglia	79500
Macrozona	2
Regione	Veneto
Sistema	Chiampo
Ordine	-
Direzione media	200
Immersione	0
Lunghezza (km)	13
Profondità (km)	-

Ultima attività (anni)	Late Pleistocene
Affidabilità dato sull'attività	Media
Intervallo ricorrente (anni)	0
Velocità di slittamento (mm/anno)	0
Massima lunghezza attesa di rottura	0
Massimo scivolamento atteso (m)	0
Massima magnitudine attesa (MW)	-
Qualità dello studio	-

La mappa dell'INGV riportata di seguito, denominata DISS 3.1.1 (*Database of Individual Seismogenic Sources – DISS Version 3*), mostra tre tipologie di sorgenti sismogenetiche.

- **Sorgenti individuali (IS)**: per le quali viene proposta una rappresentazione tridimensionale semplificata del piano di faglia. Questo tipo di sorgente esibisce caratteristiche definite di estensione, movimento e massima magnitudo attesa.
- **Sorgenti composite (CS)**: sono regioni estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate che non è ancora conosciuto singolarmente. Le sorgenti composite non sono associate ad uno specifico gruppo di terremoti storici.
- **Sorgenti dibattute (DS)**: sono zone proposte in letteratura come potenziali sorgenti, ma considerate ancora non sufficientemente attendibili per entrare nel database.

La mappa del DISS mostra che il territorio comunale di Brogliano si colloca poco ad ovest nella zona ITCS 070 "Thiene-Cornuda".



Mappa DISS

La Zona ITCS 070 "Thiene-Cornuda", sintetizzata nella tabella che segue, schematizza un'area estesa contenente un numero non specificato di sorgenti minori allineate, che non sono ancora conosciute singolarmente e non sono associate ad uno specifico gruppo di terremoti storici.

La linea Thiene-Cornuda fa parte del sistema di sovrascorrimenti pedemontani che borda la pianura veneto-friulana. Nell'area d'interesse è segnalata la sorgente sismica composita linea Thiene-Cornuda, che comprende tre sorgenti sismiche individuali: la linea Thiene-Bassano, la linea Monte Grappa e la linea Bassano–Cornuda. Questo settore della catena alpina è caratterizzata da grandi terremoti: i dati storici a disposizione testimoniano come in genere i sismi nelle zona delle Prealpi venete presentano magnitudo comprese tra 6 e 7.

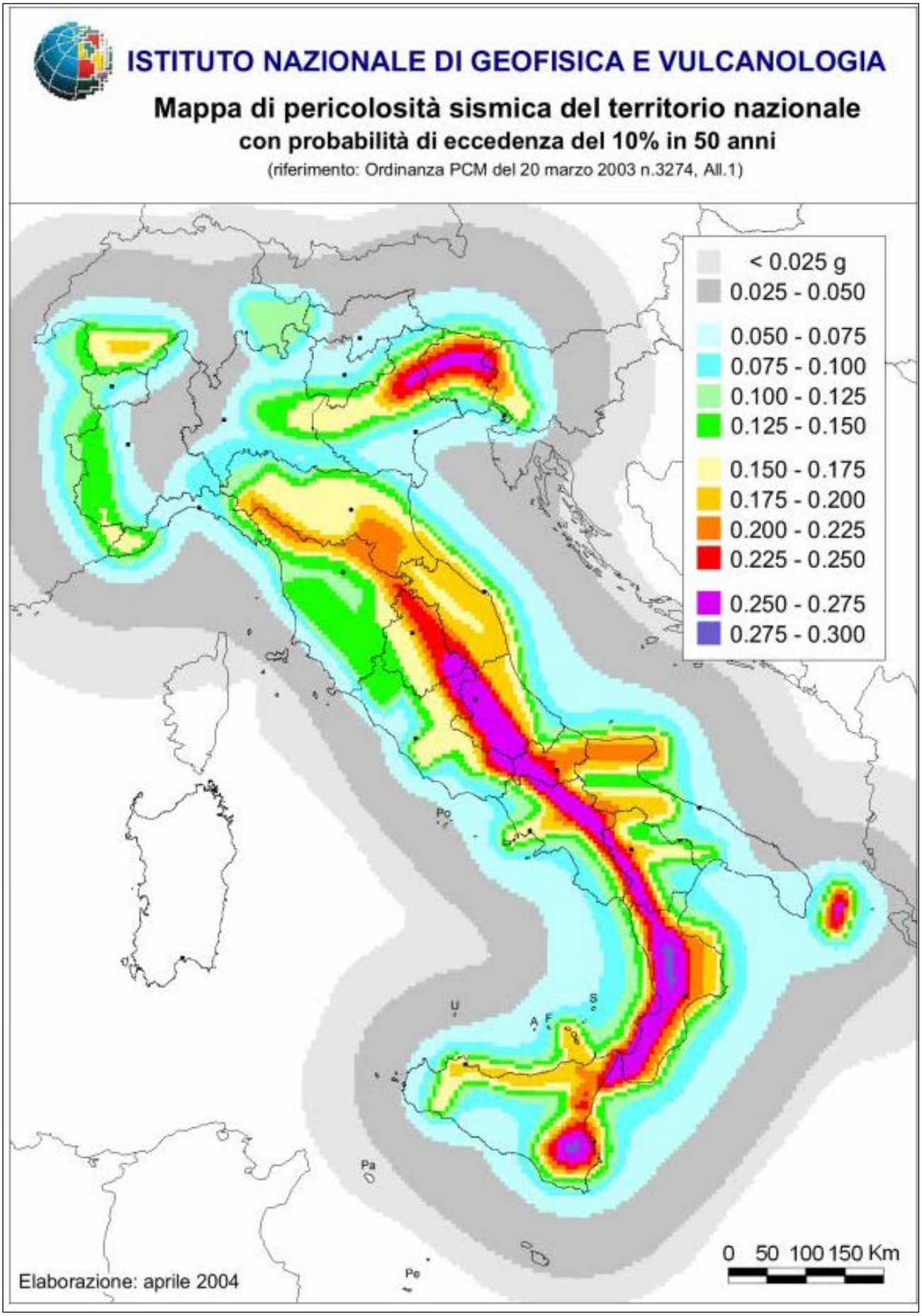
Fra i terremoti storici si segnalano quello del 1695 (M 6.7) con epicentro nella zona dell'asolano e del 1836 (M 5.5) nella zona di Bassano (Boschi et al. 1998; Gruppo di Lavoro CPTI, 1999). Questi eventi sono in genere legati alle linee di Bassano-Thiene e di Bassano-Cornuda.

Sono altresì segnalati sismi a magnitudo mediamente minore (5<M<6), ma potenzialmente distruttivi, legati a strutture secondarie, come la linea del monte Grappa. Le tre linee sismogenetiche sono tagliate da strutture trasversali.

Minima profondità (km)	0.5
Massima profondità (km)	6.5
Direzione (°)	235 - 275
Inclinazione (°)	30 - 40
Rake (°)	80 -100
Velocità di movimento (mm/anno)	0.1 – 1.0
Magnitudo massima	6,6

4.5 ZONAZIONE SISMICA NAZIONALE

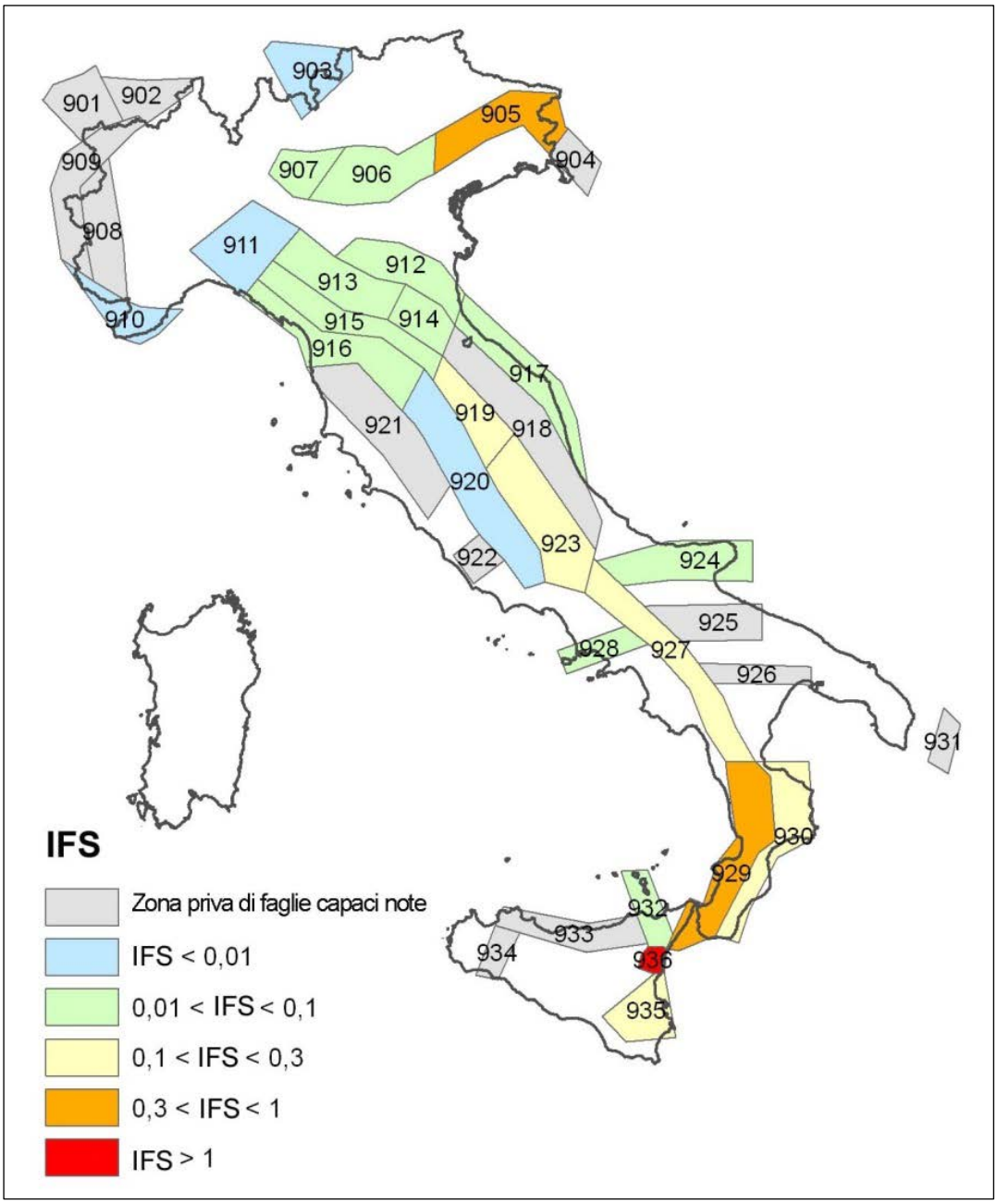
In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20/03/2003, n°3274, in cui si manifestava l'esigenza di una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche sul territorio nazionale, è stato redatto a cura dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. 20/03/2003, n°3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile" (INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici), che rappresenta il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica su tutto il territorio nazionale (figura seguente).


ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(riferimento: Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n.3274, All.1)
< 0.025 g
0.025 - 0.050
0.050 - 0.075
0.075 - 0.100
0.100 - 0.125
0.125 - 0.150
0.150 - 0.175
0.175 - 0.200
0.200 - 0.225
0.225 - 0.250
0.250 - 0.275
0.275 - 0.300
Po
U
A
F
S
Pa
Po
0 50 100 150 Km
Elaborazione: aprile 2004

All'interno della ricerca eseguita per tale redazione, è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9 che divide tutto il territorio italiano in 36 zone.

Tale zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici (cenozoici e quaternari) coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale; essa, pur basandosi ampiamente sull'impianto generale e sul *background* informativo della precedente zonazione ZS4 (Scandone e Stucchi, 1996), rappresenta un suo sostanziale ripensamento, alla luce delle evidenze di tettonica attiva, delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite nei primi anni del decennio (con i fondamentali contributi del *Database of Individual Seismogenic Sources* (DISS), che, combinando dati geologici, storici e strumentali, censisce le sorgenti in grado di produrre terremoti di magnitudo 5.5 e superiore) e del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (all'epoca della redazione della mappa CPTI2, ora arrivato alla versione CPTI11).

Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la Carta delle Zone Sismogenetiche del territorio nazionale.



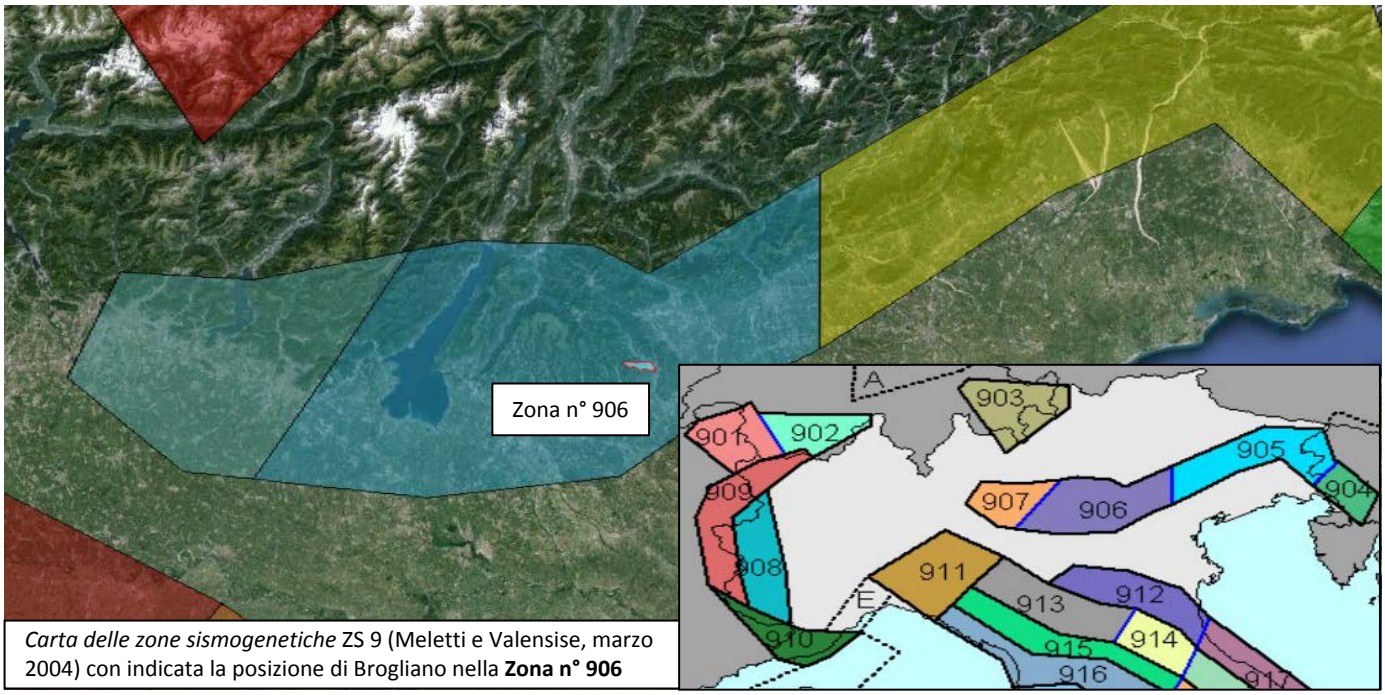
Carta delle Zone Sismogenetiche del territorio nazionale

Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo.

Secondo la zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), nel Veneto ricadono le Zone Sismogenetiche n°905 "Friuli–Veneto orientale" e n°906 "Garda–veronese", che interessano rispettivamente la fascia pedemontana tra Bassano del Grappa e il confine con il Friuli Venezia Giulia e la fascia pedemontana che da Bassano prosegue fino al Lago di Garda.

Il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che si sono verificati in entrambe le zone è di tipo faglia inversa, con una profondità ipocentrale media stimata di 8 km. Entrambe le zone sono legate all'interazione Adria – Europa ma presentano una sismicità differente. Il comune di **Brogliano** si inserisce nella zona sismogenetica n°906 della figura seguente, per cui si sviluppa all'interno dell'area di massima convergenza tra la placca adriatica ed europea caratterizzata da faglie trascorrenti destre con direzione NW-SE (*trend* dinarico) (es., Bernardis et al., 2000; Baic et al., 2001; Vrabec, 2001).

La zona 906 interessa l'area che va da Bassano del Grappa fino a Verona.

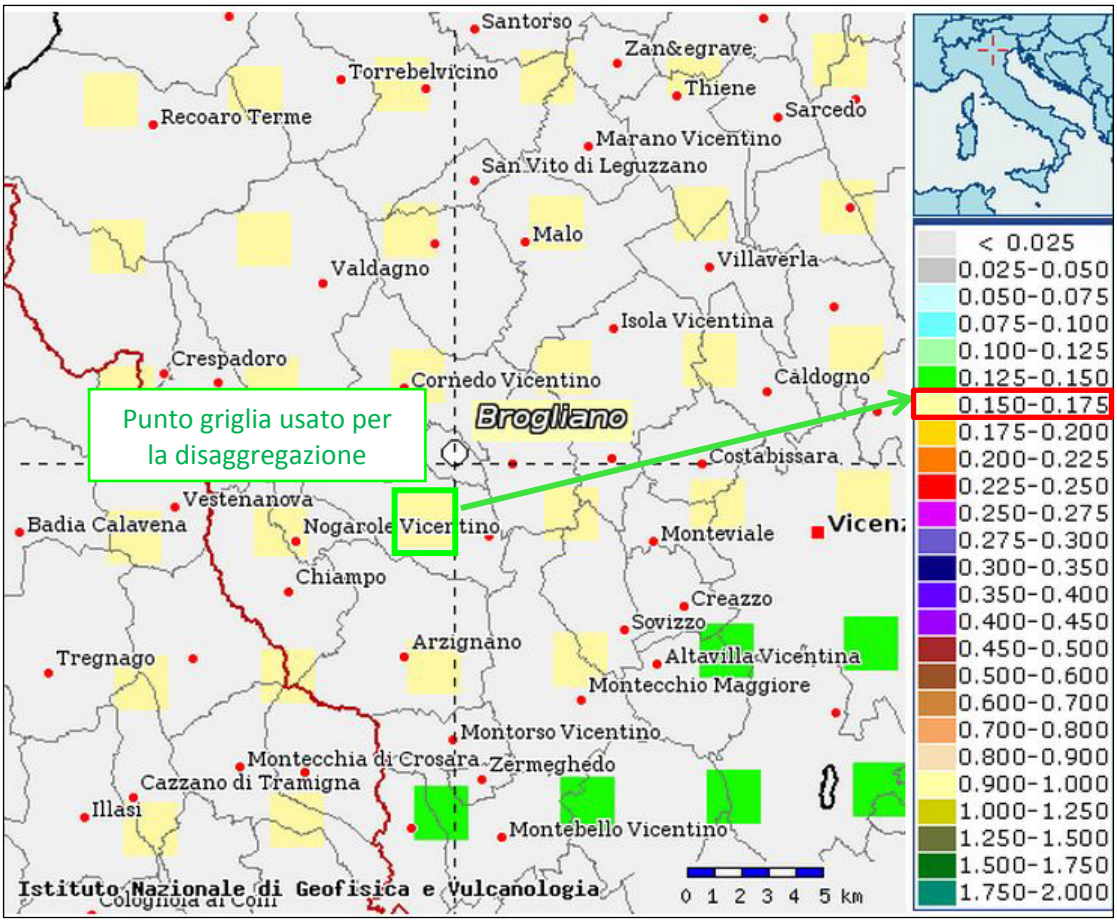


Carta delle zone sismogenetiche ZS 9 (Meletti e Valensise, marzo 2004) con indicata la posizione di Brogliano nella **Zona n° 906**

4.6 PERICOLOSITÀ SISMICA DI RIFERIMENTO

La distribuzione e la caratterizzazione delle zone sismogenetiche finora riconosciute e descritte in precedenza è stata tradotta in una Carta di Pericolosità Sismica, valida su tutto il territorio nazionale ed entrata in vigore con l'O.P.C.M. n°3519 del 28/04/2006.

Nella Carta, della quale la figura seguente rappresenta l'estratto per il comune di Brogliano, sono riportati i valori di accelerazione orizzontale massima al suolo a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi subpianeggianti di Categoria A.



Carta di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli di Categoria A ($V_{s,30}$ > 800 m/s) sub-pianeggianti (categoria topografica T1 da N.T.C. 2008)

Pertanto, secondo l'O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006, la cui applicazione è stata definita dalla Regione Veneto con D.G.R.V. n°71 del 22/01/2008 e considerata nell'emanazione del D.M. 14/01/2008, il territorio oggetto dello studio di Microzonazione Sismica è inseribile interamente nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale a_g riferito a suoli rigidi subpianeggianti caratterizzati da $V_{s,30}$ > 800 m/s compreso tra 0,150g e 0,175g (valori riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni – mappa 50° percentile), ovvero in Zona 2, come classifica la tabella riportata sotto, estratta dall'O.P.C.M. n°3519 stessa.

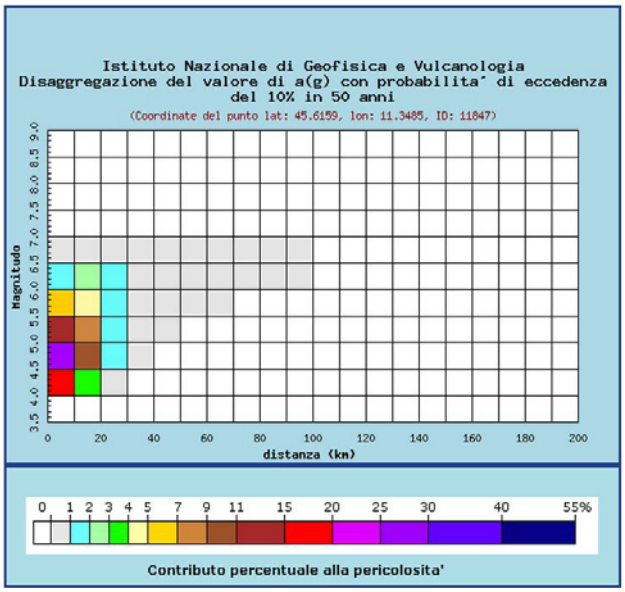
Per gli aspetti amministrativi, tuttavia, il comune di Brogliano rientra in Zona 3, come classificato nell'elenco (allegato I) della Delibera di Consiglio Regionale n°67/03 (cfr. D.G.R.V. n°71 del 22/01/2008).

a) Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $Vs_{30} > 800\ m/s$, secondo lo schema seguente:

zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $[a_g]$	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $[a_g]$
1	$0,25 < a_g \leq 0,35\,g$	$0,35\,g$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25\,g$	$0,25\,g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15\,g$	$0,15\,g$
4	$\leq 0,05\,g$	$0,05\,g$

In ultima, si riporta il calcolo della disaggregazione della pericolosità: questa ha lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo-distanza di un evento.

I grafici riportati sotto sono stati desunti dalle Mappe Interattive di Pericolosità Sismica dell'INGV e sono relativi al punto della griglia definito nella figura precedente (Carta di Pericolosità Sismica dell'INGV).



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.6159, lon: 11.3485, ID: 11847)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	16.000	26.500	12.700	5.260	1.910	0.189	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.680	9.400	7.690	4.990	2.640	0.323	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.152	1.190	1.860	1.800	1.330	0.197	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.024	0.284	0.475	0.471	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.020	0.153	0.237	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.150	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.068	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Si fa comunque presente che, come tutte le zone sismogenetiche del territorio italiano, anche quella contrassegnata al n°906 e precedentemente descritta viene considerata omogenea ai fini della probabilità di accadimento degli eventi sismici, ovvero si ritiene che tutti i punti in essa contenuti abbiano la stessa probabilità di essere sede di eventi sismici e, in rapporto agli epicentri noti, non esisterebbe quindi l'effetto distanza.

Secondo il paragrafo 2.8 degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica", per alcune tipologie di verifiche si potrebbe assumere come valore di magnitudo attesa quella massima della zona sismogenetica di appartenenza, che per la Zona n° 906 in cui ricade il territorio di Brogliano vale M_{wmax} = 6,60.

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

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

5. MICROZONAZIONE SISMICA. PRINCIPI GENERALI E FINALITA'

5.1 INTRODUZIONE

I recenti terremoti che hanno interessato il nostro paese hanno ampliamente dimostrato che la variabilità spaziale del danno rilevato trova molto spesso la sua causa principale nei cosiddetti effetti locali o *effetti di sito***,** ossia nelle differenti risposte del sito alle azioni sismiche, a causa delle diverse condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche.

Un'efficace cultura di difesa dai terremoti non può che presupporre una valutazione della pericolosità locale a scala urbana, più ampia di quella della singola costruzione, e deve potersi basare su un'operazione tecnico-scientifica che sia autorizzata a rientrare a pieno titolo nelle valutazioni urbanistiche di riduzione del rischio e nelle politiche di pianificazione del territorio. Tale operazione è, appunto, la Microzonazione Sismica: la MS è l'operazione di suddivisione di un dato territorio in zone omogenee sotto il profilo della risposta ad un terremoto di riferimento, valutata tenendo conto delle interazioni tra le onde sismiche e le condizioni proprie di ogni zona individuata (*Pericolosità sismica locale*).

5.2 LA NATURA DEL PROBLEMA

Durante lo scuotimento sismico e immediatamente dopo il terremoto, si verificano degli effetti molto appariscenti e, spesso, più devastanti dell'onda sismica, che sono tra le cause più importanti di vittime e danni: questi sono gli *effetti di sito*, che sono ormai ben conosciuti e possono amplificare notevolmente le sollecitazioni nelle strutture (di entità tale da portarle fino al collasso) o essere rappresentati da rotture del terreno, movimenti franosi, elevati cedimenti nei terreni soffici, liquefazione dei terreni incoerenti saturi. Le figure sottostanti sono un esempio di tali effetti.

Turchia, agosto 1999

Emilia, maggio 2012

L'Aquila, aprile 2009

Tatsuoka, 2006

Le osservazioni condotte nei secoli hanno dimostrato come possono verificarsi situazioni completamente differenti all'interno dello stesso territorio, anche a breve distanza; fin dagli anni settanta, le ricerche scientifiche hanno evidenziato che la causa maggiore di variabilità spaziale del moto sismico sono i fenomeni legati alla propagazione delle onde S nei depositi di terreno, lungo la direzione verticale. Da tali osservazioni è nata la necessità di iniziare degli studi per ipotizzare il comportamento del territorio in caso di terremoto e, di conseguenza, per valutare la *pericolosità sismica locale* e realizzare la Microzonazione Sismica (MS), precedentemente definita.

La MS può assumere forme molto diverse a seconda delle condizioni territoriali in cui si realizza ed è difficile da standardizzare anche se, grazie ad alcune procedure ormai consolidate, è possibile sintetizzare lo studio di MS in una cartografia del territorio nella quale sono indicate:

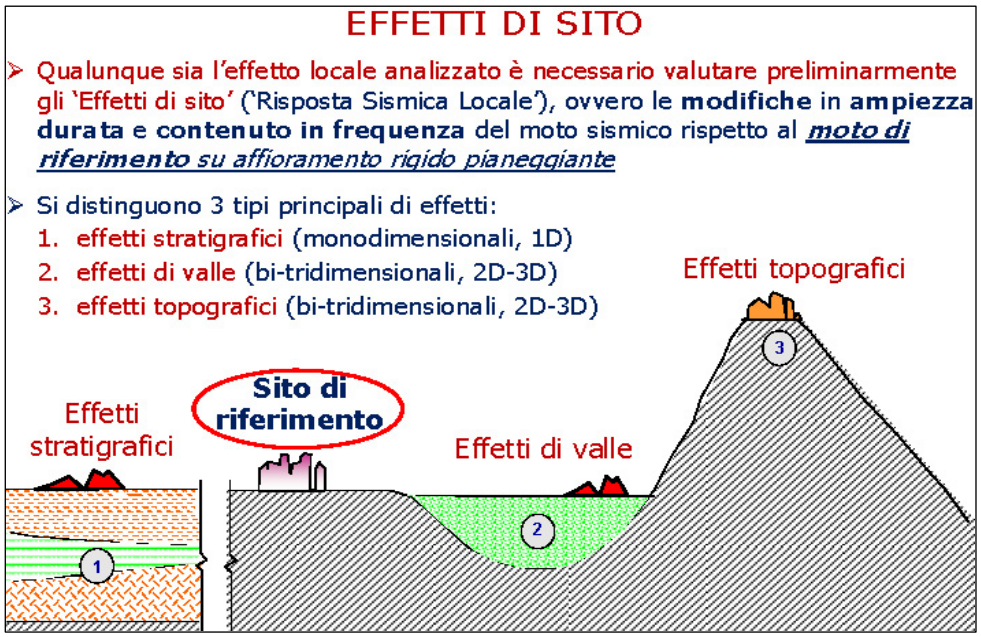
- le zone in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante (Categoria A di sottosuolo secondo Eurocodice 8) e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;

- le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;

- le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazione, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

In sostanza, dal punto di vista della pericolosità, la MS distingue le seguenti aree:

- **aree sismicamente stabili**, dove possono verificarsi o meno ***effetti di sito*** (stratigrafici, di valle, topografici, ecc.);



- **aree sismicamente instabili**, dove possono verificarsi anche fenomeni di instabilità quali movimenti franosi, crolli di roccia, liquefazione, densificazione, subsidenza, spostamenti di faglia, crolli legati a cavità, ecc.

A tal proposito, per la mitigazione del rischio sismico a scala locale, la finalità di uno studio di MS è, pertanto, quello di pervenire alla stesura di una mappa, dove:

- siano identificati i confini delle zone con analoga risposta al terremoto di riferimento;
- vengano indicati i livelli di pericolosità delle diverse zone attraverso opportuni indicatori.

La mappa di MS diventa, quindi, una cartografia di sintesi che identifica il tipo di problemi e le gerarchie di pericolosità tra le diverse aree; nel caso di Brogliano, tali informazioni serviranno a fornire all'Amministrazione comunale uno strumento utile per la futura programmazione territoriale, la pianificazione urbanistica e la gestione delle emergenze, nonché per un eventuale ricostruzione post-sismica.

Si fa presente che la MS è legata alla gestione del territorio e alla pianificazione urbanistica e non al progetto delle strutture.

5.3 FINALITÀ E LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

La MS ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (comunale o subcomunale) le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso in termini di ampiezza, durata e frequenza o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture. Essa si colloca ad un intermedio tra la classificazione sismica a scala nazionale, che fa riferimento ad un terreno ideale rigido e pianeggiante per il quale fornisce dei parametri indicativi della pericolosità di base, e la progettazione antisismica, che opera invece a scala di singolo manufatto.

L'obiettivo principale è, in primo luogo, quello di distinguere le zone il cui comportamento può essere instabile (aree *critiche*) dalle zone dove possono aversi o meno fenomeni di amplificazione del moto sismico (*aree stabili suscettibili o non suscettibili*), mentre il secondo obiettivo è quello di valutarne la risposta.
Le principali linee guida internazionali, tra cui gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile (2008), prevedono tre Livelli di approfondimento (1,2,3).

In sintesi:

- il **Livello 1**, propedeutico ai veri e propri studi di MS, si basa prevalentemente sulla raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone **qualitativamente** omogenee in prospettiva sismica;
- il **Livello 2** associa alle zone omogenee dei parametri **quantitativi** di interesse ingegneristico, utilizzando allo scopo ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce la Carta di Microzonazione Sismica;
- il **Livello 3** quantifica numericamente l'amplificazione del moto sismico atteso in superficie tramite un'analisi monodimensionale o bidimensionale, a seconda delle condizioni geologiche/topografiche presenti nel sito d'indagine, e restituisce una Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Va sottolineato che l'adozione di tre livelli consente una grande flessibilità nelle applicazioni, in quanto permette di adeguare il livello di approfondimento alle risorse e ai tempi disponibili, nonché al tipo di utilizzo. Si ritiene che, soprattutto nei piccoli centri abitati o nelle fasi preliminari di stesura dei piani urbanistici, anche il Livello 1 si possa rivelare di grande efficacia ai fini della prevenzione sismica.

Nel caso in esame, è possibile affermare che lo studio di MS eseguito soddisfa il Livello 1 previsto dagli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile.

In aggiunta agli standard del Livello 1, è stato eseguito un approfondimento quantitativo della risposta sismica locale, misurando le frequenze di vibrazione del sottosuolo sull'intero territorio comunale e valutando localmente le velocità di propagazione delle onde di taglio V_s nei litotipi più rappresentativi.

6. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI PREGRESSI E DI NUOVA REALIZZAZIONE

6.1 INDAGINI PREGRESSE E DI NUOVA REALIZZAZIONE

Le ricerche condotte presso gli archivi dell'Ufficio tecnico comunale non hanno prodotto particolari indagini geofisiche significative per il presente lavoro, se non per quanto riguarda alcuni studi di carattere geologico eseguiti per la progettazione di opere civili: tali indagini sono state opportunamente schedate e allegate a fine testo.

Per questo motivo, al fine di caratterizzare dal punto di vista sismico i terreni del comune di Brogliano, sono state condotte alcune misure geofisiche in prossimità dei punti ritenuti più significativi. In particolare, sono state effettuate:

- **n° 28 registrazioni di rumore sismico ambientale a stazione singola con elaborazione H.V.S.R. (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*)** per individuare le frequenze di risonanza dei depositi;
- **n° 27 prospezioni sismiche con tecnica passiva Re.Mi. (*Refraction Microtremor*)** sviluppate in *array* lineari con geofoni ad asse verticale per la ricostruzione sismo–stratigrafica del sottosuolo tramite la misura della velocità di propagazione delle onde S.

6.2 METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DELLE NUOVE INDAGINI

6.2.1 Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.)

La tecnica di sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali o H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non richiede nessun tipo di perforazione, né stendimento di cavi, né energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura già esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito,** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di *doppia risonanza*, estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi;
- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito, sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito *(free field)* e capire se, in caso di sisma, la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio V_s** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la $V_{s,30}$ e la relativa Categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008;
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un *range* di indagine compreso tra 0,5 m e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 m. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso.

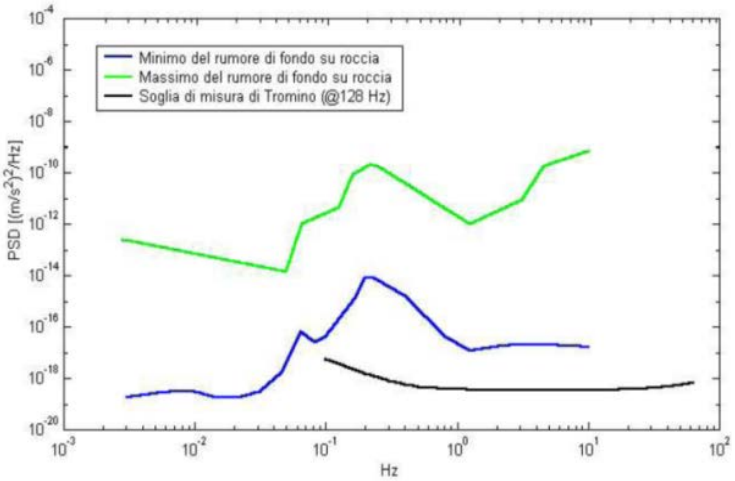
Le basi teoriche della tecnica H.V.S.R. si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito *x* da uno strumento dipende:

- dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente *s*;
- dal percorso dell'onda dalla sorgente *s* al sito *x* (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
- dalla risposta dello strumento.

Possiamo scrivere questo come:

segnale registrazione al sito x = sorgente * effetti di percorso * funzione trasferimento strumento

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche *microtremore* poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi, poiché il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nel tragitto dalla sorgente *s* al sito *x* le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che, se da un lato l'informazione riguardante la sorgente è persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni concernenti il percorso del segnale e, in particolare, relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però sepolta all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o semplicemente H.V.S.R., che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali del sottosuolo, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Micromed Spa modello *Tromino® ENGY-Plus* che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0,1 Hz e 256 Hz. Nella figura a fianco si riporta la curva di rumore di Tromino® a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.



7. SINTESI DEI RISULTATI

Le frequenze fondamentali di risonanza del terreno fanno parte degli *effetti di sito* che, assieme all'instabilità per azione sismica, caratterizzano la vulnerabilità del territorio quale elemento indispensabile per la stima del rischio sismico. In linea di principio, visto che il suolo è assimilabile ad un corpo viscoelastico, è possibile misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto: infatti, le frequenze sono determinate dalle proprietà meccaniche e, in maniera secondaria, dalla morfologia attorno al punto di misura.

Analizzando la Carta delle Frequenze e la Carta delle Indagini successivamente descritte, si vede come sia stato indagato integralmente il territorio previsto dall'incarico e come le n°28 misure H.V.S.R. eseguite siano state distribuite in modo da interessare completamente il comune di Brogliano: questo è stato fatto per vedere le modalità di risposta dei vari ambienti geomorfologici alle sollecitazioni sismiche.

Nella tabella seguente è riportata esclusivamente la sintesi dei risultati delle misure H.V.S.R. eseguite in questa fase mediante Tromino® (T1, …, T28), mentre in allegato fuori testo sono riportate le schede riassuntive dei risultati di tali prove. Le valutazioni sulle condizioni di amplificazione di sito sono state effettuate considerando la finestra frequenziale di 0,1-20 Hz, in quanto risulta essere quella di normale interesse ingegneristico-strutturale.

CODICE PROVA	LITOTIPO SUPERFICIALE (INFORMAZIONI DA P.A.T. COMUNALE)	FREQUENZA DI RISONANZA (HZ) (INTERVALLO 0,1 – 20 HZ)	CONDIZIONE DI AMPLIFICAZIONE (INTERVALLO 0,1–20 HZ)
T1	Materiali alluvionali granulari più o meno addensati a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa	2,16	Si
T2	Materiali alluvionali granulari più o meno addensati a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa	2,44	Si
T3	Materiali alluvionali granulari più o meno addensati a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa	3,59	Si
T4	Materiali alluvionali granulari più o meno addensati a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa	5,72	Si
T5	Materiali di copertura colluviale costituiti da limo e argilla prevalente con inclusioni sabbioso - ghiaiose	2,94	Si
T6	Materiali di copertura colluviale costituiti da limo e argilla prevalente con inclusioni sabbioso - ghiaiose	8,44	Si
T7	Materiali alluvionali granulari più o meno addensati a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa	8,75	Si
T8	Materiali eterogenei di conoide	10,75	Si
T9	Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	15,16	Si
T10	Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	4,38	Si
T11	Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	19,63	Si
T12	Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	11,47	Si
T13	Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	8,03	Si
T14	Materiali di copertura colluviale costituiti da limo e argilla prevalente con inclusioni sabbioso - ghiaiose	4,66	Si
T15	Materiali alluvionali granulari più o meno addensati a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa	5,09	Si
T16	Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	5,91	Si
T17	Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	11,81	Si
T18	Materiali di copertura colluviale costituiti da limo e argilla prevalente con inclusioni sabbioso - ghiaiose	5,41	Si
T19	Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	5,00	Si
T20	Materiali di copertura colluviale costituiti da limo e argilla prevalente con inclusioni sabbioso - ghiaiose	6,97	Si

T21	Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	4,69	Si
T22	Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto	3,44	Si
T23	Materiali di copertura colluviale costituiti da limo e argilla prevalente con inclusioni sabbioso - ghiaiose	3,56	Si
T24	Materiali di copertura colluviale costituiti da limo e argilla prevalente con inclusioni sabbioso - ghiaiose	4,13	Si
T25	Materiali di copertura colluviale costituiti da limo e argilla prevalente con inclusioni sabbioso - ghiaiose	8,31	Si
T26	Materiali di copertura colluviale costituiti da limo e argilla prevalente con inclusioni sabbioso - ghiaiose	5,03	Si
T27	Materiali eterogenei di conoide	1,78	Si
T28	Materiali di copertura colluviale costituiti da limo e argilla prevalente con inclusioni sabbioso - ghiaiose	5,94	Si

7.1 INDAGINE SISMICA DI TIPO PASSIVO IN *ARRAY* (RE.MI.)

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più un'unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste lunghezze d'onda interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche che sono variabili, appunto, con la profondità. Questo comportamento viene definito *dispersione in frequenza* ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente, le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario, le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico–matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati con caratteristiche elastiche lineari.

La procedura Re.Mi. è un metodo di prospezione sismica sviluppato presso l'Università di Reno in Nevada (Louie, 2001) e viene classificato come *metodo passivo* in quanto utilizza il rumore ambientale. I vantaggi derivanti da questo metodo sono molteplici poichè è veloce e semplice da usare in fase di acquisizione, raggiunge una buona profondità e risoluzione d'indagine ma, soprattutto, permette di ottenere migliori risultati in ambienti particolarmente urbanizzati. La fase di acquisizione deve essere effettuata con una serie di accorgimenti e precauzioni da adottare in sito e nella pianificazione della registrazione. Tutto è finalizzato alla registrazione di dati contenenti la miglior informazione possibile riguardo alla propagazione delle onde di Rayleigh con buon rapporto segnale-rumore.

Il rumore incoerente, cioè di tipo casuale, rappresenta nel caso Re.Mi. la fonte del segnale utile che si vuole registrare. I microtremori generati dall'ambiente si propagano nel suolo e di questi si cerca di distinguere il modo fondamentale di vibrazione dell'onda di Rayleigh dai modi superiori e dall'*aliasing* spaziale: risulta quindi necessario soddisfare la condizione di *omnidirezionalità* delle sorgenti, cioè si suppone che il rumore ambientale provenga sostanzialmente da tutte le direzioni.

I tempi di registrazione dei microtremori sono decisamente più elevati rispetto alle indagini di tipo attivo. La registrazione viene analizzata in finestre temporali che variano dai 10 ai 30 secondi. Sono da considerare la lunghezza dello stendimento L e la distanza intergeofonica Δx, che agisce sul segnale come una specie di filtro in frequenza; supponendo, infatti, che il segnale arrivi da tutte le direzioni, maggiore è la spaziatura, minore sarà la frequenza del segnale utile campionabile e viceversa: se la frequenza è più bassa, aumenta la profondità d'indagine.

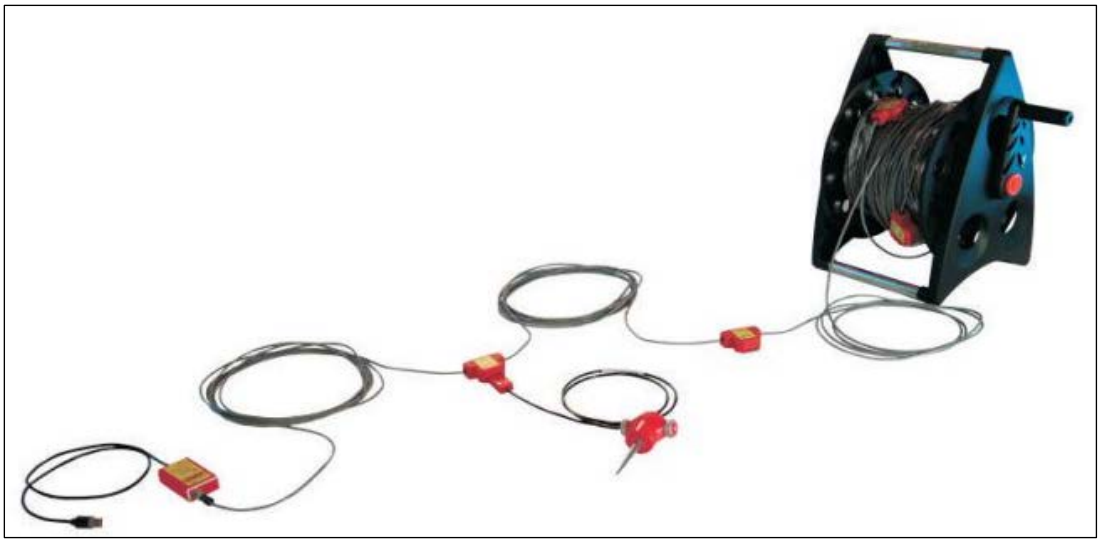
La fase più delicata è quella del *data processing*, che consiste nel trattamento dei dati acquisiti con l'obiettivo di stimare la velocità di fase delle onde di Rayleigh (V_r), che sono correlabili con le velocità V_s di propagazione delle onde S ($V_s \approx 1{,}1\ V_r$). Le varie tecniche di processing trasformano l'informazione registrata nel dominio x-t (spazio tempo), in un dominio dove l'energia associata all'evento è funzione della frequenza e di altre variabili. Tutto questo allo scopo di localizzare attraverso lo spettro la densità di energia maggiore, alla quale sono di solito associate le

onde di Rayleigh. Con procedura manuale vengono selezionati dei punti sullo spettro, che andranno a formare la curva di dispersione sperimentale.

La scelta di questi valori, denominata *picking*, è condizionata da alcune indicazioni ma è imprescindibile dall'abilità e dall'esperienza dell'interpretatore anche in base ad altre conoscenze in merito al sito in esame.

Per ottenere un elevato dettaglio del segnale, il *sampling rate* utilizzato è stato di 512 Hz. La durata (lunghezza temporale) del segnale registrato per ogni misura è stato di circa 6 minuti. Il software utilizzato per l'analisi spettrale è Grilla v.6.2 – 2012. Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 10 Hz), sono stati utilizzati n°16 geofoni verticali a 4,5 Hz uniti in *array* lineari totalmente digitali (*SoilSpy Rosina*). Ogni geofono è munito di un digitalizzatore che converte il segnale e lo trasmette al sismografo tramite un'interfaccia USB. Tale sistema permette di avere elevati rapporti di rumore, un perfetto sincronismo e una estrema leggerezza. La spaziatura utilizzata tra i geofoni è stata di 2 m o 3 m in base agli spazi disponibili quindi la lunghezza complessiva del profilo è risultata essere di 30 m o 45 m.

Tutti gli stendimenti eseguiti non presentavano sostanziali variazioni di quota e, quindi, i siti indagati sono stati considerati a sviluppo orizzontale.



8. DETERMINAZIONE DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (V_S)

Come detto in precedenza, nel territorio comunale sono state fatte una serie di misure sismiche di superficie (*array* sismici) per approfondire le conoscenze sulle caratteristiche sismiche dei litotipi costituenti il territorio in esame: in particolare, esse sono state utilizzate per determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio S (V_s) dei terreni testati.

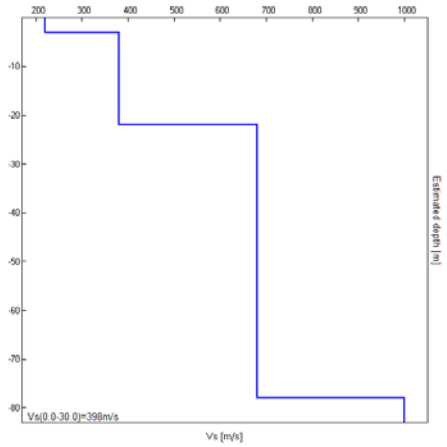
In allegato fuori testo sono riportate le schede di sintesi dei risultati di tali prove.

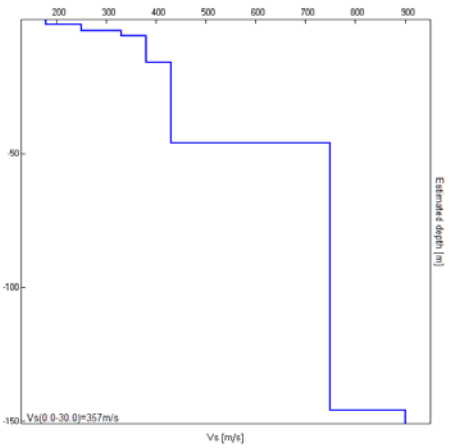
9. RISULTATI DELLE MISURE

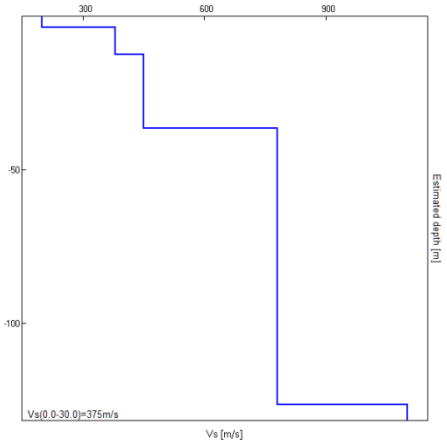
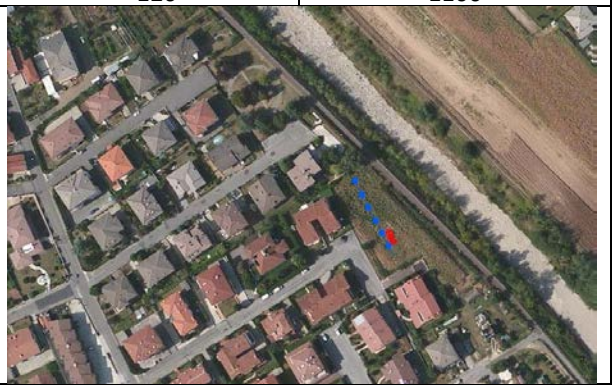
In questo paragrafo è riportata esclusivamente la sintesi dei risultati ottenuti dall'analisi congiunta degli *array* sismici e degli H.V.S.R. accoppiati ad essi.

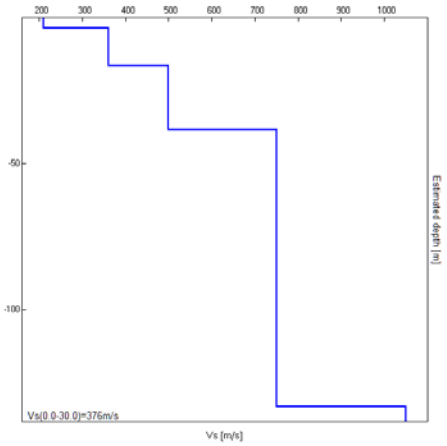
Nelle tabelle seguenti sono riportate l'ubicazione degli array e il profilo verticale delle onde di taglio (Vs).

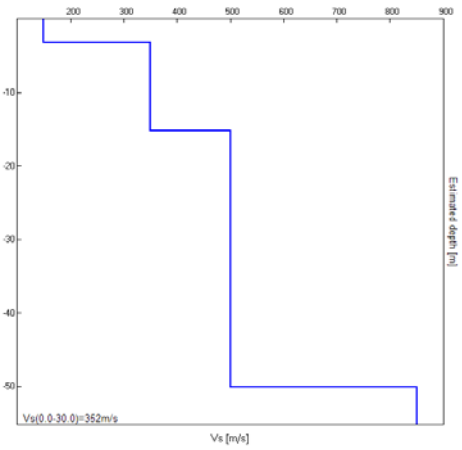
Si rimanda all'allegato fuori testo per la lettura completa delle schede con i risultati di tali prove.

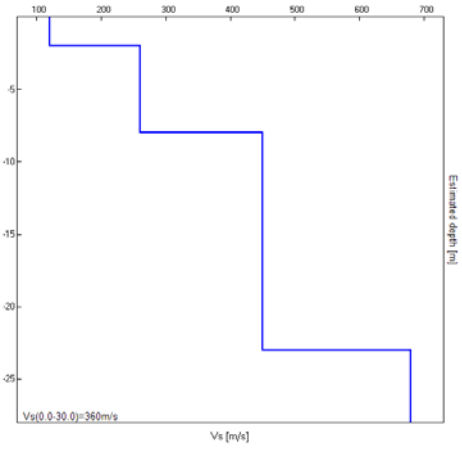
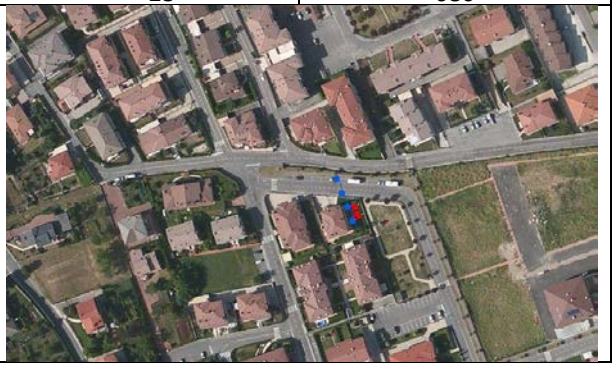
A1	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 3,0	220
	3,0 – ≈22	380
	≈22 - ≈78	680
	> ≈78	1000

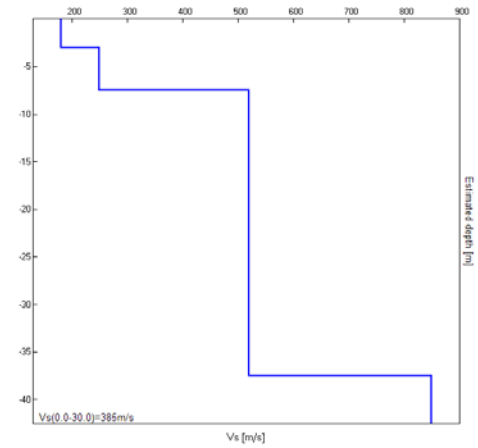
A2	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 4,0	180 - 250
	4,0 – 16,0	330 - 380
	16,0 - ≈46	430
	≈46 - ≈146	750
	> ≈146	900

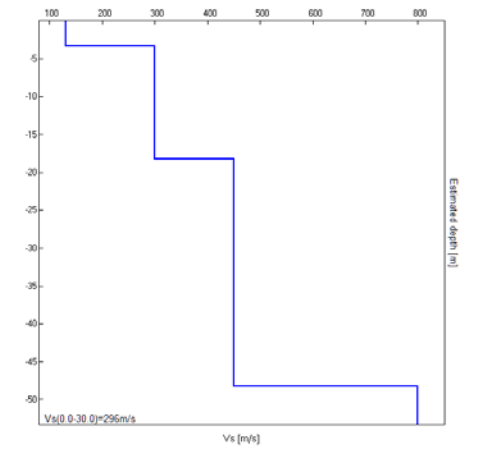
A3	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 3,5	200
	3,5 – 12,5	380
	12,5 – ≈36	450
	≈36 – ≈126	780
	> ≈126	1100
		

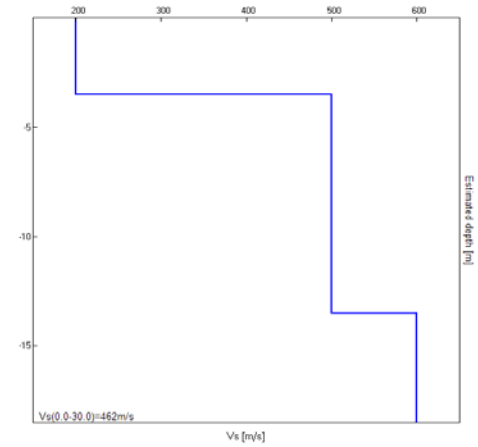
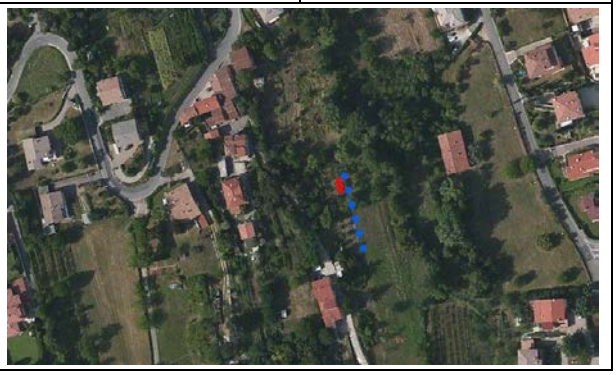
A4	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 3,5	210
	3,5 – 16,5	360
	16,5 – ≈133	500 - 750
	> ≈133	1050

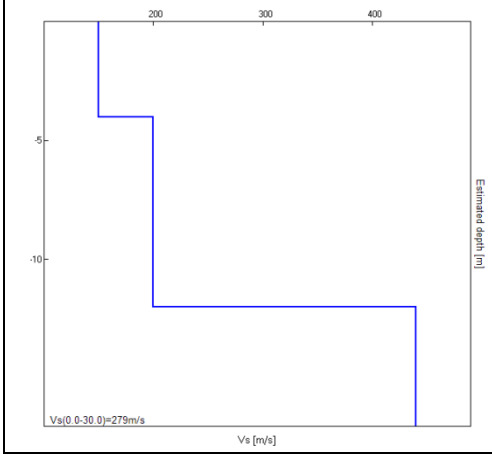
A5	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 3,2	150
	3,2 – 15,2	350
	15,2 – ≈50	500
	> ≈50	850

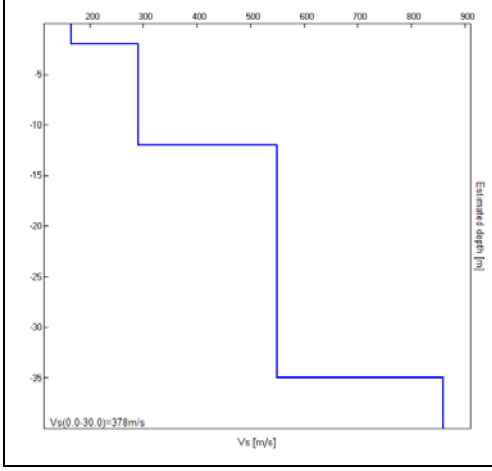
A6	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 2,0	120
	2,0 – 8,0	260
	8,0 – ≈23	450
	> ≈23	680
		

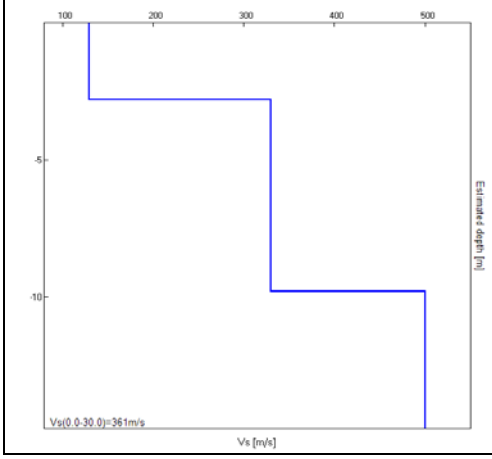
A7	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 3,0	180
	3,0 – 7,5	250
	7,5 – ≈37	520
	> ≈37	850

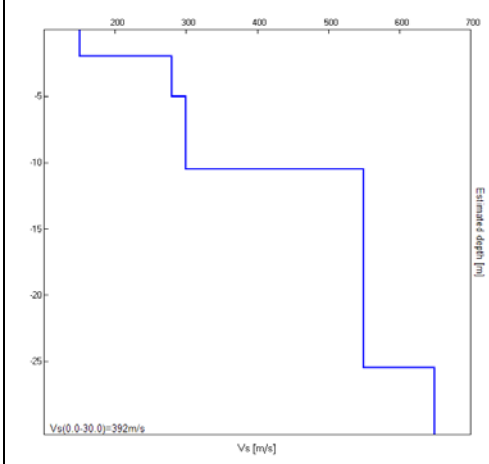
A8	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 3,3	130
	3,3 – ≈18	300
	≈18 - ≈48	450
	> ≈48	800

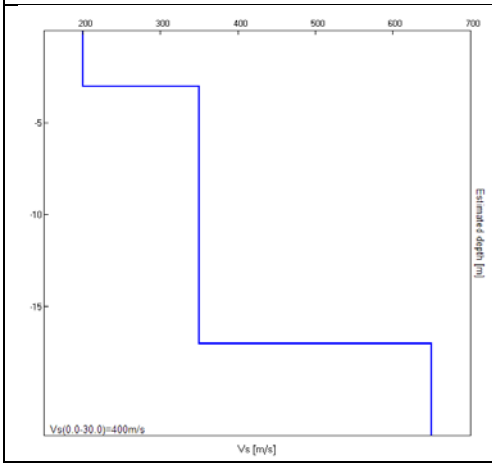
A9	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 3,5	200
	3,5 – ≈13	500
	> ≈13	600
		

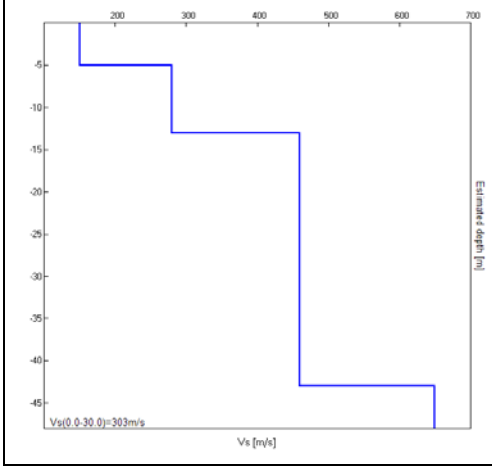
A10	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 4,0	150
	4,0 – 12,0	200
	> 12,0	440

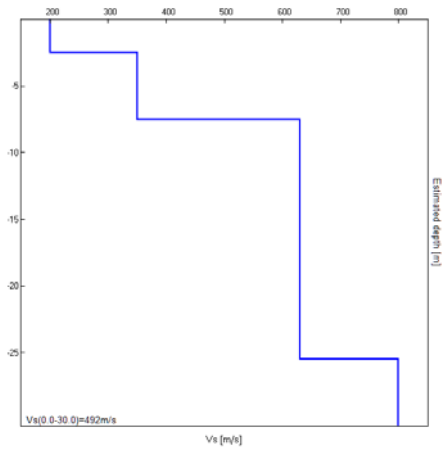
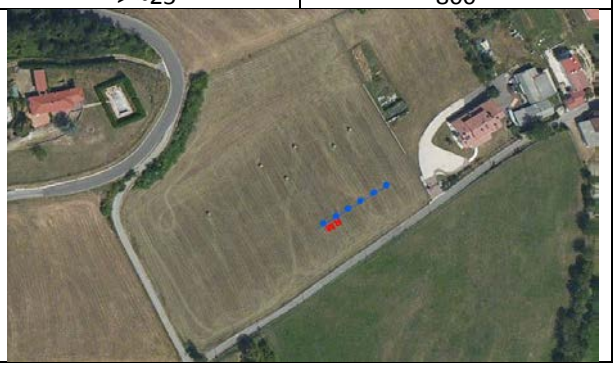
A11	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 2,0	165
	2,0 – 12,0	290
	12,0 - ≈35	550
	> ≈35	860

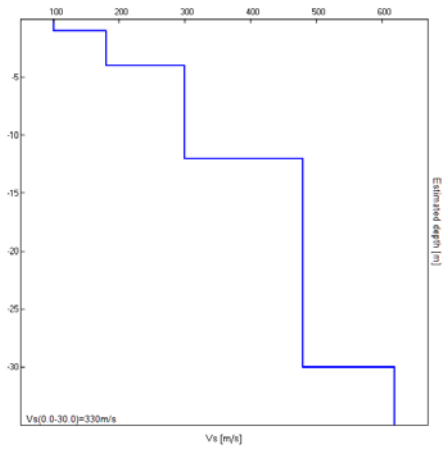
A12	Prof. da p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 2,8	130
	2,8 – 9,8	330
	> 9,8	500

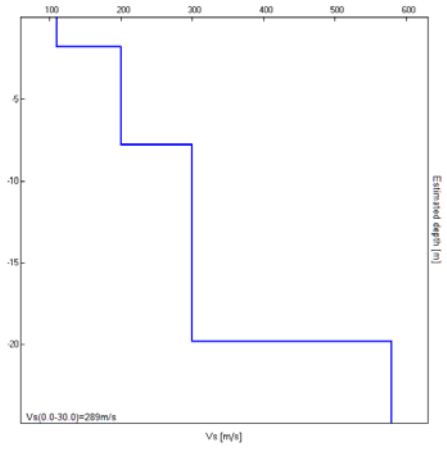
A13	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 2,0	150
	2,0 – 5,0	280
	5,0 – 10,5	300
	10,5 – ≈25	550
	> ≈25	650

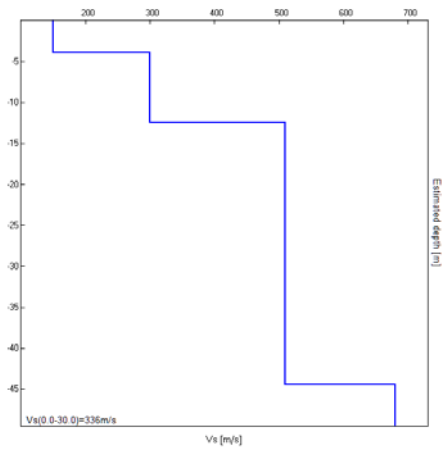
A14	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 3,0	200
	3,0 – 17,0	350
	> 17,0	650

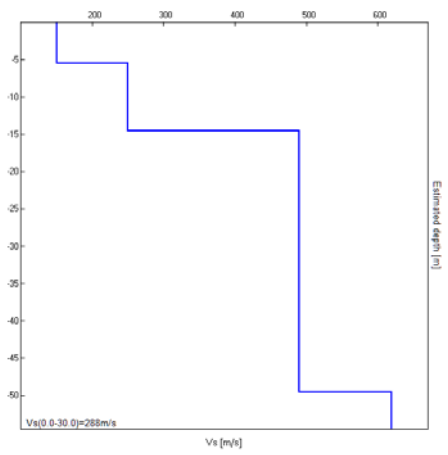
A15	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 5,0	150
	5,0 – 13,0	280
	13,0 – ≈43	460
	> ≈43	650

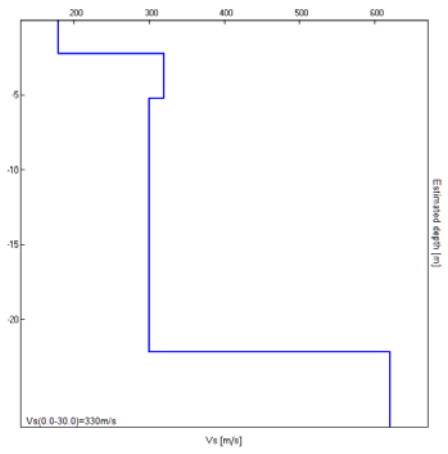
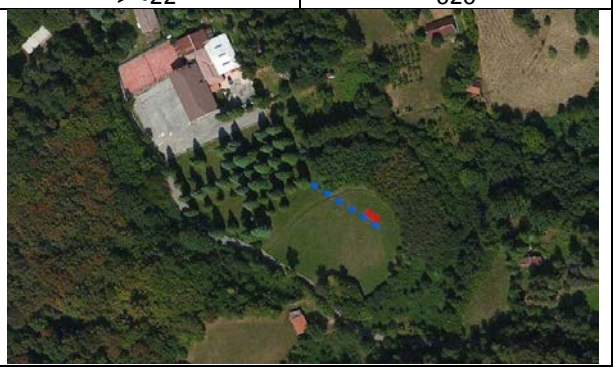
A16	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 2,5	200
	2,5 – 7,5	350
	7,5 – ≈25	630
	> ≈25	800
		

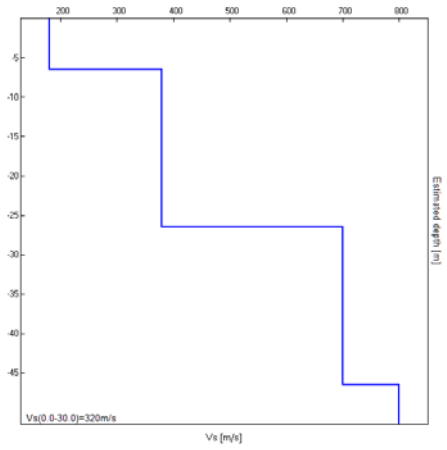
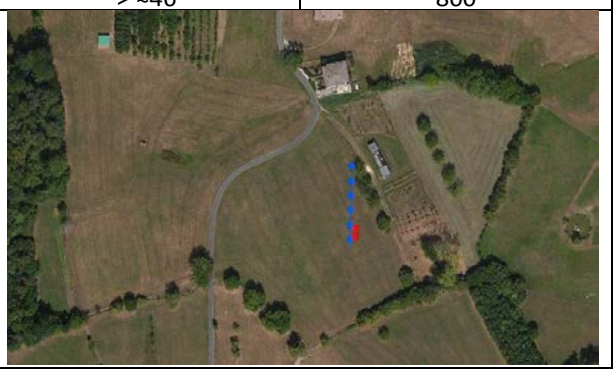
A17	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 1,0	100
	1,0 – 4,0	180
	4,0 – 12,0	300
	12,0 – ≈30	480
	> ≈30	620

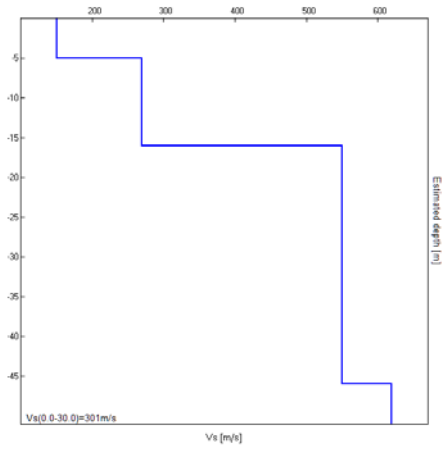
A18	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 1,8	110
	1,8 – 7,8	200
	7,8 – ≈20	300
	> ≈20	580

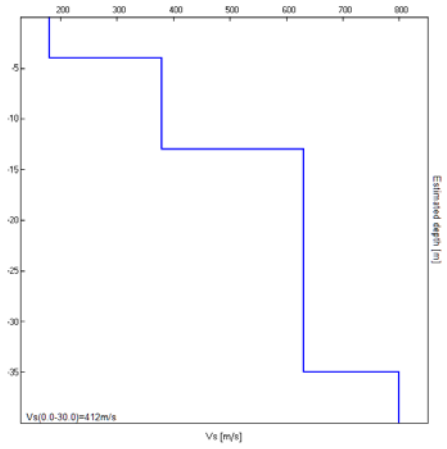
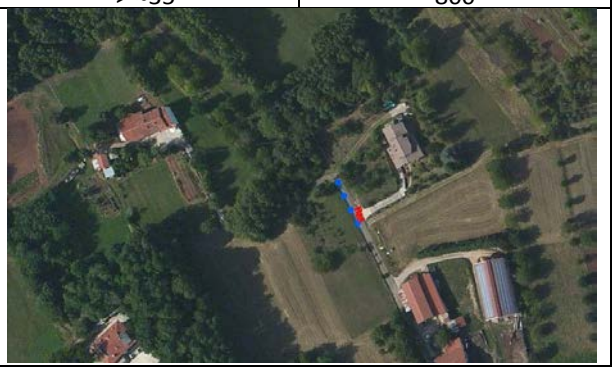
A19	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 4,0	150
	4,0 – 12,5	300
	12,5 - ≈44	510
	> ≈44	680

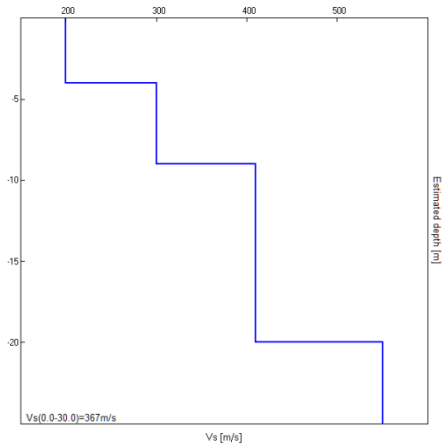
A20	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 5,5	150
	5,5 – 14,5	250
	14,5 – ≈49	490
	> ≈49	620

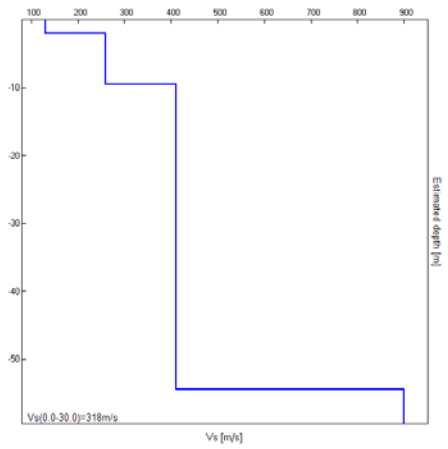
A21	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 2,2	180
	2,2 – 5,2	320
	5,2 – ≈22	300
	> ≈22	620
		

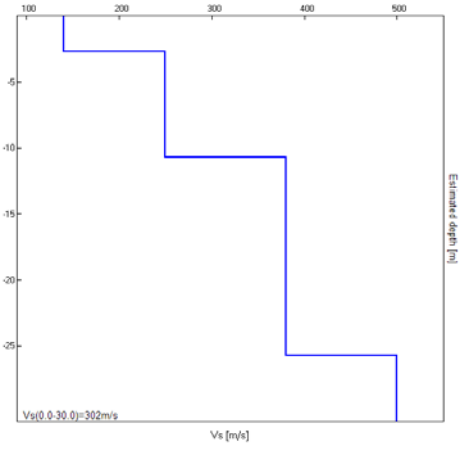
A22	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 6,5	180
	6,5 – ≈26	380
	≈26 – ≈46	700
	> ≈46	800
		

A23	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 5,0	150
	5,0 – 16,0	270
	16,0 – ≈46	550
	> ≈46	620

A24	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 4,0	180
	4,0 – 13,0	380
	13,0 – ≈35	630
	> ≈35	800
		

A25	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 4,0	200
	4,0 – 9,0	300
	9,0 – ≈20	410
	> ≈20	550

A26	Prof. da p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 2,0	130
	2,0 – 9,5	260
	9,5 – ≈54	410
	> ≈54	900

A27	Prof. dal p.c. locale (m)	Velocità onde S (m/s)
	0,0 – 2,7	140
	2,7 – 10,7	250
	10,7 – ≈25	380
	> ≈25	500

9.1 MODELLO GEOSISMICO DEL SOTTOSUOLO. INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE

La valutazione della risposta sismica locale, sia con approccio semplificato sia con modellazioni avanzate, non può prescindere da un'accurata ricostruzione del modello geosismico del sottosuolo tramite l'utilizzo di indagini geofisiche specifiche.

Le misurazioni effettuate in *array* (Re.Mi) e a stazione singola (H.V.S.R.) hanno permesso di ricostruire modelli sismo–stratigrafici accurati e precisi, in quanto i segnali si presentano quasi sempre privi di artefatti e con una elevata coerenza sia nel modo fondamentale che in quelli superiori. Inoltre, la presenza di un rumore di fondo caratterizzato da un ricco spettro alle medie–basse frequenze ha permesso di ottenere un'elevata profondità d'investigazione, anche per quanto riguarda le misure in *array*.

I risultati hanno evidenziato un modello geologico del sottosuolo abbastanza irregolare. Lo spessore della copertura, come ben noto, contribuisce in maniera determinante nella valutazione della risposta sismica locale, amplificando gli effetti in modo considerevole. Tali amplificazioni saranno tanto più marcate quanto più elevati sono i contrasti di rigidità tra i vari sismostrati.

Le misure effettuate nella **zona collinare** hanno evidenziato una modesta rigidità del sottosuolo ma, soprattutto, la presenza di contrasti sismici all'interno dell'ammasso roccioso tali da poter generare, in occasione di eventi sismici, delle amplificazioni considerevoli del moto sismico in superficie. Ancora una volta si ribadisce l'importanza di "quantificare" i contrasti di rigidità tramite misure dirette, poiché qualsiasi litologia è in grado di generare amplificazione qualora ci sia un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità o un passaggio ad un litotipo più massivo.

Nella **zona di pianura**, il graduale aumento di rigidità con la profondità rende, in genere, difficoltosa l'individuazione del contatto tra la copertura e la sottostante formazione rocciosa. In alcune occasioni, le misure hanno evidenziato contrasti sismici all'interno della copertura tali da determinare sia la principale frequenza di vibrazione sia la massima amplificazione di sito.

Confrontando tutte le prospezioni eseguite a Brogliano, si è osservato che i maggiori contrasti di rigidità sono localizzati nella zona collinare del territorio e in corrispondenza del raccordo tra la pianura e la collina, a causa dei materiali teneri prevalentemente limoso – argillosi presenti in superficie e all'elevato grado di fratturazione dell'ammasso roccioso.

10. ELABORATI CARTOGRAFICI

10.1 CARTA DELLE INDAGINI

Si tratta della cartografia elaborata sulla base della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, con ubicate le indagini eseguite in questa fase e quelle desunte da studi pregressi reperiti presso l'Ufficio Tecnico Comunale: sia le indagini sia le stratigrafie sono state schedate e allegate fuori testo.

10.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (CGT_MS)

Nella Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS) vengono riviste in chiave sismologica tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) ricavate dalla consultazione dei seguenti studi:

- ✓ Indagine geologica del Piano di Assetto del Territorio (redatta dal Dolomiti Studio , anno 2011);
- ✓ Pianto Territoriale di Coordinamento Provinciale (approvato con D.G.R. 708/2012)
- ✓ Piano di Assetto Idrogeologico del Brenta Bacchiglione (anno 2012);
- ✓ Piano di Emergenza Provinciale (anno 2006);

integrati, a loro volta, da alcuni rilievi effettuati nel territorio e da dati ed informazioni fornite dall'U.T. Comunale, in particolare relativamente agli ultimi fenomeni calamitosi che hanno interessato il territorio.

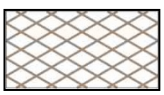
La Carta geologico - Tecnica per la Microzonazione Sismica serve per individuare gli elementi geologici che, in prospettiva sismica, potrebbero assumere un ruolo rilevante nell'esaltazione degli effetti di uno scuotimento.

Per riconoscere in via preliminare le aree soggette o non soggette ad amplificazione sismica, nella tavola sono state indicate le seguenti situazioni:

- delimitazione del substrato geologico dai terreni di copertura. Per le unità litologiche si è fatto riferimento alla *Tavola c 050101 Carta Geolitologica del PAT* in cui le classe litologiche sono state riviste per uniformarle alle indicazioni delle linee guida della Protezione Civile;
- contatto di terreni a differente risposta sismica;
- zone di versante potenzialmente instabili;
- elementi tettonico - strutturali attivi (certi e presunti), ricavati da studi precedenti e dai cataloghi nazionali e precedentemente descritti;
- irregolarità morfologiche legate alla presenza di netti cambi di pendenza (naturali ed antropici) in cui sono ritenuti possibili effetti di amplificazione topografica;
- morfologie di superficie e sepolte;
- elementi geologici ed idrogeologici.

❖ **Terreni di copertura**

Nel caso delle coperture si è considerato uno spessore minimo di 3 metri. Per descrivere la litologia dei terreni è stato utilizzato l'*Unified Soil Classification System* (leggermente modificato, ASTM, 1985).



Terreni contenenti resti di attività antropica

È stata evidenziata un'area di riporto di terreno proveniente da scavi presente in loc. Tomba. Lo spessore del riporto, secondo informazioni raccolte sul posto, risulta essere di circa 5 - 7 metri circa. L'intera area è stata interessata da recenti fenomeni di instabilità che ha interessato buona parte del materiale riportato.

Riporto di terreno in dissesto idrogeologico in loc. Tomba

GWfg

Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie
Ambiente genetico-deposizionale: *deposito fluvio - glaciale*

Comprende la seguente classe di terreni (rif. *Tavola c050101 Carta Geolitologica del PAT*):

Materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno addensati.

Alluvioni di fondovalle

MLec

Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
Ambiente genetico-deposizionale: *depositi di versante eluvi/colluvi*

Comprende la seguente classe di terreni (rif. *Tavola c050101 Carta Geolitologica del PAT*):

Materiali della copertura detritica colluviale poco consolidati e costituiti da frazione limo-argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose e/o di blocchi lapidei.

Coltre argillosa eluvio/colluviale di alterazione del substrato vulcanico

MLcz

Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
Ambiente genetico-deposizionale: *conoide alluvionale*

Comprende la seguente classe di terreni (rif. *Tavola c050101 Carta Geolitologica del PAT*): ***Materiali a tessitura eterogenea dei depositi di conoide di deiezione torrentizia***

Sono stati inseriti i depositi dell'ampia conoide localizzata presso San Martino, a confine con il comune di Cornedo Vicentino, alimentata dal corpo di frana attivo che scende dal versante nord del Monte Bregonzola (foto sotto).

Corpo di frana che confluisce nella Valle San Martino e che ha generato la conoide

❖ **Substrato geologico**

Il territorio di Brogliano è caratterizzato dalla presenza di un substrato roccioso costituito esclusivamente da termini vulcanici (tufi e brecce d'esplosione extradiatremiche, ialoclastiti, arenarie basaltiche, basalti di colata e di filone) riferibili alla seguente classe di terreni (rif. *Tavola c050101 Carta Geolitologica del PAT*): ***Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto***.

Sulla base dei seguenti parametri: stratificazione, grado di fratturazione e alterazione superficiale, si è ritenuto classificare tutto il substrato roccioso come:

Granulare cementato molto fratturato/alterato

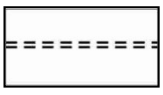
in quanto le lave basaltiche si presentano con la tipica fessurazione da raffreddamento che ne suddivide l'intero ammasso roccioso in blocchi non superiori ai 30-40 cm di diametro o con fessurazioni di tipo colonnare mentre le rocce vulcanoclastiche e le brecce sono contraddistinte da un elevato grado di alterazione e degradazione superficiale in particolare ad opera degli agenti atmosferici.

Rocce vulcanoclastiche

Basalti di M. Castello presso il centro di Brogliano

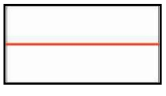
❖ **Elementi tettonico strutturali**

Tutte le faglie/fratture presenti nella *Tavola c050301 Carta Geomorfologica del PAT* ed individuate sulla base dell'analisi delle foto aeree sono state inserite nella classe:



Faglia con cinematismo non definito non attiva

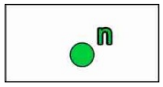
È stata infine inserita la faglia trascorrente sinistra attiva ripresa dai cataloghi ITHACA e DISS 3.1.1. (vedi par. 4.4).



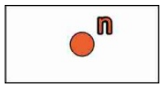
Faglia trascorrente/obliqua attiva (certa)

❖ **Elementi geologici ed idrogeologici**

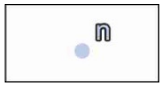
Sono state riportate le ubicazioni di sondaggi e dei pozzi eseguiti nel territorio comunale con le indicazioni sulla profondità del substrato geologico, qualora raggiunto, e della falda nel fondovalle.



Profondità (m) sondaggio o pozzo che ha raggiunto il substrato geologico



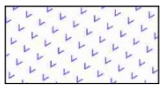
Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato geologico



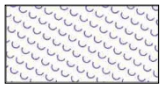
Prondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie

❖ Instabilità di versante

Le forme di instabilità di versante comprendono i corpi di frana. Quelli riportati nella Carta Geologico-Tecnica sono stati ricavati dallo studio geologico del Piano di Assetto del Territorio e dal PAI integrati con alcuni dati recenti provenienti da sopralluoghi effettuati. È stata operata la seguente distinzione tra le varie forme di instabilità di versante (frane) riportate nella tavola:



Frana di scorrimento attiva



Frana di colata attiva

Frana di scorrimento quiescente

Lo stato di attività di un fenomeno di dissesto fornisce informazioni relativamente al tempo in cui esso si è verificato, inoltre fornisce una previsione del tipo di evoluzione, anche in senso temporale, dello stesso. La terminologia adottata nella descrizione dello stato di attività fa riferimento a quanto contenuto nella "Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione" (AMATI *et alii*, 1996) e nella "Guida alla compilazione della scheda frane IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia), Allegato 1 al Progetto IFFI" (AMANTI *et alii*, 2001), che si basano sulle raccomandazioni del WP/WLI (1993a) e del Glossario Internazionale delle Frane (WP/WLI 1993b) nonché su quanto proposto da CRUDEN & VARNES (1996).

ATTIVO	– fenomeno attualmente in movimento – fenomeno che si è mosso nell'ultimo ciclo stagionale – fenomeno riattivatosi dopo un periodo di inattività
QUIESCENTE	– fenomeno che può essere riattivato dalle sue cause originali (ossia per il quale permangono le cause del movimento)

La seconda distinzione è stata operata sulla base della classificazione del dissesto in instabilità per frana di:

SCORRIMENTO	Comprendono sia gli scoscendimenti che gli scivolamenti. Si verificano per superamento della resistenza di taglio all' interno di una massa che può essere omogenea o presentare stratificazioni. La superficie di rottura è arcuata, con concavità verso l'alto e può essere di neoformazione o in parte preesistente. Alla superficie di scorrimento principale, sono spesso associate superfici secondarie. Sono ricorrenti in rocce plastiche ma anche in ammassi omogenei a vario grado di cementazione ed in coltri alterate. Influenti sono le pressioni dell'acqua e le loro oscillazioni, la presenza di sovraccarichi (es. opere antropiche), le azione di sismi.
COLATA	Possono avvenire in ammassi rocciosi o in terreni sciolti. Avvengono lungo superfici non visibili che si attivano durante lo scorrimento stesso. Interessano aree molto estese, anche interi versanti, lungo i quali è possibile distinguere un bacino collettore o di alimentazione. Sono generalmente da ricondurre all'elevato contenuto d'acqua con superamento del limite di liquidità (WLL) nel caso di terreni argillosi.

❖ **Forme di superficie e sepolte**

Sono state riconosciute ed evidenziate le seguenti forme di superficie:

Conoide alluvionale

posta in corrispondenza del nucleo abitato di San Martino a cavallo con il comune di Cornedo Vicentino.

Orlo di scarpata morfologica (10 - 20 m)

Orlo di scarpata morfologica (> 20 m)

che comprendono sia i salti morfologici sia le scarpate soggette a fenomeni diffusi di erosione e dissesto.

Scarpata morfologica ben visibile nei pressi di loc. San Martino

Picco isolato

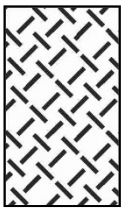
il più significativo ed importante risulta essere il Monte Bergonzola.

Monte Bergonzola

10.3 CARTA DELLE MICROZONE OMEGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica è costruita sulla base degli elementi predisponenti alle amplificazioni e alle instabilità sismiche già riportati nella Carta Geologico Tecnica. Si ritiene che tutto il territorio di Brogliano sia assoggettabile ad amplificazione sismica per effetto topografico, per le caratteristiche litologiche del substrato o per la presenza di coperture. Pertanto, sulla base di quanto esposto ed escludendo la presenza di "zone stabili", le "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali" sono state così suddivise:

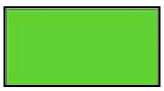
Zona 0 - Substrato molto fratturato o alterato



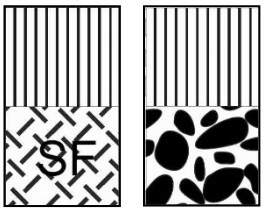
SF. Comprende il substrato geologico affiorante o subaffiorante molto fratturato e alterato costituito sclusivamente da rocce di origine vulcanica: tufi e brecce d'esplosione extradiatremiche, ialoclastiti, arenarie basaltiche, basalti di colata e di filone

Zona 1

GWfg. Si tratta dei depositi alluvionali di fondovalle costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie per una potenza divariabile tra i 30-80 m.
In profondità è presente il substrato lapideo stratificato **LPS**



Zona 2



MLcz. Depositi di conoide costituiti da limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità che sovrastano il substrato roccioso fratturato **SF**, nella fascia apicale della conoide, ed i depositi alluvionali **GWfg**, nella parte frontale della conoide

Zona 3

MLec. Depositi di conoide costituiti da limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità che sovrastano il substrato roccioso fratturato **SF** presente in tutta la fascia collinare e pedecollinare.

Le zone sono state create ed ordinate dalla Zona 0 alla Zona 3 considerando le caratteristiche litologiche e genetiche dei terreni della Carta geologico – tecnica CGT e le potenziali risposte sismiche locali dal punto di vista stratigrafico. Non sono state inserite le due piccole aree con materiale di riporto, poco significative ai fini dello studio di MS.

Per quanto riguarda le zone di attenzione per instabilità sono state evidenziate le:

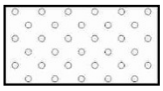
Zona di attenzione per instabilità di versante attiva

che comprende tutte le aree a pericolosità idrogeologica del PAI, le frane attive del PAT ed alcuni recenti dissesti segnalateci dall'U.T. comunale.

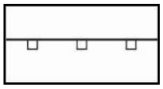
Zona di attenzione per instabilità di versante quiescente

In questa classe sono stati inseriti tutti i corpi di frana "non attivi" presenti nella Carta Geomorfologica del PAT. Si è ritenuto di classificarli "quiescenti" in quanto non si possono escludere future riattivazioni dei fenomeni.

Sono state infine riprese le forme di superficie della Carta Geologico Tecnica, ossia:



Conoide alluvionale



Orlo di scarpata morfologica (10 - 20 m)

Orlo di scarpata morfologica (> 20 m)

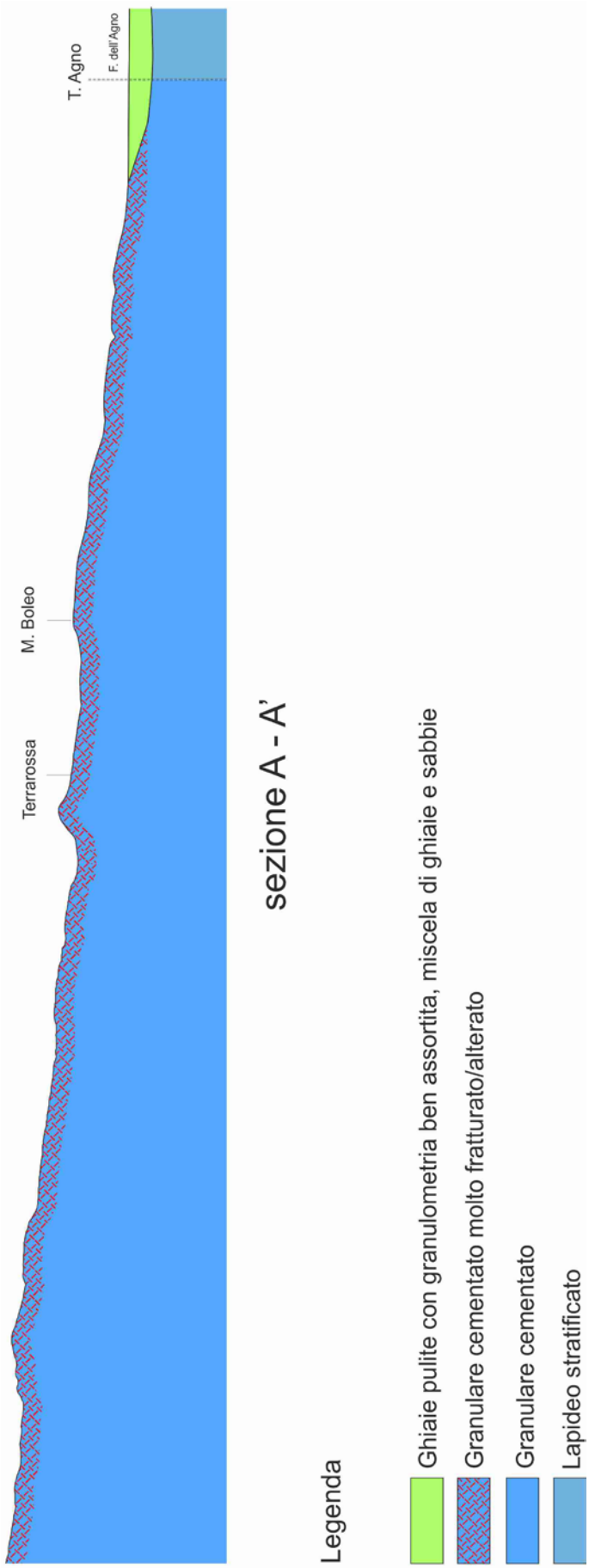
Picco isolato

Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche

Si allega la sezione stratigrafica che evidenzia l'andamento delle varie unità litostratigrafiche nel sottosuolo ed il loro rapporto laterale. Tale sezione è stata tracciata con direzione circa E-W corrispondente alla forma del territorio studiato.

La sezione evidenzia come la faglia dell'Agno metta a contatto le unità vulcaniche presenti sul fianco destro della valle con le formazioni calcaree, più recenti, presenti sul fianco sinistro.

Stazione microtremore a stazione singola


T. Agno
F. dell'Agno
M. Boleo
Terrarossa
sezione A - A'
Legenda
Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie
Granulare cementato molto fratturato/alterato
Granulare cementato
Lapideo stratificato

10.4 CARTA DELLE FREQUENZE

La misura delle vibrazioni ambientali (note anche come rumore sismico ambientale o microtremori) o della sismicità di fondo (*weak motion*) consentono di analizzare la variazione della risposta sismica di un sito al variare delle condizioni litostratigrafiche.

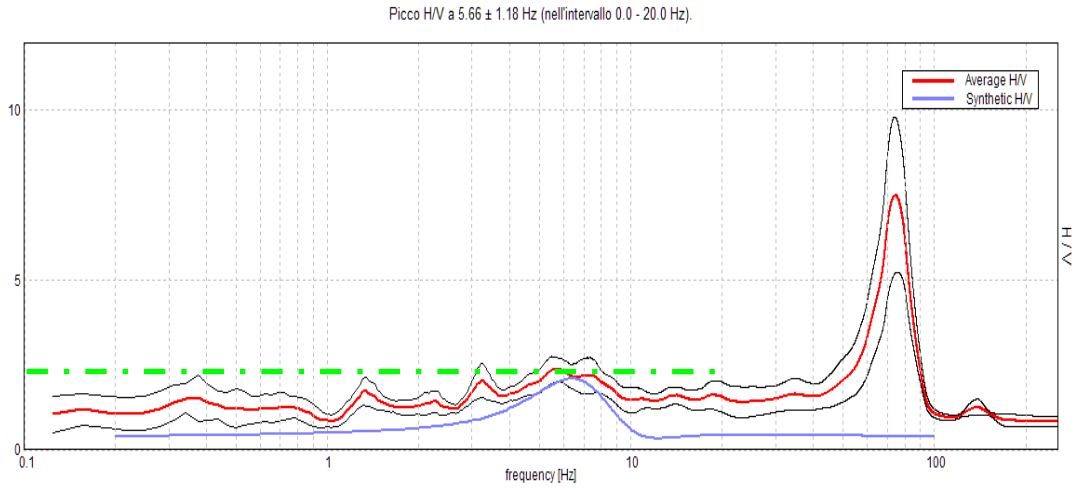
Durante le indagini di MS dell'area aquilana dopo il terremoto del 6 aprile 2009, i risultati di tali analisi si sono rilevati estremamente utili sin dalle prime fasi di elaborazione delle carte di Livello 1.

L'analisi dei microtremori attraverso la tecnica *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (H.V.S.R.) consente di mettere in luce fenomeni di risonanza sismica e di stimare le frequenze alle quali il moto del terreno può essere amplificato (frequenza fondamentale di risonanza del terreno, f_0). Il metodo consente inoltre di valutare qualitativamente l'entità dell'amplificazione (ampiezza del picco H.V.S.R. alla frequenza f_0) - anche se l'ampiezza del picco H.V.S.R. è una grandezza da interpretare con cautela - e di fornire una stima indicativa sulla profondità del contrasto di impedenza che causa la risonanza sismica. I risultati delle indagini H.V.S.R. da microtremori hanno consentito di realizzare la carte delle frequenze e hanno fornito informazioni utili a definire e delineare la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), hanno dato informazioni su locali criticità e sono stati utili nella pianificazione delle indagini lineari.

I siti selezionati per le indagini sismologiche sono stati distribuiti in corrispondenza delle differenti unità litologiche affioranti nell'area, al fine di verificare e valutare l'influenza dei litotipi e delle loro geometrie, sulla risposta sismica locale. In allegato fuori testo sono riportate le schede di sintesi dei risultati di tali prove.

Dal punto di vista ingegneristico-strutturale il valore di risonanza del sottosuolo rappresenta un parametro fondamentale per una corretta progettazione sismica delle strutture. È ormai consolidata, sia a livello accademico sia professionale, l'ipotesi che le strutture subiscano le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella naturale dell'edificio. Si dovrà quindi porre estrema attenzione nell'edificare strutture aventi gli stessi periodi di vibrazione del terreno.

Tutte le valutazioni sulle condizioni di amplificazione di sito sono state effettuate considerando la finestra frequenziale di 0,1-20 Hz, in quanto tali frequenze risultano essere quelle di normale interesse ingegneristico–strutturale. Inoltre, le amplificazioni sismiche considerate nella curva H/V sono state quelle con un rapporto superiore a 2: infatti, in base al progetto SESAME, che di fatto fornisce le linee guida per misure sismiche H.V.S.R., il rapporto sotto il quale non si devono considerare le amplificazioni sismiche dovute ad effetti locali è fissato a 2 (linea tratteggiata nella figura sotto).



Sono attribuite condizioni di amplificazione stratigrafica per quei siti in cui la curva mediana di interpolazione del grafico presenta picchi con ampiezza H/V superiore a 2 (criterio SESAME, 2004; Albarello e Castellaro, 2011) all'interno del campo di frequenze compreso tra 0,1 e 20 Hz

Nell'ambito del presente studio, le frequenze di risonanza sono state ottenute utilizzando il software applicativo Grilla in dotazione a Tromino®, secondo la procedura descritta in CASTELLARO *et al.* (2005) e ALBARELLO e CASTELLARO (2011), che prevede quanto segue:

- larghezza delle finestre di analisi pari a 20 s;
- lisciamento secondo una finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
- rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore a 2;
- rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti;
- verifica dell'affidabilità delle curve H/V secondo i criteri di qualità SESAME (2004).

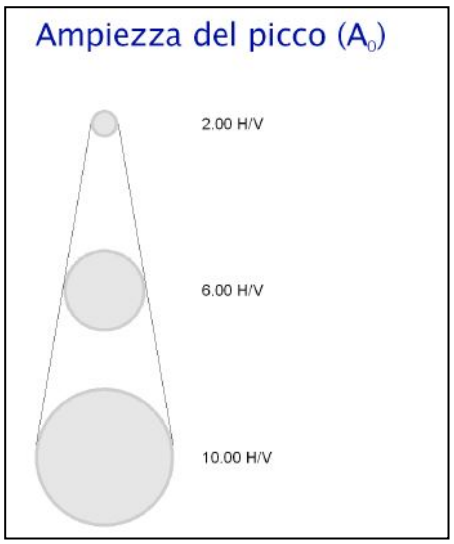
In sostanza, questa carta, elaborata sulla base della C.T.R. alla scala 1:10.000, evidenzia come la frequenza caratteristica di risonanza di un sito sia molto variabile e condizionata dai rapporti litostratigrafici che si sviluppano con la profondità.

Osservando la Carta delle Frequenze, realizzata per la maggior parte tramite le misure di rumore ambientale a stazione singola eseguite per il presente studio, è possibile formulare alcune interessanti osservazioni:

- Il comune di Brogliano presenta un ampio *range* di frequenze di risonanza con valori H/V, in generale, abbastanza elevati, per cui risulta possibile ipotizzare importanti amplificazioni del moto sismico in superficie.
- Le frequenze di risonanza più elevate sono localizzate nella porzione collinare del territorio comunale e generate dal contatto stratigrafico tra il livello argilloso superficiale e le sottostanti formazioni rocciose fratturate.
- L'andamento spettarle delle componenti H/V relative alle misure effettuate nella porzione collinare denotano possibili amplificazioni sismiche all'interno dell'ammasso roccioso, probabilmente dovuto al forte grado di fratturazione della roccia stessa.

Si fa presente che le misure H.V.S.R. quantificano l'amplificazione sismica locale in termini di frequenza e ampiezza in base al solo contributo stratigrafico. Non viene considerata l'amplificazione dovuta agli effetti topografici e alle morfologie complesse sepolte.
In conclusione, i risultati delle analisi sono stati cartografati tramite dei cerchi di diverso colore in base ai valori di frequenza f_0 (7 classi) e con un diametro proporzionale all'ampiezza del picco.

Per quanto riguarda l'intervallo frequenziale, ad ogni *range* di frequenza fondamentale F_0 è stato assegnato un cerchio colorato mentre l'ampiezza del picco H/V è stata rappresentata sulla base del diametro dei cerchi colorati, secondo il *range* rappresentato nell'immagine a seguire.



11. COMMENTI FINALI E CRITICITÀ

I capitoli precedenti hanno evidenziato chiaramente la complessità geologica del Comune di Brogliano che, vista in chiave sismica, dimostra una risposta locale continuamente variabile e denota una certa difficoltà nel ricostruire microzone con risposte omogenee.
In tal senso, visto che le indagini hanno coperto gran parte del territorio comunale coinvolgendo la maggior parte degli ambiti geomorfologici individuati e delle litologie riscontrate, si ritiene che i livelli successivi di approfondimento debbano essere concentrati solo nelle aree ritenute importanti per la comunità.
Del resto, l'adeguamento del livello di approfondimento va misurato con le risorse e con i tempi disponibili, nonché con la destinazione d'uso del territorio.

Perciò, lo studio di MS eseguito si presta ad essere aggiornato ed integrato per rendere sempre più basso il rischio sismico. Per ottimizzare i costi degli eventuali approfondimenti successivi e, quindi, per inquadrare al meglio le zone individuate, si propone di realizzare gli studi futuri come segue:

- individuare e perimetrare le aree più abitate, i centri di futura urbanizzazione e le zone che comprendono gli edifici ritenuti strategici o importanti ai fini della Protezione Civile;
- eseguire un rilievo geologico – geomorfologico di dettaglio per ogni area individuata, prendendo in considerazione le caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche e geotecniche delle diverse zone, integrandole con i dati pregressi già raccolti ed interpretandoli appositamente;
- ricostruire con dettaglio la topografia delle aree indagate, inquadrandole con precisione nella morfologia generale;
- definire eventuali indagini dirette per determinare le caratteristiche geotecniche locali e verificare la necessità di integrare le indagini geofisiche già eseguite;
- le aree potenzialmente instabili già individuate in questa fase (aree di frana) dovranno essere analizzate in maniera approfondita, una volta verificata la "pericolosità" in relazione alla "vulnerabilità" del sito in cui sviluppano;
- individuare le zone che necessitano di essere analizzate fino al Livello III di approfondimento.

L'utilizzo di abachi predisposti dalla Regione Veneto per la realizzazione del Livello II dovrà essere subordinata alla presenza di assetti stratigrafici rigorosamente monodimensionali. Qualora tale condizione non fosse verificata (condizione prevalente nel territorio comunale di Brogliano), sarà necessario utilizzare un'analisi bidimensionale e, quindi, passare di fatto ad un livello di approfondimento maggiore (Livello III), nel quale dovranno essere stimati i fattori di amplificazione (F.A.) in termini di P.G.A. e intensità spettrale in pseudo – velocità e/o pseudo – accelerazione, nell'intervallo $0{,}1 < T_o < 0{,}5$ s e $0{,}5 < T_o < 1{,}0$ s.

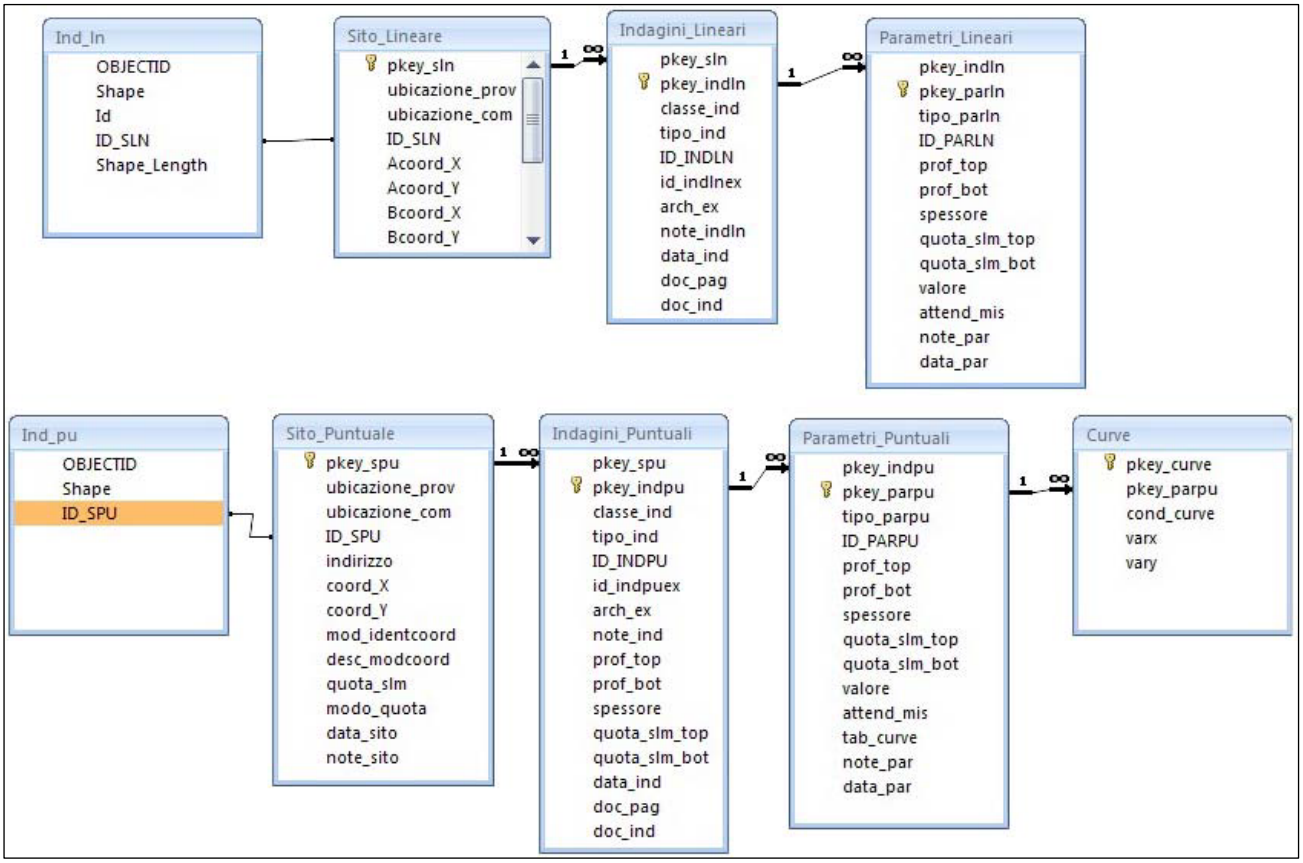
In generale, gli studi di MS hanno lo scopo di razionalizzare la conoscenza del territorio per chi deve pianificare gli interventi: invece, per la progettazione delle opere è importante eseguire indagini specifiche, come del resto previsto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).

12. REDAZIONE CARTOGRAFICA E CREAZIONE BASI INFORMATIVE

L'analisi di Microzonazione Sismica ha prodotto informazioni che sono state cartografate secondo le indicazioni previste dalle Linee Guida emanate dalla Protezione Civile Nazionale. I *layers* informativi prodotti sono stati organizzati secondo la banca dati geografica definita dagli Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica (versione 3.0), emanati dalla Commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione simica nell'ottobre 2013. Gli Standard sopraccitati definiscono le specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della MS.

Per quanto riguarda la rappresentazione cartografica, anch'essa è stata realizzata utilizzando le vestiture previste dagli Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica (versione 3.0).

Il contenuto informativo della Carta delle Indagini si esplica attraverso la relazione tra gli *shapefiles* (Ind_pu e Ind_ln) e le tabelle ad essi collegate, appositamente strutturate per archiviare i dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini.



Relazione fra tabelle e shapefiles
("Standard di Rappresentazione e archiviazione informatica" - versione 3.0)

Lo *shapefile* Ind_pu rappresenta la primitiva puntuale che posiziona spazialmente il relativo punto d'indagine, identificato univocamente nel campo ID_SPU; quest'ultimo costituisce la chiave di collegamento (*join*) alla tabella **Sito_Puntuale**, destinata all'archiviazione dei parametri di georeferenziazione dei punti d'indagine.

La tabella **Indagini_Puntuali** descrive le tipologie d'indagine eseguite e le informazioni necessarie alla tracciabilità, mediante collegamento esterno con la relativa documentazione in formato pdf. Infine, nella tabella **Parametri_Puntuali** sono archiviati i parametri associati alle prove descritte nella tabella Indagini_Puntuali.

Lo *shapefile* Ind_In costituisce la primitiva lineare che posiziona spazialmente le indagini lineari, identificati univocamente nel campo ID_SLN; quest'ultimo rappresenta la chiave di collegamento alla tabella **Sito_Lineare**, nella quale vengono archiviate le codifiche del tracciato.

La tabella **Indagini_Lineari** definisce la tipologia d'indagine eseguita e le informazioni necessarie alla sua tracciabilità, tramite un collegamento esterno con documentazione corrispondente, in formato pdf. Infine, la tabella **Parametri_Lineari** contiene i parametri definiti dalle prove descritte nella tabella **Indagini_Lineari**.

Il contenuto informativo riportato nella Carta delle Frequenze è definito dal campo VALORE della tabella **Parametri_Puntuali**, dove viene specificato il valore della frequenza di risonanza espresso in Hertz (Hz) nell'intervallo compreso tra 0,1 Hz e 20,0 Hz.

La restituzione grafica dei valori di frequenza si riferisce a quanto proposto per la Carta delle Frequenze di risonanza negli "Standard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica. Specifiche tecniche per la redazione degli elaborati cartografici e informatici relativi al Primo livello delle attività di Microzonazione sismica – Versione 1.2" (2012) della Regione Abruzzo.

Le suddette tabelle sono state compilate e archiviate nel database di Access ***CdI_tabelle.mdb.***

La Carta Geologico-Tecnica è stata realizzata in formato vettoriale e contiene i seguenti *layers* informativi, inseriti all'interno della cartella **GeoTec**.

Nome file	Tipo *shapefile*	Descrizione
Forme	Poligonale	Forme di superficie sepolte
Elineari	Lineare	Elementi lineari (escluse le isobate)
Epuntuali	Puntuale	Elementi puntuali
Geoidr	Puntuale	Elementi puntuali geologici e idrogeologici
Geotec	Poligonale	Unità geologico tecniche

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica contiene i seguenti *layers* informativi, inseriti all'interno della cartella che definisce i parametri di MS di Livello 1 (**MS 1**).

Nome file	Tipo *shapefile*	Descrizione
Stab	Poligonale	Zone stabili e zone stabili suscettibili di amplificazione
Instab	Poligonale	Zone instabili

La cartografia di base utilizzata per l'elaborazione dello studio è la C.T.R. del Veneto, le cui coordinate piane espresse in Gauss - Boaga (fuso Ovest) sono state convertite in WGS84 UTM33N.
Le coordinate delle tabelle (.mdb) e gli *shapefiles* allegati al progetto sono nel formato **WGS84 UTM33N**.

13. ANALISI PER LA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA (C.L.E.)

L'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) è parte integrante dello studio di Microzonazione Sismica richiesto dal Comune di Brogliano. Essa è stata realizzata coinvolgendo più figure professionali (Ingegneri, Geologi), in virtù del carattere di multidisciplinarietà che riveste tale tipo di analisi.

A livello nazionale, per consentire una catalogazione uniforme e omogenea degli elementi facenti parte l'analisi per la CLE di ogni singolo Comune, sono state concepite delle indicazioni/linee guida standardizzate e una specifica modulistica predisposta dalla Commissione Tecnica di cui all'articolo 5 commi 7 e 8 dell'O.P.C.M. del 13/11/2010, n°3907 comma 4 dell'articolo 18 dell'O.P.C.M 4007/2012, emanata con apposito decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, con cui sono stati anche definiti gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica.

Seguendo le *"Istruzioni per la compilazione delle schede (versione 2.0)"* e servendosi successivamente del programma informatico *"SoftCLE (software per l'archiviazione dati – versione 2.0)"* si è potuta eseguire l'analisi del Piano di Protezione Civile Comunale.

Come definito dalle Istruzioni per la compilazione delle schede (versione 2.0), partendo dalle mappe cartografiche della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) e dal succitato Piano di Protezione Civile Comunale (PPCC), la procedura per l'analisi della CLE è stata strutturata secondo le sottostanti fasi:

Analisi preliminari

- individuazione delle funzioni strategiche ritenute essenziali in caso di emergenza e degli edifici in cui esse si svolgono, come definito dal Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n°3685 del 21/10/2003. Si evidenziano quindi gli Edifici Strategici (ES);
- individuazione degli eventuali Aggregati Strutturali (AS) di appartenenza degli edifici strategici individuati nel punto precedente;
- individuazione delle aree di emergenza di ricovero della popolazione e di ammassamento dei soccorritori e dei materiali, desunte dal PPCC;
- individuazione delle strade di *connessione* fra gli edifici strategici e le aree di emergenza e delle infrastrutture stradali che garantiscono l'*accessibilità* al sistema degli elementi del PPCC (schede AC);

Analisi in loco

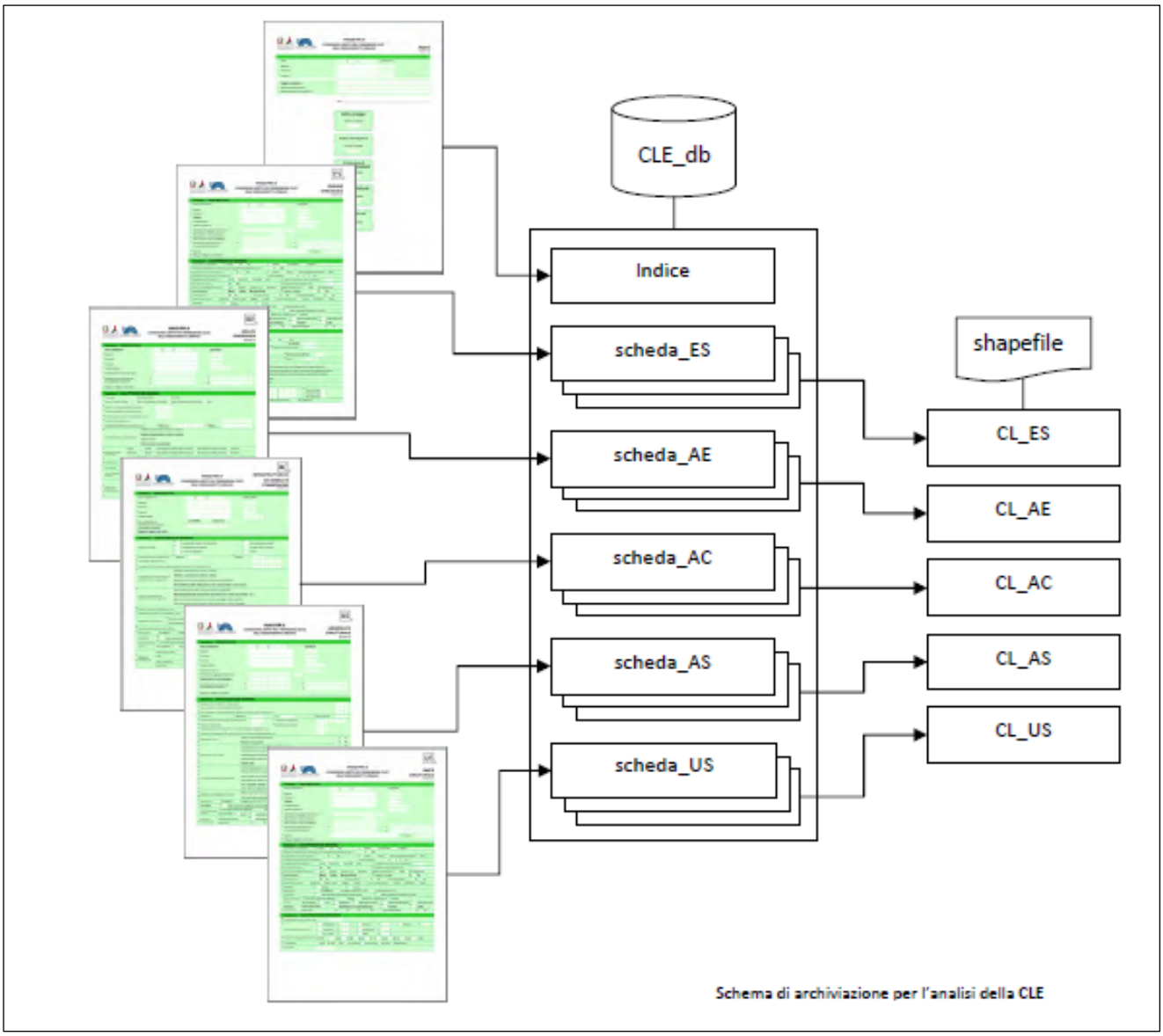
- individuazione degli aggregati (AS), o dei singoli manufatti isolati (US isolate), interferenti con le infrastrutture stradali o le aree di emergenza;
- compilazione delle schede specifiche per ogni elemento identificato, quale facente parte del sistema di gestione dell'emergenza;
- informatizzazione dei dati raccolti nelle schede con l'ausilio del software di inserimento dati "SoftCLE";
- richiesta presso il Comune di eventuali informazioni mancanti e realizzazione del database CLE_db.

Seguendo le fasi sopra riportate, l'insediamento urbano del comune di Brogliano è stato analizzato sul posto nel mese di febbraio 2014, eseguendo i sopralluoghi necessari per l'acquisizione dei dati per la compilazione delle schede, cui è successivamente seguita l'informatizzazione delle stesse.

Infine, è stata realizzata la carta degli elementi per l'analisi della CLE alla scala 1:10.000, che individua nell'ambito dell'insediamento urbano, il sistema di gestione dell'emergenza, composto da edifici e infrastrutture utili ad analizzare la CLE.

I contenuti dell'analisi della CLE sono stati informatizzati secondo le specifiche Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica (versione 2.0) - emanati dalla Commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione simica nell'ottobre 2013.

In queste specifiche vengono definite inoltre le modalità per la predisposizione della carta degli elementi per l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), per la quale dovranno essere archiviati i dati alfanumerici nelle seguenti tabelle, corrispondenti alle schede precedentemente citate.

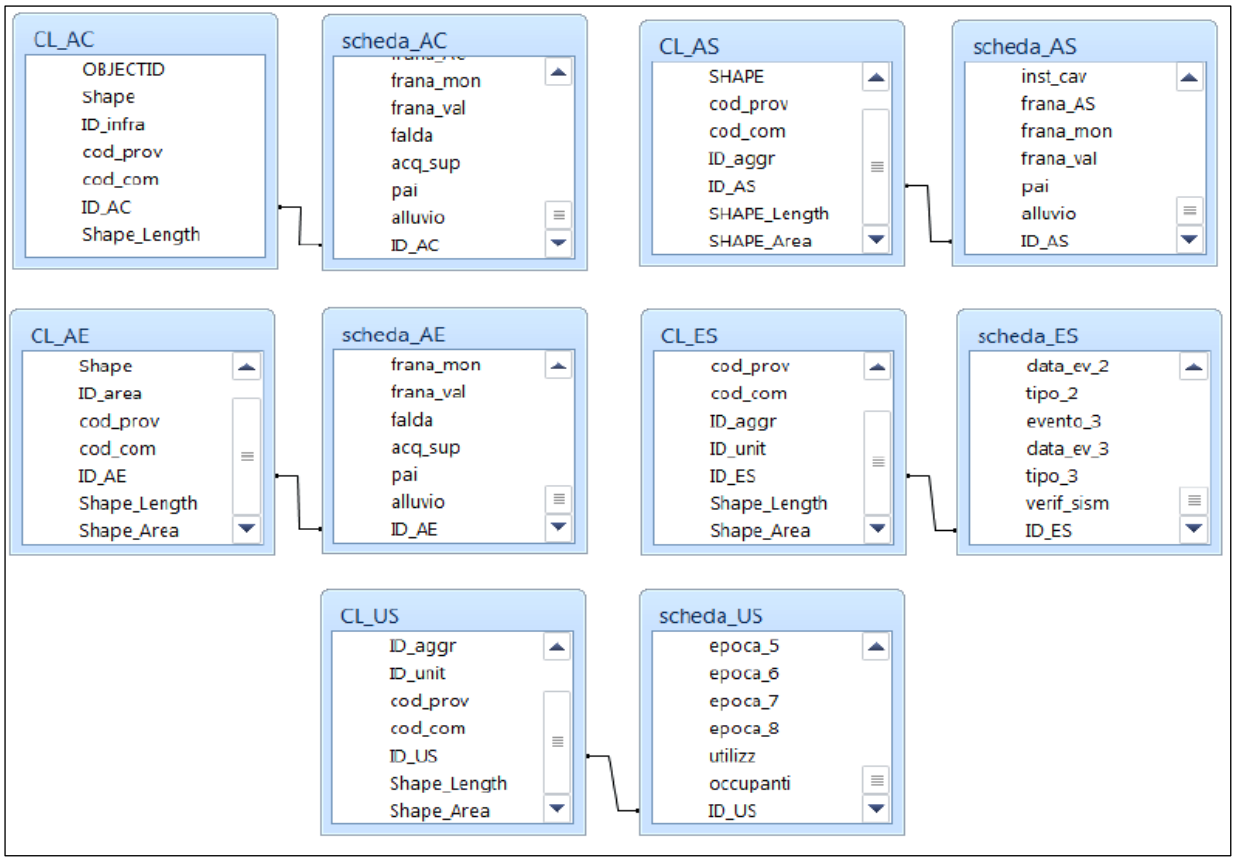


I dati cartografici dovranno essere archiviati nei seguenti *shapefiles*:

Nome	Tipo *shapefile*	Descrizione
CL_ES	Poligonale	Edifici strategici
CL_AE	Poligonale	Aree di emergenza
CL_AC	Lineare	Infrastrutture di accessibilità / connessione
CL_AS	Poligonale	Aggregati strutturali
CL_US	Poligonale	Unità strutturali

Il contenuto informativo della carta degli elementi per l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza si esplica attraverso la relazione tra i suddetti *shapefiles* e le tabelle ad essi collegate.

La relazione con gli *shapefiles* è stabilita attraverso i campi ID_ES (tabella scheda_ES), ID_AE (tabella scheda_AE), ID_AC (tabella scheda_AC), ID_AS (tabella scheda_AS), ID_US (tabella scheda_US).



Relazione fra le tabelle delle schede e i relativi campi degli shapefiles

La cartografia di base utilizzata per l'elaborazione dello studio è la C.T.R. del Veneto, le cui coordinate piane espresse in Gauss - Boaga (fuso Ovest) sono state convertite in WGS84 UTM33N.

Le coordinate delle tabelle (.mdb) e gli *shapefiles* allegati al progetto sono nel formato WGS84 UTM33N.

14. BIBLIOGRAFIA

1. Viganò, G. Bressan, G. Ranalli, S. Martin (2008) – Focal mechanism inversion in the Giudicarie – Lessini seismotectonic region (Southern Alps, Italy): Insight on tectonic stress and strain
2. Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta – Bacchiglione. Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Brenta – Bacchiglione.
3. Bramerini F., Di Pasquale G., Naso G., Severino M. (2008) – Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica – Parti I e II – Gruppo di lavoro "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" del Dipartimento della Protezione Civile
4. Castellaro S., Albarello D. (2011). Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Ingegneria sismica, pp. 32 – 62
5. Castellaro S., Mulargia F., Bianconi L. (2005). Passive Seismic Stratigraphy: A new efficient, fast and economic technique. Geologia tecnica e ambiente, pp. 77 – 102
6. CERI Centro di ricerca "Previsione, Prevenzione e Controllo dei Rischi Geologici" (2004) – La microzonazione sismica. Metodi, esperienze e normativa
7. Chopra L. (1995). Dynamic of Structures: theory and applications to earthquake engineering. Prentice Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics. Prentice – Hall
8. F. Galadini, P. Galli, A. Cittadini, B. Gioaccio (2001) – Late Quaternary fault movements in the Mt. Baldo – Lessini Mts. Sector of the Southalpine area (northern Italy)
9. Facciorusso J. et al. (2012) – Microzonazione Sismica – Uno strumento consolidato per la riduzione del rischio – L'esperienza della Regione Emilia – Romagna – a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna
10. Gruppo di lavoro MPS (2004) – Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'OPCM 3274 del 20 Marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano – Roma
11. Iervolino I., Galasso C., Cosenza E. (2009) - REXEL: computer aided record selection for code - based seismic structural analysis – Bulletin of Earthquake Engineering, 8: 339 - 362
12. Loke M.H., Barker R.D. (1996) – Rapid lest-square inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method., Geophysical Prospecting, 44, pp. 131-152
13. Kuhlmeyer R. L.; Lysmer J. (1969). Finite Element Method Accuracy for Wave Propagation Problems. J. Soil Mech. and Found. Div., ASCE, 99(5), 421–427
14. Lanzo G., Pagliaroli A., D'Elia B. (2003). Numerical study on the frequency-dependent viscous damping in dynamic response analyses of ground. In Latini e Brebbia (eds), Earthquake Resistant Engineering Structures, WIT Press, Southampton, Boston, pp. 315-324
15. Lanzo G., Pagliaroli A., D'Elia B. (2004a). Influenza della modellazione di Rayleigh dello smorzamento viscoso nelle analisi di risposta sismica locale. Atti XI Congresso Nazionale "L'Ingegneria Sismica in Italia", Genova, Italia, 25 - 29 Gennaio
16. Lanzo G., Silvestri F. (1999) – Risposta Sismica Locale. Hevelius Ed.
17. Louie, J. N. (2001). Faster, better: shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays, Bull. Seism. Soc. Am., 91, 347–364
18. M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11
19. Mucciarelli M. e Gallipoli M.R. (2001) – A critical review of 10 Years of microtremor H.V.S.R. technique – Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 42, P. 255 – 266
20. Mucciarelli M. e Gallipoli M.R. (2006) – Comparison between V_{s30} and other estimates of site amplification in Italy – Conf. Eartq. Eng. And Seismol., Ginevra, 3 - 8 Sept. no 270
21. Mucciarelli M (2011) – Tecniche speditive per la stima dell'amplificazione sismica e della dinamica degli edifici – Progetto ricerca 2007PTRC4C – Aracne editrice
22. Panizza M., Slejko D. et al. (1981) – Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa
23. Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C.G., Penna A. (2012) – "Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms", in stampa sul Bulletin of Earthquake Engineering
24. SESAME Project (2005) – "Site Effects Assessment Using Ambient Excitations"
25. Slejko D. et al (1987) – Modello sismotettonico dell'Italia Nord – Orientale. CNR
26. Spallarossa D. e Barani S. (2007) – Report, Disaggregazione della Pericolosità Sismica in Termini di M - R - ε – Progetto DPC-INGV S1, http://esse1.mi.ingv.it/d14.html