



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 Valdagno



Regione	Soggetto realizzatore	Data
REGIONE VENETO	COMUNE DI VALDAGNO	Aprile 2017
Segreteria Regionale per l'Ambiente	Progettisti:  Dr. geol. Claudia Centomo  Ing. Marco Dal Pezzo 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
3.2.1	Carta Litologica del Piano di Assetto del Territorio	8
3.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	11
3.3.1	Tavola c050301 Carta Geomorfologica del PATI	11
3.3.2	Piano di Assetto Idrogeologico	13
3.4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	16
3.5	ACQUE SOTTERRANEE	16
4	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	18
4.1	INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO GENERALE	18
4.2	CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA LOCALE	20
4.3	SISMICITÀ STORICA.....	21
4.4	FAGLIE CAPACI E SORGENTI SISMOGENETICHE.....	26
4.5	ZONAZIONE SISMICA NAZIONALE.....	29
4.6	PERICOLOSITÀ SISMICA DI RIFERIMENTO.....	31
5	MICROZONAZIONE SISMICA. PRINCIPI GENERALI E FINALITA'	33
5.1	INTRODUZIONE.....	33
5.2	LA NATURA DEL PROBLEMA	33
5.3	FINALITÀ E LIVELLI DI APPROFONDIMENTO	35
6	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI PREGRESSI E DI NUOVA REALIZZAZIONE	36
6.1	INDAGINI PREGRESSE E DI NUOVA REALIZZAZIONE	36
6.2	METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE	36
6.2.1	Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.).....	36
6.2.2	Indagine sismica di tipo passivo in array (Re.Mi.)	39
6.2.3	Indagine geoelettrica con inversione tomografica.....	45
6.2.4	Indagine geoelettrica con inversione tomografica.....	48
6.3	MODELLO GEOSISMICO DEL SOTTOSUOLO. INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE.....	53
7	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	54
7.1	CARTA DELLE INDAGINI	54
7.2	CARTA GEOLOGICO TECNICA.....	55

7.2.1	Terreni di copertura.....	56
7.2.2	Substrato geologico	57
7.2.3	Forme di superficie e sepolte	58
7.2.4	Instabilità di versante	58
7.2.5	Elementi tettonico strutturali.....	61
7.2.6	Elementi geologici ed idrogeologici.....	61
7.3	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	64
7.4	CARTA DELLE FREQUENZE	69
8	COMMENTI FINALI E CRITICITÀ	71
9	REDAZIONE CARTOGRAFICA E CREAZIONE BASI INFORMATIVE	72
10	BIBLIOGRAFIA	74

Allegati:

- 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
- Carta dell’Analisi della condizione limite per l’emergenza (CLE) e Carta microzone omogenee in prospettiva sismica scala 1:10.000
- DVD contenente i file pdf dello studio e le basi informative

1 INTRODUZIONE

Su incarico dell'Amministrazione comunale con determinazione n. 685 del 12 dicembre 2016 è stato affidato all'ATP composta dal Dolomiti Studio, dr. geol. Matteo Collareda e dallo Studio Luca Zanella Ingegnere l'incarico per la redazione dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 e della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) ai sensi dell'O.P.C.M. 52 del 20.02.2013.

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, ridurrebbe i costi di gestione delle fasi successive all'evento.

Procedere in modo preventivo, significa quindi sviluppare una serie di norme, linee guida e/o-comportamenti operativi e/o educativi finalizzati alla gestione dei rischi naturali, alla riduzione generale dei costi sociali e conseguentemente alla loro ricaduta sulla popolazione.

La Regione Veneto, da diversi anni, ha attivato una serie di 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 (di seguito definita MS) si 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 ormai noto che lo stesso evento sismico può provocare scuotimenti decisamente differenti in dipendenza degli spessori e delle qualità dei terreni posti a copertura del substrato roccioso, delle caratteristiche morfologiche del sito ed, inoltre, è riconosciuto che gli effetti di un terremoto variano col variare delle condizioni geologiche in cui esso si sviluppa.

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 ai siti su roccia e, inoltre, 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 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 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 inducibili/attivabili in caso di sisma (instabilità, liquefazioni, fagliazione, cedimenti, 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/ 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 ed 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.

Il presente studio è stato svolto ad un Livello 1 di approfondimento, secondo le modalità riportate negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome il 13/11/08 e s.m.i. Per quanto riguarda la rappresentazione cartografica e l'informatizzazione dei dati, sono state utilizzate le indicazioni previste dagli "Standard di rappresentazione e Archiviazione Informatica" - versione 4.0. La normativa di riferimento nazionale è rappresentata dall'O.C.D.P.C. n°293 del 26/10/15 mentre i decreti regionali che recepiscono la legge e disciplinano i contributi stanziati sono la D.G.R. n°1664 del 21/10/16 e D.G.R. n°428 del 07/04/16. A tal riguardo, anche se non previsto nel Livello 1, sono state effettuate delle **misurazioni geofisiche sul territorio comunale**, in modo da ottenere informazioni più dettagliate sulla risposta sismica locale, necessaria per definire con maggior cura lo studio di MS e per restituire, oltre a quelle richieste, altre carte tematiche importanti per lo sviluppo urbanistico del territorio e per gli eventuali adeguamenti sismici delle strutture. Tali indagini potranno essere riutilizzate anche per i successivi livelli di approfondimento, che prevedrebbero necessariamente la realizzazione di queste prove. 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

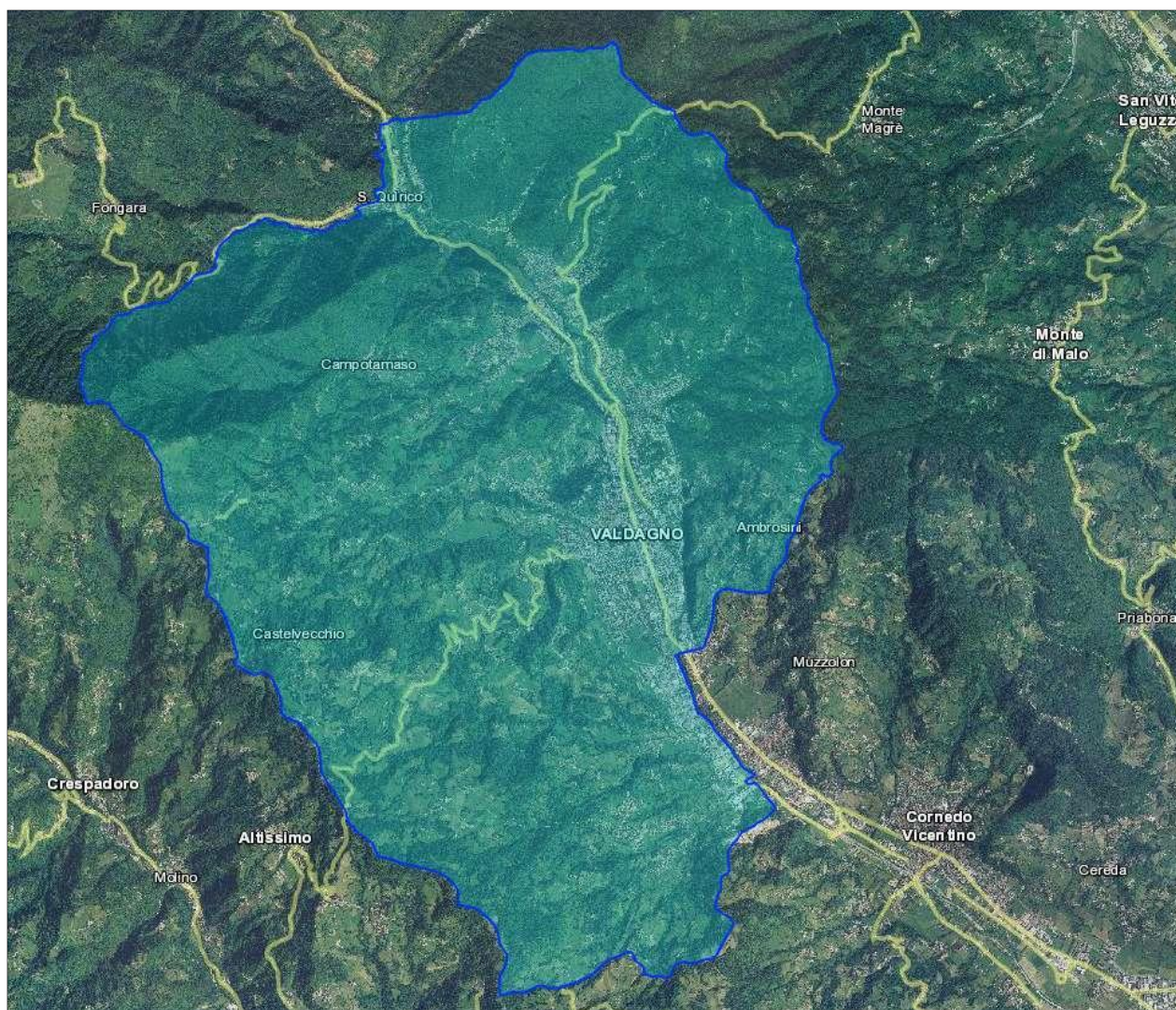
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Valdagno rientra nell'area sud-orientale dei Monti Lessini.

Il suo territorio presenta un'estensione di 50,20 kmq di cui la quasi totalità collinare e montuoso mentre la parte pianeggiante è situata in corrispondenza del fondovalle del T. Agno e limitatamente in alcuni brevi tratti dei suoi affluenti principali.

La quota massima, di 1340,80 m s.l.m. (loc. Bocchetta di Marana) si trova in corrispondenza dell'estremità occidentale del territorio, al confine con il comune di Crespadoro; la minima, di circa 215 m s.l.m., al limite meridionale al confine con il comune di Cornedo Vicentino.

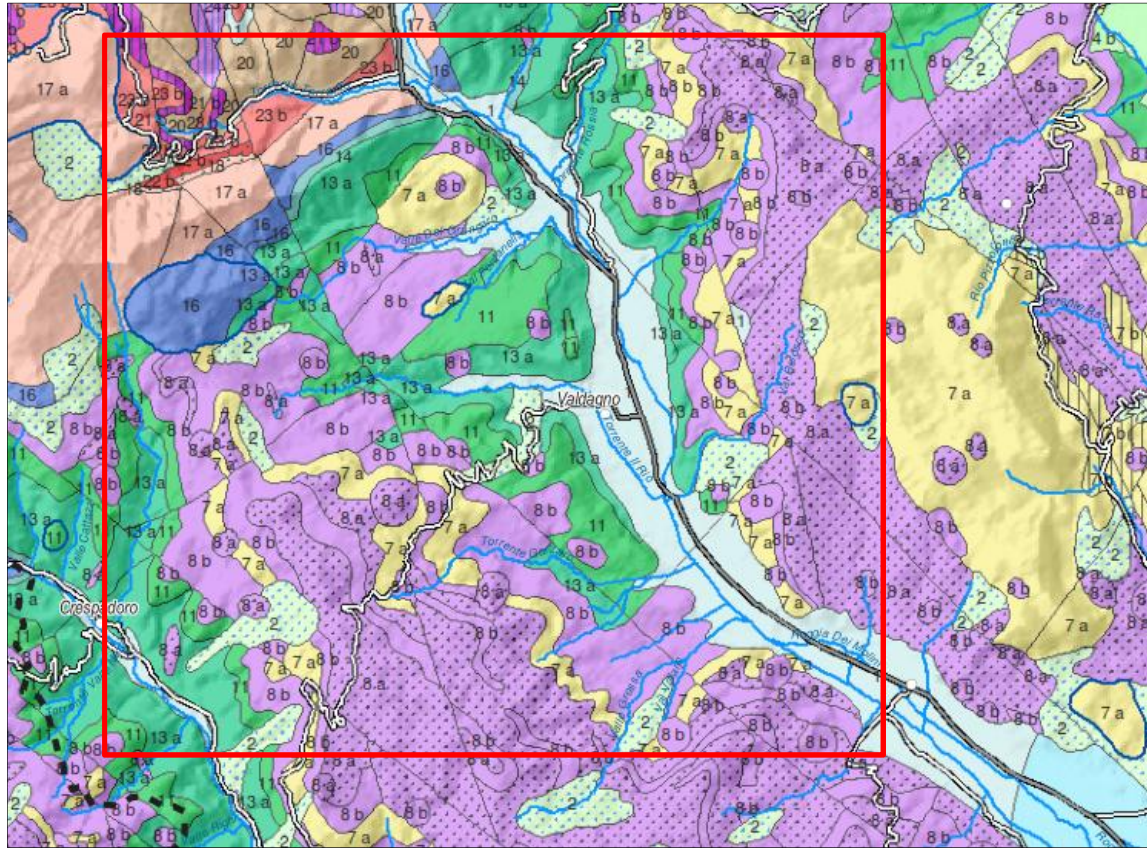
Lo sviluppo urbanistico è concentrato prevalentemente nel fondovalle, che si presenta oramai del tutto antropizzato, e lungo tutta la fascia pedecollinare. I nuclei abitati di maggior importanza (es. S. Quirico, Novale e Maglio) si collocano in corrispondenza dello sbocco di alcuni dei principali affluenti nella valle principale. La parte collinare è disseminata da numerose frazioni e contrade. Le principali di queste (es. Piana, Campotamaso, Castelvecchio, Cerealto) si trovano sul fianco destro della valle caratterizzato da condizioni clivometriche e morfologiche più favorevoli allo sviluppo degli insediamenti abitativi.



Inquadramento generale del territorio

3.2 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO

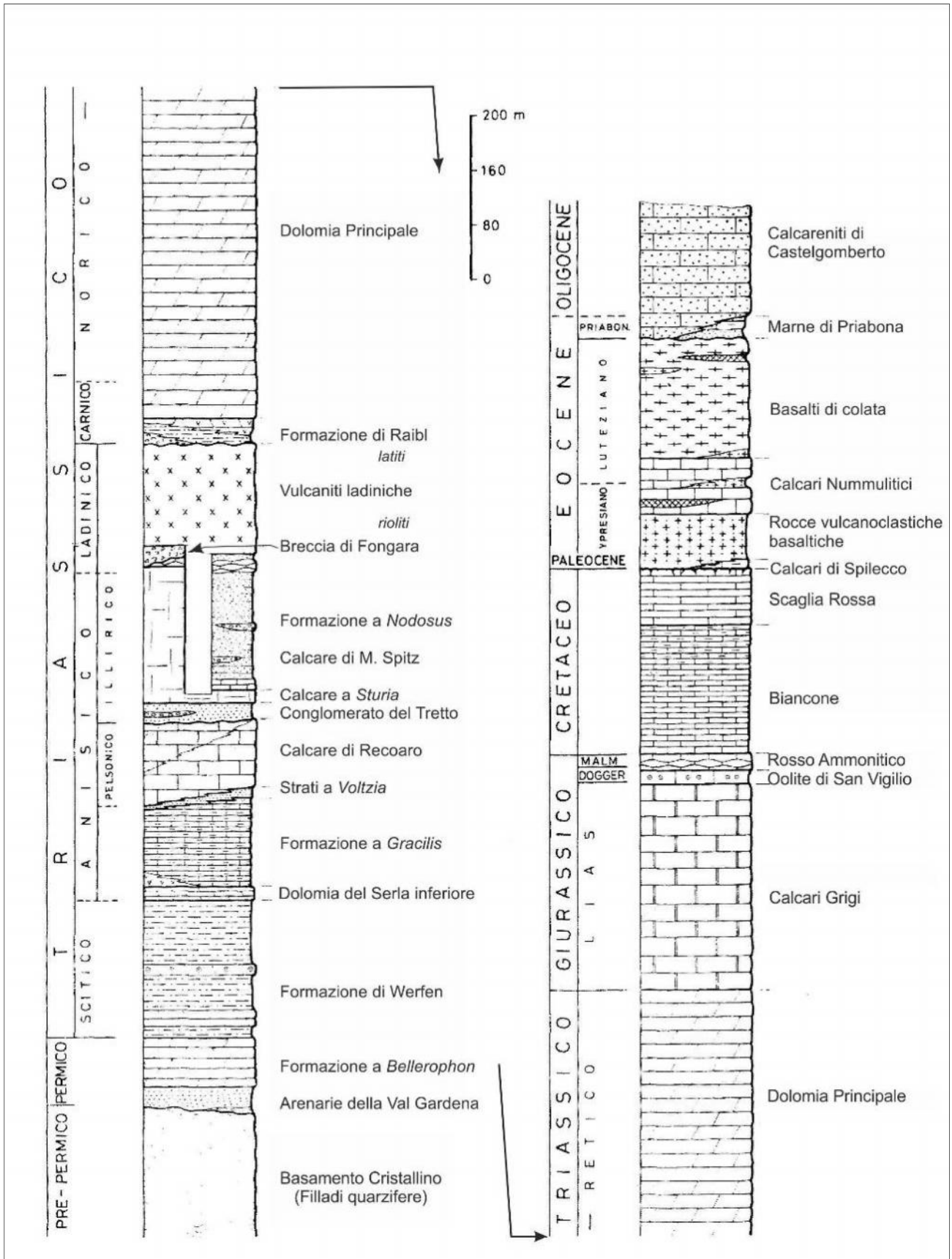
Per un inquadramento generale del territorio studiato si allega estratto della Carta Geologica della Provincia di Vicenza da cui risulta chiaramente come la litologia prevalente sia data da formazioni vulcaniche terziarie e calcaree cretatiche in ambito collinare e da depositi alluvionali costituiti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



Estratto Carta Geologica della provincia di Vicenza

LEGENDA

- 1 - Depositi alluvionali, fluvioglaciali, lacustri e palustri (Quaternario)
- 2 – depositi eluviali, colluviali, detritici e di frana (Quaternario)
- 4a – Ghiaie e sabbie prevalenti (Quaternario)
-
- 7a – **FORMAZIONE DI CALVENE E FORMAZIONE DI SALCEDO**
Calcarei nummulitici, calcareniti, calcari di scogliera, arenarie, marne (Oligocene med. – Eocene sup.)
- 8a – Basalti di colata, filoni e camini di lava (Oligocene – Paleocene sup.)
- 8b – talcoclastiti, tufi e breccie d’esplosione (Oligocene – Paleocene sup.)
- 11 – Calcari, calcari argillosi e marne – (Eocene inf. – Cretaceo sup.)
- 13a - Calcari e calcari argillosi selciferi, con intercalazioni di calcareniti e breccie calcaree (Cretaceo sup. – Malm)
- 14 – Calcari nodulari e selciferi, argilliti, con intercalazioni di calcareniti e breccie calcaree (Malm – Dogger)
- 16 – Calcari oolitici ed encriniti, calcari con intercalazioni marnose, dolomie (Dogger inf. – Lias sup.)



Successione stratigrafica dell'area di Recoaro - Valdagno

3.2.1 Carta Litologica del Piano di Assetto del Territorio

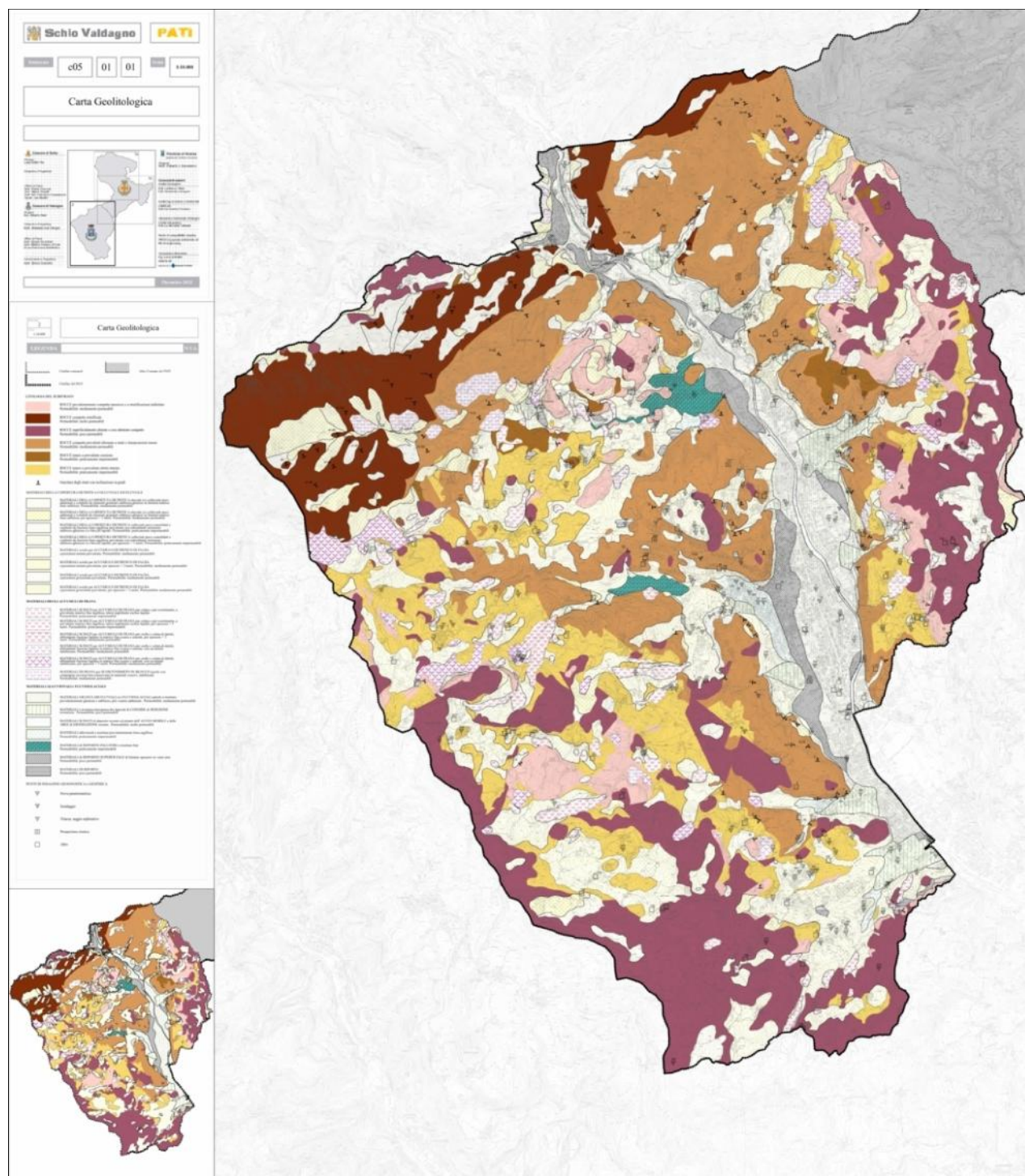


Tavola c050101 Carta Litologica del PATI

Le informazioni di natura litostratigrafica di dettaglio sono state ricavate dallo studio geologico redatto per il Piano di Assetto del Territorio; in particolare è stata considerata la *Tavola c050101 - Carta Litologica*. Nella tavola tutte le formazioni rocciose che compongono il substrato e tutti i terreni di copertura sono stati classificati sulla base dei processi di messa in posto. Questo ha comportato una prima classificazione secondo il seguente elenco:

- Litologia del substrato
- Materiali della copertura detritica colluviale ed eluviale

- Materiali degli accumuli di frana
- Materiali alluvionali e fluvioglaciali

All'interno di ogni gruppo si è poi operato un'ulteriore distinzione di maggior dettaglio a seconda delle caratteristiche strutturali e meccaniche degli ammassi rocciosi quali: compattezza, stratificazione, presenza di alternanze di strati a diverso grado di resistenza, grado di cementazione e di alterazione, mentre i terreni di copertura sono stati distinti sulla base dei processi che li hanno generati, del loro grado di addensamento, della loro granulometria.

3.2.1.1 Litologia del substrato

Per substrato si intende comprendere tutte le formazioni rocciose sia vulcaniche sia sedimentarie presenti nel territorio. Queste sono state suddivise in:

❖ Rocce prevalentemente compatte massicce o a stratificazione indistinta

(Calcari nummulitici, Calcareniti di Castelgomberto)

Si tratta di rocce calcaree e calcarenitiche a stratificazione per lo più assente o maldistinta, spesso in banchi. Presentano un grado variabile di fessurazione/fratturazione e un carsismo molto ben sviluppato.

❖ Rocce compatte stratificate

(Dolomia Principale, Gruppo dei Calcari Grigi, Formazione del Rosso Ammonitico)

Sono costituite prevalentemente da litotipi calcarei e dolomitici e, localmente, da brecce intraformazionali. Si presentano in strati di spessore medio-elevato spesso in banchi. Limitatamente sono presenti strati sottili.

❖ Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto

Comprendono lave di colata, brecce di neck, (es. M. Mucchione), ialoclastiti compatte e brecce intradiatremiche talora associate a lenti o livelli di rocce vulcanoclastiche gradate e stratificate. In superficie presentano una diffusa copertura argillosa di degradazione che può raggiungere spessori elevati (> 1,5 m).

❖ Rocce compatte prevalenti alternate a strati o interposizioni tenere

(Formazione del Biancone, Formazione della Scaglia Rossa, Calcari di Spilecco)

Sono costituite da calcari marnosi e argillosi e marne calcaree, talora con lenti e noduli di selce, con locali intercalazioni di livelli di marne ed argilliti, di lave (filoni strato), prodotti vulcanoclastici, ligniti e scisti bituminosi. La roccia si presenta spesso intensamente fratturata/fessurata ed allentata. La stratificazione varia da medio-sottile a fogliettata, localmente in strati potenti; spesso risulta maldistinta in *facies* marnose o argillitiche. Presentano un carsismo limitato.

❖ Rocce tenere a prevalente coesione

Si tratta di litotipi a forte componente argillosa di parziale alterazione dei prodotti vulcanoclastici basaltici (tufi, breccie ed ialoclastiti). In superficie è presente un "cappellaccio" argilloso di alterazione di potenza variabile tra 1 e 1,5 m. Sono stati compresi in questa classe anche i complessi del M. Pulli e delle Fosse di Novale costituiti in prevalenza da marne e marne calcaree talora bituminose con intercalazioni di livelli calcarei, a stratificazione fogliettata o sottile.

❖ Rocce tenere a prevalente attrito interno

Si tratta di prodotti vulcanoclastici quali: tufi, brecce extradiatremiche e ialoclastiti) per lo più basaltici e prodotti del loro rimaneggiamento. La roccia, pur risultando nel suo insieme sufficientemente compatta, si presenta in superficie alterata, disgregata e spesso argillificata, dando luogo a coperture estese, di spessore variabile da qualche decimetro ad alcuni metri.

3.2.1.2 Materiali della copertura detritica colluviale ed eluviale

Comprendono i depositi quaternari correlabili a processi di versante. Sono stati raggruppati in funzione della messa in posto e della tessitura. All'interno di ogni singola classe sotto elencata i materiali sono stati ulteriormente suddivisi sulla base del loro spessore (spessore > o < di 3 m).

- ❖ **Materiali della copertura detritica colluviale ed eluviale e/o colluviale poco addensati e costituiti da elementi granulari sabbioso-ghiaiosi in limitata matrice limo-sabbiosa**
- ❖ **Materiali della copertura detritica colluviale poco consolidati e costituiti da frazione limo-argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose e/o blocchi lapidei**
- ❖ **Materiali sciolti per accumulo detritico di falda**

3.2.1.3 Materiali degli accumuli di frana

Corrispondono ai depositi di origine gravitativa (corpi di frana) suddivisi in base al processo di messa in posto e tessitura. All'interno di ogni singola classe sotto elencata i materiali sono stati ulteriormente suddivisi sulla base del loro spessore (spessore > o < di 3 m).

- ❖ **Materiali sciolti per accumulo detritico di frana per colata o per scorrimento, a prevalente matrice fine argillosa, talora inglobante inclusi lapidei**
- ❖ **Materiali sciolti per accumulo detritico di frana per crollo e colata di detriti; abbondante frazione lapidea in matrice fine scarsa o assente, con accumulo stabilizzato**
- ❖ **Materiale di frana per scoscendimento in blocco, anche con compagine rocciosa ben conservata, in materiali coesivi, stabilizzati**

3.2.1.4 Materiali alluvionali morenici, fluvioglaciali, lacustri, palustri e litorali

Caratterizzano tutto il fondovalle e affiorano molto distintamente lungo le scarpate di erosione fluviali. Sono suddivisi in base alla tessitura ed alla messa in posto.

- ❖ **Materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno addensati**
Costituiscono il materasso alluvionale della valle del torrente Agno. Il suo spessore varia da 10 m nel settore più settentrionale a 50 m all'estremità meridionale della valle.
- ❖ **Materiali a tessitura eterogenea dei depositi di conoide di deiezione torrentizia**
Si trovano allo sbocco della maggior parte delle valli affluenti del torrente Agno. Si tratta di materiali a tessitura eterogenea, da granulari a fini, talora con cenni di stratificazione.
- ❖ **Materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo mobile e delle aree di esondazione recente**
Comprendono i depositi prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi- ciottolosi presenti all'interno dell'alveo del torrente Agno e dei tratti terminali delle valli in esso confluenti
- ❖ **Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limo-argillosa**
Scarsamente presenti nel territorio. Sono stati posti allo sbocco nel fondovalle di alcuni principale affluenti (Grangaro, Rio, Garzaro, Valle del Valaro).
- ❖ **Materiali di deposito palustre a tessitura fine**
La loro presenza è limitata ad alcuni tratti di fondovalle del corso medio ed inferiore degli affluenti Rio e Grangaro
- ❖ **Materiali di deposito superficiale di limitato spessore su vaste aree**
Sono presenti in modo pressoché continuo lungo la fascia pedecollinare su entrambi i lati della valle. Sono rappresentati da limi argillosi e/o limi sabbiosi di origine eluvio-colluviale e ricoprono il sottostante materasso alluvionale del torrente Agno. Il loro spessore generalmente risulta > di 3 m.
Comprende lo strato superficiale di e che ricopre il il cui spessore spesso

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

3.3.1 Tavola c050301 Carta Geomorfologica del PATI

Il territorio comunale di Valdagno risulta caratterizzato, dal punto di vista morfologico, da tre ambiti peculiari e ben distinti che per le aree del rilievo sono riconducibili in buona parte alle diverse caratteristiche litologico-strutturali dei terreni: il rilievo montuoso, l'area collinare e pedecollinare, il fondovalle del torrente Agno. Il rilievo montuoso è limitato ad una stretta fascia allungata secondo l'asse NE-SO al limite settentrionale del territorio comunale, sviluppata in particolare sulla destra Agno, caratterizzata da forme accidentate ma nell'insieme poco complesse con versanti a pendenze molto elevate ma regolari, creste strette ed una parte sommitale di aspetto rupestre. Queste particolari caratteristiche morfologiche risultano strettamente dipendenti da quelle litologiche e strutturali, quali la presenza di rocce sufficientemente compatte con caratteristiche meccaniche piuttosto simili (litotipi calcarei e dolomitici) ed il particolare andamento spaziale degli strati, spesso molto inclinati o subverticali per la presenza di un'importante piega strutturale: la "flessura pedemontana". A sud dell'allineamento Pozza-Campotomaso-Novale, si sviluppa l'area collinare caratterizzata prevalentemente da forme nel complesso dolci, versanti a pendenza limitata ed ampie fasce collinari subpianeggianti in corrispondenza di litotipi più teneri ed erodibili.

Il fondovalle del torrente Agno, allungato lungo l'asse NNO-SSE, taglia quasi perpendicolarmente la "flessura pedemontana" e, pur allargandosi da nord a sud, si mantiene sempre piuttosto stretto e delimitato da versanti acclivi. Si presenta pianeggiante e sovralluvionato, con "seppellimento" della fascia più bassa del rilievo ad opera delle alluvioni fluvioglaciali quaternarie; questo fenomeno è ben evidenziato dal raccordo netto tra le aree del rilievo e quelle del fondovalle e dalla presenza limitata di depositi pedecollinari. Altro elemento significativo del fondovalle è la presenza di ampi terrazzi alluvionali delimitati da scarpate ripide. Dalla Carta Geomorfologica del PATI sono state riprese:

- le forme strutturali e vulcaniche
- le forme di versante dovute alla gravità (nicchie e corpi di frana, orli di scarpate di degradazione)
- le forme carsiche (grotte)

3.3.1.1 Forme strutturali e vulcaniche

Comprende: faglie, orli di scarpata, creste e rilievi da neck vulcanico.

Le direttrici tettoniche individuate definiscono tre sistemi principali: NNO-SSE, con movimento verticale o trascorrente destrorso; NE-SO e NNE-SSO, con direzione giudicariense e movimento trascorrente sinistrorso. La presenza di questi elementi strutturali ha comportato spesso un'intensa deformazione e/o fratturazione degli ammassi rocciosi.

3.3.1.2 Forme di versante dovute alla gravità

Nel territorio risultano ampiamente diffuse le forme di versante correlate a movimenti gravitativi, sia questi antichi sia recenti o in atto. I fattori che determinano tipologia ed estensione del movimento sono molteplici e possono essere ricondotti a: inclinazione del versante, litotipo presente, acqua, interventi antropici. Particolare rilevanza hanno la presenza delle coperture eluvio-colluviali e specialmente quelle di alterazione delle vulcaniti basaltiche a forte componente argillosa che possono raggiungere spessori anche considerevoli. Da quanto riportato nella tavola, la maggior parte dei dissesti, e soprattutto quelli più importanti ed estesi, sono da ricollegare alla presenza di questi litotipi che sono essi stessi sede di movimenti gravitativi o che fungono da piano di scivolamento per le sovrastanti coltre di alterazione.

3.3.1.3 Forme carsiche

Nonostante la presenza di rocce carbonatiche su ampie porzioni del territorio comunale, il fenomeno carsico mostra poche evidenze morfologiche significative costituite da doline localizzate soprattutto sul versante destro della valle.

(Tratto dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale)

Il comune di Valdagno rientra all'interno dei limiti territoriali dell'area carsica denominata: **Gruppo Montuoso MONTI LESSINI - Sigla: V-VT ML** ed in particolare nelle seguenti sottoaree:

V ML 13: Dorsale Trissino-Castelvechio : Limiti (da E verso N): Montebello Vic., Val Chiampo, Passo della Scagina, margine settentrionale cresta Campodavanti-C. Marana, cresta M. Turrigi, S. Quirico, Valle dell'Agno fino a Montecchio Maggiore, Montebello Vic.

V ML 14: Area Faedo – Mucchione: Limiti (da E verso N): S. Quirico, cresta del M. Castrazano-Scandolara, Schio, margine nordorientale area collinare per S. Vito di Leguzzano-Malo, Priabona, Valle del T. Poscola, Cereda, Valle dell'Agno fino a Valdagno-S. Quirico.

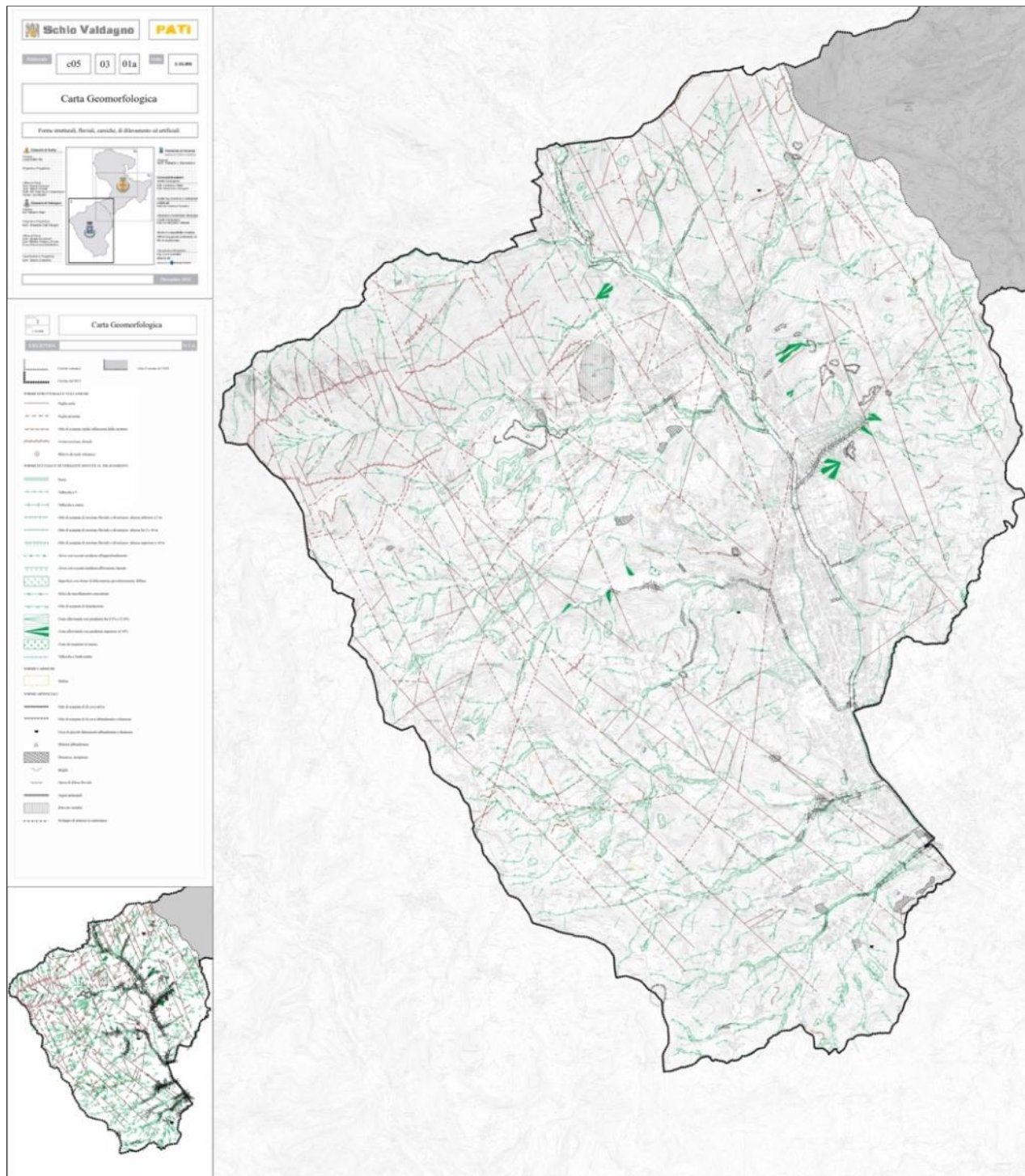


Tavola c050301 Carta Geomorfologica_a del PAT

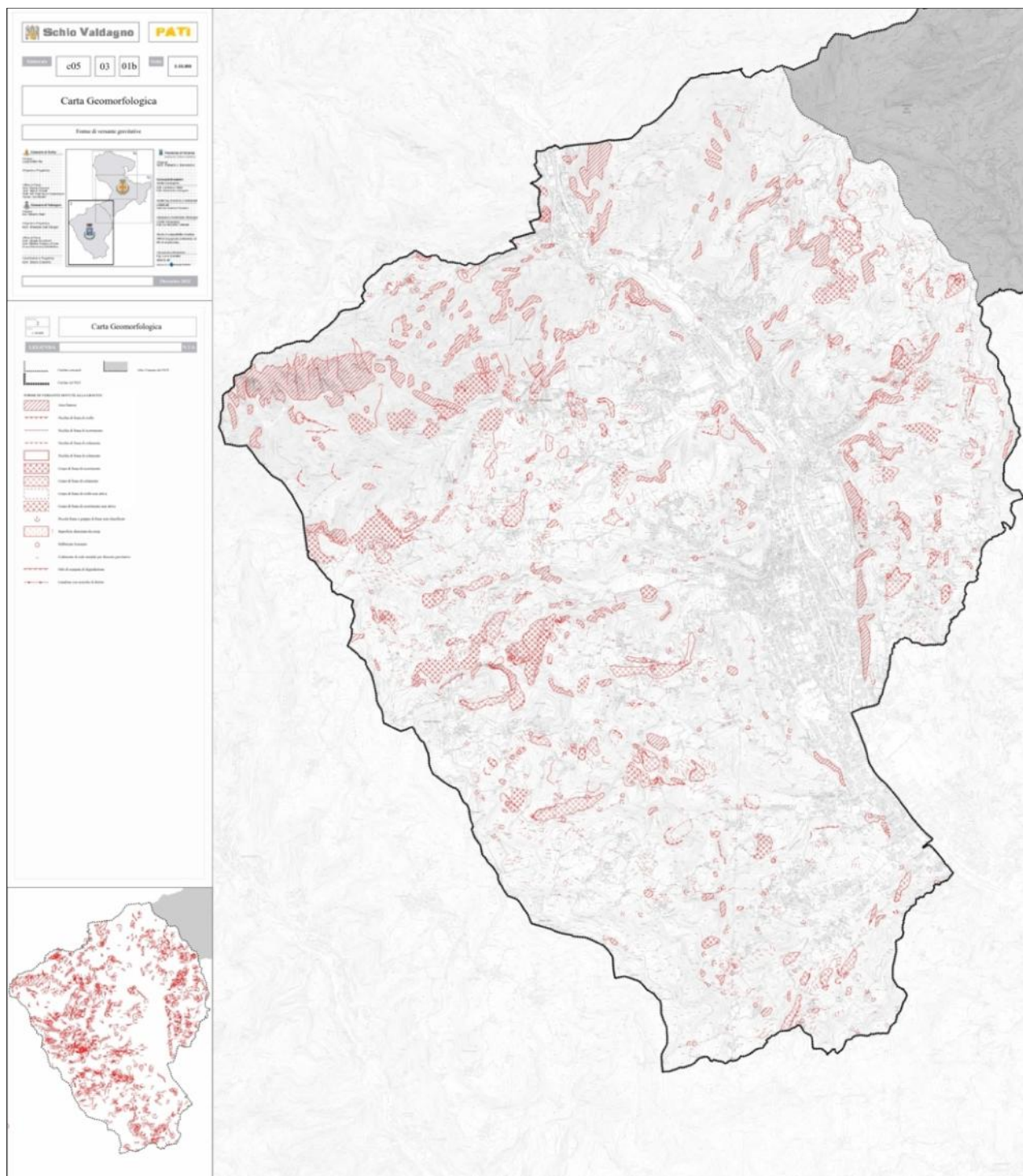


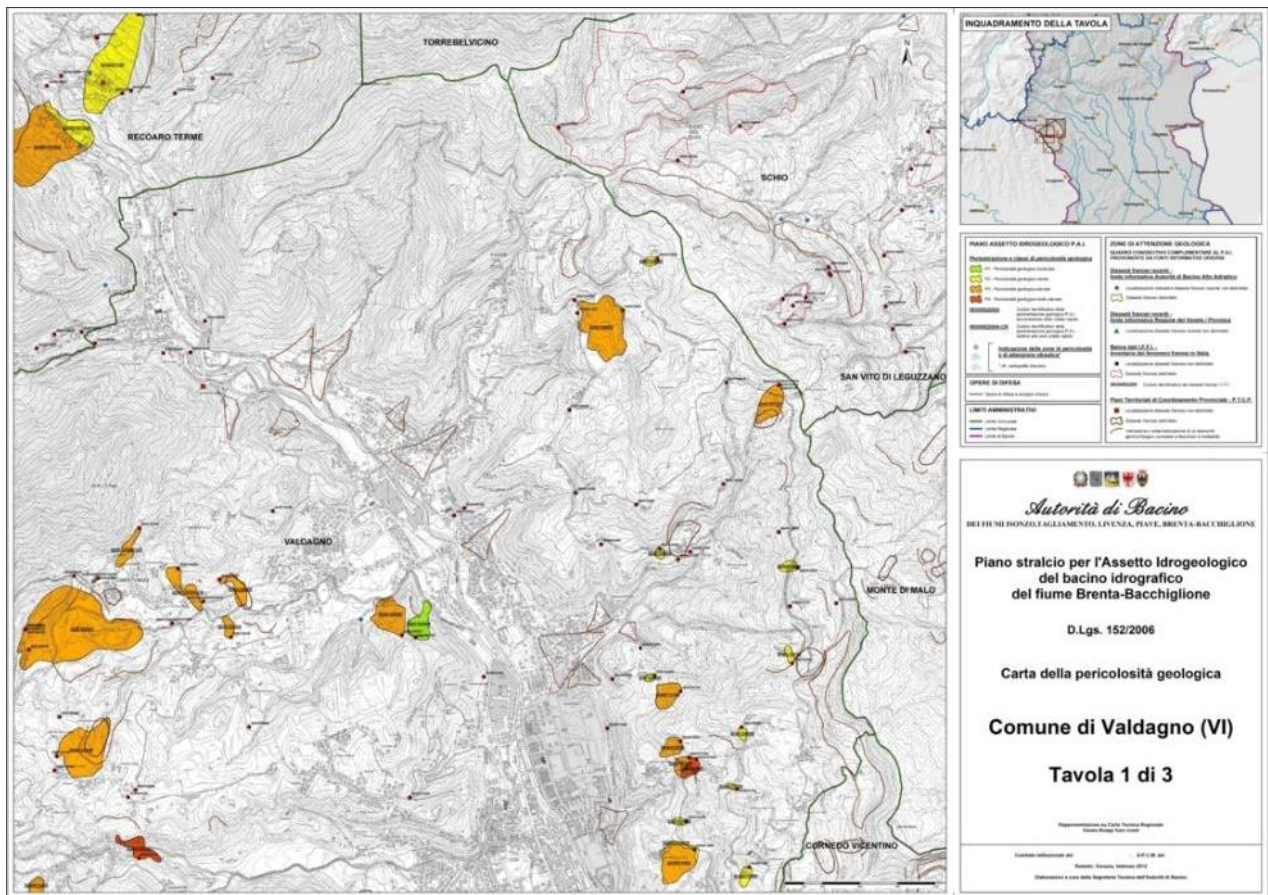
Tavola c050301 Carta Geomorfologica_b del PAT

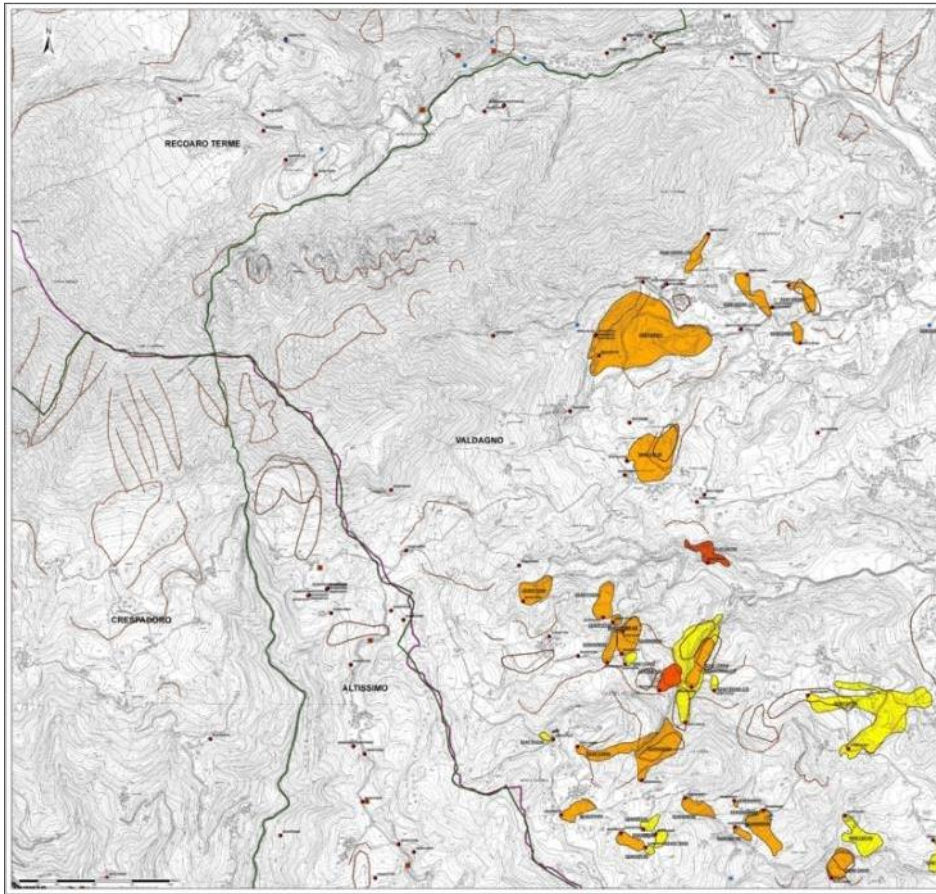
3.3.2 Piano di Assetto Idrogeologico

Per la redazione del presente studio sono state valutate le cartografie che evidenziano le aree a pericolosità geologica e le zone di attenzione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione (pubblicato nella G.U. n. 280 del 30.11.2012). Si allegano le carte 3 tavole di pericolosità geologica del Piano di Assetto Idrogeologico riferibili al comune di Valdagno con dettaglio della legenda.

<p>PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.</p> <p>Perimetrazione e classi di pericolosità geologica</p> <ul style="list-style-type: none"> P1 - Pericolosità geologica moderata P2 - Pericolosità geologica media P3 - Pericolosità geologica elevata P4 - Pericolosità geologica molto elevata <p>0930062200A Codice identificativo della perimetrazione geologica P.A.I. ad esclusione delle colate rapide</p> <p>0930062200A-CR Codice identificativo della perimetrazione geologica P.A.I. relativo alle sole colate rapide</p> <p> Indicazione delle zone di pericolosità e di attenzione idraulica*</p> <p>* cfr. cartografia idraulica</p>	<p>ZONE DI ATTENZIONE GEOLOGICA</p> <p>QUADRO CONOSCITIVO COMPLEMENTARE AL P.A.I. PROVENIENTE DA FONTI INFORMATIVE DIVERSE</p> <p>Dissesti franosi recenti - fonte informativa Autorità di Bacino Alto Adriatico</p> <ul style="list-style-type: none"> Localizzazione indicativa dissesto franoso recente non delimitato Dissesto franoso delimitato <p>Dissesti franosi recenti - fonte informativa Regione del Veneto / Province</p> <ul style="list-style-type: none"> Localizzazione dissesto franoso recente non delimitato <p>Banca dati I.F.F.I. - Inventario dei fenomeni franosi in Italia</p> <ul style="list-style-type: none"> Localizzazione dissesto franoso non delimitato Dissesto franoso delimitato <p>0930062200 Codice identificativo dei dissesti franosi I.F.F.I.</p> <p>Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale - P.T.C.P.</p> <ul style="list-style-type: none"> Localizzazione dissesto franoso non delimitato Dissesto franoso delimitato Indicazione o schematizzazione di un elemento geomorfologico connesso a fenomeni di instabilità
<p>OPERE DI DIFESA</p> <ul style="list-style-type: none"> Opere di difesa a sviluppo lineare 	
<p>LIMITI AMMINISTRATIVI</p> <ul style="list-style-type: none"> Limite Comunale Limite Regionale Limite di Bacino 	

Legenda Carta della pericolosità geologica





INQUADRAMENTO DELLA TAVOLA

PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.
 Regolarizzazione e difesa di parti di bacini idrografici
 1.1. Pericolosità geologica
 1.2. Pericolosità sismica
 1.3. Pericolosità idraulica
 1.4. Pericolosità geologica sismica

SEGNALAZIONE
 1.1. Pericolosità geologica
 1.2. Pericolosità sismica
 1.3. Pericolosità idraulica
 1.4. Pericolosità geologica sismica

OPERE DI INFRASTRUTTURA
 1.1. Pericolosità geologica
 1.2. Pericolosità sismica
 1.3. Pericolosità idraulica
 1.4. Pericolosità geologica sismica

LIMITI AMMINISTRATIVI
 1.1. Pericolosità geologica
 1.2. Pericolosità sismica
 1.3. Pericolosità idraulica
 1.4. Pericolosità geologica sismica

Autorità di Bacino
 DEI Fiumi ISONZOLAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE

Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Brenta-Bacchiglione

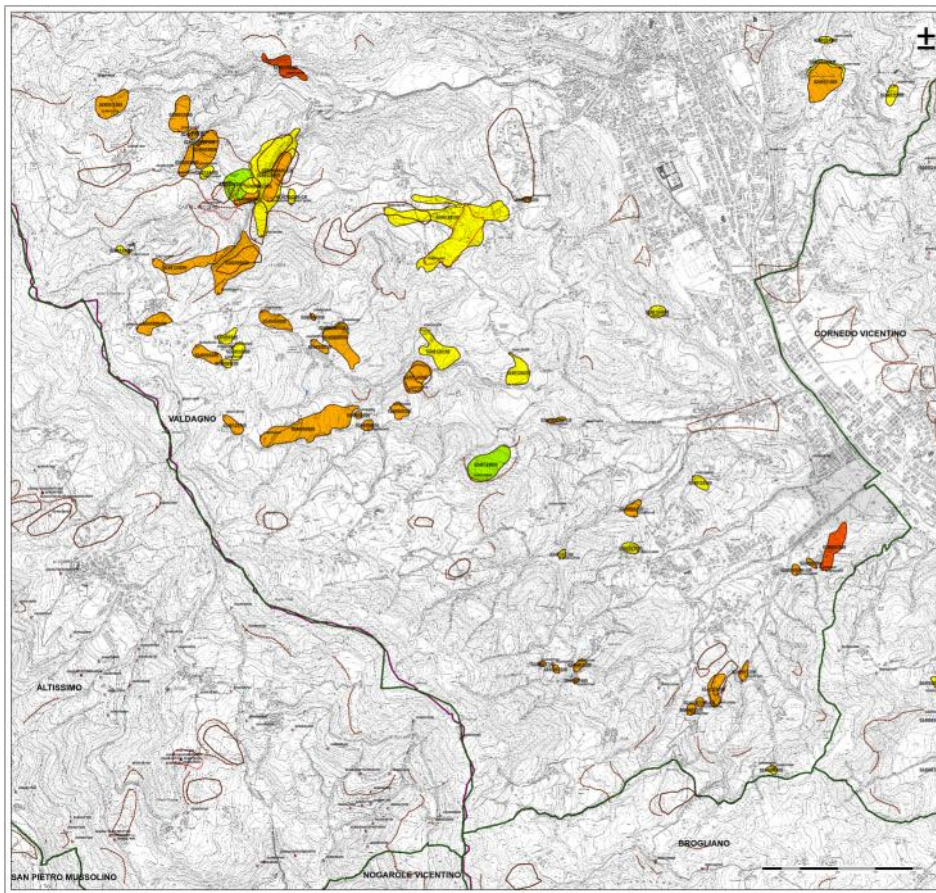
D.Lgs. 152/2006

Carta della pericolosità geologica

Comune di Valdagno (VI)

Tavola 2 di 3

Repubblica Italiana - 2017
 Regione del Veneto - 2017
 Provincia di Treviso - 2017
 Comune di Valdagno - 2017



INQUADRAMENTO DELLA TAVOLA

PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.
 Regolarizzazione e difesa di parti di bacini idrografici
 1.1. Pericolosità geologica
 1.2. Pericolosità sismica
 1.3. Pericolosità idraulica
 1.4. Pericolosità geologica sismica

SEGNALAZIONE
 1.1. Pericolosità geologica
 1.2. Pericolosità sismica
 1.3. Pericolosità idraulica
 1.4. Pericolosità geologica sismica

OPERE DI INFRASTRUTTURA
 1.1. Pericolosità geologica
 1.2. Pericolosità sismica
 1.3. Pericolosità idraulica
 1.4. Pericolosità geologica sismica

LIMITI AMMINISTRATIVI
 1.1. Pericolosità geologica
 1.2. Pericolosità sismica
 1.3. Pericolosità idraulica
 1.4. Pericolosità geologica sismica

Autorità di Bacino
 DEI Fiumi ISONZOLAGLIAMENTO, 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 Valdagno (VI)

Tavola 3 di 3

Aggiornamento ai sensi dell'art. 6 comma 4 delle Norme di Attuazione del Piano

ALLEGATO CARTOGRAFICO AL DECRETO SEGRETERIALE n. 15 del 16.02.2017

Repubblica Italiana - 2017
 Regione del Veneto - 2017
 Provincia di Treviso - 2017
 Comune di Valdagno - 2017

3.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il territorio comunale di Valdagno fa parte del bacino idrografico dell'Agno. Il torrente Agno nasce nelle Prealpi Venete e più precisamente nelle Piccole Dolomiti, ai confini della Provincia di Vicenza con il Trentino, nella zona del Gruppo della Carega denominata Rotolon. Scorre per 110 chilometri dando origine alla valle omonima, lungo il suo corso muta nome diventando prima Guà, poi Frassine, e infine si immette nel canale Gorzone, che sfocia nel Brenta a 5 km dal mare Adriatico in prossimità di Brondolo, frazione di Chioggia. Ad alimentare questo corso d'acqua sono i vari affluenti che scendono dai fianchi della vale e che, nel territorio del comune di Valdagno, sono:

- sul versante destro: i torrenti Grangaro, Rio, Garzaro, Valle del Boia, Val Fontanella, Val Grossa;
- sul versante sinistro: i torrenti Rialbo, Val Rossia, Valle della Barba, Val Grossa e Valle Corata.

Il regime è torrentizio, molto marcato nel caso di alimentazione prevalentemente carsica, con portate variabili ed anche elevate in corrispondenza di eventi piovosi intensi. Dove l'alimentazione deriva da una circolazione più diffusa all'interno dell'ammasso roccioso, le portate sono più costanti e le oscillazioni meno accentuate.

Il Comune di Valdagno è dotato di un Piano della Protezione Civile, da cui risulta che il rischio idraulico comprende scenari di esondazione dei torrenti dovuti a fenomeni di piena o scenari di allagamenti legati ad un deflusso delle acque difficoltoso. Secondo tale Piano, le zone soggette a rischio idraulico del territorio di Valdagno sono:

- la zona Oltre Agno, in particolare la zona Garage Pasubio, è potenzialmente soggetta ad esondazioni;
- la valletta "dell'Enel" in via Adamello: necessita periodicamente di manutenzioni ordinarie di pulizia in quanto altrimenti si verificano straripamenti; dette manutenzioni sono a carico del Consorzio di Bonifica Riviera Berica;
- la zona Ponte Nori: area lungo la statale dalla fermata dell'autobus sino alla rotatoria, soggetta ad allagamenti per scarso deflusso delle acque meteoriche;
- in Via Marchesini per esondazione del torrente Agno in quanto manca l'argine; una potenziale esondazione può interessare l'attività commerciale di pesca sportiva;
- in Via Cracchi l'esondazione del torrente Rio va a interessare la relativa sede stradale.

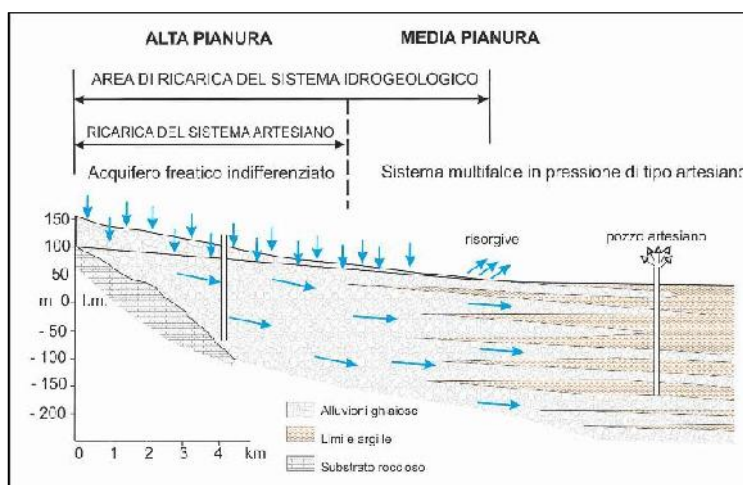
3.5 ACQUE SOTTERRANEE

A scala regionale l'area compresa fra i Monti Lessini e l'Altopiano di Asiago rientra nella zona degli acquiferi di montagna che hanno sede nel substrato roccioso di natura calcareo-dolomitica, ascrivibili alla serie idrogeologica veneta. Tali acquiferi, a struttura complessa, presentano uno spessore complessivo di 3.500-4.000 m, e sono caratterizzati da una permeabilità variabile da media ad alta, per fratturazione e/o carsismo. Il limite settentrionale di tali acquiferi è costituito concettualmente dal basamento metamorfico, ma operativamente dalla *Formazione di Werfen*, i cui calcari marnosi e marne argillose affiorano con continuità in tutta la regione veneta. I fiumi Adige e Tagliamento limitano gli acquiferi carbonatici a W e a E. Nel suo complesso tali acquiferi, presentando una elevata permeabilità per fessurazione e/o fratturazione e/o carsismo, tendono a far transitare le acque di provenienza superficiale verso il sottosuolo profondo, dove migrano fino a raggiungere il livello di base del sistema carsico, che teoricamente è posto alla quota del livello del mare, ma nella realtà può rinvenirsi anche a profondità maggiori; solo al di sotto di tale livello le acque di infiltrazione si raccolgono a formare una vera e propria zona di saturazione che, stante la tipologia di acquifero, origina un sistema di falde in rete. Generalmente solo esigua parte delle acque di infiltrazione si raccoglie a formare delle modeste falde in rete in corrispondenza di acquiclude relativi continui; laddove tali formazioni affiorano lungo le dorsali montuose, l'acqua può venire alla luce in quota dando origine a piccole sorgenti di versante di modesta e discontinua portata.

Nei terreni colluviali argilloso limosi che, in superficie, ammantano il substrato roccioso è presente inoltre un acquifero detritico, a permeabilità per porosità molto bassa e di limitata consistenza, che trae le sue origini da drenaggi collinari; alla base dei versanti esso origina sorgenti dovute al contatto con livelli a minore permeabilità relativa, che, risentendo molto della piovosità, presentano portate generalmente esigue ed estremamente variabili. La ricarica degli acquiferi in roccia è dovuta in massima parte alla infiltrazione diretta delle precipitazioni meteoriche nell'area delle Alpi meridionali e in particolare nei massicci delle Piccole Dolomiti, Monte Pasubio e Monte Carega, e, in minor misura, ai corsi d'acqua, specialmente in corrispondenza dei periodi di piena. La ricarica ha luogo attraverso le sorgenti di vario tipo, attraverso la ricarica nei tratti drenanti dei corsi d'acqua ed infine come alimentazione dell'acquifero della fascia pedemontana della pianura, laddove si determinano situazioni di continuità idraulica.

Nei depositi continentali di origine fluviale e/o fluvioglaciale del fondovalle del torrente Agno è presente inoltre un acquifero alluvionale infravallivo, permeabile per porosità di grado generalmente elevato, essendo i depositi alluvionali costituiti per lo più da ghiaie e sabbie. Nel dettaglio, il territorio di Valdagno rientra nella fascia dell'Alta Pianura Veneta dove il sottosuolo è caratterizzato 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 multifaldate 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 multifaldate 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 multifaldate 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

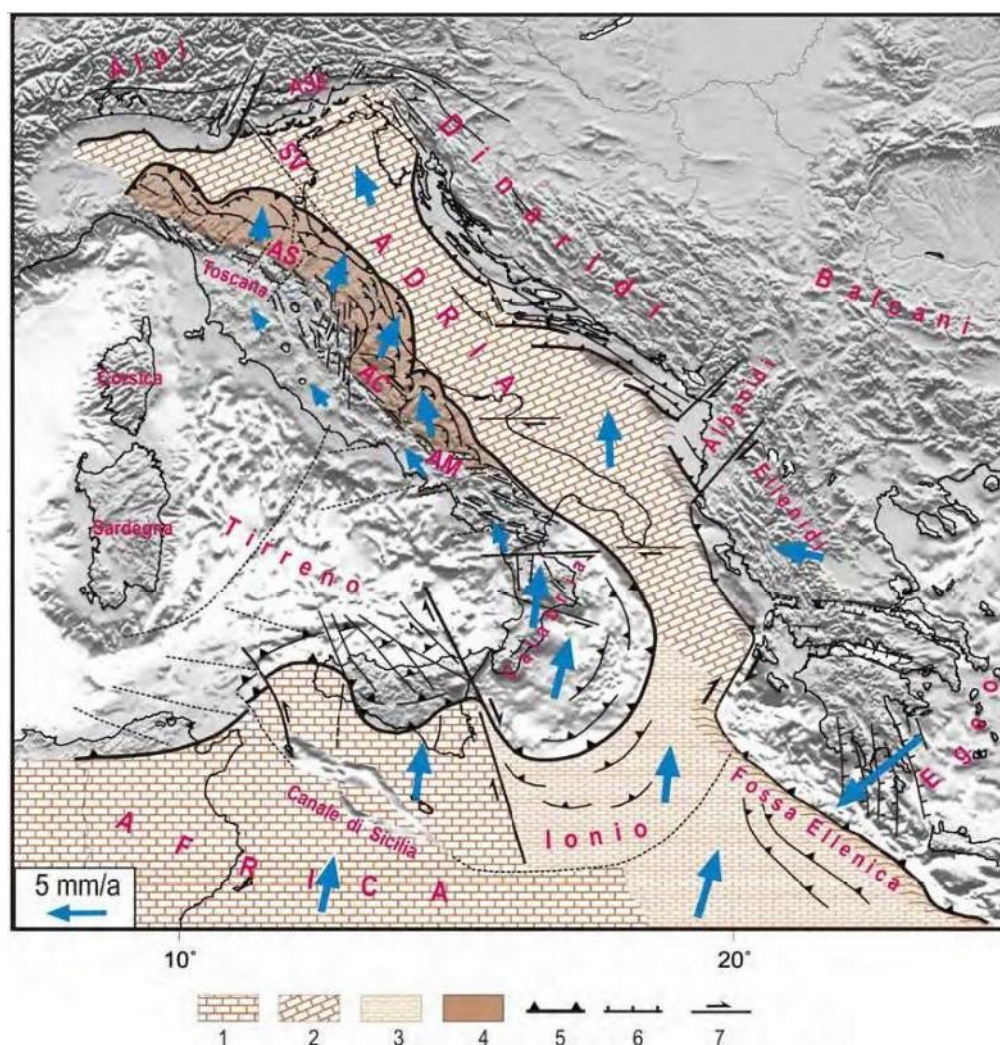
Il territorio di Valdagno, per quanto riguarda la suddivisione in aree a diversa profondità della falda da piano campagna, può essere così schematizzato:

- nelle aree del rilievo è presente una circolazione idrica sia profonda sia superficiale, in particolare all'interno delle coperture. Relativamente a quest'ultima, l'analisi dei valori di soggiacenza derivanti dalle indagini puntuali mostra una situazione assai diversificata, anche su brevi distanze, con valori compresi tra 2 – 5 m dal p.c. con limitata variabilità in relazione agli apporti pluviometrici;
- nel fondovalle dei corsi d'acqua minorinon è presente una vera falda sotterranea, data l'impermeabilità dei terreni; è comunque possibile la presenza di corpi idrici sotterranei "sospesi" a carattere discontinuo in relazione alla presenza di lenti o livelli più permeabili;
- nel fondovalle, sulla base dei dati disponibili, è possibile ipotizzare una soggiacenza media della falda indicativamente compresa tra 5 – 10 m, valore comunque soggetto a variazioni in relazione alle diverse fasi del regime del torrente stesso con cui risulta strettamente correlata.

4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

4.1 INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO GENERALE

Dal punto di vista strutturale, il territorio di **Valdagno** 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 corrugamento alpino e appenninico e, conseguentemente, lo stress tettonico attuale.

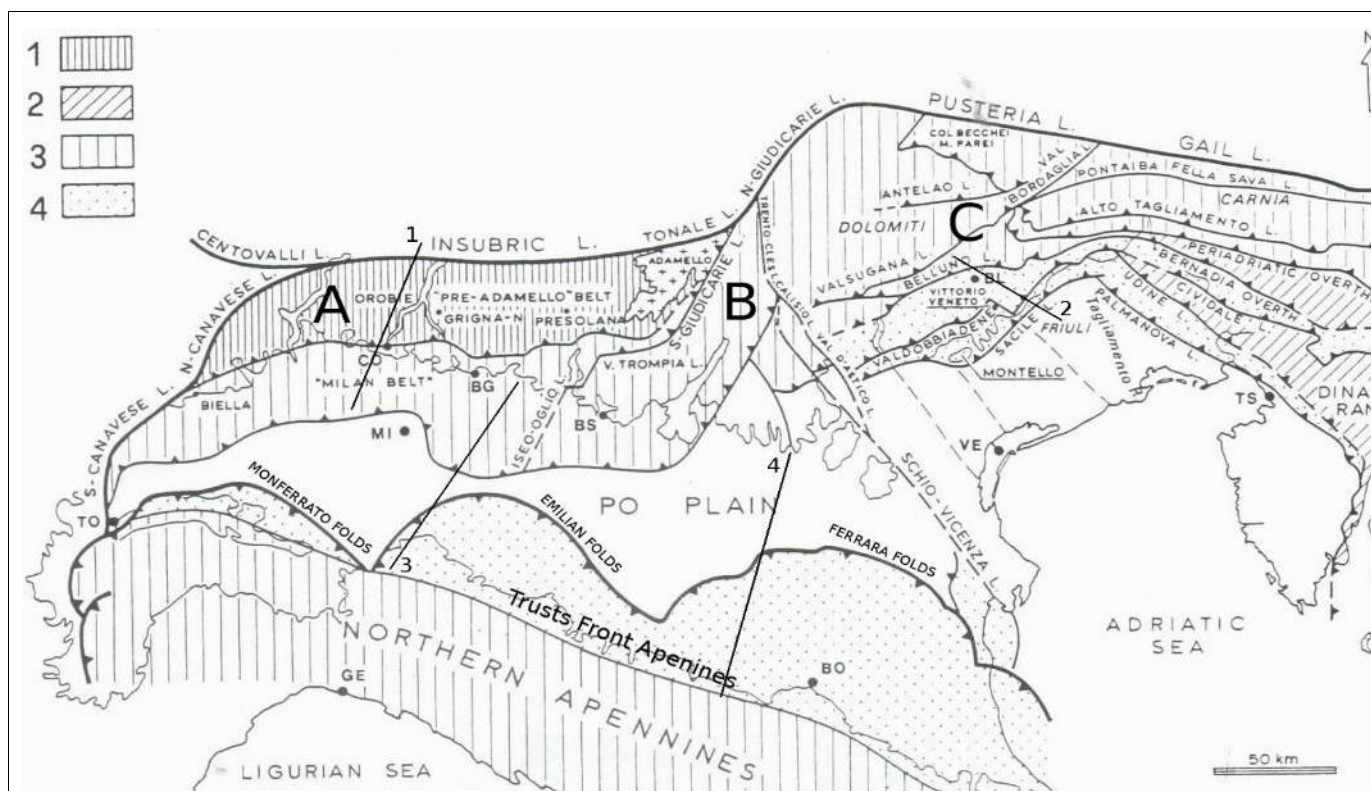


Schema tettonico della penisola italiana

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'avampese 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).

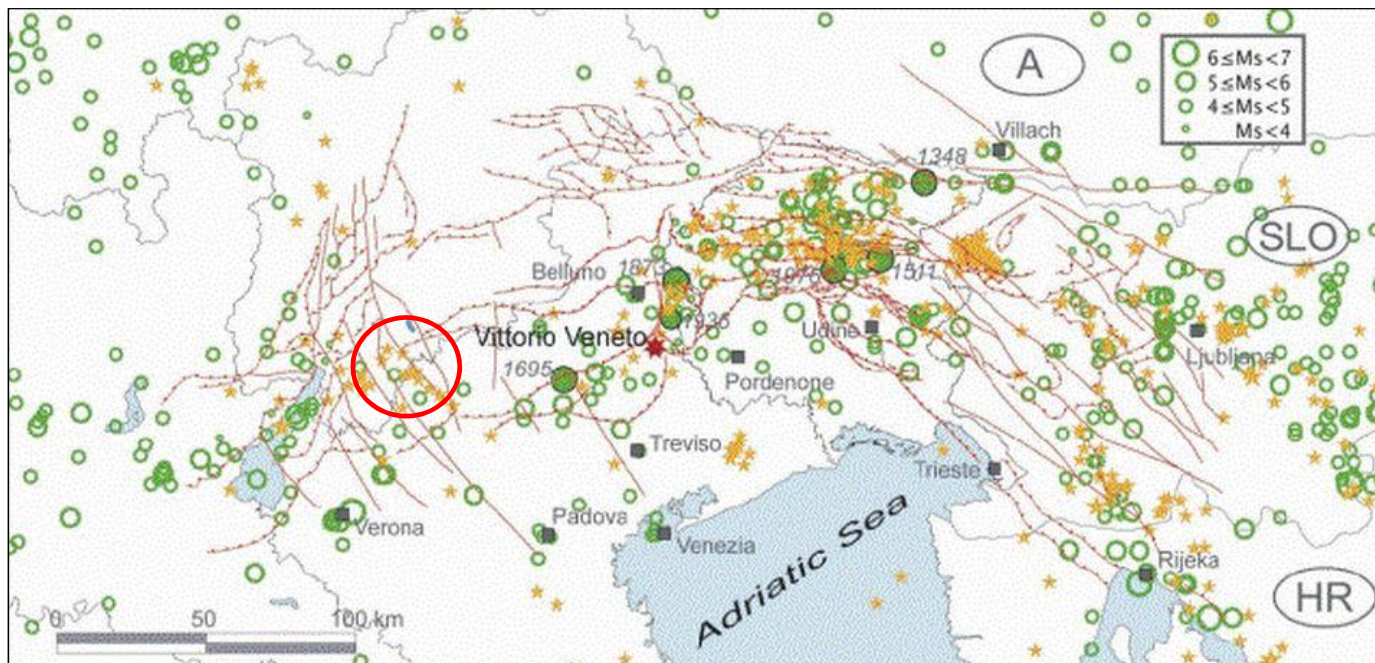


Schema strutturale della Pianura Padana (microplacca Adria) e delle aree adiacenti (mod. da: Castellarin e al., 1982)

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

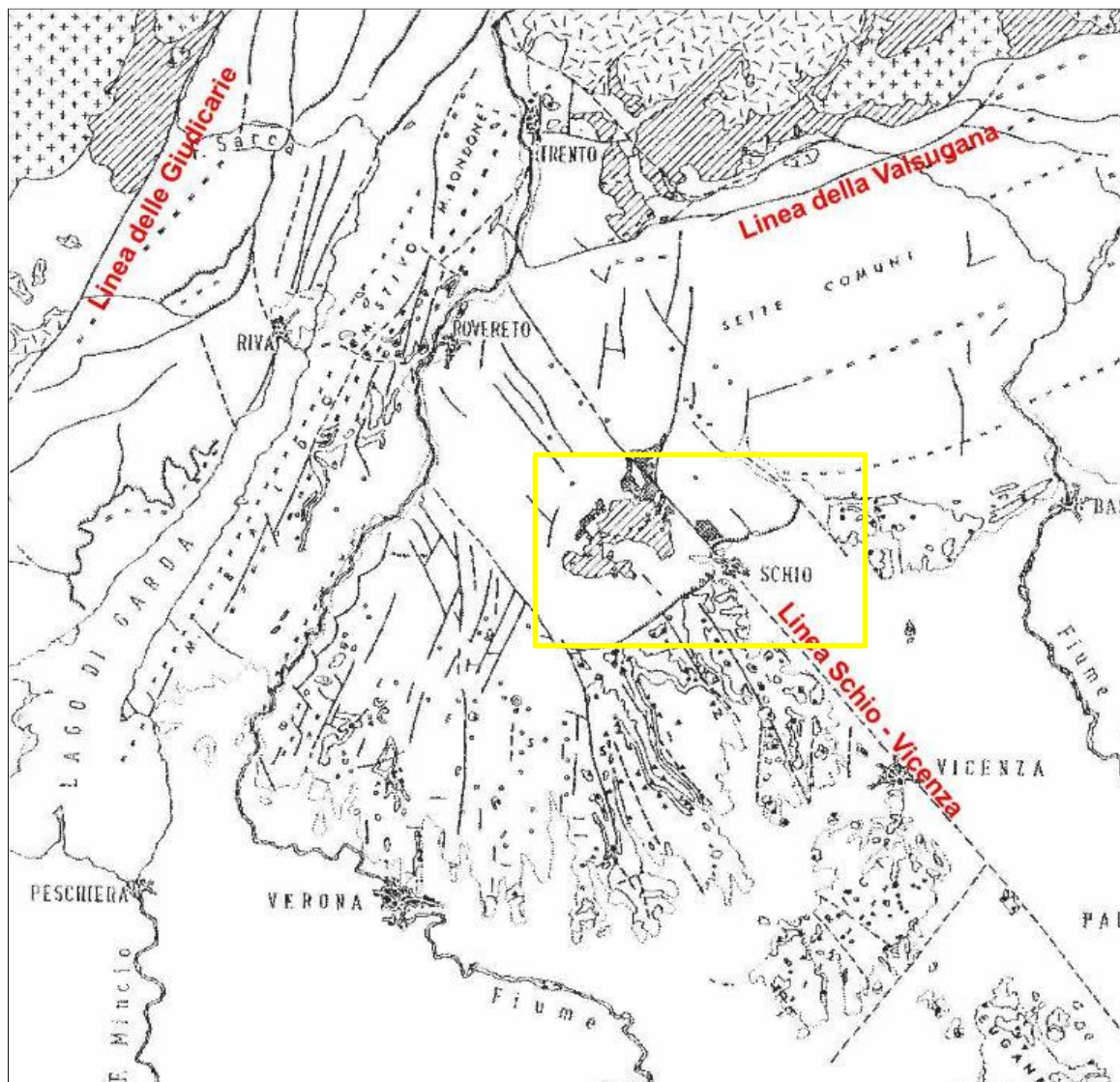
L'area oggetto del presente studio è situata nei Lessini centro-orientale.

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.

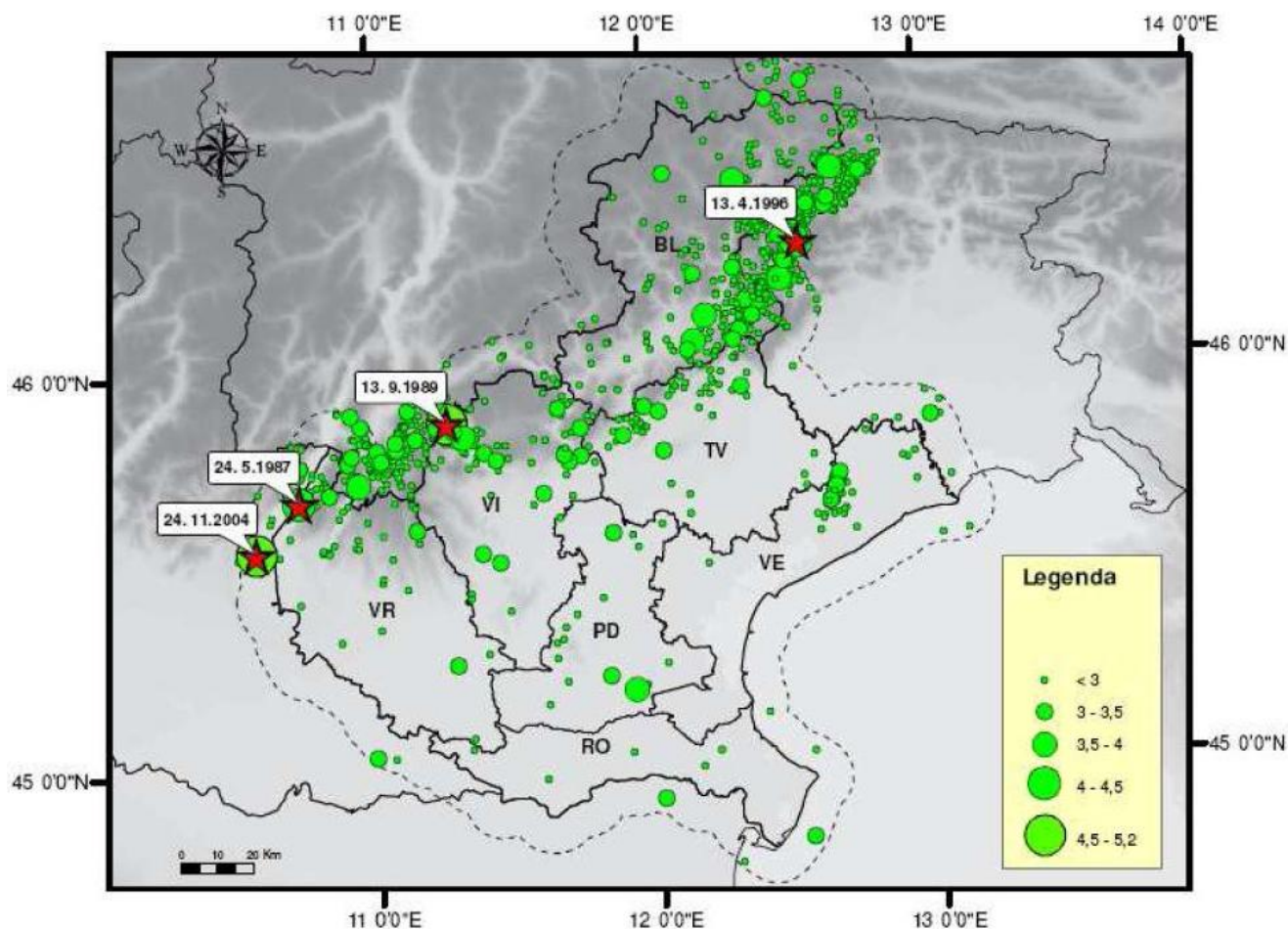
La pericolosità sismica del Veneto è in parte legata all'attività dei distretti sismici del Friuli centrale e, in minor misura, dell'Alpago e del Garda. Allo stato attuale, il territorio regionale è interessato da una certa sismicità di magnitudo medio-bassa, messa in luce negli ultimi decenni dal monitoraggio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

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.



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:

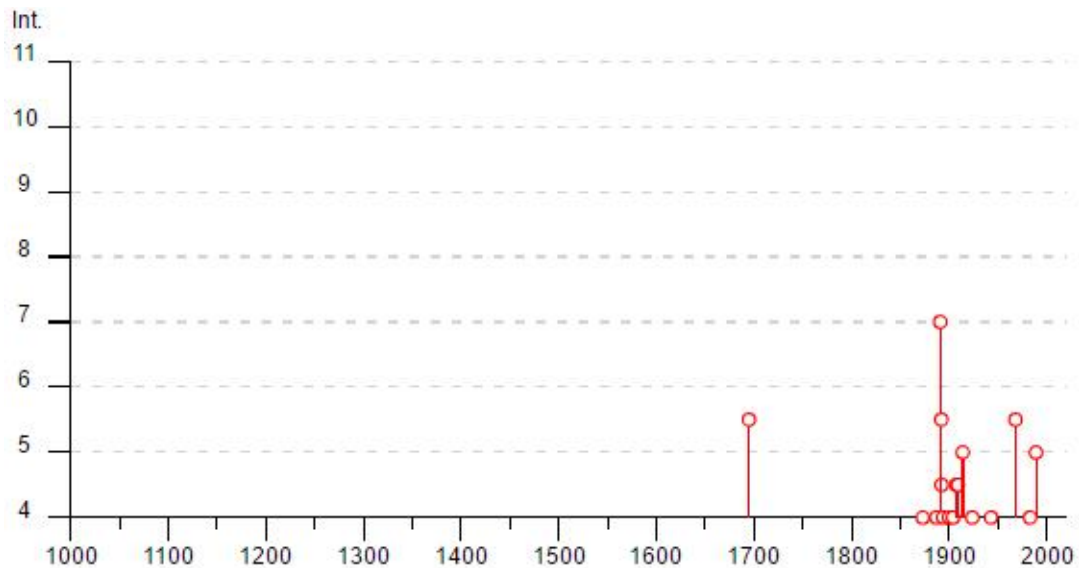
- 24/05/1987 - Garda - $M_D = 4,2$
- 13/09/1989 - Pasubio - $M_D = 4,8$
- 13/04/1996 - Claut - $M_D = 4,2$
- 24/11/2004 - Salò - $M_D = 5,2$

La ricostruzione storica degli eventi sismici che hanno caratterizzato il territorio in esame è stata fatta utilizzando il database macrosismico italiano DBMI15 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011): rispetto al precedente DBMI11, il DBMI15 ne rappresenta l'integrazione e l'aggiornamento, per cui è stato consultato per estrarre le seguenti informazioni. In particolare, il comune di Valdagno appare sedici volte con intensità superiore a 4.

Nella tabella seguente sono elencati i vari eventi registrati; in essa sono indicati, oltre all'intensità in scala MCS al sito in esame I [MCS], la data (Anno, Mese, Giorno, Ora, Minuti) in cui si è verificato l'evento del sito epicentrale Ax, l'intensità macrosismica epicentrale in scala MCS (I_0) e la magnitudo momento (M_w), oltre al numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto (N_p).

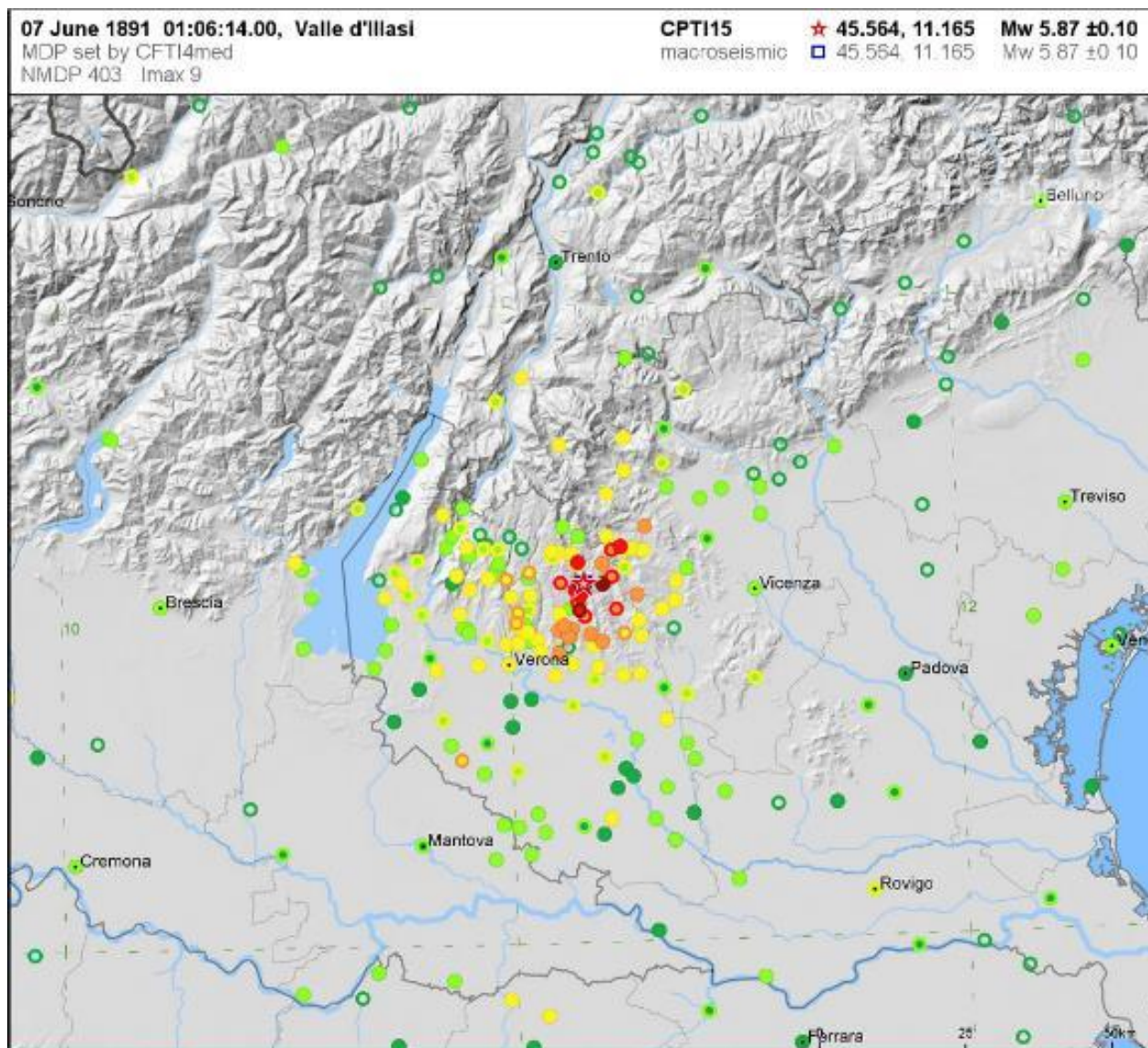
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1695	02	25	05	30		Asolano	107	10	6.40
3	1870	10	30	18	34		Forlivese	41	8	5.61
4	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
4	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
7	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4-5	1892	01	05				Garda occidentale	93	6-7	4.96
5-6	1892	08	09	07	58		Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
4	1894	02	09	12	48	0	Valle d'Illasi	116	6	4.74
4	1900	03	04	16	55		Asolano	98	6-7	5.05
4	1904	03	10	04	23	0	Slovenia nord-occidentale	57		
4-5	1907	04	25	04	52		Veronese	122	6	4.79
4-5	1908	02	03	13	36	2	Valle d'Illasi	34	5-6	4.32
NF	1908	07	10	02	13	3	Carnia	119	7-8	5.31
4-5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
NF	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
3	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
4	1924	12	12	03	29		Carnia	78	7	5.42
NF	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
4	1943	07	24	01	44		Feltrino	29	7	5.07
5-6	1968	06	22	12	21	3	Val Lagarina	27	6-7	4.74
2	1976	12	13	05	24		Garda settentrionale	128	7	4.90
4	1983	11	09	16	29	5	Farmense	850	6-7	5.04
5	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
2	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78
3-4	2002	02	14	03	18	0	Carnia	338	5-6	4.67
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21

Il grafico seguente ricostruisce la storia sismica di Valdagno (per terremoti con intensità al sito superiore o uguale a 4) tra gli anni 1000 e fino al 2011 mentre la tabella successiva riporta l'elenco dei comuni limitrofi con numero di eventi sismici registrati in ognuno di essi.



Località	EQs	Distanza (km)
Piana	1	4
Cerealto	1	4
Monte di Malo	5	5
Cornedo Vicentino	8	5
Caussi	1	5
Altissimo	4	6
San Vito di Leguzzano	5	7
Marana	2	7
Crespadoro	13	7
Pievebelvicino	1	7
Bauci	1	7
Magrè Vicentino	1	7
Torrebelvicino	4	7
Schio	17	8
Malo	10	8
San Pietro Mussolino	5	8
Poleo	2	8
Brogliano	2	9
Recoaro Terme	19	9
Bolca	3	10

L'evento registrato il giorno 7 giugno dell'anno 1891 è stato quello di maggiore intensità rilevato nel territorio di Valdagno e limitrofi. Secondo i cataloghi oggi disponibili (CPT115, Guidoboni et al., 2016) la magnitudo M_w del 1891 sarebbe stata pari a 5,87 e, a Valdagno, si sarebbe avvertito con un'intensità MCS di 7.



4.4 FAGLIE CAPACI E SORGENTI SIMOGENETICHE

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 Valdagno, si è fatto riferimento agli studi condotti dagli esperti scientifici e riportate nei cataloghi ITHACA e DISS 3.2.0.

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 una faglia ubicabile indicativamente come nella figura sotto riportata (immagine estratta dal sito dell'ISPRA).

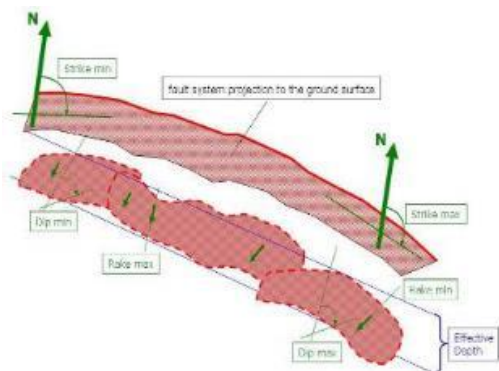
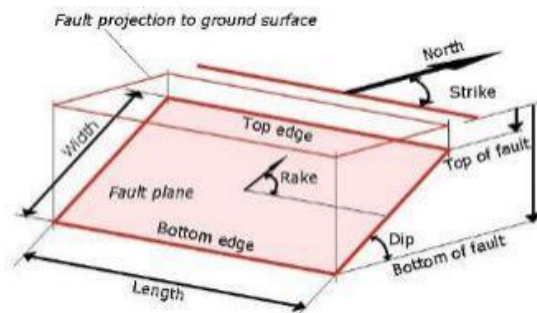


La figura riportata evidenzia, che la zona meridionale del territorio comunale di Valdagno è interessata da una faglia (Cod. 79500); nella tabella sottostante, sono riportate le informazioni desunte dalle schede specifiche ITHACA per tale lineamento.

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 3.2.0 (*Database of Individual Seismogenic Sources – DISS Version 3*), mostra tre tipologie di sorgenti sismogenetiche, così descrivibili:

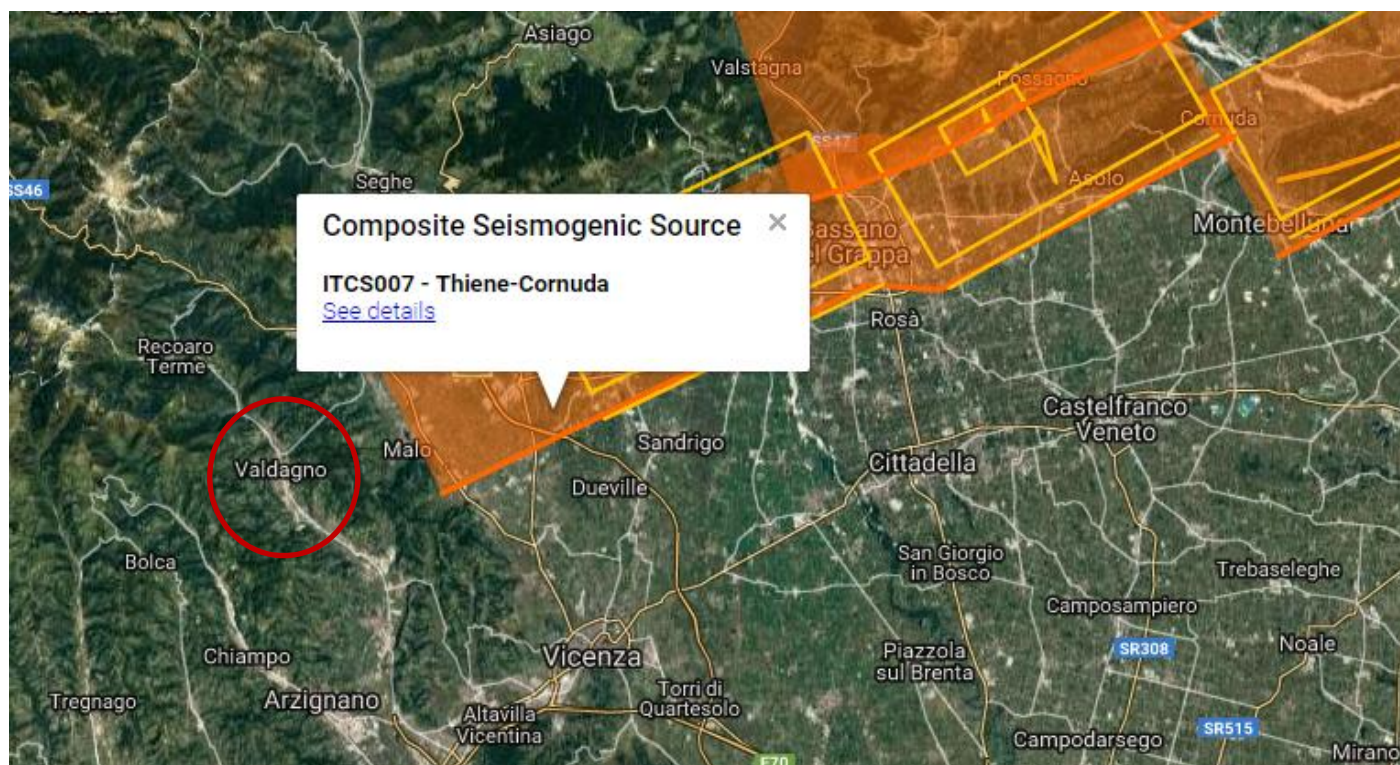
- **Sorgenti individuali (IS):** per le quali viene proposta una rappresentazione tridimensionale semplificata del piano di faglia. Questo tipo di sorgente esibisce caratteristiche definite di estensione, movimento e massima magnitudo attesa.



- **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 Valdagno 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.

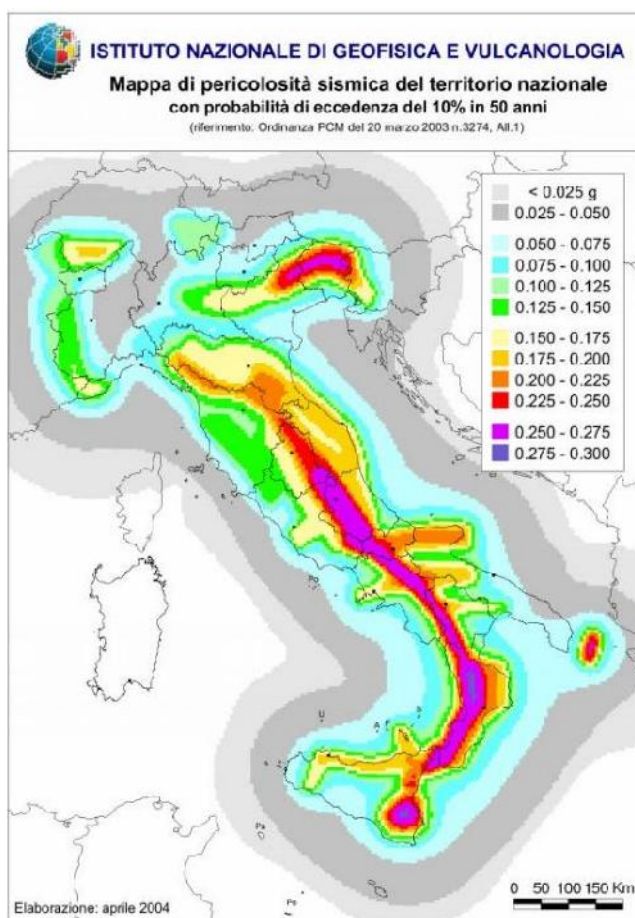
La linea Thiene-Cornuda fa parte del sistema di sovrascorrimenti pedemontani che borda la pianura veneto-friulana.

Nell'area d'interesse è segnalata la sorgente sismica composta 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.

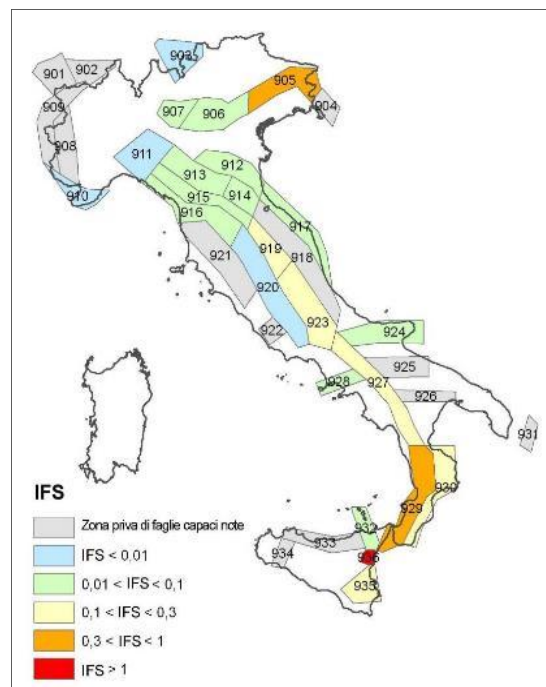
Minima profondità (km)	0.5
Massima profondità (km)	6.5
Direzione (°)	235 - 275
Inclinazione (°)	30 - 40
Rake (°)	80 -100
Velocità di movimento (mm/anno)	0.1 – 1.0
Magnitudo massima	6,6

4.5 ZONAZIONE SISMICA NAZIONALE

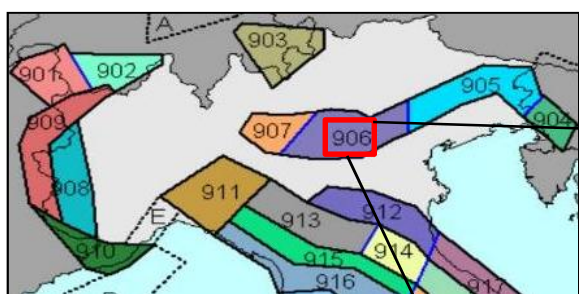
In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20/03/2003, n°3274, in cui si manifestava l'esigenza di una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche sul territorio nazionale, è stato redatto a cura dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) un documento 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).



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 CPTI15). 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. 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.

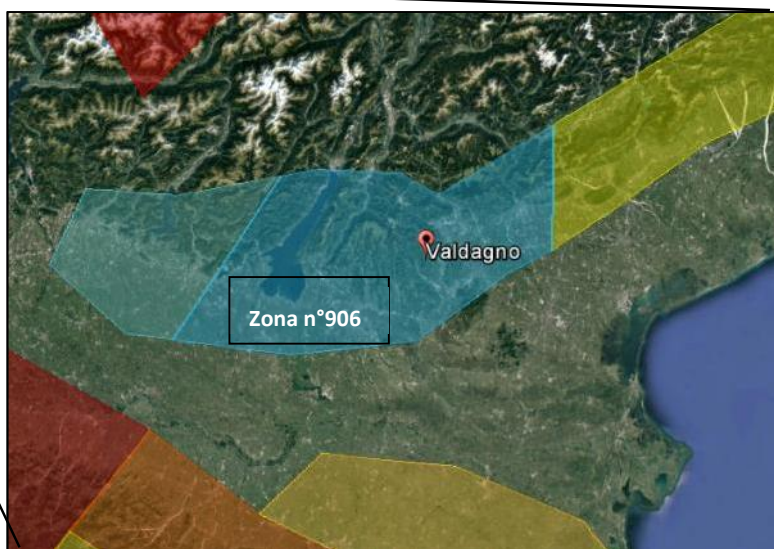


Secondo la zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), nel Veneto ricadono le Zone Sismogenetiche n°905 "Friuli-Veneto orientale" e n°906 "Garda-veronese", che interessano rispettivamente la fascia pedemontana tra Bassano del Grappa e il confine con il Friuli Venezia Giulia e la fascia pedemontana 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 Valdagno si posiziona interamente all'interno della 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 nord ovest-sud est (trend dinarico-es., Bernardis et al., 2000; Baic et al., 2001; Vrabc, 2001).



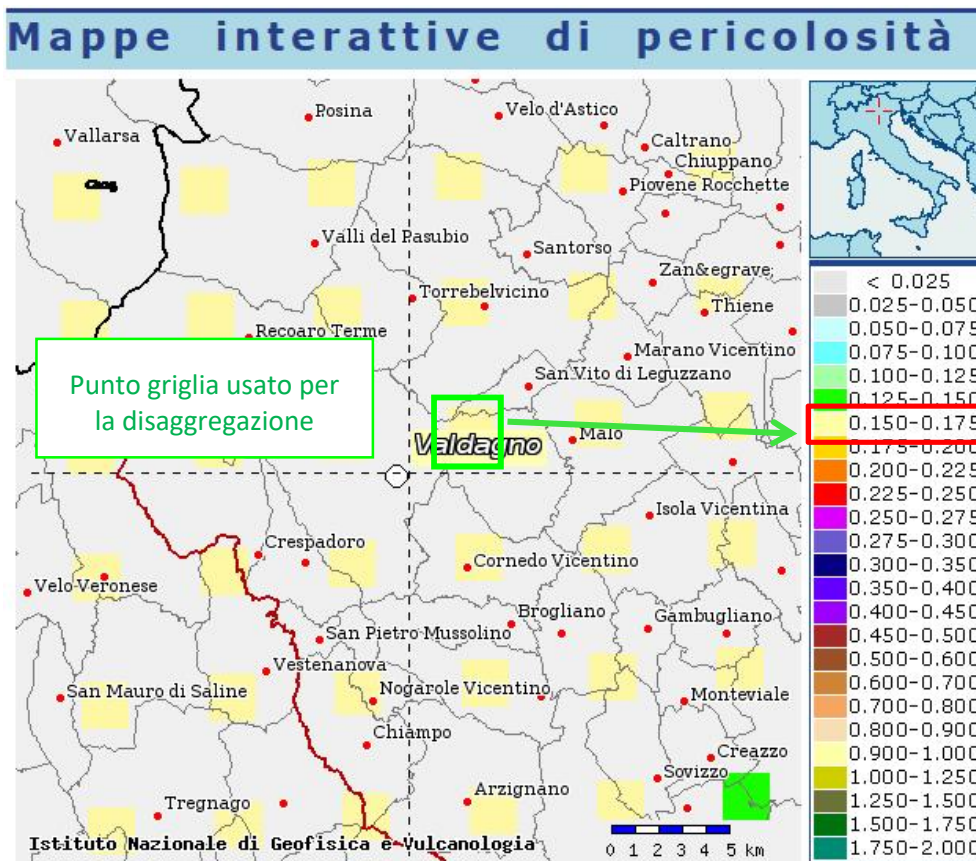
Sopra, dettaglio della Carta delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti e Valensise, marzo 2004)

A destra la posizione del comune di Valdagno completamente all'interno della zona 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 Valdagno, 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 sub-pianeggianti di Categoria A.



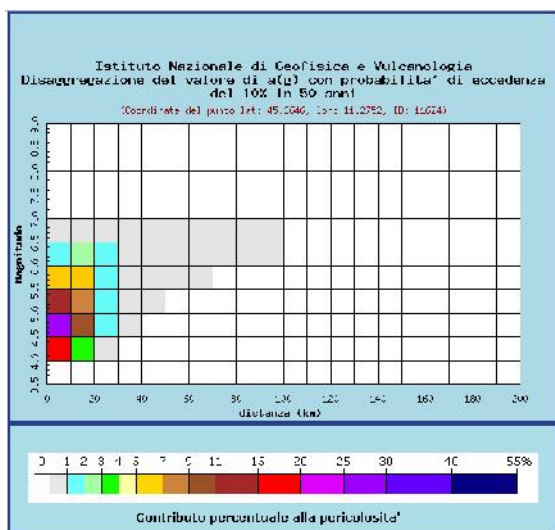
Carta di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli di Cat. A ($V_{s,30} > 800$ m/s) sub-pianeggianti (cat. topografica T1 da N.T.C. 2008)

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 sub-pianeggianti 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 Valdagno 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 $V_{s,30} > 800$ 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).



Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.030	3.950	0.751

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.6646, lon: 11.2752, ID: 11624)											
	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	15.700	26.100	12.600	5.250	1.910	0.189	0.000	0.000	0.000	0.000	
10-20	0.000	3.740	9.530	7.800	5.050	2.070	0.326	0.000	0.000	0.000	0.000	
20-30	0.000	0.144	1.210	1.940	1.900	1.410	0.211	0.000	0.000	0.000	0.000	
30-40	0.000	0.000	0.027	0.317	0.528	0.522	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	
40-50	0.000	0.000	0.000	0.020	0.137	0.198	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.116	0.038	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 Valdagno vale $M_{wmax} = 6,60$.

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etra	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	923	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 925, 932, 933, 934	6.14
Macio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Imbro, Nizza-Sanremo	913, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Cranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria Itronica, 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 ampiamente 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 analogo 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 Valdagno, 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 di base in termini di ampiezza, durata e frequenza o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

Essa si colloca ad un livello 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 di amplificazione), 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 del 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 ed 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.

Come detto in premessa, in aggiunta agli standard del Livello 1, è stato eseguito un approfondimento quantitativo della risposta sismica locale, misurando le frequenze di vibrazione del sottosuolo secondo una maglia rappresentativa dell'intero territorio comunale e valutando le velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

6 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI PREGRESSI E DI NUOVA REALIZZAZIONE

6.1 INDAGINI PREGRESSE E DI NUOVA REALIZZAZIONE

Al fine di caratterizzare dal punto di vista sismico i terreni del comune di Valdagno, sono state condotte alcune misure geofisiche in prossimità dei punti ritenuti più significativi e sono state effettuate delle ricerche sia presso gli archivi dell'Ufficio tecnico comunale, attingendo a studi di carattere geologico eseguiti per la progettazione di opere civili, sia nel database delle indagini pregresse realizzate dagli scriventi, ottenendo un totale di:

- **n° 81 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° 12 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;
- **n°2 profili geoelettrici 2D in configurazione Wenner** con massimo n° 30 elettrodi per misurare la resistività dei terreni al fine di valutare l'assetto stratigrafico del sottosuolo;
- **n°8 prospezioni sismiche a rifrazione con inversione tomografica** sviluppate in *array* lineari con geofoni ad asse verticale per individuare le principali unità geofisiche tramite la stima delle velocità di propagazione delle onde longitudinali P (V_p);
- **n°7 Prove Penetrometriche Dinamiche Super Pesanti (DPSH)**, e **n°6 Prove Penetrometriche Dinamiche Medie (DN)** per la caratterizzazione stratigrafica a geotecnica del sottosuolo;
- **n°1 Prova Penetrometrica Statica (CPT)**, spinta fino a ad una profondità di 10 m dal p.c. locale, per la caratterizzazione stratigrafica a geotecnica del sottosuolo;
- **n°2 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo** fino ad una profondità di 20 m dal p.c. locale che non hanno raggiunto il substrato.

6.2 METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE

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.

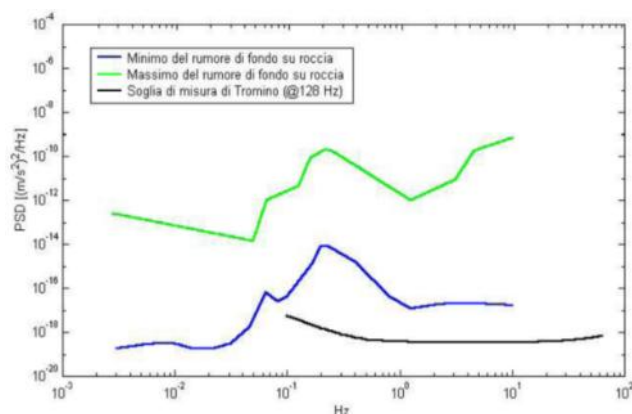
Le basi teoriche della tecnica H.V.S.R. si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtrempi. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

- 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 allegata 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.



6.2.1.1 Sintesi dei dati

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°81 misure H.V.S.R. eseguite siano state distribuite in modo da interessare completamente il comune di Valdagno: la distribuzione delle prove è stata ottimizzata per vedere il “modo” di rispondere dei vari ambienti geomorfologici alle sollecitazioni sismiche.

Nella tabella seguente è riportata esclusivamente la sintesi dei risultati delle misure H.V.S.R. eseguite mediante Tromino, e archiviate nel supporto digitale allegato al presente studio. 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	F ₀ “FONDAMENTALE” [Hz] (INTERVALLO 0,1 – 20 Hz)	AMPIEZZA DEL PICCO H/V	CONDIZIONE DI AMPLIFICAZIONE (INTERVALLO 0,1–20 Hz)
P2	7.06	5.3	Si
P3	10.2	9	Si
P4	8.59	4	Si
P5	6.5	2.8	Si
P6	1.8	3.2	Si
P7	8.13	7.3	Si
P8	8.91	4	Si
P9	8.44	2.5	Si
P11	10.5	5.8	Si
P12	5.63	4.8	Si
P13	5.47	4.9	Si
P14	4.84	9	Si
P15	1.9	6	Si
P17	8.75	4.3	Si
P18	12.16	2.5	Si
P19	5.28	4	Si
P20	9.06	8	Si
P21	6.84	5.5	Si
P22	8.59	4	Si
P24	5.5	2	Si
P25	Np	Np	No
P26	3.34	4	Si
P27	11.31	7	Si
P28	6.47	2.5	Si
P29	6.69	4	Si
P30	3.97	3.2	Si
P31	18	5	Si
P32	3.84	7	Si
P34	4.28	9	Si
P36	8	3.2	Si
P37	4.78	7	Si
P39	4.97	4.4	Si
P40	5.88	5	Si
P38	18.34	6	Si
P41	6.25	9	Si
P43	Np	Np	Si
P44	1.8	5.9	Si
P46	5	3.7	Si
P47	4.5	3.2	Si
P49	3.97	6	Si
P50	10.31	5	Si
P51	12.06	10	Si
P53	2.19	3	Si
P52	5.28	4	Si
P55	8	6.8	Si

P54	5.2	3	Si
P56	4.06	4.2	Si
P57	5.88	3.1	Si
P58	5.6	3.8	Si
P60	4.5	2	Si
P59	14	2	Si
P61	1.09	2.2	Si
P63	4.56	np	Si
P64	np	6	
P65	3.03	4.3	Si
P66	4.1	4	Si
P67	3.66	6.5	Si
P69	5.5	5.3	Si
P68	4.84	7	Si
P70	8	7.8	Si
P71	6.16	4.4	Si
P72	4	5	Si
P73	11.69	4.5	Si
P74	4.69	4.8	Si
P83	8.16	3.5	Si
P84	9	5.8	Si
P85	3.63	4.9	Si
P86	5.28	7	Si
P87	3.72	2.5	Si
P88	3.2	3	Si
P90	3.9	4.5	Si
P89	6.88	6.7	Si
P91	4.16	6	Si
P93	3.75	4.3	Si
P92	5.59	8.5	Si
P94	5.22	5.5	Si
P95	5.38	4	Si
P97	6.6	3.3	Si
P99	6.56	3.5	Si
P101	8	3.1	Si
P103	5.31	4.2	Si

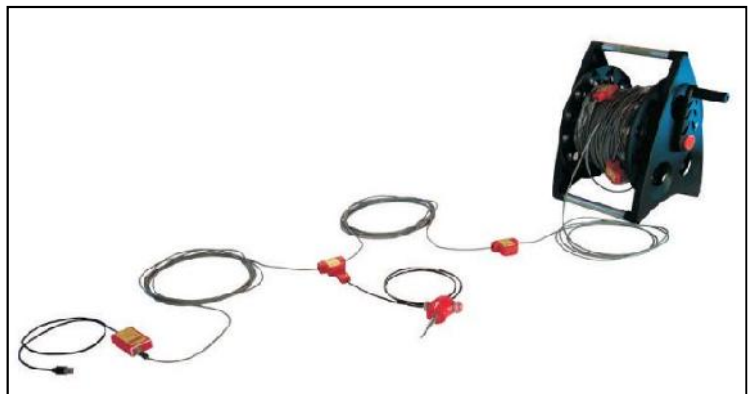
6.2.2 Indagine sismica di tipo passivo in array (Re.Mi.)

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 poiché 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'interprete 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.6.4 – 2013. 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.



6.2.2.1 Determinazione delle velocità delle onde di taglio S (V_s)

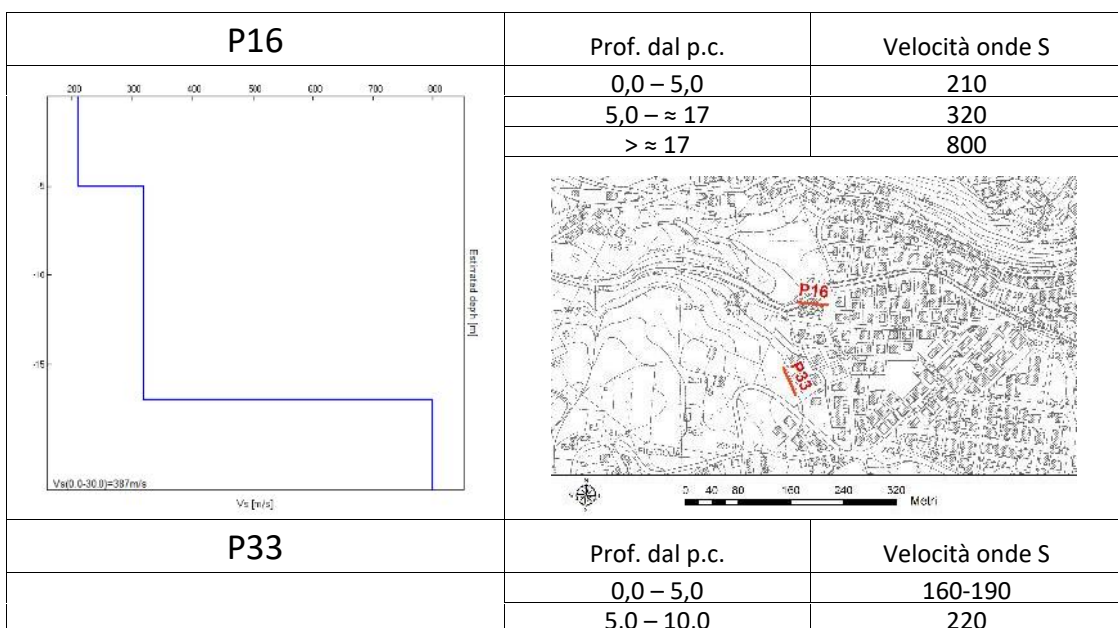
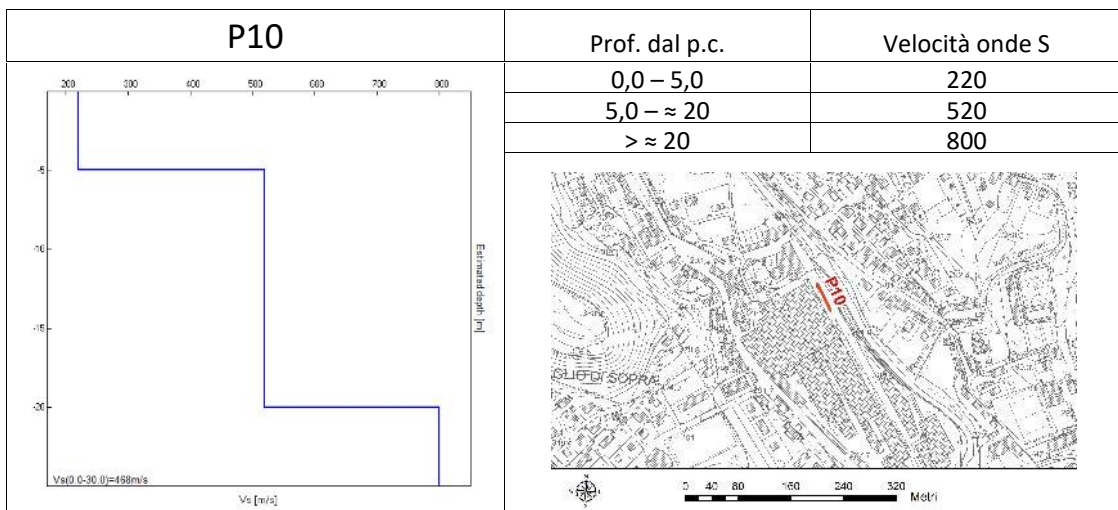
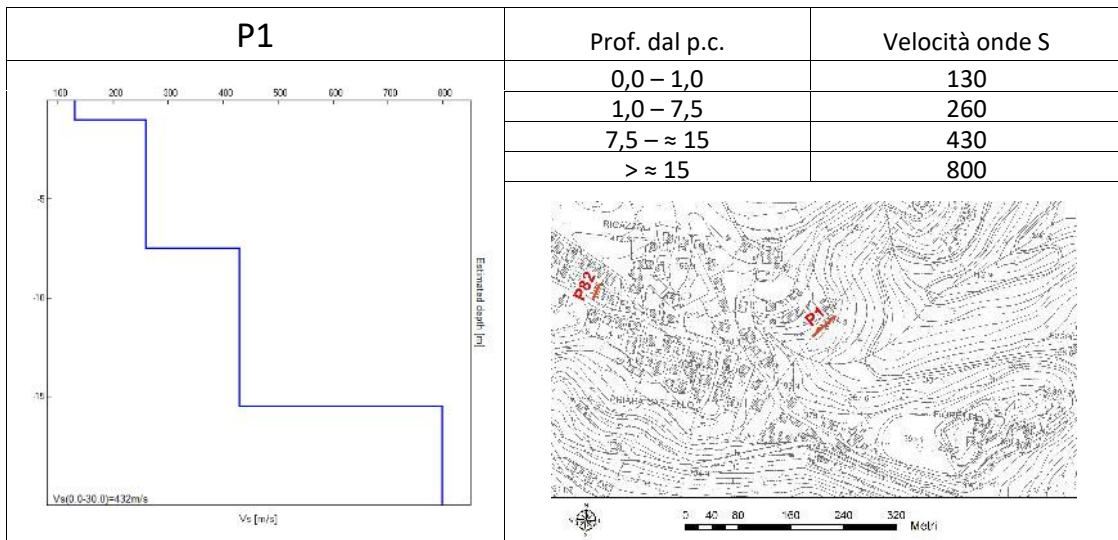
Come detto in precedenza, nel territorio comunale sono state analizzate una serie di misure sismiche di superficie (*array* sismici) per approfondire le conoscenze sulle caratteristiche sismiche dei litotipi costituenti il territorio in esame: in particolare, esse sono state utilizzate per determinare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

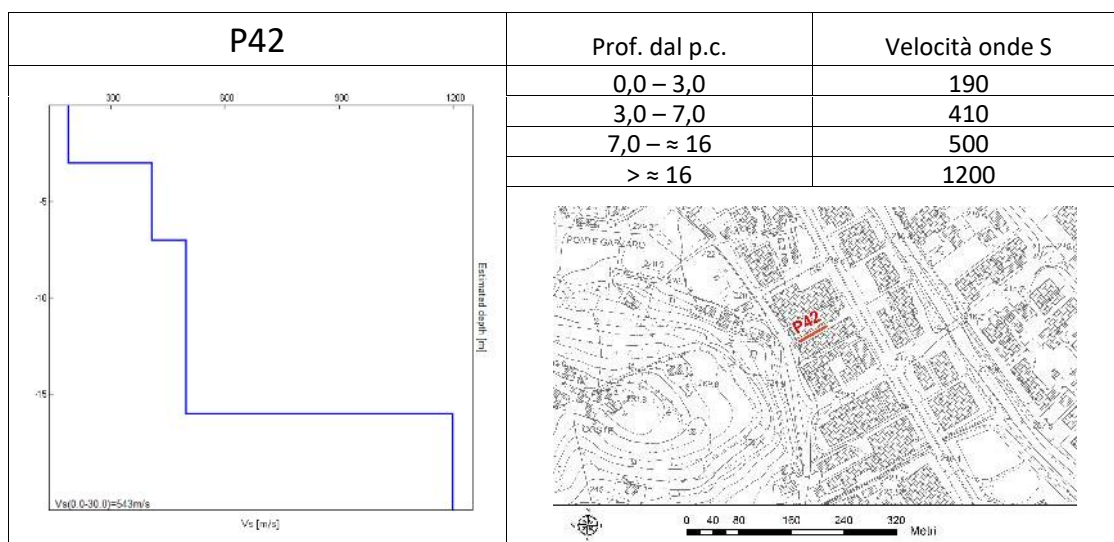
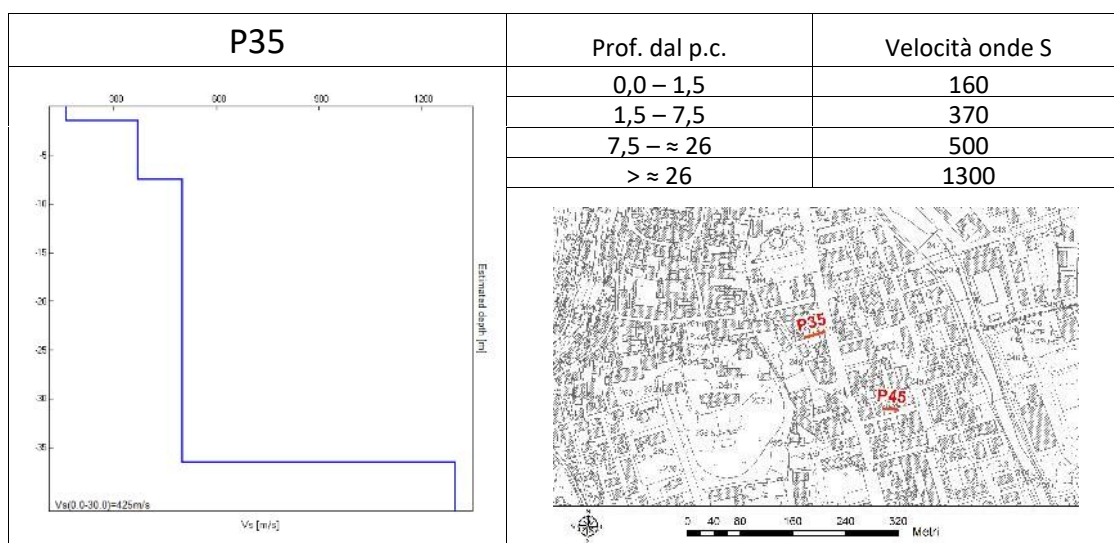
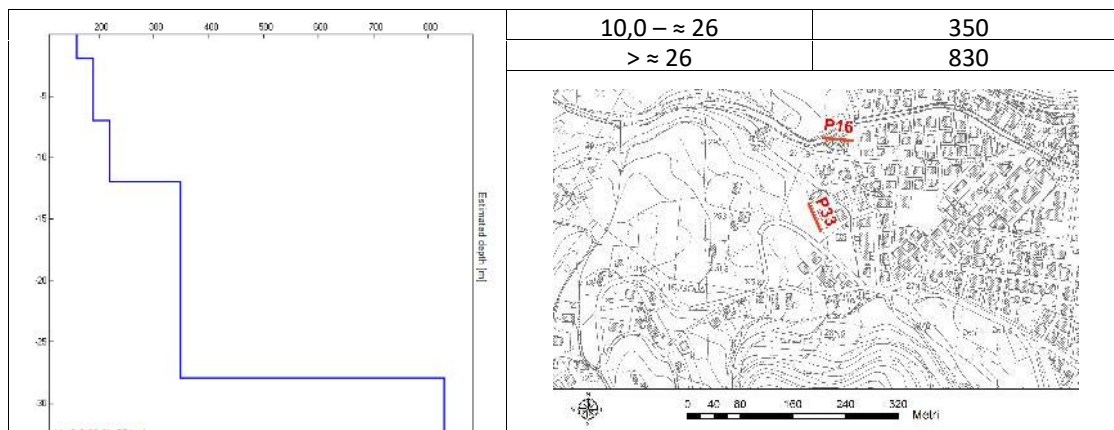
Nel supporto digitale allegato al presente studio sono riportate le schede di sintesi dei risultati di tali prove.

6.2.2.2 Risultati delle misure

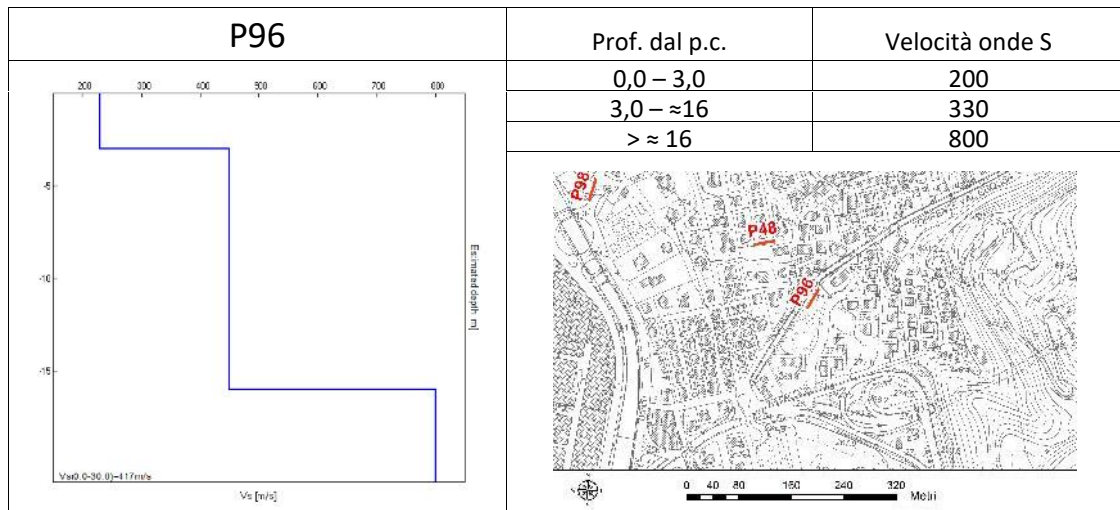
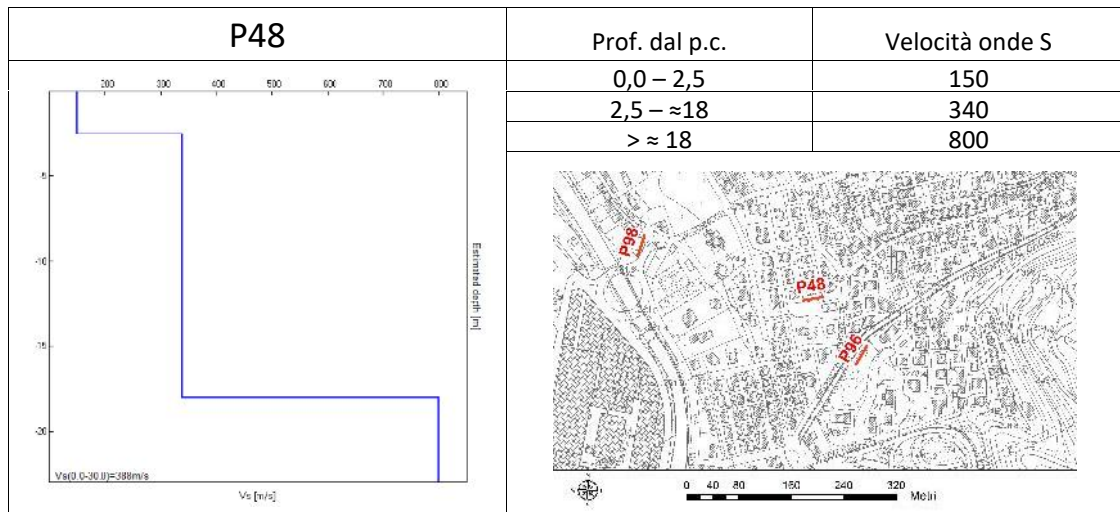
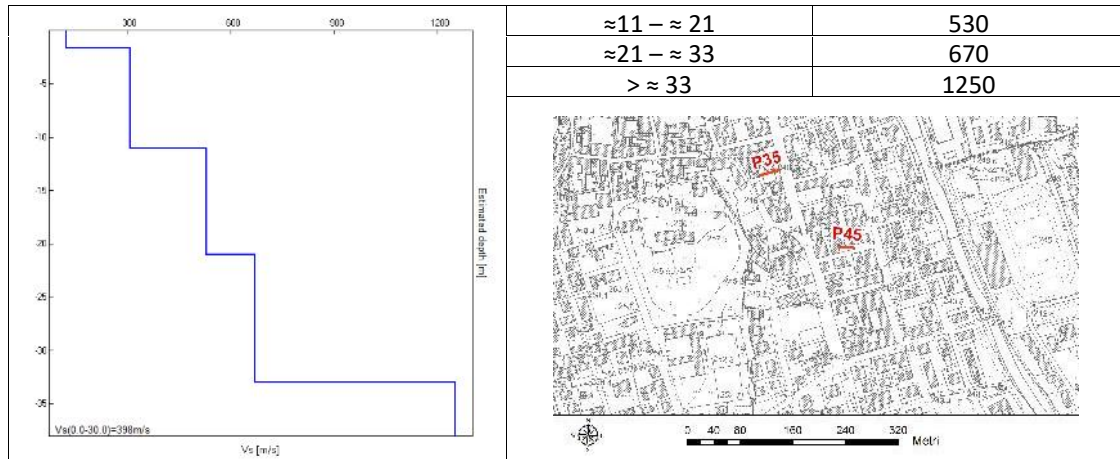
In questo paragrafo è riportata esclusivamente la sintesi dei risultati ottenuti dall'analisi congiunta degli *array* sismici e degli H.V.S.R. accoppiati ad essi.

Nelle tabelle seguenti sono riportate l'ubicazione degli *array* e il profilo verticale delle onde di taglio (V_s). Si rimanda all'allegato digitale per la lettura completa delle schede con i risultati di tali prove.

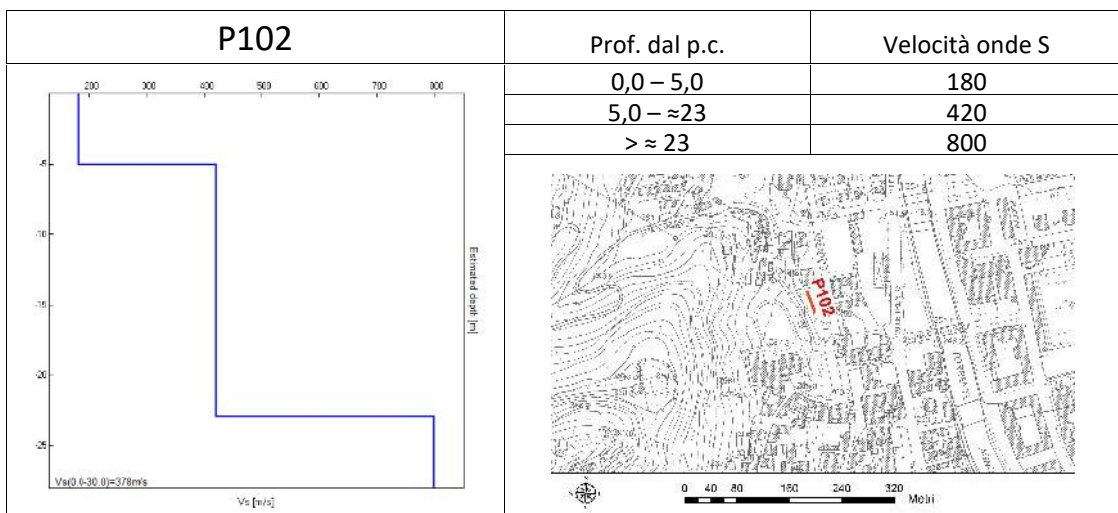
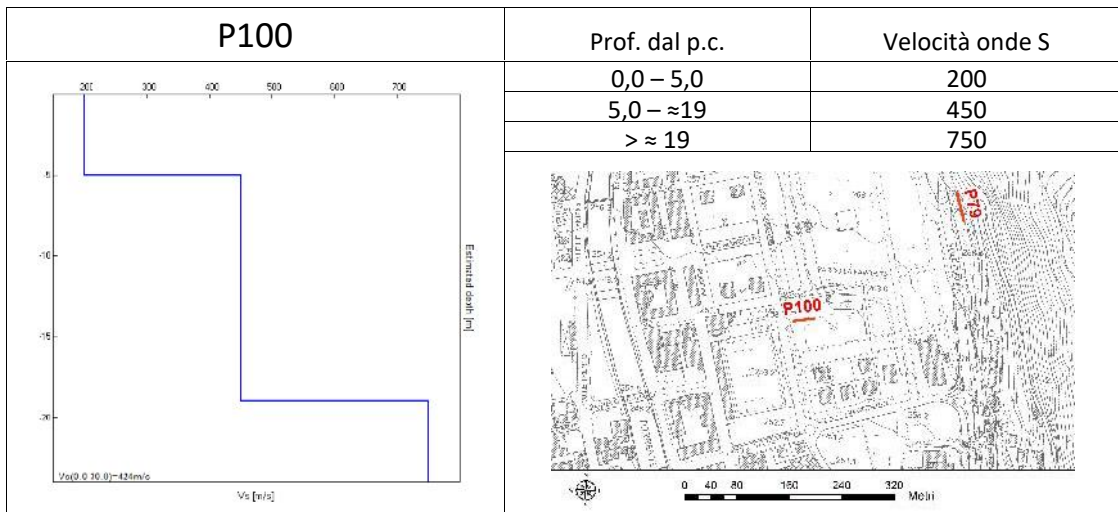
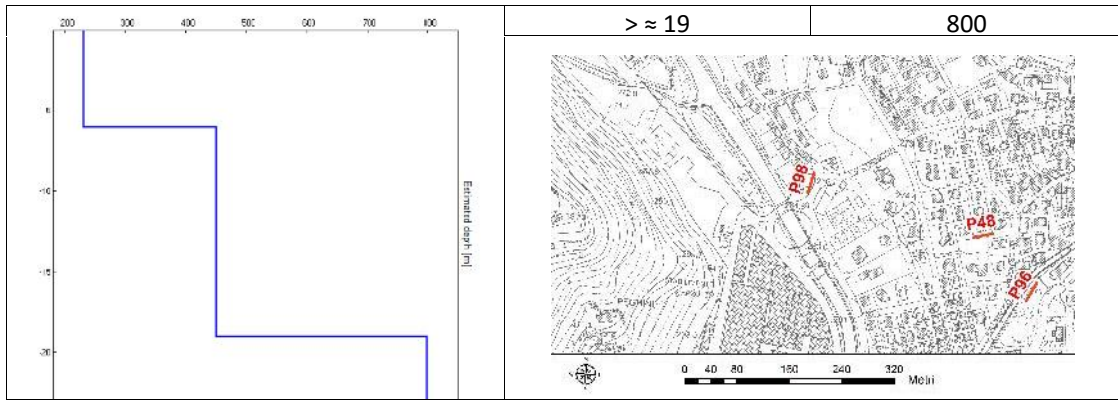




P45	Prof. dal p.c.	Velocità onde S
	0,0 – 1,6	125
	1,6 – ≈11	310



P98	Prof. dal p.c.	Velocità onde S
	0,0 – 6,0	230
	6,0 – ≈19	450



6.2.3 Indagine geoelettrica con inversione tomografica

La tecnica *dell'imaging* elettrico (o tomografia elettrica) adotta una procedura automatizzata sia per l'acquisizione che per l'elaborazione delle misure, e consente di raccogliere dati elettrici del sottosuolo con una densità elevata impiegando cavi *multicore* con spaziatura interelettrodica variabile (generalmente da 1-2 m a 10 m). L'unità di misura è costituita da un georesistivimetro assistito da un computer che, mediante un software dedicato, gestisce la configurazione geometrica e la sequenza del grande numero di letture che vengono effettuate. Gli elettrodi da controllare sono molte decine, spesso qualche centinaio, e i vari cavi impiegati vengono tra loro connessi e collegati all'unità di misura.

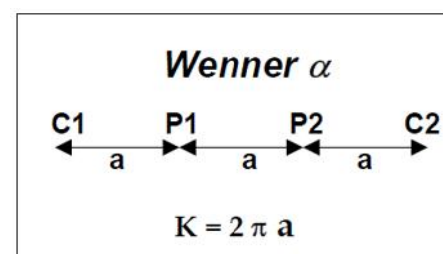
Le caratteristiche tecniche principali del sistema di misurazione utilizzato (georesistivimetro modello *ELECTRA* della Micromed S.p.a.) sono riportate nel box seguente.

ALCUNE CARATTERISTICHE TECNICHE	
ALIMENTAZIONE	batteria interna, inclusa nell'unità centrale 12 V, ricaricabile
CONVERSIONE A/D	sincrona su tutti i moduli di energizzazione e misura
NUM. MAX CANALI	255 (nominali) a gruppi di 24 o 32
UNITA' CENTRALE	
DIMENSIONI	24 x 20 x 8 cm, peso 2,3 kg
FORMAD'ONDA	convertitore D/A dalla continua all'alternata con controllo continuo di corrente e voltaggio (feedback)
CORRENTE	±200 mA valori d'uso in condizioni tipiche ±10 mA
FREQ. IMPOSTABILI	1-32 Hz
OUTPUT	selezionabile su 4 porte o su cavo
TENSIONI DI USCITA	regolazione automatica fino a 400 V p.p.
MODULI DI MISURA	
DIMENSIONI	5 x 6 x 2 cm
INGRESSO	commutabile automaticamente tra 4 diverse funzioni (stimolo positivo e negativo, riferimento, ingresso)
IMPEDENZA DI INGRESSO	100 MΩ su 6 V di dinamica 100 kΩ su 12 V di dinamica
CAMPIONAMENTO	sincrono su tutti i moduli a 256-512 Hz
TRASMISSIONE	continua e in tempo reale dei dati di conversione al modulo centrale e PC



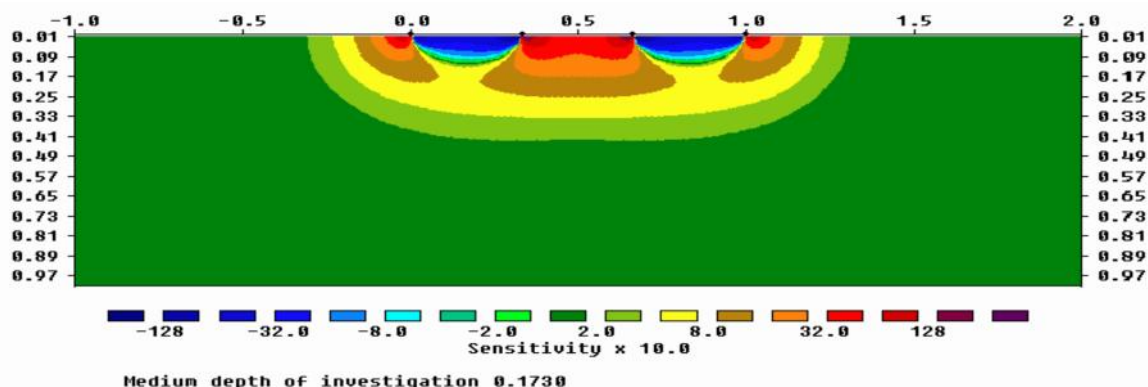
In pratica, il rilievo consiste nel posizionare gli elettrodi nel terreno secondo *arrays* 2D o 3D e, quindi, nell'effettuare il collegamento ai *take-out* dei cavi che portano il segnale (di *input* ed *output*) all'unità di misura. Dal software vengono poi impostate la configurazione prescelta e i relativi parametri geometrici (passo di misura, numero di misure, ecc.). Le misure sono ciclicamente ripetute fino a un massimo di 4-6 volte, qualora non si raggiungesse prima una stabilizzazione della lettura (indicata da un basso scarto percentuale compreso tra il 2% e il 6%). Le misure non soddisfacenti, comunque salvate nel *data set*, potranno essere eliminate in sede di analisi. Per ottenere una densità di valori idonea alla costruzione di una pseudosezione di resistività, è necessario che il passo di misura non superi la distanza interelettrodica. Il primo risultato dell'analisi è costituito da una pseudosezione che è solo rappresentativa della sezione reale. Infatti, essa ritrae l'andamento della resistività apparente calcolata con semplici considerazioni geometriche: ogni misura viene posta convenzionalmente al centro del quadripolo attivo e alla pseudoproprietà che gli compete. I dati acquisiti in campagna e rappresentati secondo pseudosezioni (2D) o pseudopiani (3D) vengono successivamente elaborati per risalire alla elettrostratigrafia reale (resistività vera) del volume indagato, che si ottiene utilizzando una tecnica di inversione. Il sistema è interfacciato a un PC su cui è installato un software dedicato che lavora su piattaforma Windows, per gestire sia l'attivazione successiva e programmata di 2 elettrodi di immissione, sia i rimanenti elettrodi di ricezione. Le misure vengono effettuate in corrente alternata con periodo di misura che può essere compreso tra 0,8 s e 0,12 s con cicli di alcuni secondi; i voltaggi variano da un minimo di 0,2 mV ad un massimo di 400 V picco-picco, mentre l'intensità di corrente varia da minimi di 0,005 mA a massimi di 200 mA.

Nelle indagini geoelettriche è possibile scegliere diversi tipi di configurazioni in base a criteri che considerano, ad esempio, il tipo di *target* da individuare, la profondità massima da raggiungere o la sensibilità delle misurazioni condotte. Le configurazioni si distinguono in base alla distribuzione geometrica della programmazione di attivazione delle coppie di elettrodi attivati per l'acquisizione. Questo tipo di arrangiamento è caratterizzato dal fatto che gli elettrodi di potenziale sono posti al centro degli elettrodi di corrente e la distanza tra i vari elettrodi (distanza interelettrodica) è sempre la stessa ed è pari ad *a*.



Il valore del fattore geometrico relativo a tale dispositivo è pari a $2\pi a$ e quindi il fattore geometrico del Wenner risulta essere il più basso tra i dispositivi più comunemente utilizzati. Pertanto è il tipo di *array* che consente di ottenere la massima intensità del segnale e i dati che si misurano con questo dispositivo risultano essere poco rumorosi. La

funzione *sensitivity* per un dispositivo Wenner presenta un andamento quasi orizzontale al di sotto del centro del dispositivo (figura seguente); ne consegue che questa tipologia di *array* è relativamente sensibile ai cambiamenti verticali di resistività al di sotto del centro dello stendimento, ma è meno sensibile alle variazioni orizzontali della resistività.

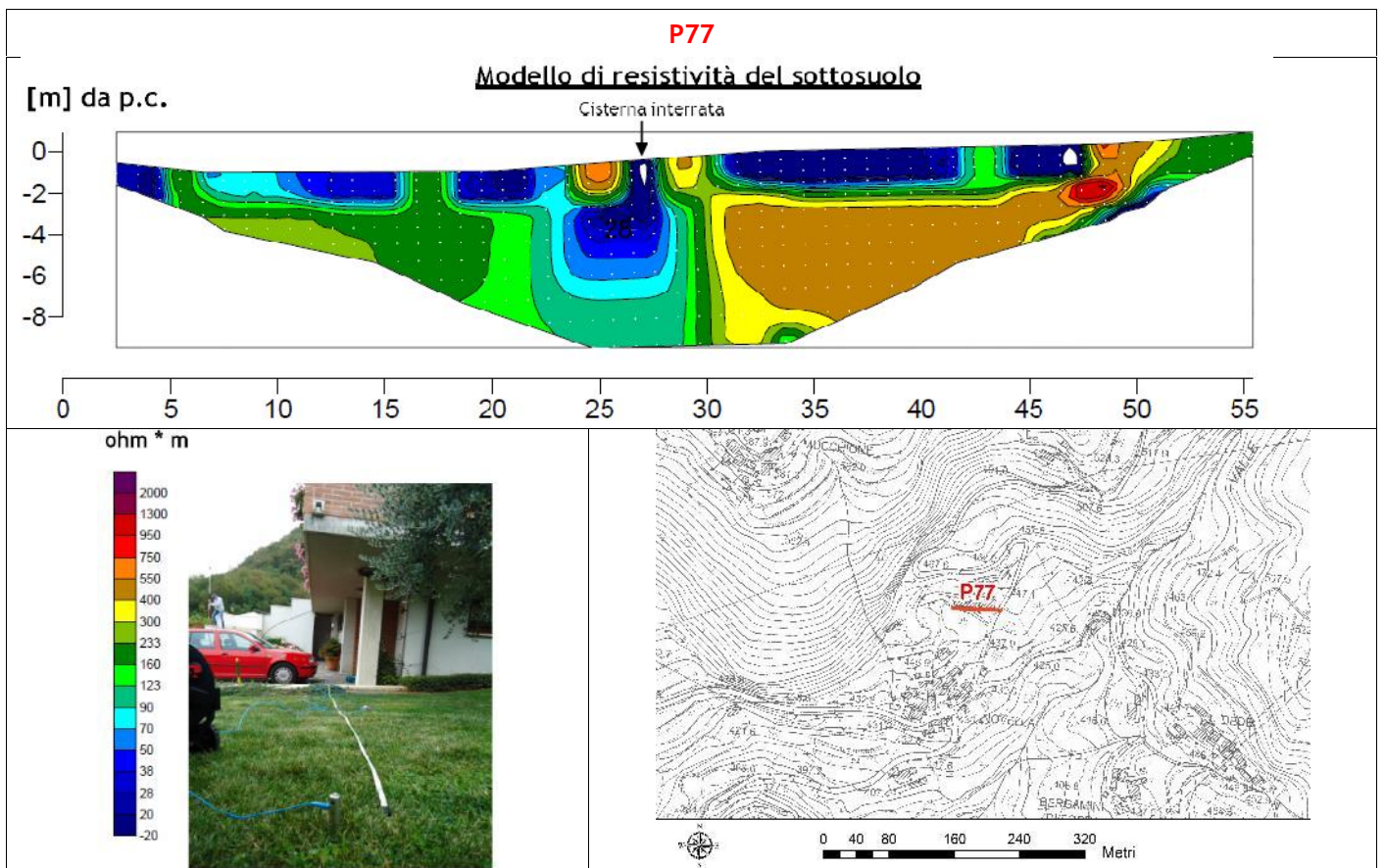
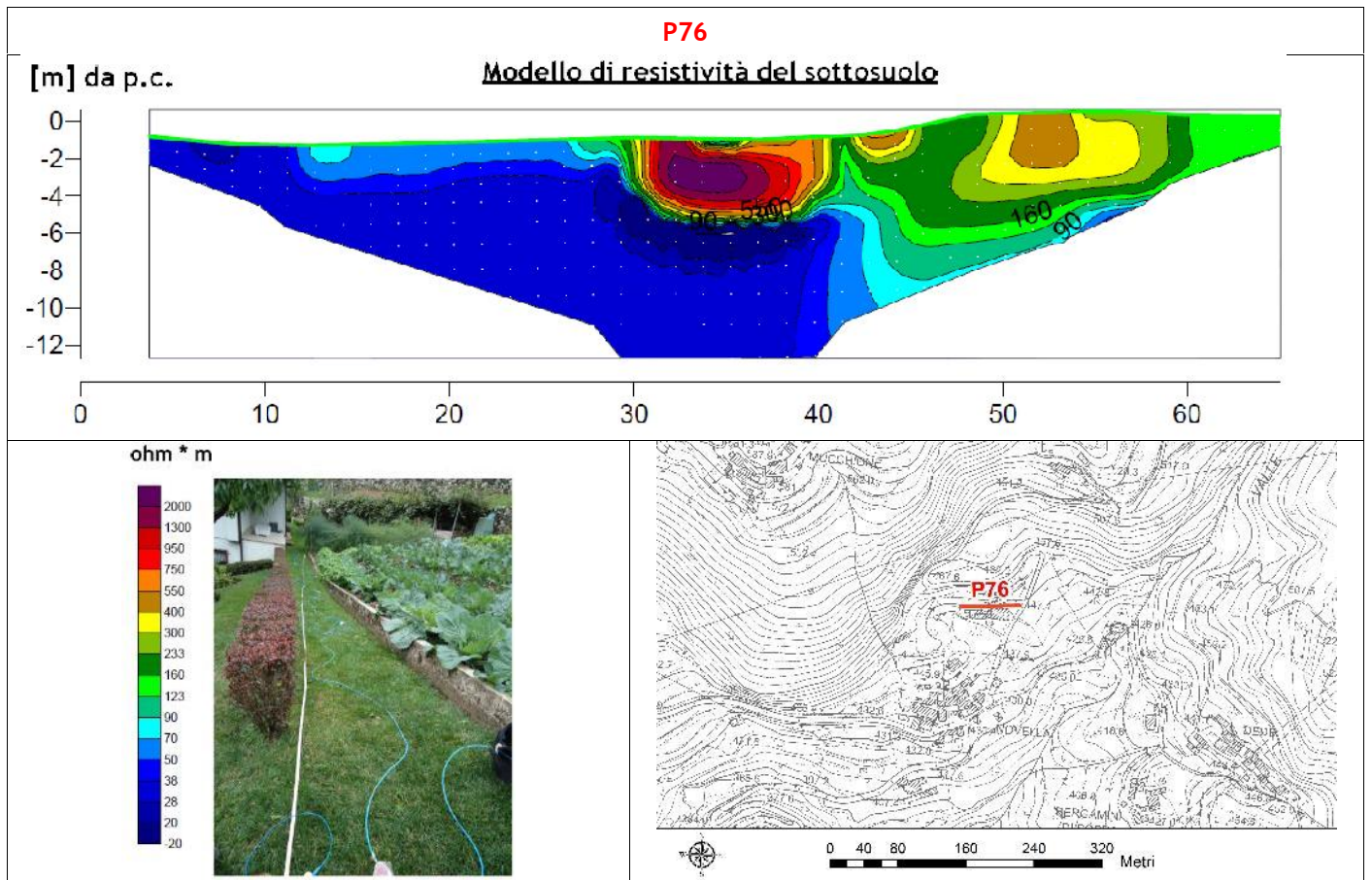


La pseudo-sezione di resistività (o tomografia di prima specie) fornisce un'immagine approssimativa e immediata della distribuzione di resistività lungo la sezione verticale di sottosuolo sottesa al profilo di misura; può essere quindi considerata come un'immagine sfocata della configurazione elettrica del sottosuolo. La tomografia geoelettrica vera e propria si ottiene mettendo a fuoco l'immagine di resistività apparente in modo da definire meglio le geometrie dei corpi sepolti. È possibile risolvere questo problema (cioè passare da una pseudo-sezione a una tomografia) applicando la tecnica d'inversione di Loke e Barker implementata nel software Res2Dinv v4.01 prodotto dalla Geotomo (Malesia) e impiegato nel presente lavoro. Di seguito viene esposto il procedimento utilizzato comunemente per l'analisi.

1. Il procedimento di calcolo prevede la suddivisione iniziale del volume in una griglia di regolarizzazione (analoga a quella impiegata nelle computazioni a elementi finiti). Ad ogni cella della griglia viene attribuito un valore di resistività sulla base dei dati misurati e alle celle di confine viene imposta una resistività pari alla media delle letture eseguite.
2. Il modello iniziale viene quindi sottoposto ad un processo di inversione che utilizza una routine conosciuta con il nome di *smoothness-constrained least-square method* (De Groot-Hedlin e Constable 1990, Sasaki 1992) implementata con una tecnica di ottimizzazione quasi-newtoniana (Loke e Barker 1996) che la velocizza notevolmente. Le elaborazioni considerano in blocco tutti i dati acquisiti e ottimizzano un modello a celle di resistività. Questo modello è meno viziato dalla assunzione di una elettrostratigrafia piana valida per il monodimensionale e risulta, quindi, più adattabile alle complesse geometrie che si incontrano nella realtà.
3. L'inversione ha termine nel momento in cui si ottiene una buona coincidenza, in senso statistico (scarto quadratico medio), tra i dati sperimentali e quelli teorici (confronto tra pseudosezioni misurate e calcolate).
4. Disponendo di una taratura (sondaggio meccanico o dati desunti da scavi) il modello geoelettrico del sottosuolo proposto al termine dell'analisi può essere ricondotto a quello geolitologico.

6.2.3.1 Sintesi dei risultati

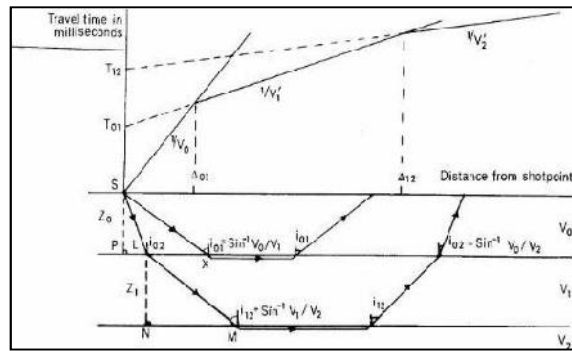
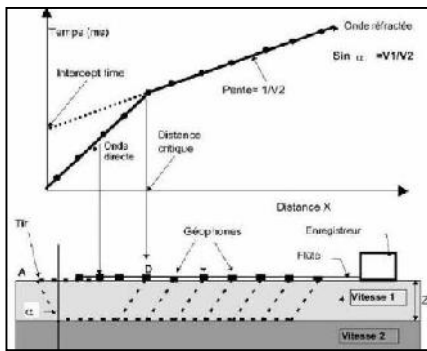
Tale tipologia di indagine è stata eseguita in corrispondenza delle varie litologie presenti nel territorio comunale, per determinare, in associazione alle indagini geofisiche di tipo sismico, le variazioni stratigrafiche, e per permettere una ricostruzione più precisa delle aree indagate. Le sezioni tomografiche (riportate nelle figure seguenti e allegate nel supporto digitale) espongono l'andamento della resistività nel sottosuolo attraverso una scala cromatica di colori che parte dal blu e incrementa verso il viola. Lo spessore delle unità geoelettriche può essere stimato attraverso la scala metrica posta sulle ordinate del grafico. La stabilità delle misure e, quindi, la loro qualità, si presenta elevata poiché è stato possibile mantenere scarti decisamente inferiori al 15%.



6.2.4 Indagine geoelettrica con inversione tomografica

Basi teoriche di sismica a rifrazione

Il metodo sismico a rifrazione si basa sulla misura del tempo richiesto perché una perturbazione di origine elastica si trasmetta dalla sorgente ai geofoni percorrendo gli strati superficiali, a bassa velocità, e la superficie di separazione di due mezzi elastici differenti, a velocità più levata. La prospezione sismica a rifrazione è particolarmente indicata per ottenere rapide informazioni strutturali nel caso di strutture a grandi dimensioni, che siano costituite almeno da uno strato rifrangente ad alta velocità, giacente sotto una serie stratigrafica avente velocità più bassa. Se in un sistema di assi cartesiani si riportano i tempi di arrivo delle onde sismiche in funzione della loro distanza dal punto di scoppio, si ottiene una famiglia di curve “tempi – distanze” che dipendono dalle caratteristiche geologiche locali. Tali curve sono dette “dromocrone”. Nelle figure riportate sono rappresentate le dromocrone riguardanti le onde dirette, riflesse e rifratte, più la dromocrona degli impulsi diretti nell’areato. Nel punto angolare D, corrispondente al geofono G0, arriveranno contemporaneamente le onde dirette e le onde rifratte. Per i geofoni posti ad una distanza minore di G0, il primo arrivo sarà rappresentato da un’onda diretta. Da ciò si deduce che gli impulsi rifratti possono essere ricevuti solo a partire da una distanza corrispondente a G0. Oltre il punto angolare D i primi arrivi sono sempre rappresentati dalle onde rifratte. Si possono costruire dromocrone anche nel caso di “n” strati, purché le velocità aumentino sempre con la profondità; ogni punto angolare indicherà il passaggio da uno strato al successivo, e le velocità saranno indicate dalla pendenza dei rispettivi rami di dromocrone. Se gli strati sono poco potenti i percorsi delle onde saranno curvi, con concavità rivolta verso l’alto ed anche la corrispondente dromocrona sarà una curva (figura seguente).



I principali limiti della sismica a rifrazione risiedono nell’impossibilità teorica di rilevare successioni stratigrafiche composte da strati a velocità decrescente con la profondità, in tal caso lo strato o gli strati non possono essere messi in evidenza dalle onde rifratte in quanto l’energia incidente, al contatto fra la sommità dello strato e la base dello strato sovrastante a più alta velocità, subisce una flessione verso il basso e non può venire di conseguenza rifratta, tale situazione è nota come “orizzonte muto”. Altra limitazione consiste nella presenza di uno strato a velocità intermedia ma di ridotto spessore; anche in questo caso l’orizzonte non produce alcun cambiamento di pendenza sulle dromocrone e non è quindi sismicamente rilevabile.

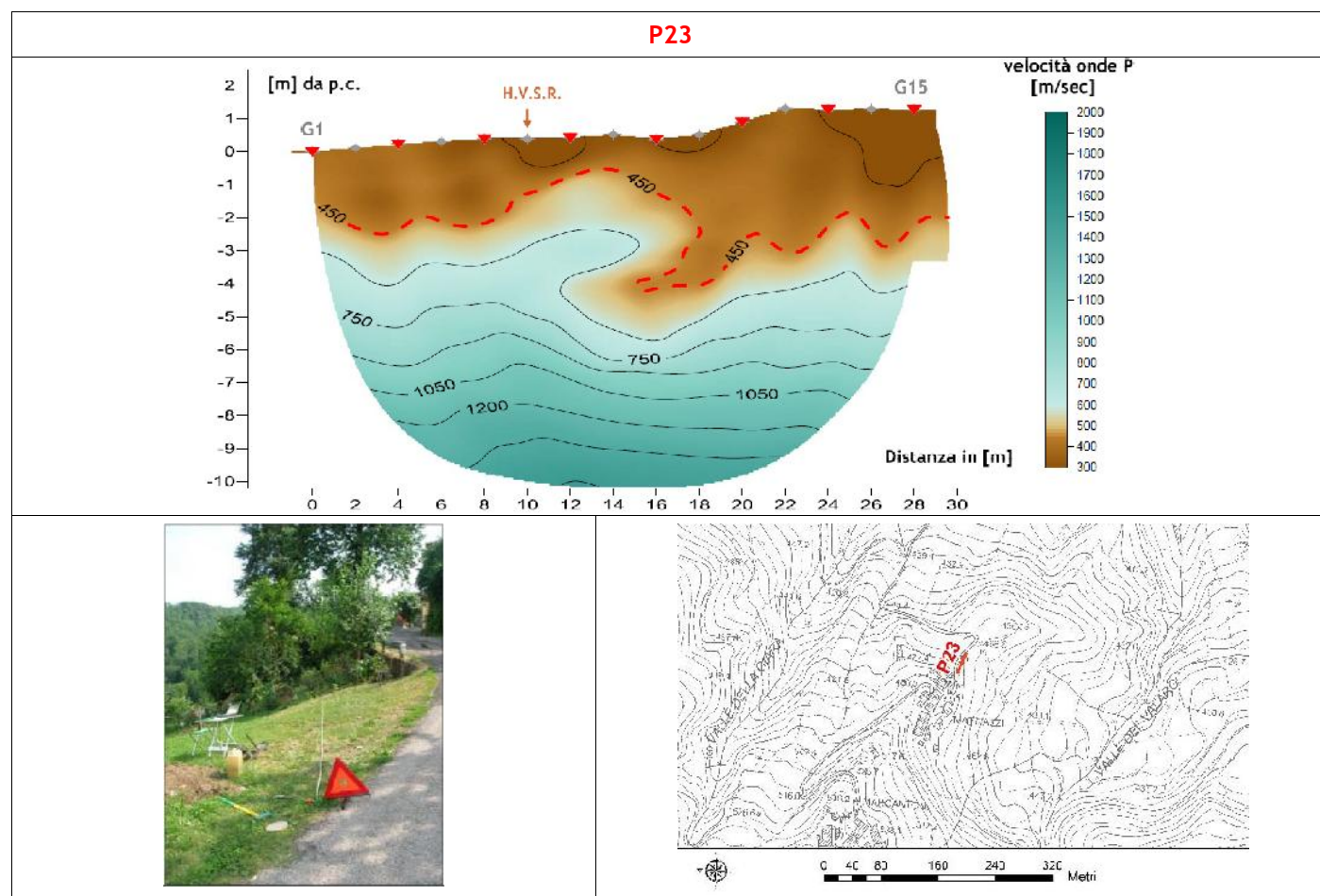
Strumentazione, acquisizione ed elaborazioni

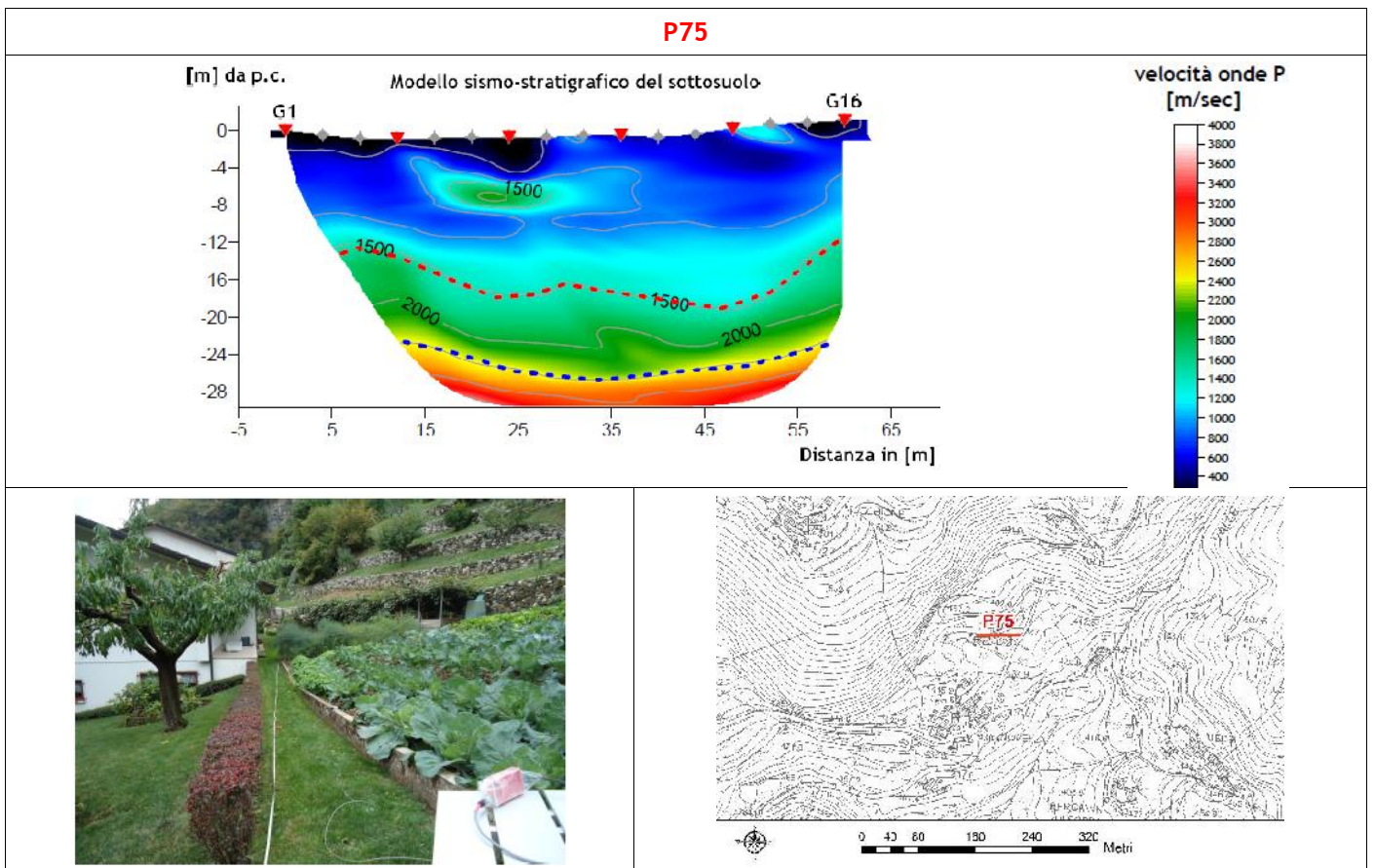
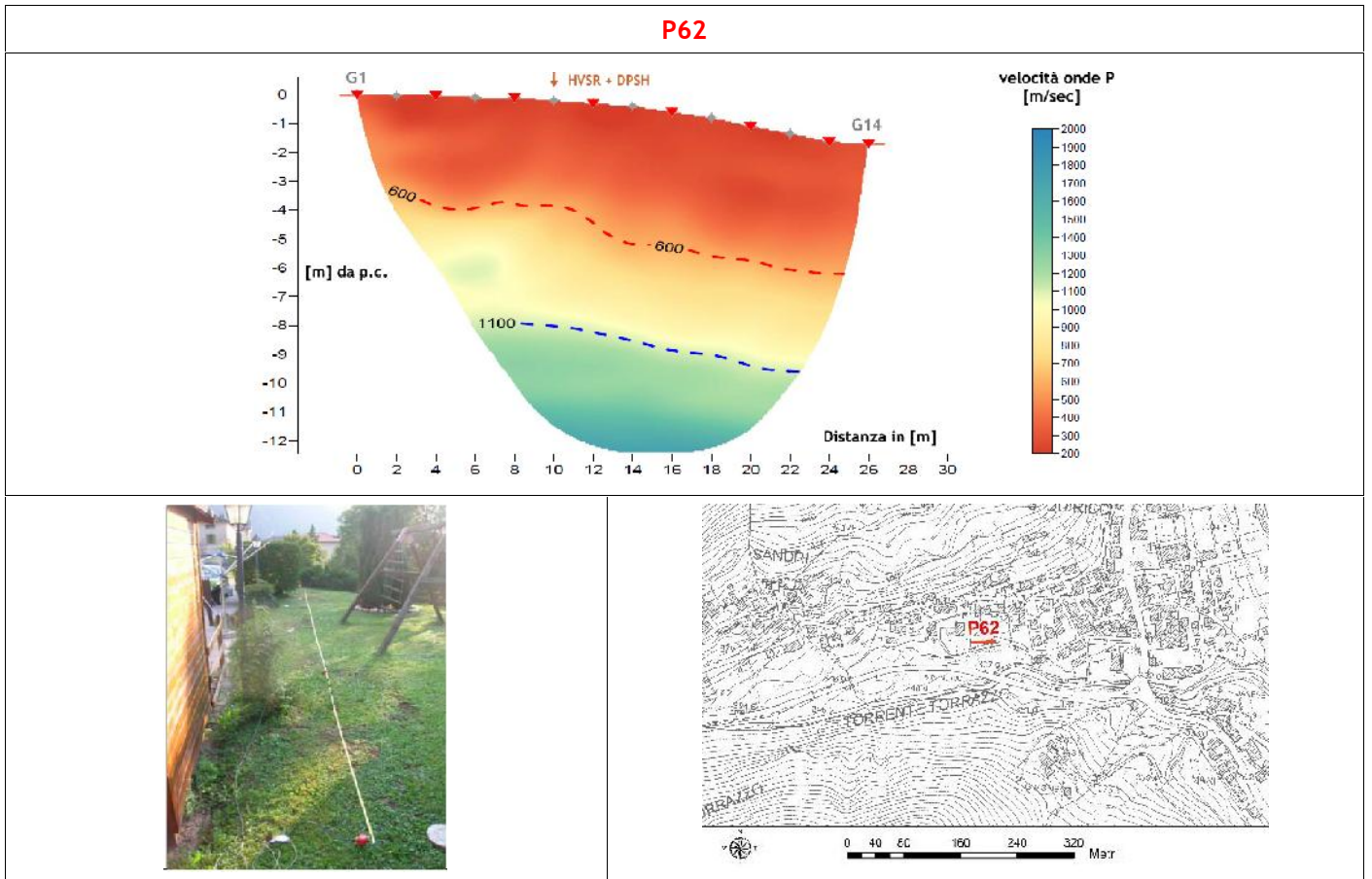
Le stese sismiche sono state eseguite utilizzando le onde di compressione P (V_p); gli stendimenti si sviluppano per una lunghezza variabile tra circa 25 – 60 m e con interdistanza tra i geofoni compresa tra 2 e 3 m. La massima profondità indagata può essere stimata fino a circa 30 m dal p.c. locale. La strumentazione è costituita da un sismografo a 16+n canali modello “SoilSpy Rosina” con registrazione degli eventi in forma digitale. I sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni a componente verticale con frequenza propria di vibrazione di 4,5 Hz. L’energizzazione delle onde di compressione P è avvenuta utilizzando una mazza da 5 Kg con una piastra di battuta in alluminio. Sono stati previsti un numero di shot pari a 7 per ogni linea in modo da ottenere una quantità di dati sufficienti per ottenere un modello sismico del sottosuolo attendibile. Per l’interpretazione dei dati si è utilizzato un programma di elaborazione della sismica di superficie con la tecnica tomografica. La tomografia sismica è una tecnica dettagliata di esplorazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche in un mezzo; questo si basa sul primo arrivo delle perturbazioni sismiche, cioè del tempo necessario per compiere distanze prestabilite fra sorgente e ricevitore. La prospezione sismica con

elaborazione tomografica permette di mettere in risalto fenomeni di anisotropia anche in presenza di un orizzonte apparentemente omogeneo. Per l'elaborazione si è utilizzato il Software Rayfract, che effettua l'inversione di dati sismici attraverso due fasi distinte. Nella prima fase l'inversione avviene con il metodo Delta T-V (Gebrande and Miller 1985), che si basa sulla ricostruzione di velocità per ogni CMP (common midpoint). Questo metodo permette di ottenere un modello del campo di velocità indagato immettendo solo dati geometrici, topografici e primi arrivi. Il software permette quindi di effettuare un controllo sul modello proveniente dall'inversione tramite l'algoritmo di "forwarded modelling", che permette di ricostruire le dromocrone relative al nuovo modello consentendo, ad esempio, di evidenziare zone con scadente modellizzazione, errori di picking, ecc. La fase successiva consiste nel perfezionamento del modello ottenuto tramite il Wavepath Eikonal Traveltime tomography processing (Schuster 1993 – Geophysics – September 1993 – Volume 58, Issue 9, pp. 1341 – 1323; Watanabe – SEG meeting 1999), che rappresenta una vera e propria inversione tomografica tramite il tracciato di raggi e la ricostruzione del fronte d'onda generato tenendo conto della frequenza del segnale utilizzato, con una soluzione alle differenze finite dell'equazione Eikonal. Tale inversione non presenta le limitazioni evidenziate nel metodo Delta T-V e permette di ottenere un modello di velocità altamente affidabile.

6.2.4.1 Sintesi dei risultati

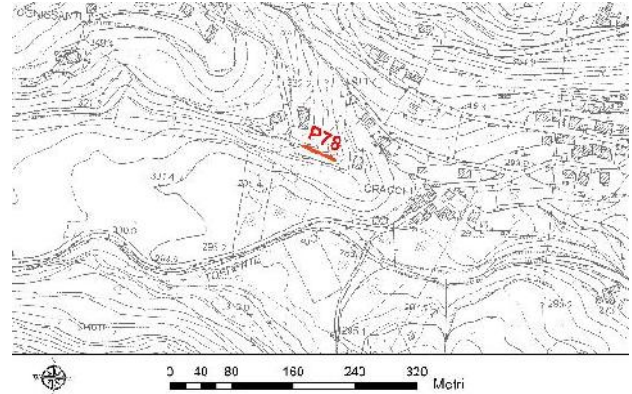
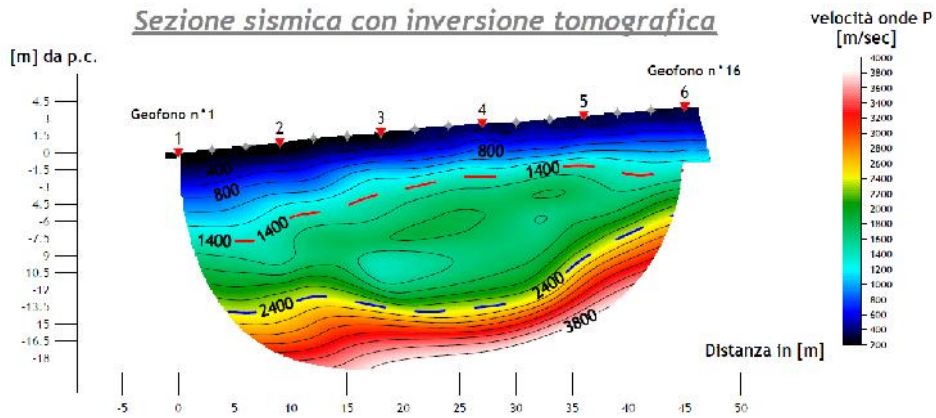
L'obiettivo primario delle indagini sismiche è la ricostruzione sismo – stratigrafica di sito mediante la stima del gradiente geo-sismico che, nel nostro caso, può ritenersi elevata poiché i segnali registrati si presentano chiari e puliti. Nelle Tavole riportate e allegate nel supporto digitale, viene mostrato l'andamento della velocità delle onde P (V_p) nel sottosuolo attraverso una scala cromatica con valori di V_p compresi tra 200 m/s e 6000 m/s. Lo spessore delle unità geosismiche può essere stimato attraverso la scala metrica posta sulle ordinate del grafico. Le sezioni sono state acquisite nell'area in prossimità dei punti critici di progetto in funzione della morfologia del terreno e degli spazi disponibili.





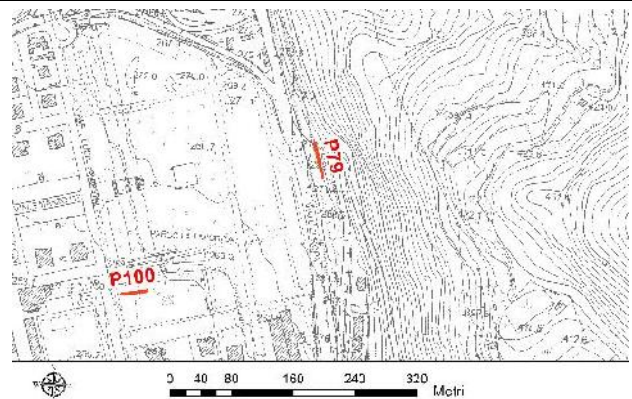
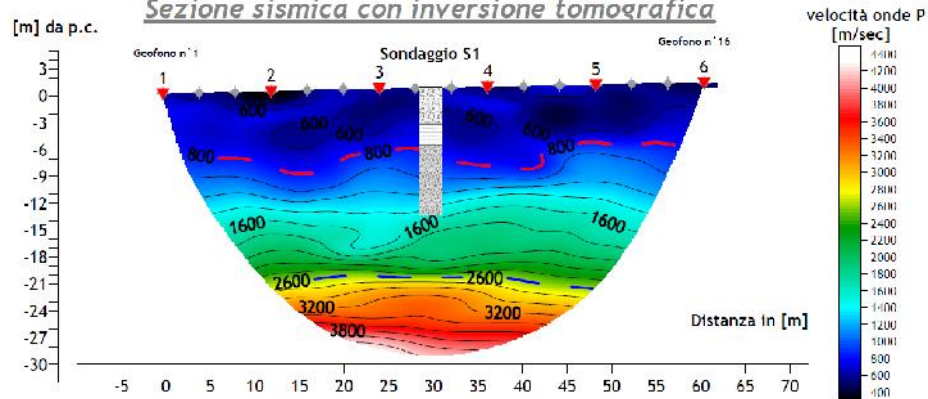
P78

Sezione sismica con inversione tomografica

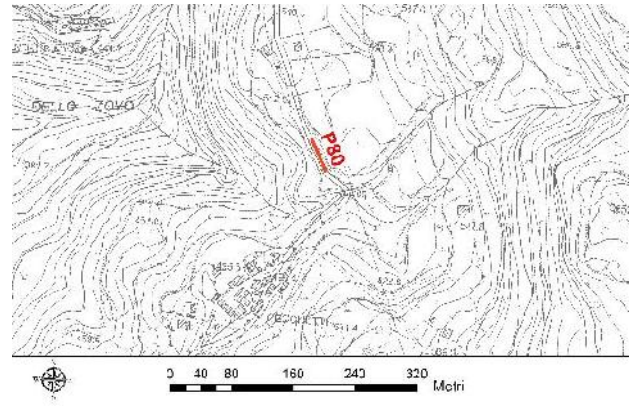
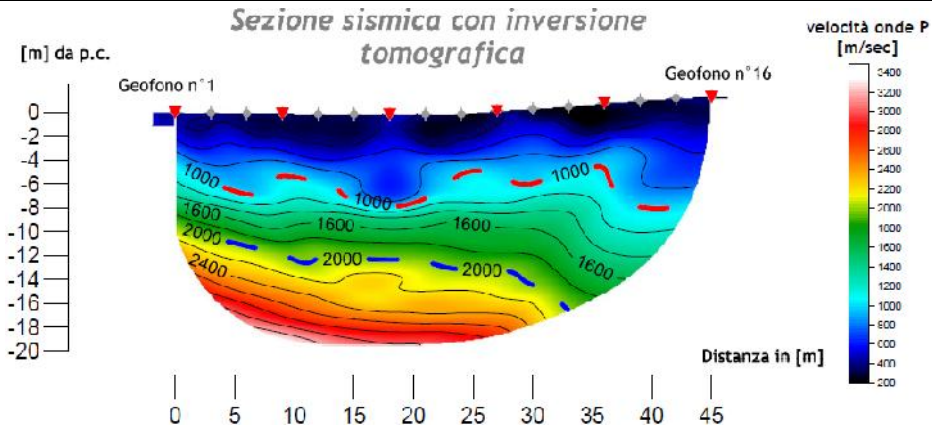


P79

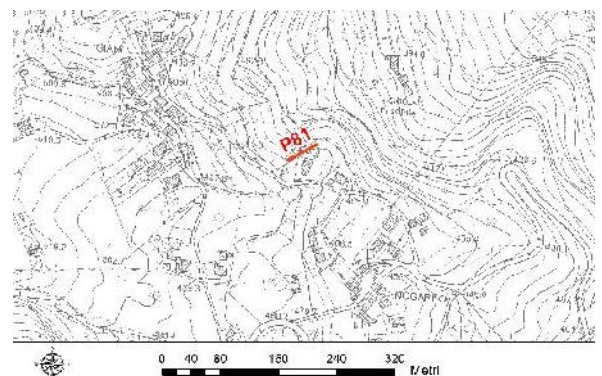
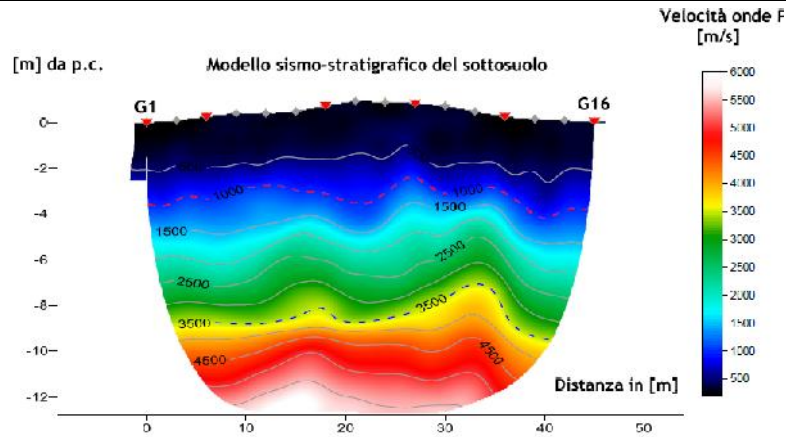
Sezione sismica con inversione tomografica

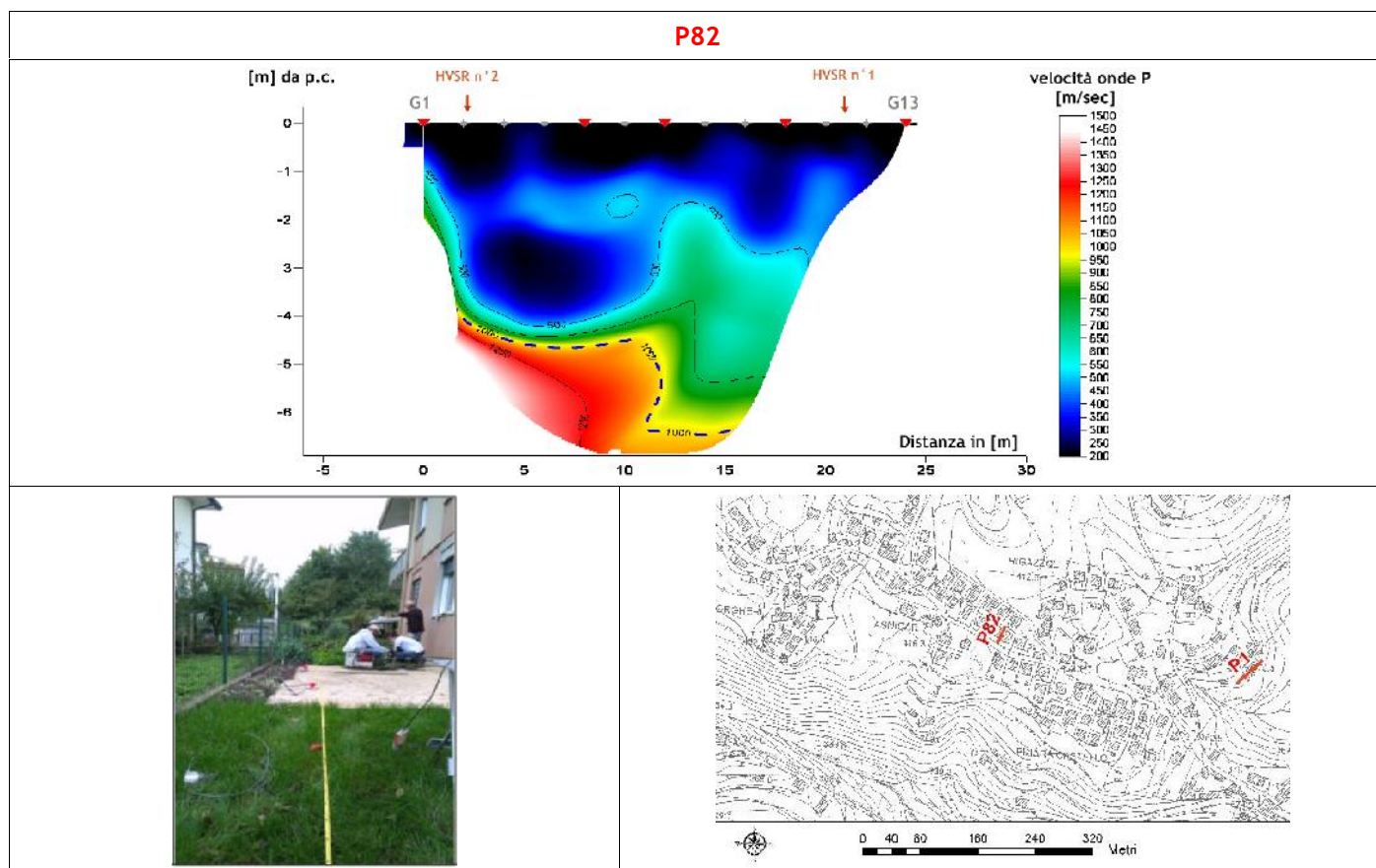


P80



P81





6.3 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.

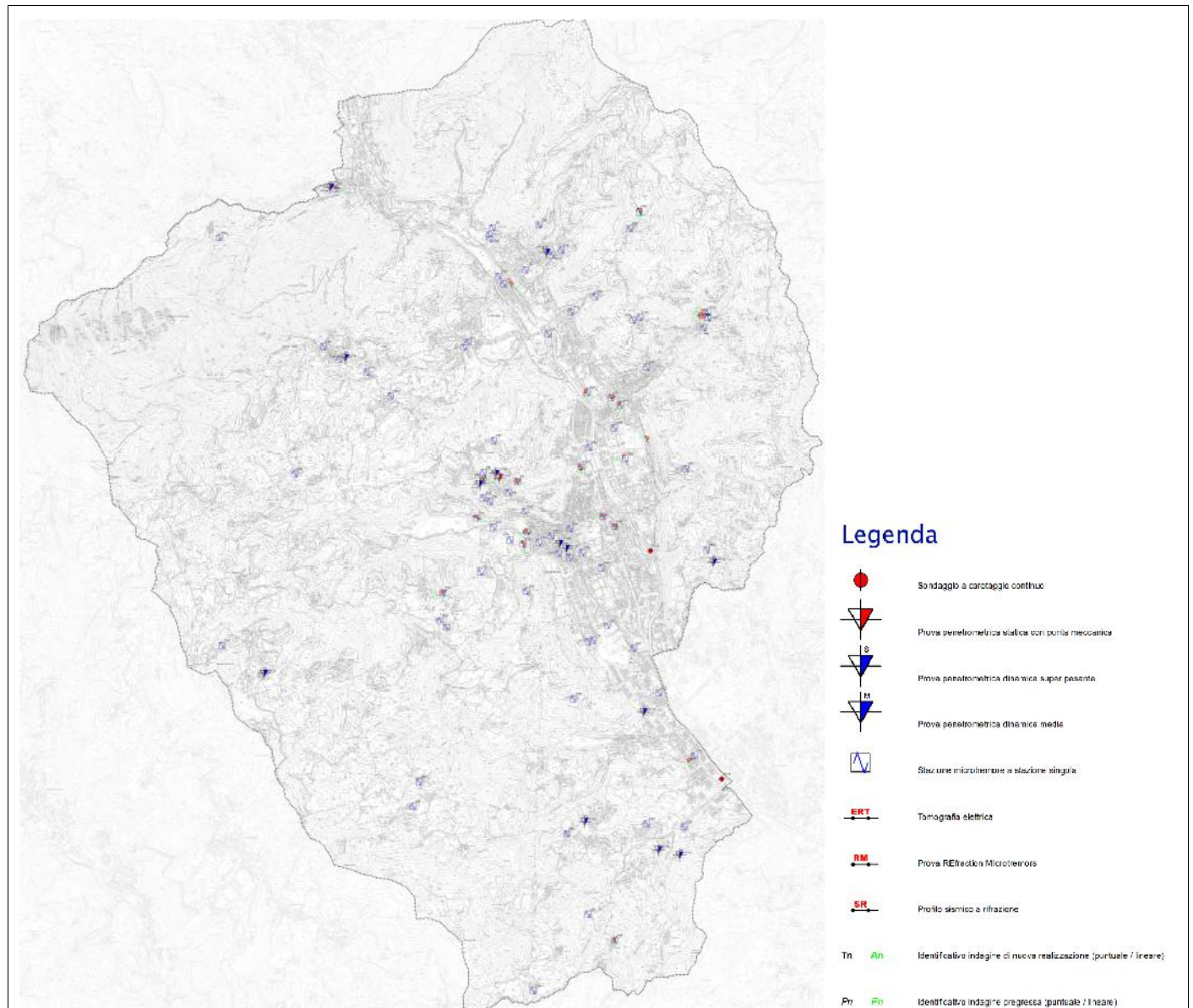
Nella zona di fondovalle, i maggiori contrasti sismici sono localizzati al passaggio tra la copertura e il sottostante substrato roccioso, generando delle amplificazioni alle medio-basse frequenze. Confrontando tutte le prospezioni eseguite a Valdagno, si è osservato che i maggiori contrasti di rigidità sono localizzati nella zona collinare del territorio e in corrispondenza del raccordo tra il fondovalle e la collina, a causa dei materiali teneri prevalentemente limoso – argillosi presenti in superficie e all'elevato grado di fratturazione dell'ammasso roccioso.

7 ELABORATI CARTOGRAFICI

7.1 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 raccolti presso l'Ufficio Tecnico comunale e nel database delle indagini effettuate dagli scriventi. Inoltre, state ubicate le stratigrafie presenti all'interno degli elaborati specifici del P.A.T. e alcune prove eseguite da altri Professionisti a supporto della progettazione di carattere edilizio.

Nella figura seguente si riporta un estratto della "Carta delle indagini" prodotta per il presente lavoro.



7.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA

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:

- ✓ Piano 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)
- ✓ Piano di Protezione Civile Comunale (anno 2016);
- ✓ Indagine geologica del Piano di Assetto del Territorio (anno 2015);

integrati, a loro volta, da alcuni rilievi effettuati nel territorio e da dati ed informazioni fornite dall'U.T. comunale.

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 stati riportati:

- limiti e perimetri sia del substrato roccioso dai terreni di copertura. Nel far ciò si è fatto riferimento alla **Tavola c050101- Carta Litologica** del Piano di Assetto del Territorio (descritta nel par. 3.2.1) in cui le diverse classi dei terreni e del substrato sono state riclassificate per uniformarle alle indicazioni delle linee guida della Protezione Civile;
- le zone di versante potenzialmente instabili i cui dati sono stati ricavati dalla **Tav. c0503011b - Carta Geomorfologica** del Piano di Assetto del Territorio;
- gli elementi tettonico - strutturali attivi (certi e presunti), ricavati da studi precedenti e dal Data Base delle faglie attive e capaci ITHACA;
- le irregolarità morfologiche legate alla presenza di netti cambi di pendenza (naturali ed antropici) in cui sono ritenuti possibili effetti di amplificazione topografica;
- le informazioni sulla profondità della falda ricavate da indagini pregresse e sulla profondità di pozzi o sondaggi pregressi che hanno raggiunto il substrato;
- le morfologie di superficie e morfologie sepolte;
- gli elementi geologici ed idrogeologici.

Di seguito vengono quindi descritti, sulla base della loro rigidità, i vari litotipi testati: la prima distinzione viene fatta tra **SUBSTRATO GEOLOGICO** e **TERRENI DI COPERTURA**.

Il **SUBSTRATO GEOLOGICO**, rappresentato sia da rocce calcaree, dolomitiche e vulcaniche (vulcaniti e vulcanoclastiti) ha mostrato un comportamento sismico sostanzialmente omogeneo sull'intero territorio con velocità delle onde S decisamente inferiori a 800 m/s ($V_s \approx 500-650$ m/s), mentre valori di rigidità elevati ($V_s \geq 800$ m/s) vengono raggiunte a profondità variabili, pertanto, non si possono escludere amplificazioni stratigrafiche del moto sismico a causa di una variabile alterazione / fratturazione superficiale nonché dal grado di stratificazione che a volte risulta elevato.

Per quanto riguarda i **TERRENI DI COPERTURA**, i terreni eluvio-colluviali, palustri, detritici, fluvioglaciali, palustri e di conoide, hanno mostrato un comportamento sismico omogeneo in termini di velocità di propagazione delle onde di taglio. Questo ha consentito di evidenziare, in tutte le misure effettuate, il contrasto di rigidità dovuto al passaggio con i litotipi sottostanti maggiormente competenti. Inoltre, i depositi che caratterizzano l'area di fondovalle del Comune di Valdagno, descritti nel P.A.T. come materiali alluvionali granulari più o meno addensati e/o fluvioglaciali antichi terrazzati a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, sulla scorta delle informazioni stratigrafiche emerse dalle indagini sismiche e geognostiche pregresse, sono state inserite nella classe **GW_fg**, ovvero "*Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie*" in quanto sono risultati costituiti da materiali prevalentemente ghiaiosi in scarsa matrice e ben classati a differenza, per esempio, dei depositi di conoide che risultano molto ricchi di matrice argillosa-limosa e con granulometria di dimensioni variabili. In conclusione, le unità litologiche principali definite nella CGT_MS sono le seguenti:

7.2.1 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).

GWfd

Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie
Ambiente genetico-deposizionale: *falda detritica*

Comprende:

- i *Materiali sciolti per accumulo detritico di falda a pezzatura grossolana prevalente*

GWfg

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

Comprende:

- i *Materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno addensati;*
- i *Materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo mobile e delle aree di esondazione recente*

GMfd

Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
Ambiente genetico-deposizionale: *falda detritica*

Comprende:

- i *Materiali sciolti per accumulo detritico di falda a pezzatura minuta prevalente*

SMec

Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
Ambiente genetico-deposizionale: *eluvi/colluvi*

Comprende:

- i *Materiali della copertura detritica eluviale e/o colluviale poco addensati e costituiti da elementi granulari sabbioso-ghiaiosi in limitata matrice limo-sabbiosa*

MLcz

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

Comprende:

- i *Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limo-argillosa*

CLcz

Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
Ambiente genetico-deposizionale: *conoide di deiezione*

Comprende:

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

CLec

Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
Ambiente genetico-deposizionale: *depositi di versante eluvi/colluvi*

Comprende:

- i *Materiali della copertura detritica colluviale poco consolidati e costituiti da frazione limo-argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose e/o blocchi lapidei*
- i *Materiali di deposito superficiale di limitato spessore su vaste aree*

CHpa

Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
Ambiente genetico-deposizionale: *palustre*

Comprende:

- i *Materiali di deposito palustre a tessitura fine*

7.2.2 Substrato geologico

Sulla base della tipologia, stratificazione, grado di fratturazione e alterazione superficiale del substrato roccioso, si è ritenuto operare la seguente classificazione:

LP

Lapideo

Comprende:

- le *Rocce prevalentemente compatte massicce o a stratificazione indistinta (Calcari nummulitici, Calcareniti di Castelgomberto)*

LPS

Lapideo, stratificato

Comprende:

- le *Rocce compatte stratificate (Dolomia Principale, Formazione dei Calcari Grigi, Rosso Ammonitico)*

ALS

Alternanza di litotipi, stratificato (ALS)

Comprende:

- le *Rocce compatte prevalenti alternate a strati o interposizioni tenere (Formazione del Biancone, Scaglia Rossa, Calcari di Spilecco)*

SFGR

Granulare cementato fratturato/alterato (SFGR)

Comprende:

- le *Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto (lave di colata e di neck, ialoclastiti compatte e breccie di neck)*

SFGRS

Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato(SFGRS)

Comprende:

- le *Rocce tenere a prevalente attrito interno (prodotti vulcanoclastici stratificati e gradati)*

SFCOS

Rocce tenere a prevalente coesione (SFCOS)

Comprende:

- le *Rocce tenere a prevalente coesione*
- i prodotti argillosi di alterazione delle vulcanoclastiti basaltiche (tufi, brecciole, ialoclastiti) ed i Complessi calcarei stratificati del *Monte Pulli* e delle *Fosse di Novale*.

7.2.3 Forme di superficie e sepolte

Sono state riconosciute ed evidenziate le seguenti forme di superficie:



Conoide alluvionale

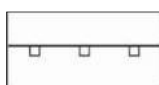


Falda detritica

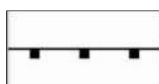


Area con cavità sepolte

Le aree contraddistinte dalla presenza di cavità sepolte corrispondono alle formazioni litoidi dei *Calcari nummulitici* e delle *Calcareniti di Castelgomberto* caratterizzate da un grado variabile di fessurazione/fratturazione e un carsismo molto ben sviluppato.

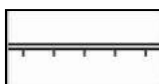


Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)



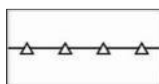
Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (> 20 m)

Le scarpate comprendono sia quelle di cava sia le nicchie di frana di crollo e gli orli di scarpata di degradazione. In tutti i casi trattasi di aree soggette al fenomeno di caduta massi potenziale in caso di scuotimento sismico.



Orlo di terrazzo fluviale (10 - 20 m)

Bene evidente lungo la sponda sinistra del torrente Agno nel tratto compreso tra San Quirico e Novale.



Cresta

Sono presenti soprattutto nel settore Nord Occidentale, in corrispondenza dei litotipi calcarei compatti stratificati.



Picco isolato

Sono stati evidenziati con questo simbolo i rilievi da neck vulcanici che presentano la tipica forma conica e dal forte risalto morfologico. L'esempio più significativo è il M. Mucchione.



Cavità isolata / dolina / sinkhole

I dati relativi alle cavità isolate (grotte) sono stati ripresi dal catasto regionale delle grotte.

7.2.4 Instabilità di versante

Le forme d'instabilità di versante sono state riprese dalla *Tav. c0503011b - Carta Geomorfologica* del Piano di Assetto del Territorio. Si è tenuto conto della tipologia del dissesto e dello stato di attività del fenomeno nel definire la classe di appartenenza. Lo stato di attività di un fenomeno di dissesto fornisce informazioni relativamente al tempo in cui esso si è verificato, e 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).

Tabella di stati di attività (tratta da AMANTI *et alii*, 1996; parzialmente modificata)

ATTIVO (<i>active</i>): fenomeno attualmente in movimento o comunque che si è mosso l'ultima volta entro l'ultimo ciclo stagionale.	ATTIVO <i>s.s.</i> : fenomeno attualmente in movimento. SOSPESO (<i>suspended</i>): fenomeno che si è mosso entro l'ultimo ciclo stagionale ma che non si muove attualmente. RIATTIVATO (<i>reactivated</i>): fenomeno di nuovo attivo dopo essere stato inattivo.
QUIESCENTE (<i>dormant</i>): fenomeno che può essere riattivato dalle sue cause originali (ossia per il quale permangono le cause del movimento).	
INATTIVO O STABILIZZATO (<i>stabilized</i>): fenomeno che non può essere riattivato dalle sue cause originali.	NATURALMENTE STABILIZZATO (<i>abandoned</i>): fenomeno che non è più influenzato dalle sue cause originali (per il quale le cause del movimento sono state naturalmente rimosse). ARTIFICIALMENTE STABILIZZATO (<i>artificially stabilized</i>): fenomeno che è stato protetto dalle sue cause originali da misure di stabilizzazione. RELITTO (<i>relict</i>): fenomeno che si è sviluppato in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali.

La seconda distinzione è stata operata sulla base della tipologia 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 azioni di sismi.
COLATA	Possono verificarsi 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.
CROLLO O RIBALTAMENTO	Per crollo si intende il movimento di caduta in aria libera di materiali di qualunque dimensione e tipologia (rocce, detriti e terre). È un fenomeno da rapido a estremamente rapido, caratteristico di pendii molto acclivi, fino ad essere aggettanti. Generalmente il distacco avviene in corrispondenza di superfici di discontinuità molto inclinate e preesistenti, non sono rare comunque le superfici di neoformazione. Tali discontinuità sono costituite generalmente da: giunti di stratificazione, piani di faglia, fratturazione tettonica, fessurazione di varia natura, piani di scistosità o di laminazione, superfici di contatto tra materiali aventi caratteristiche geomeccaniche differenti.
NON DEFINITA	Sono state inserite in questa classe le superfici dissestate dal fenomeno di <i>creep</i> . Secondo TERZAGHI (1950) il <i>creep</i> è un lento movimento di deformazione plastica che interessa lo strato più superficiale del terreno e che può verificarsi anche su pendenze limitate. È caratterizzato da movimenti molto lenti (mediamente inferiore a 3 cm all'anno) ma continui. In questo tipo di movimenti le forze in gioco non sono tali da determinare la rottura delle superfici, motivo per cui la loro delimitazione risulta spesso difficile. Elementi indicatori del fenomeno sono: alberi piegati, spostamento di filari, di piloni, di recinzioni e simili, manufatti inclinati, muri di sostegno rotti o inclinati. Nel discendere a valle o nell'urtare contro un ostacolo il terreno può dare origine a rigonfiamenti e depressioni.

Sulla base di quanto sopra esposto sono state classificate come:



Frana di scorrimento - attiva

- i corpi di frana di scorrimento attivi. Tra le forme attive si ricorda per l'estensione del fenomeno, quella in loc. Visonà.



Frana di colata - attiva

- i corpi di frana di colamento attivi interessano prevalentemente negli strati superficiali delle coperture eluvio-colluviali a forte componente argillosa. Per la natura stessa del movimento queste forme sono da considerare sempre attive anche se possono manifestare periodi anche lunghi di quiescenza. Ricadono all'interno di questi corpi di frana anche alcuni centri abitati quali: Campotomaso, Fontana, Nogareo, Carlini, Urbani di Sotto, Salton, Trogari-Ciscati e Cengi.



Frana di crollo o ribaltamento - quiescente

- le aree franose per condizioni morfologiche e/o litologico-strutturali sfavorevoli quali pareti o tratti di versante fortemente acclivi (scarpate), prevalentemente in roccia, con possibili distacchi per crollo o scivolamento di elementi litoidi;
- le aree interessate da fenomeni di instabilità diffusa e complessa, con coesistenza e locale interazione tra fenomeni di tipo gravitativo e fenomeni erosivi;
- i canali con scariche di detrito provenienti da fenomeni di crolli a monte.



Frana di scorrimento - quiescente

- i corpi di frana di scorrimento non attivi. In alcuni casi si tratta di forme attive ma in prevalenza, e soprattutto per quelle più estese, si è in presenza di fenomeni antichi (paleofrane) per lo più stabilizzati avendo raggiunto un certo grado di equilibrio. Sono tuttavia depositi che possono essere soggetti a mobilitazione, anche in massa, a seguito di scuotimenti sismici. I più importanti sono localizzati lungo la Valle del Boia, affluente di destra del torrente Agno, e a NE di Novale.



Frana non definita - quiescente

- le superfici dissestate dalla presenza del fenomeno di *creep* che sono ampiamente diffuse in presenza di coperture superficiali fini limoso-argillose.

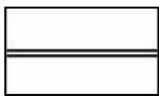


Frana di crollo o ribaltamento - inattiva

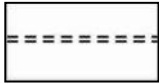
- i corpi di frana di crollo non attivi. Si tratta di fenomeni antichi (paleofrane) per lo più stabilizzati. Spesso tali forme sono ricoperte da successive coperture eluvio-colluviali e da una fitta vegetazione. Esempi sono quelle localizzate in contrada Rivalta, Novella e Meggiara.

7.2.5 Elementi tettonico strutturali

Sono state riportate nella tavola tutte le faglie certe e presunte della *Tav. c050301a - Carta Geomorfologica* del Piano di Assetto del Territorio individuate principalmente dall'analisi delle foto aeree.



Faglia con cinematismo non definito non attiva (certa)



Faglia con cinematismo non definito non attiva (incerta)



Giacitura degli strati (n = immersione degli strati °)

Il simbolo indica la direzione ed il valore in gradi dell'immersione degli strati.

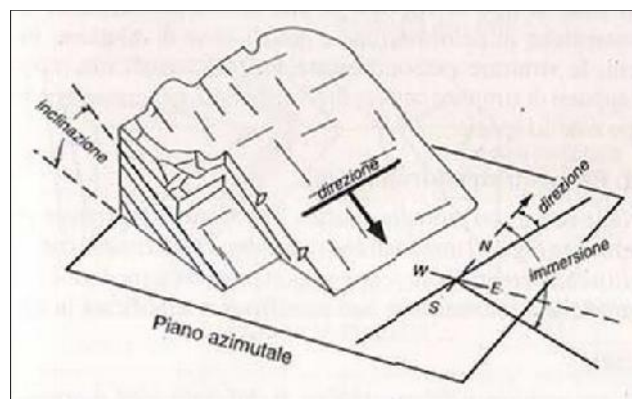


Figura tratta da C. Emi, M. Diretto, "Geologia", Pitagora Editrice, 1996, pag. 213

7.2.6 Elementi geologici ed idrogeologici

Sono state riprese alcune delle prove in sito significative del P.A.T.



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

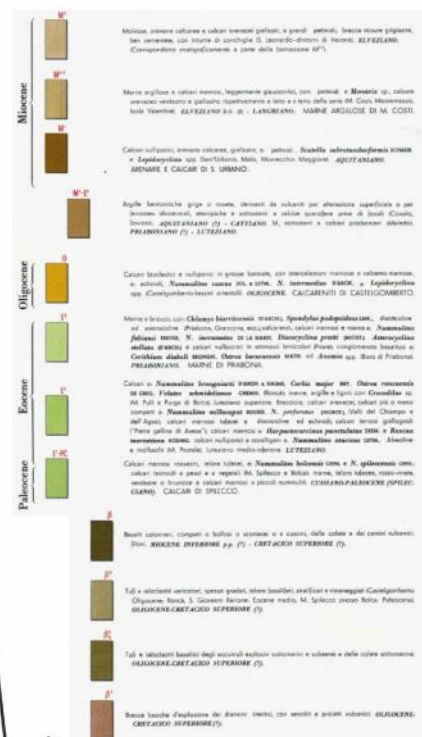
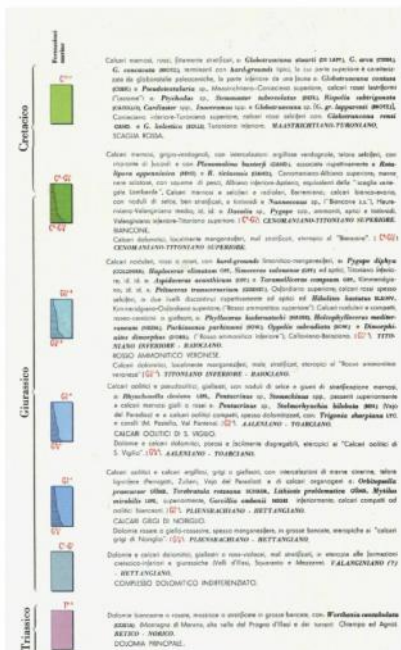
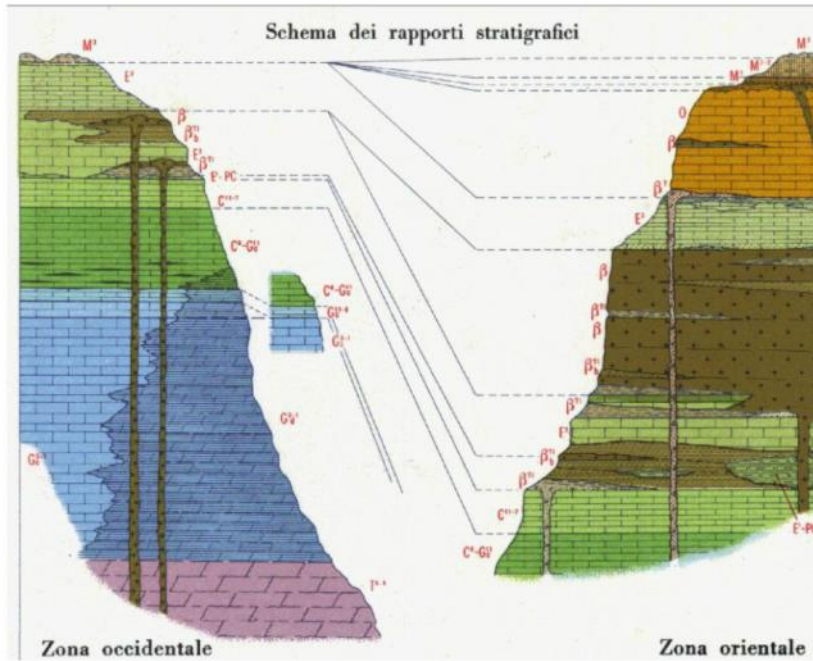
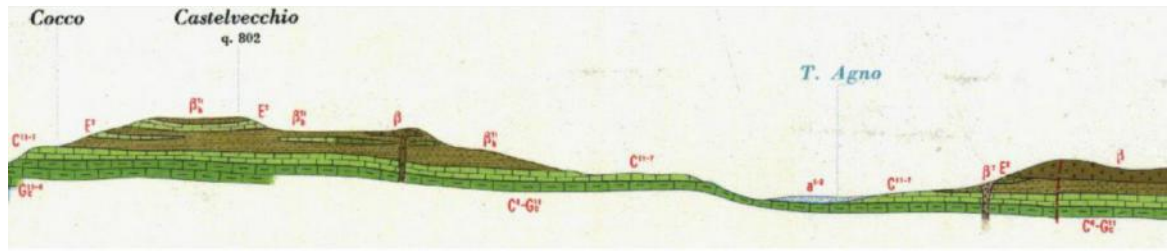


Prondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie

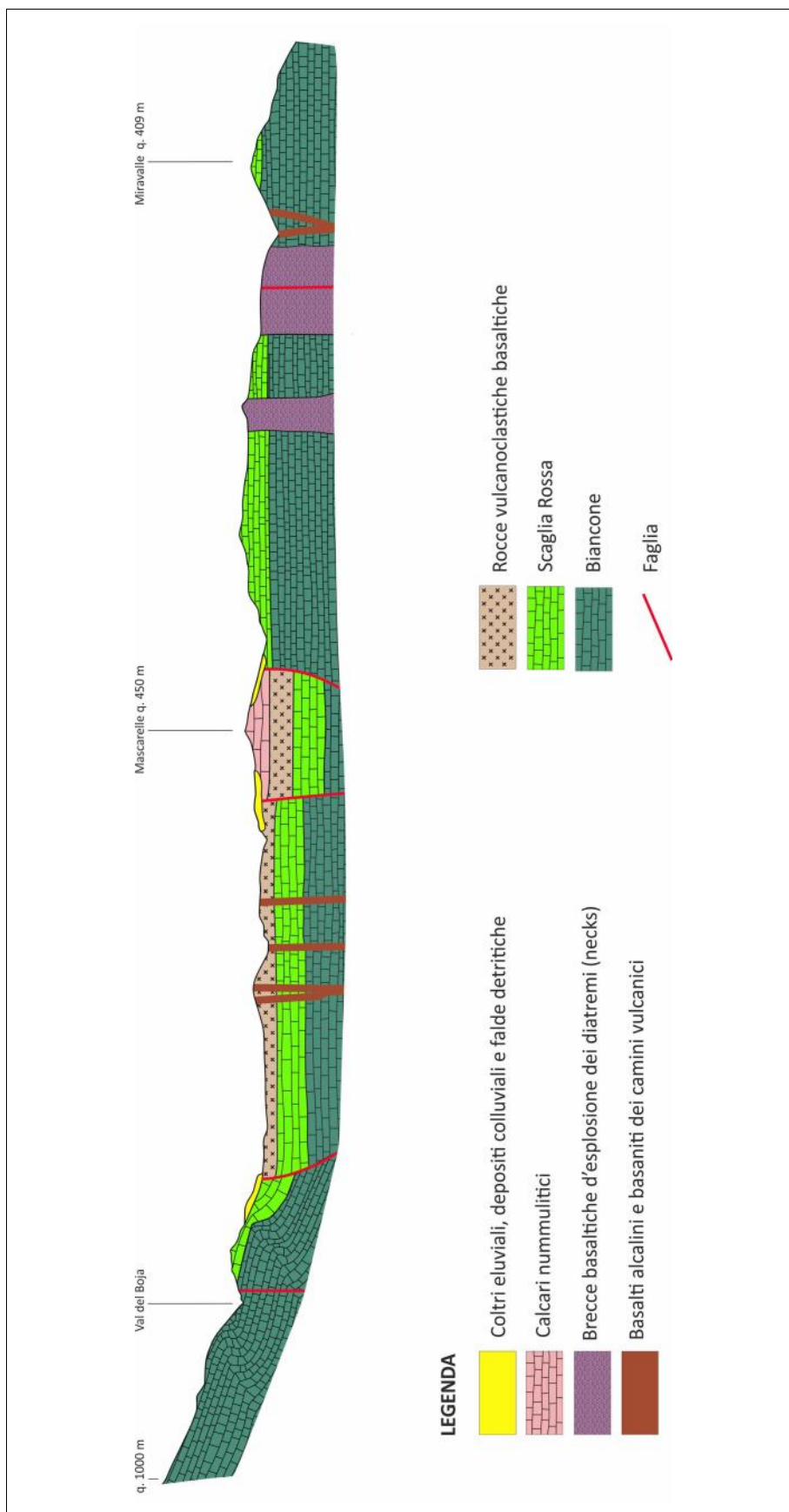


Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

Si allegano le due sezione stratigrafica che evidenzia l'andamento delle varie unità litostratigrafiche nel sottosuolo ed il loro rapporto laterale.



Sezione A – A'



Sezione B – B'

7.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” (MOPS) ha come finalità la suddivisione del territorio comunale nelle seguenti aree:

1. Zone stabili
2. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
3. Zone di attenzione per instabilità

Inoltre, in essa sono state inserite le seguenti informazioni:

- morfologie di superficie e sepolte;
- misure di rumore ambientale H.V.S.R.;
- traccia della sezione utilizzata per valutare le amplificazioni topografiche e/o stratigrafiche

La MOPS è stata ricostruita alla scala 1:10.000 a partire dalla “Carta geologico-tecnica” per la Microzonazione Sismica precedentemente esposta, integrandone e rivedendone i contenuti.

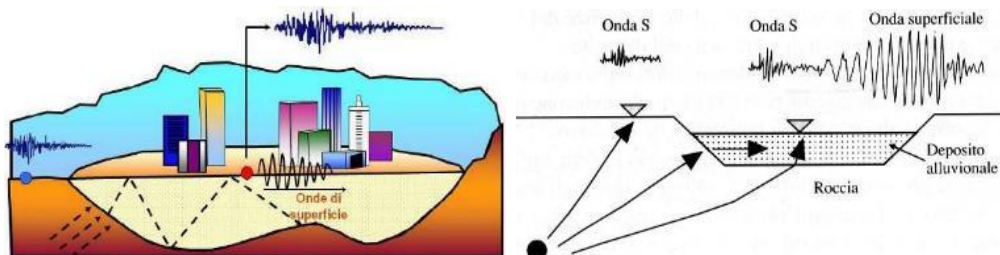
7.3.1.1 Zone stabili

Nel comune di Valdagno non sono state individuate zone “stabili”. In sostanza, si noti che l’intero territorio è considerabile come stabile suscettibile di amplificazione sismica e presenta, su vaste aree, delle zone di attenzione per le instabilità. Infatti, è stato verificato che il moto sismico è modificabile rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche locali.

7.3.1.2 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Il comune di Valdagno risulterebbe suscettibile di amplificazioni locali per i seguenti motivi:

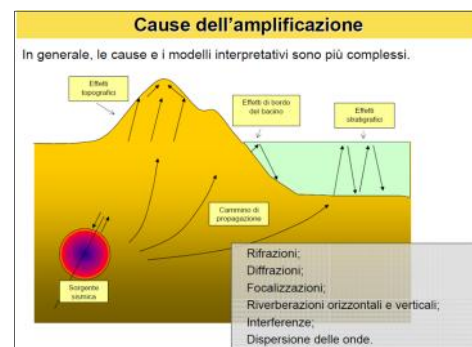
- A. stratigrafia e caratteristiche dei litotipi. Come evidenziato nella “Carta geologico-tecnica” e nelle considerazioni fin qui esposte, è stato accertato che sono presenti differenti risposte sismiche variabili in relazione ai diversi ambienti geomorfologici (detrito, roccia, fluviale, morenico ecc.) ed al contatto tra le coperture ed il substrato roccioso che si ripercuotono sull’amplificabilità sismica del sito;



Effetti amplificativi per morfologie sepolte (2D o 3D)

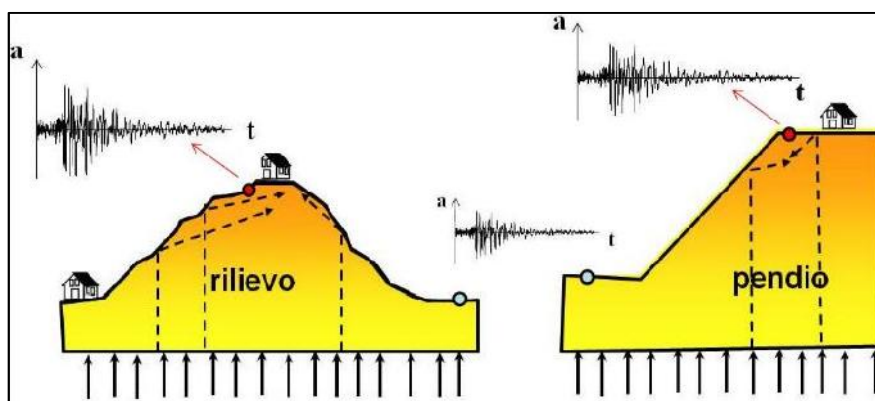
Effetti legati alla interazione tra onde sismiche e morfologia sepolta con effetti di focalizzazione delle onde sismiche e generazione di onde di superficie

- B. forme sepolte. Nei fondivalle sono possibili sia “effetti di valle” associati alle riflessioni multiple causate dall’intrappolamento delle onde sismiche (P, S e di superficiali) all’interno dei depositi che riempiono le valli, sia amplificazioni stratigrafiche causate dal contrasto di impedenza tra mezzi geologici diversi (per la presenza di alluvioni poggianti su substrato roccioso).



C. amplificazione topografica. Per quanto riguarda l'amplificazione topografica, è stato qualitativamente coinvolto l'intero territorio collinare, senza fare particolari distinzioni, anche perché la normativa vigente in materia di costruzioni (D.M. 14.01.08) permetterebbe di suddividere omogeneamente le aree in condizioni geometriche ben ricostruibili: Valdagno presenta molte zone morfologicamente complesse e non facilmente modellizzabili (la norma dice che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre analisi specifiche di risposta sismica locale), per cui si ritiene che tale aspetto debba essere approfondito nei livelli successivi di analisi, dopo aver perimetrato con attenzione le aree da indagare. Come anticipato al punto A), si ricorda che nell'ambito collinare l'amplificazione sismica può essere legata, oltre che alle condizioni topografiche dei luoghi, anche a motivi di tipo stratigrafico (detrito su roccia, roccia meno competente su roccia compatta) e, spesso, tali effetti di sito sono associabili tra loro.

Si ritiene comunque che tutto il territorio collinare di Valdagno sia assoggettabile ad amplificazione sismica per effetto topografico, fatto salvo per la zona valliva. Infatti, la topografia locale evidenzia come le inclinazioni delle dorsali che costituiscono l'ambito collinare di Valdagno siano caratterizzate da versanti con pendenze spesso superiori a 15° rispetto all'orizzontale e, localmente, superiore ai 40°. Per tale motivo, facendo riferimento sia alla normativa vigente in materia di costruzioni (NTC), sia alle esperienze condotte dagli scriventi in situazioni analoghe (mediante modellazioni numeriche avanzate per la verifica dell'amplificazione topografica), si ritiene che tutto l'ambiente collinare sia assoggettabile ad effetti legati alla interazione tra le onde sismiche e la morfologia superficiale. Inoltre, sono state riportate le irregolarità del rilievo marcate costituite dalle linee di cresta in cui sono ritenuti possibili effetti di amplificazione topografica. Nella MOPS sono stati inseriti gli elementi topografici desunti dal P.A.T., localmente integrati e modificati.




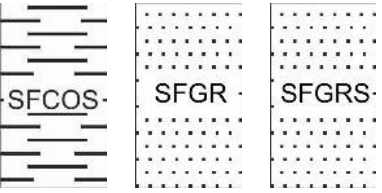
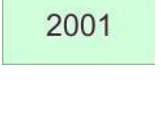






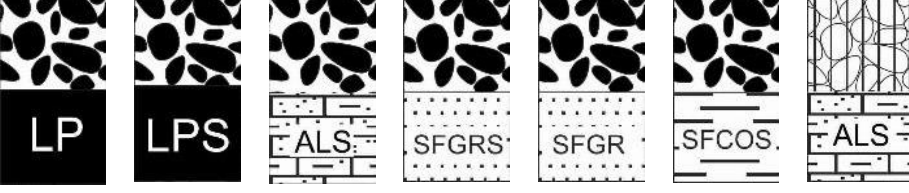
Effetti topografici 2D – 3D.

Effetti legati alla interazione tra onde sismiche e morfologia superficiale con effetti di focalizzazione delle onde sismiche




Sulla base di quanto finora esposto, sono state create 12 zone ordinate dalla Zona 1 alla Zona 12 considerando le caratteristiche litologiche e genetiche dei terreni della "Carta geologico-technica" e le potenziali risposte sismiche locali dal punto di vista stratigrafico. Inoltre, è stata creata anche la zona 2099 all'interno della quale ricadono i litotipi stratificati e fratturati / alterati (sigla SF).

Ad ogni zona è stata assegnata una colonnina stratigrafica: fatto salvo qualche dubbio interpretativo, sono state rappresentate simbolicamente nella tabella che segue.

Si ricorda che una stessa zona può accorpate differenti colonnine stratigrafiche in virtù di un analogo comportamento rilevato durante le indagini sismiche, inoltre l'incertezza sulla tipologia del substrato al di sotto dei depositi sciolti è dovuta all'assetto tettonico-stratigrafico della vallata caratterizzata da un complesso sistema di faglie.







<p>Zona 2099. SFCOS, SFGR, SFGRS, costituita da: rocce tenere a forte componente argillosa di alterazione dei prodotti vulcanoclastici basaltici (tufi, brecciole e ialoclastiti), complessi calcarei stratificati del Monte Pulli e delle Fosse di Novale, basalti e breccie vulcaniche, prodotti vulcanoclastici stratificati e gradati</p>		
<p>Zona 2001. LPS, rocce compatte stratificate (<i>Dolomia Principale, Formazione dei Calcari Grigi, Rosso Ammonitico</i>)</p>		
<p>Zona 2002. ALS, rocce compatte prevalenti alternate a strati o interposizioni tenere (<i>Formazione del Biancone, Scaglia Rossa, Calcari di Spilecco</i>)</p>		
<p>Zona 2003. GW, si tratta dei materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno addensati</p>		
<p>Zona 2004. GW/LP, GW/LPS, GW/ALS, GW/SFGRS, GW/SFCOS, GW/SFGR, GM/ALS, costituita da materiali granulari sciolti per accumulo detritico di falda a pezzatura prevalentemente grossolana poggiate su substrato lapideo, lapideo stratificato, alternanza di litotipi e su substrato fratturato</p>		

<p>Zona 2005. CL/SFGR, CL/SFGRS, CL/SFCOS, costituita dai materiali della copertura detritica colluviale limo-argillosi su substrato fratturato</p>	<p>2005</p>	
<p>Zona 2006. CL/LP, CL/LPS, CL/ALS, costituita dai materiali della copertura detritica colluviale limo-argillosi su substrato lapideo, lapideo stratificato o con alternanza di litotipi, stratificato</p>	<p>2006</p>	
<p>Zona 2007. CL/GW, costituita dai depositi di conoide di deiezione torrentizia e dai materiali della copertura colluviale a prevalente frazione limo-argillosa con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose e/o blocchi lapidei poggianti sui depositi ghiaiosi di fondovalle</p>	<p>2007</p>	
<p>Zona 2008. SM/LP, costituita dai materiali della copertura detritica colluviale sabbioso-ghiaiosi poggianti su substrato lapideo</p>	<p>2008</p>	
<p>Zona 2009. SM/ALS, costituita dai materiali della copertura detritica colluviale sabbioso-ghiaiosi poggianti su substrato rappresentato da alternanza di litotipi</p>	<p>2009</p>	
<p>Zona 2010. SM/SFGR, SM/SFGRS, SM/SFCOS, costituita dai materiali della copertura detritica colluviale sabbioso-ghiaiosi poggianti su substrato fratturato</p>	<p>2010</p>	

Zona 2011. ML/GW, costituita dai depositi di conoide di deiezione torrentizia limo-argillosi poggianti sui depositi ghiaiosi di fondovalle		
Zona 2012. CH/ALS, costituita dai materiali di deposito palustre a tessitura fine poggianti su substrato costituito da alternanza di litotipi		

7.3.1.3 Zone di attenzione per instabilità

Per quanto riguarda le Zone di attenzione per instabilità, sono state cartografate nel territorio le **Zone di attenzione per Instabilità di versante (Z_{FR})** secondo lo schema della tabella seguente:

	Z _{FR} - Zona 0	Corpi di frana quiescenti e inattivi per scorrimento, crollo, ribaltamento e i corpi di frana non definiti inattivi su substrato fratturato
	Z _{FR} - Zona 1	Comprende sia i tratti di versante ad elevata pendenza soggetti a fenomeni di frana per erosione e gravità sia i corpi di frana in blocco con compagine rocciosa ben conservata, inattivi, su substrato lapideo stratificato
	Z _{FR} - Zona 2	Comprende sia i tratti di versante ad elevata pendenza soggetti a fenomeni di frana per erosione e gravità sia i corpi di frana per scorrimento attivi, quiescenti ed inattivi, su substrato costituito da alternanza di litotipi
	Z _{FR} - Zona 4	Comprende i corpi di frana attivi, quiescenti, inattivi per scorrimento, crollo e ribaltamento su substrato fratturato o lapideo stratificato
	Z _{FR} - Zona 5	Corpi di frana di colamento attivi su substrato fratturato
	Z _{FR} - Zona 6	Corpi di frana di colamento attivi su substrato costituito da alternanza di litotipi

Le **aree di frana** sono quelle desunte dal P.A.T. che sono state riportate anche nella Carta Geologico Tecnica. Si rimanda ai successivi livelli per l'analisi specifica di tale potenziale instabilità, una volta verificata la "pericolosità" in relazione alla "vulnerabilità" del sito in cui sono collocate.

- **Zone di attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/sinkhole (Z_{CB})** che comprende il substrato geologico lapideo rappresentato dalle formazioni dei *Calcarei nummulitici* e delle *Calcareniti di Castelgomberto* caratterizzato da elevato carsismo
- **Zone di attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti (Z_{ID})** ristrette a limitate aree di sovrapposizione delle due precedenti zone di instabilità (Z_{FR} e Z_{CB})

Sono state infine riprese tutte le forme di superficie e sepolte della Carta Geologico Tecnica ed i **Punti di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f₀**.

7.4 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 rivelati 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 carta delle frequenze e hanno fornito informazioni utili a definire e delimitare 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. 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 variabile e condizionata dai rapporti litostratigrafici che si sviluppano con la profondità.

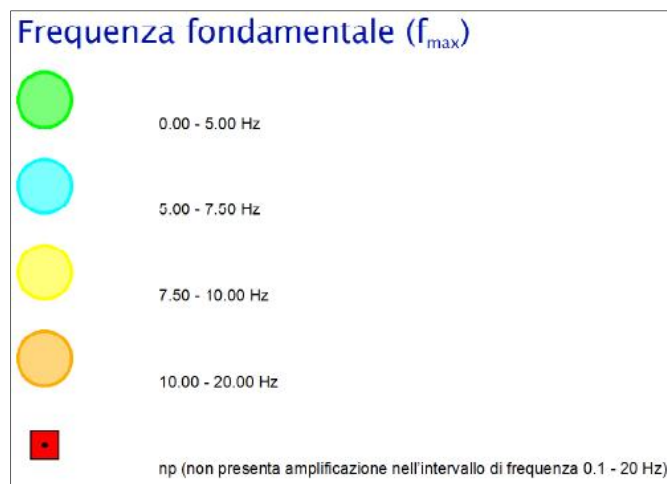
Osservando la Carta delle Frequenze, realizzata per la maggior parte tramite le misure di rumore ambientale a stazione singola analizzate per il presente studio, è possibile formulare alcune interessanti osservazioni:

- il comune di Valdagno 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;
- nell'area del fondovalle del comune, che rappresenta anche la porzione maggiormente urbanizzata del territorio, si evidenzia una risonanza alle medio-basse frequenze (3,0 -7,50 Hz) correlabile al passaggio tra la copertura con spessore di qualche decina di metri e il substrato più o meno alterato e/o fratturato;

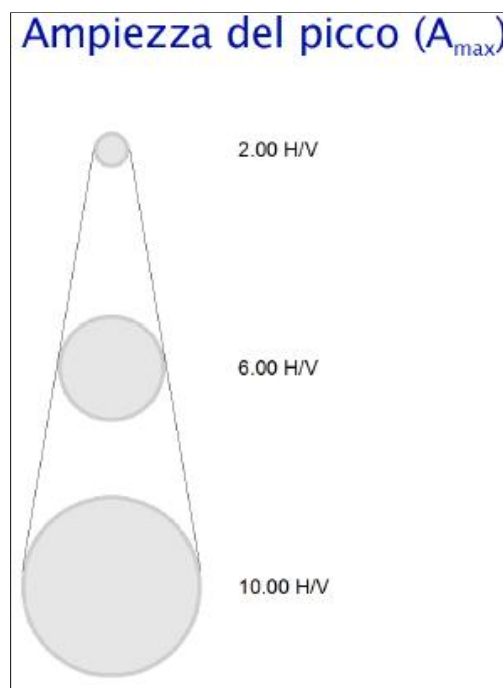
- nella porzione occidentale, invece, si registrano picchi H/V con frequenza maggiori di 7,50 Hz, associabili ai modesti spessori di copertura presenti a ridosso delle aree collinari che ricoprono l'ammasso roccioso posizionato ad una profondità inferiore rispetto all'area del fondovalle.

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_{max} (4 classi) e con un diametro proporzionale all'ampiezza del picco. Le misure che non presentano alcun picco con ampiezza maggiore di 2 sono state contrassegnate da un quadratino di colore bordeaux. Per quanto riguarda l'intervallo frequenziale, ad ogni *range* di frequenza fondamentale F_{max} è stato assegnato un cerchio colorato, così suddiviso:



Invece, l'ampiezza del picco H/V è stata rappresentata sulla base del diametro dei cerchi colorati, secondo il seguente *range*:



8 COMMENTI FINALI E CRITICITÀ

I capitoli precedenti hanno evidenziato chiaramente la complessità geologica del Comune di Valdagno che, vista in chiave sismica, dimostra una risposta locale 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:

1. 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;
2. 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;
3. ricostruire con dettaglio la topografia delle aree indagate, inquadrando con precisione nella morfologia generale;
4. definire eventuali indagini dirette per determinare le caratteristiche geotecniche locali e verificare la necessità di integrare le indagini geofisiche già eseguite;
5. le aree potenzialmente instabili già individuate in questa fase (aree di frana e di instabilità per cavità) dovranno essere analizzate in maniera approfondita, una volta verificata la “pericolosità” in relazione alla “vulnerabilità” del sito in cui sviluppano;
6. individuare le zone che necessitano di essere analizzate fino al Livello 3 di approfondimento.

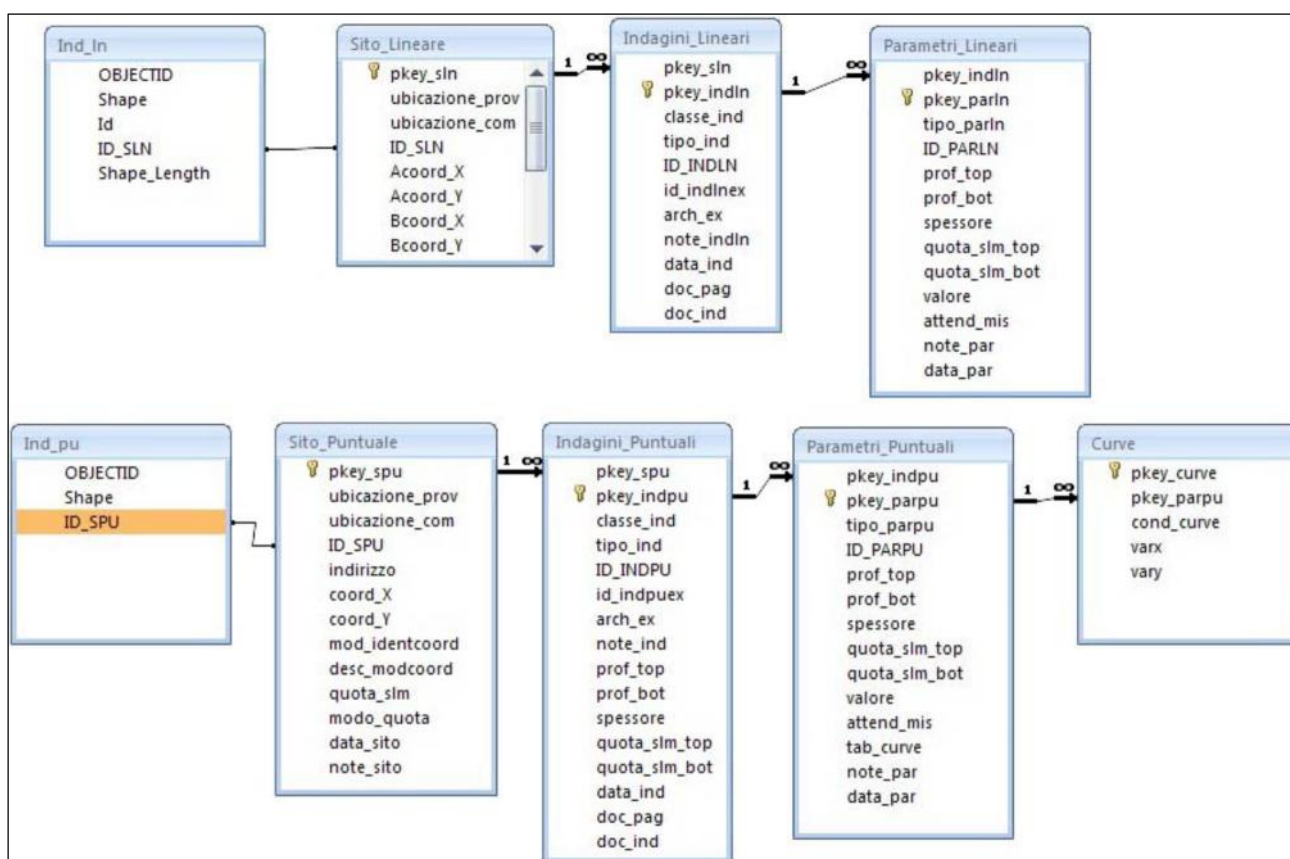
L'utilizzo di abachi predisposti dalla Regione Veneto per la realizzazione del Livello 2 dovrà essere subordinata alla presenza di assetti stratigrafici rigorosamente monodimensionali. Qualora tale condizione non fosse verificata (condizione prevalente nel territorio comunale di Valdagno), sarà necessario utilizzare un'analisi bidimensionale e, quindi, passare di fatto ad un livello di approfondimento maggiore (Livello 3), 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 $0,1 < T_0 < 0,5$ s e $0,5 < T_0 < 1,0$ 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).

9 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 4.0b), emanati dalla Commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione sismica nel 2015. Gli Standard sopracitati 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 4.0b). Il contenuto informativo della Carta delle Indagini si esplica attraverso la relazione tra gli *shapefiles* (Ind_pu e Ind_In) 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 4.0b)

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 **Cdl_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 <i>shapefile</i>	Descrizione
Elineari	Lineare	Elementi lineari (escluse le isobate)
Epuntuali	Puntuale	Elementi puntuali
Forme	Poligonale	Forme di superficie e sepolte
Geidr	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 <i>shapefile</i>	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**.

10 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. Brammerini 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. Itasca (2011). *FLAC Fast Lagrangian Analysis of Continua. v.7.0. User’s Manual*
12. 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
13. Loke M.H., Barker R.D. (1996) – Rapid least-square inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method., *Geophysical Prospecting*, 44, pp. 131-152
14. 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
15. 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
16. 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
17. Lanzo G., Silvestri F. (1999) – *Risposta Sismica Locale*. Hevelius Ed.
18. Louie, J. N. (2001). Faster, better: shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91, 347-364
19. M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, a
20. 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
21. 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
22. Mucciarelli M (2011) – Tecniche speditive per la stima dell’amplificazione sismica e della dinamica degli edifici – *Progetto ricerca 2007PTRC4C – Aracne editrice*
23. Panizza M., Slejko D. et al. (1981) – Modello sismotettonico dell’area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa
24. 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*
25. SESAME Project (2005) – “Site Effects Assessment Using Ambient Excitations”
26. Slejko D. et al (1987) – Modello sismotettonico dell’Italia Nord – Orientale. CNR
27. 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>