



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

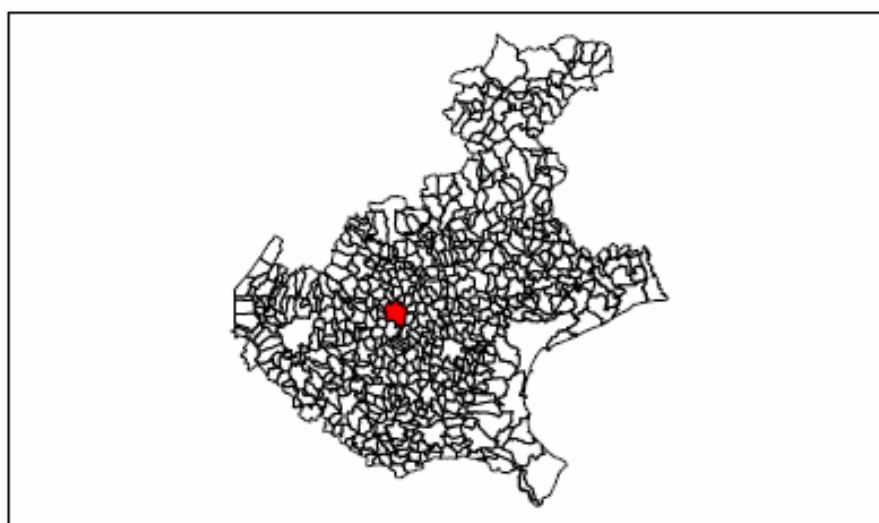
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Livello 1

Relazione Illustrativa

Regione Veneto
Comune di Vicenza



STUDIO GEO.TEC.

Dr. Geol. Antonio TOSCANO

Via Bellini, 21 35012 CAMPOSAMPIERO (PD)

TEL. & FAX 049 7381419 Mobile: 328 42 60 200

e-mail: antoniotoscano@fastwebnet.it

P.I.V.A.: 03551640653

Timbro e Firma:

Indice

1. INTRODUZIONE, RIFERIMENTI NORMATIVI, MODALITA' DI LAVORO, DESCRIZIONE DELL'AREA

1.1 Riferimenti Normativi.....	pag.2
1.2 Finalità.....	pag.2-3
1.3 Individuazione delle aree di studio.....	pag.3
1.4 Descrizione generale dell'area: inquadramento geologico regionale.....	pag.3-4

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

2.1 Classificazione sismica di Vicenza.....	pag.5-6
2.2 Definizione della pericolosità di base.....	pag.6-8
2.3 Sismicità storica.....	pag.8-9
2.4 Faglie attive.....	pag.9-10

3. ASSETTO TETTONICO del Vicentino e aspetti GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICO-STRATIGRAFICI DELL'AREA

3.1 Storia tettonica dell'area Vicentina	pag.11-13
3.2 Assetto geomorfologico del comune di Vicenza	pag.13
3.3 Assetto geologico e caratteristiche litostratigrafiche dell'area	pag.13
3.4 Caratteristiche litostratigrafiche	pag.14-17
3.5 Caratteristiche idrogeologiche dell'area.....	pag.17-19

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 Studi geognostici e indagini geognostiche e geofisiche pregresse.....	pag.20
4.2 Nuove indagini geognostiche e geofisiche eseguite.....	pag.20-25
4.3 Parametri geotecnici, unità geotecniche e geofisiche.....	pag.26-30

5. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

5.1 Modello geologico.....	pag.30-34
5.2 Modello idrogeologico.....	pag.35-36

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

6.1 Identificazione delle fonti dei dati	
6.1.1 Dati cartografici.....	pag.37
6.1.2 Dati geologico-tecnici e geofisici.....	pag.37
6.2 Rappresentatività e incertezze.....	pag.37
6.3 Punti forti e deboli.....	pag.37
6.4 Programmazione di future indagini.....	pag.37

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONI E RISULTATI

7.1 Elaborazioni dei dati di base per amplificazioni.....	pag.38
7.2 Instabilità di versante.....	pag.39
7.3 Liquefazioni.....	pag.39
7.4 Stima di cedimenti differenziali.....	pag.41

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 Carta delle Indagini.....	pag.42
8.2 Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica.....	pag.42
8.2.1 Unità Geologiche.....	pag.43-44
8.2.2 Unità Morfologiche.....	pag.44-49
8.2.3 Elementi Tettonico Strutturali - Unità Strutturali.....	pag.44-47
8.2.4 Frane.....	pag.48
8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS (LIVELLO I)	pag.49-53
8.3.1 Descrizione aree stabili, stabili suscettibili di amplificazioni e le zone suscettibili di instabilità.....	pag.55-60
8.3.2 Descrizione delle zone di attenzione.....	pag.53-55
8.3.3 Altre forme illustrate.....	pag.55

9. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI FINALI..... pag.56

10. SITOGRAFIA E BIBLIOGRAFIA..... pag.57-58

11. ALLEGATI..... pag.58

1. INTRODUZIONE, RIFERIMENTI NORMATIVI, MODALITA' DI LAVORO, DESCRIZIONE DELL'AREA

1.1 Riferimenti Normativi

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Vicenza, giusto incarico come da Determinazione numero 92616 del 06.12.2013, abbiamo redatto la presente **Relazione Illustrativa conclusiva** relativa all'affidamento dell'incarico professionale per la redazione dello **Studio di Microzonazione Sismica di Primo Livello** del territorio comunale.

In ottemperanza alla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.4007 del 27/02/2012 in data 29 febbraio 2012, sono state disciplinate le modalità di ripartizione delle risorse statali e le relative specifiche tecniche per le indagini di Microzonazione Sismica.

La Regione Veneto, ha recepito, con la Deliberazione di Giunta Regionale N. 655 del 17 aprile 2012 la suddetta Ordinanza e con l'Allegato A "ELENCO DEI COMUNI DEL VENETO CON ACCELERAZIONE MASSIMA AL SUOLO $a_g > 0,125g$ ", desunti dall'allegato 7 della citata Ordinanza, caratterizzati da un'accelerazione massima al suolo pari ad almeno $0,125g$ così come definita dagli allegati alle NTC 08 di cui al DM 14.01.2008, sono stati individuati i comuni che hanno potuto usufruire dei contributi e nei quali è risultato prioritario lo svolgimento di studi di MICROZONAZIONE SISMICA.

1.2 Finalità

In riferimento alle suddette normative, lo studio oggetto del presente lavoro è stato eseguito in conformità agli "Indirizzi e criteri per la MICROZONAZIONE SISMICA" PARTE I-II, Conferenza delle Regioni e delle Province autonome Presidenza del Consiglio dei Dipartimenti della Protezione Civile Commissione Protezione Civile Sottocommissione 8 Attuazione della normativa sismica, sett. 2008, agli STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA redatto dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) 5 ottobre 2011 aggiornato con "Microzonazione sismica" STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA Versione 3.0 Roma, ottobre 2013.

I suddetti indirizzi propongono, in funzione dei diversi contesti, che gli studi di Microzonazione Sismica vengano effettuati a vari livelli di approfondimento, passando da un 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 fenomenologie sopra descritte;*
- *il livello 2 introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando allo scopo ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce la Carta di microzonazione sismica;*
- *il livello 3 restituisce una Carta di Microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari."*

Il **livello I**, oggetto del nostro lavoro, rappresenta quindi un livello propedeutico agli studi successivi ed è finalizzato alla individuazione, nell'ambito del comprensorio comunale, di aree omogenee (microzone) dal punto di vista sismico che mostrano caratteristiche tali da poter generare fenomeni di amplificazione sismica o fenomeni di instabilità indotti (liquefazione, cedimenti differenziali, franosità). Il dettaglio di rappresentazione delle microzone è legato alla quantità e attendibilità dei dati di partenza. Tale, studio di carattere qualitativo, ha quindi lo scopo di fornire informazioni geologiche generali su ampia scala che rappresentano la base di partenza degli studi di Microzonazione Sismica quantitativi dei livelli 2 e 3 successivi.

1.3 Individuazione delle aree di studio

L'area di studio è stata individuata secondo i criteri definiti dagli I.C.M.S. PARTE II del 2008 e copre sufficientemente la maggior parte del territorio comunale ma soprattutto la parte centrale dove si concentra la maggior parte del centro abitato.

Secondo quanto previsto dalle Ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri n.4007 del 2012 art.5 comma 4 e n.52 del 2013 art.5 comma 4, **sono escluse dalla M.S.** le Aree Naturali Protette, siti di importanza comunitaria (SIC), zone di protezione speciale (ZPS), aree adibite a verde pubblico di grandi dimensioni, **salvo che non presentino insediamenti abitativi.**

Pertanto, dato che sul territorio comunale insistono le seguenti *aree protette* che non hanno nel loro interno nuclei abitativi:

Aree SIC/ZPS:

1. S.I.C./Z.P.S. IT3220005 "EX CAVE DI CASALE – VICENZA"
2. S.I.C. IT3220040 "BOSCO DI DUEVILLE E RISORGIVE LIMITROFE"

Aree verdi:

3. "PARCO DELLA PACE"
4. "PARCO COLONIA BEDIN-ALDIGHERI"

le suddette aree sono state escluse dal presente studio di M.S.

1.4 Descrizione generale dell'area: inquadramento geologico regionale

Dal punto di vista geologico regionale, la zona in esame si inserisce nell'unità geografica della pianura veneta: questa si sviluppa su un'ampia fascia di territorio situata ai piedi dei rilievi prealpini caratterizzata, dal punto di vista idrografico, dalla presenza di una serie di corsi d'acqua ad andamento subparallelo che, usciti dalle valli montane, la attraversano in direzione approssimativamente N-S, fino a riversarsi nel Mare Adriatico (**vedi Figura 1**). A questi corsi d'acqua (F. Adige - T. Astico - F. Bacchiglione, F. Brenta) si deve la deposizione di imponenti quantità di materiali sciolti di origine fluviale e fluvioglaciale che, accumulatisi in forti spessori, hanno dato origine al sottosuolo dell'alta pianura, contribuendo inoltre all'esistenza di differenti strutture idrogeologiche presenti nella media e nella bassa pianura.

Gli elementi strutturali che rivestono una fondamentale importanza nell'analisi dei caratteri idrogeologici e stratigrafici del materasso quaternario della pianura veneta sono le conoidi alluvionali ghiaiose. Si tratta di estese strutture a ventaglio depositate dai fiumi in tempi diversi, quando il loro regime era differente da quello attuale e caratterizzato da portate molto più elevate, conseguenti allo scioglimento dei ghiacciai.

Lungo il tratto pedemontano della pianura le successive conoidi di un fiume si sono non solo sovrapposte tra loro ma anche compenstrate lateralmente con quelle degli altri fiumi, cosicché ne risulta un sottosuolo interamente ghiaioso per tutto lo spessore del materasso alluvionale.

La larghezza di questa fascia pedemontana a materasso indifferenziato varia da 5 a oltre 20 km a partire dal piede dei rilievi montuosi prealpini.

Le conoidi ghiaiose si sono spinte verso sud per distanze variabili, evidentemente in dipendenza dei differenti caratteri idraulici di ciascun fiume. Esse hanno inoltre raggiunto distanze diverse, in funzione del regime che caratterizzava il corso d'acqua in quel momento: spesso quelle più antiche, e quindi più profonde, hanno invaso aree più lontane.

Dalla coltre alluvionale indifferenziata della fascia pedemontana si dipartono, poi, verso sud i lembi più avanzati delle conoidi. Questi, attraverso varie digitazioni, originano più a valle un materasso non più uniformemente ghiaioso ma costituito da alternanze di orizzonti ghiaiosi e limoso-argillosi di origine marina o dovuti ad episodi di sedimentazione lacustre o palustre.

In definitiva, scendendo verso meridione dalla zona indifferenziata, in cui si osservano accumuli di materiali sciolti a pezzatura grossolana fino ad alcune centinaia di metri di profondità, lo spessore

complessivo delle ghiaie diminuisce progressivamente, fino a che tali livelli giungono ad esaurirsi entro i materiali fini.

È questa la conformazione del sottosuolo della media pianura veneta che si estende lungo una fascia di ampiezza variabile dai 5 ai 10 km a valle della linea dei fontanili. Segue infine un'ultima fascia che si spinge fino alla costa adriatica con larghezza di 10-20 km.

In quest'ultimo settore il sottosuolo appare formato in prevalenza da orizzonti limoso-argillosi alternati a livelli sabbiosi generalmente fini. I letti ghiaiosi delle grandi conoidi alluvionali sono ormai molto rari, di spessore piuttosto limitato e quasi sempre localizzati ad elevate profondità.



Figura 1

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

2.1 Classificazione sismica del comune di Vicenza

Il quadro legislativo relativo alla tematica sismica in Italia presenta, negli ultimi anni, molte innovazioni e modifiche. La più recente normativa sismica italiana, entrata in vigore l'8/5/2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274, recepita dalla Regione Veneto con D.G.R. n. 67 del 3/12/2003, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando la precedente terminologia di categorie sismiche. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. Quindi, con la Deliberazione n. 67 in data 3 dicembre 2003 il Consiglio Regionale ha fatto proprio e approvato il nuovo elenco dei comuni sismici del Veneto e il Comune di Vicenza è stato classificato, in ZONA SISMICA 3 ($0.05 < a_g < 0.15$).

Infine, con l'Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 e D.G.R.V. n.71/2008 si approva la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_g max) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec). Il valore di " a_g ", per il Comune di Vicenza, in zona "3", riferita a suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s) varia da 0,125g a 0.175g (**vedi figura 2**).

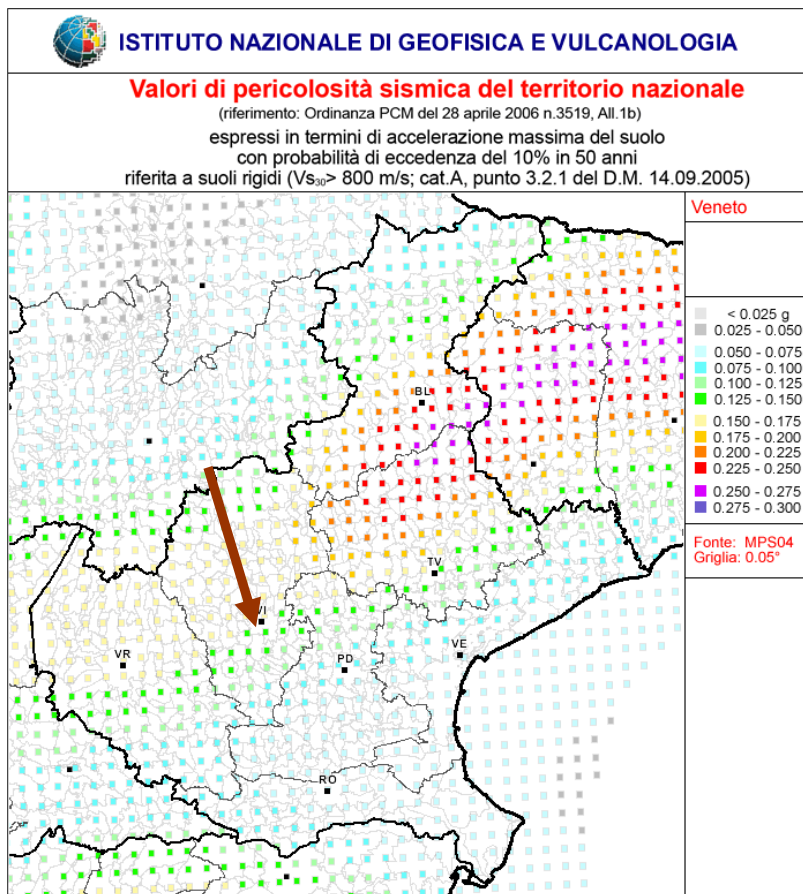


Figura 2

Nell'allegato 7 dell'O.P.C.M. del 13.11.2010 n.3907, sono indicate le a_g , per un tempo di ritorno di 475 anni in condizioni di sottosuolo rigido e pianeggiante, corrispondente al valore più elevato di a_g tra i centri e nuclei ISTAT del Comune (v. all.2 comma 2), e per Vicenza corrisponde a **0,15905 g** (**vedi figura 3**).

Allegato 7: elenco dei comuni con $ag > 0,125$ g e periodi di classificazione

Codice Istat	Provincia	Comune	ag	Data di prima classificazione dell'intero territorio comunale	Periodo di declassificazione
05024116	024	Vicenza	0.15905	2003	

Figura 3

2.2 Definizione della pericolosità di base

La pericolosità sismica di un'area è intesa come la probabilità che un dato valore di scuotimento del terreno, espresso con parametri fisici (picco di accelerazione orizzontale, picco di velocità, picco di spostamento, accelerazione spettrale) possa essere superato in un certo lasso di tempo a seguito di un terremoto. La pericolosità sismica insieme alla vulnerabilità e al valore esposto in un'area rappresenta la grandezza fondamentale per la definizione del rischio sismico inteso come la probabilità che un dato valore di danno possa essere superato in un certo intervallo di tempo a seguito di un evento sismico (Elementi di calcolo della pericolosità D. Slejko).

Il punto di riferimento per la valutazione della pericolosità di base del territorio italiano era rappresentato, fino al 2002 dalla zonazione sismogenetica **ZS4** (Meletti et al., 2000 Scandone e Stucchi 2000). Successivamente, i nuovi sviluppi e ricerche nell'ambito della sismogenesi (INGV- AA.VV 2004) hanno evidenziato alcune incongruenze e la scarsa compatibilità con alcuni cataloghi di terremoti. Pertanto è stato proposto un nuovo modello di zonazione sismogenetica denominato ZS9. Tale zonazione ha apportato alcune modifiche al modello iniziale con il raggruppamento e l'introduzione di nuove zone sismogenetiche (**vedi figura 4**).

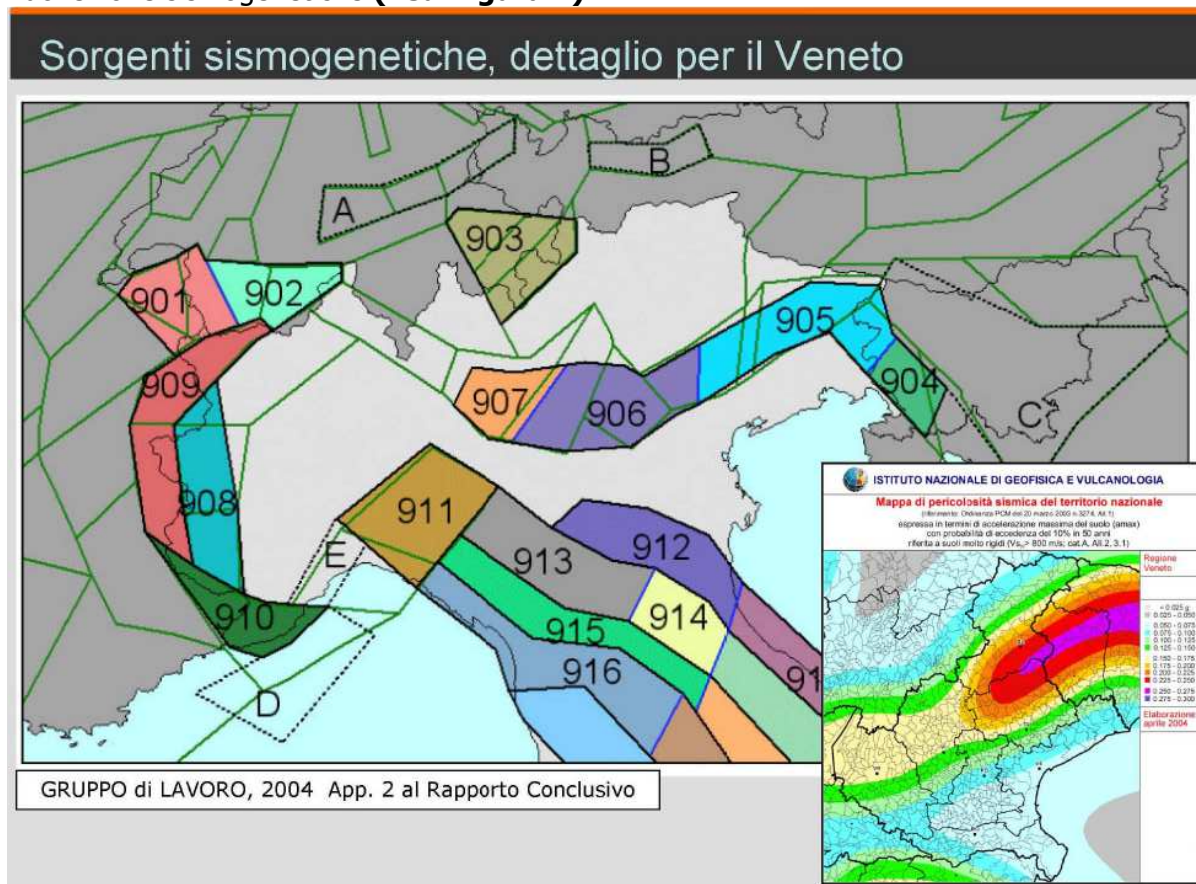


Figura 4: zonazione sismo genetica SZ9 Nord Italia (Gruppo di lavoro INGV)

Sulla base del nuovo modello sismo-genetico, in ambito regionale il comprensorio di Vicenza ricade in un settore per i quali i terremoti sono concentrati nell'Arco Alpino che comprende le zone ZS da 901 a 912. In particolare le zone più vicine sono 907-906-905-904 e la 903, nell'area più a nord. In questi settori si osserva la massima convergenza tra la placca adriatica e quella europea; essi sono caratterizzati da strutture a pieghe sud vergenti del sudalpino orientale e faglie inverse associate (Zanferrari et al. 1982; Sleiko et al 1989, Valensise e Pantosti 2001). La zona 905 mostra un ampliamento verso S-E e verso Ovest includendo sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti con $M > 6$, e con frequenza di terremoti nettamente superiore a quella delle zone adiacenti come riportato nel catalogo CPTI2 . La zona 906 è quella che comprende Bassano del Grappa fino al veronese. In questo settore la sismicità è legata alla convergenza tra la placca adriatica e quella europea con meccanismo di fagliazione di tipo inverso (**vedi figura 5**).

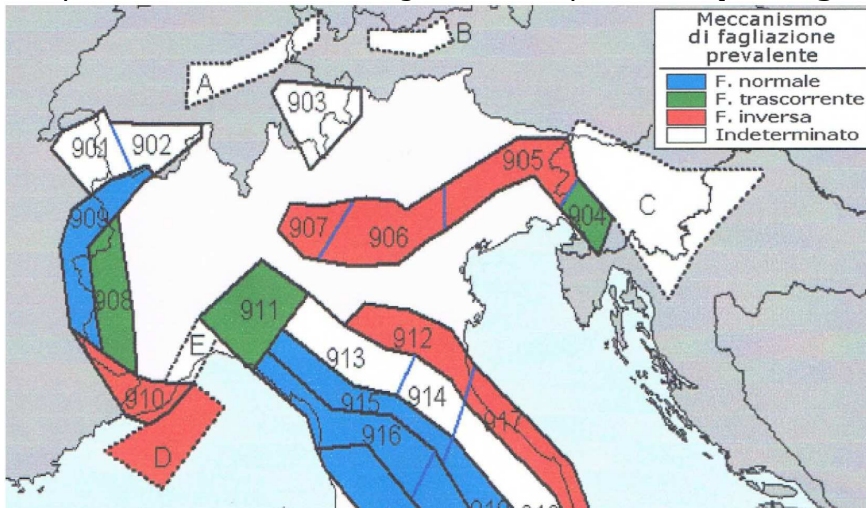


Figura 5: Meccanismo di fagliazione per le zone ZS; l'assegnazione è basata su una combinazione di focali osservati con dati geologici a varie scale (GRUPPO DI LAVORO I.N.V.G)

Per quanto riguarda invece la profondità efficace ossia la profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti, sulla base dei cataloghi strumentali e di alcune assunzioni di partenza, il Gruppo di lavoro dell'INGV ha suddiviso gli intervalli di profondità efficace in quattro classi di profondità: 1-5 Km, 5-8Km ,8-12 km 12-20Km

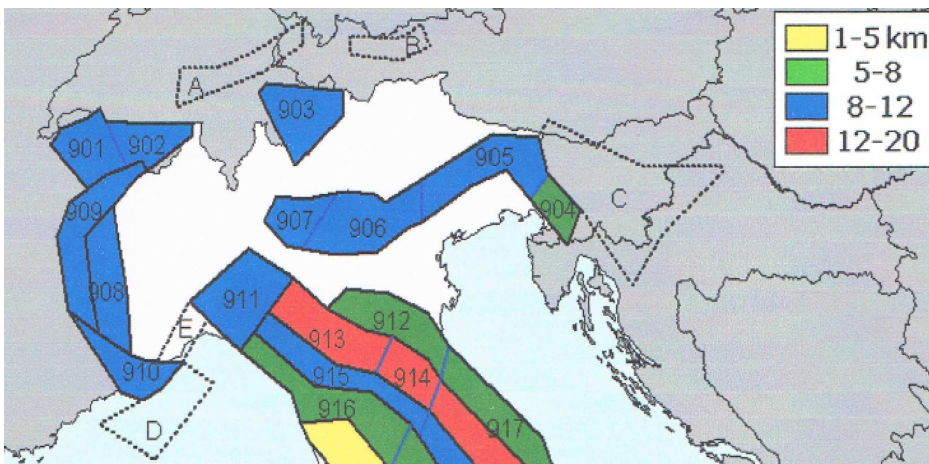


Figura 6: Classi di profondità efficace assegnate alle diverse zone ZS sulla base dei valori della moda e della forma della frequenza degli eventi in funzione della profondità (GRUPPO DI LAVORO I.N.G.V.)

La classe 3 è la classe di profondità efficace attribuita ai settori considerati con intervallo di profondità compreso tra 8-12 Km (**vedi figura 6**).

La distribuzione e caratterizzazione delle zone sismogenetiche è stata tradotta in una mappa di pericolosità sismica valida per tutto il territorio nazionale nella quale sono riportati i valori di

accelerazione orizzontale massima al suolo a_g con probabilità di eccedenza dal 10% in 50 anni, riferita a categoria di suolo A caratterizzati da valori di $V_s > 800\text{m/s}$ (**vedi figura 1**).

Su base comunale il territorio di Vicenza è classificato come **zona di III categoria** sismica con valori di accelerazione compresi tra $0.05 < a_g < 0.15$.

2.3 Sismicità storica

Per quanto riguarda i terremoti storici che hanno colpito l'area comunale di Vicenza si è fatto riferimento al *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani* (CPTI), disponibile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>, frutto di un progetto portato avanti da un Gruppo di Lavoro formato da ricercatori dell'*Istituto Nazionale di Geofisica* (ING), del *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti* (GNDT) del CNR, della società *SGA Storia Geofisica Ambiente* (SGA) e del *Servizio Sismico Nazionale* (SSN). Il catalogo viene aggiornato periodicamente sulla scorta delle nuove conoscenze. Dalla prima formulazione del 1999 (CPTI99), ne è seguita una seconda nel 2004 (CPTI04), una terza nel 2008 (CPTI08) e una quarta nel 2011 (CPTI011) che aggiorna quella precedente per gli anni dal 1000 al 2006, anche questa disponibile online <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>.

Nel caso di Vicenza vengono evidenziati 114 eventi di riferimento a partire dall'anno 1000 e con relativa Magnitudo di Momento (M_w) dell'epicentro della scossa; in particolare si evidenziano 5 terremoti che hanno avuto area epicentrale il territorio di Vicenza (**vedi figura 7**) con massima intensità registrata risultante pari a 6-7 gradi su MCS riferito all'evento del 1376.

Legenda	
Data	Data del terremoto
Ax	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto
Np	Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto
Io	Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11 , espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg
Mw	Magnitudo momento, da CPTI11

Storia sismica di Vicenza [45.549, 11.549]

Numero di eventi: 114

Effetti

In occasione del terremoto del:

I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5-6	1242 10 24	Vicenza	1	5-6 4.51 ±0.34
5-6	1373 01	Vicenza	1	5-6 4.51 ±0.34
5-6	1373 04	Vicenza	1	5-6 4.51 ±0.34
6-7	1376 03 12 01:15	Vicenza	1	6-7 4.93 ±0.34
5-6	1376 03 15	Vicenza	1	5-6 4.51 ±0.34
D	1117 01 03 15:15	Veronese	55	9-10 6.69 ±0.20
NR	1334 12 04	Verona	4	6-7 4.93 ±0.34
NR	1828 10 09 02:20	Valle Staffora	114	8 5.76 ±0.15
4	1802 05 12 09:00	VALLE DELL'OGLIO	85	8 5.64 ±0.22
3-4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09
5	1891 06 07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9 5.86 ±0.06
4	1894 02 09 12:48	Valle d'Illasi	116	6 4.77 ±0.15
4-5	1892 08 09 07:58	Valle d'Alpone	160	6-7 4.91 ±0.11
F	1895 06 10 01:47	VALDOBBIADENE	73	6 5.03 ±0.13
F	1900 03 04 16:55	VALDOBBIADENE	98	6-7 5.13 ±0.14
5	1776 07 10	TRAMONTI	19	8-9 5.78 ±0.38
4-5	1789 08 04	TRAMONTI	5	4-5 4.09 ±0.34
3	1788 10 20 21:15	Tolmezzo	6	7-8 5.14 ±0.67
F	1879 06 22 04:15	TARCENTO	16	5-6 4.79 ±0.24
6	1511 03 26 14:40	Slovenia	66	9 6.98 ±0.17

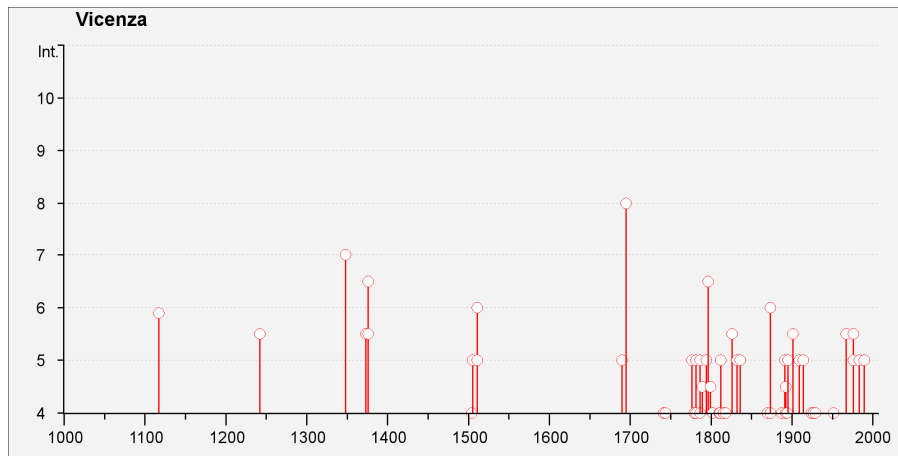


Figura 7: da <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

2.4 Faglie attive

Negli anni '60 e '70 furono raccolti un gran numero di dati sull'attività Plio-Quaternaria delle faglie dell'Italia del NE, poi sintetizzati nella "Mappa Neotettonica dell'Italia" (CNR-PFG 1987). In questa vennero mappati i maggiori sistemi di *thrust* sud-vergenti che bordavano le pianure Veneta e Friulana ed influenzavano il dominio pre-Alpino, come strutture continue attive durante il Pliocene ed il Quaternario (faglie capaci).

La recente attività dei sovrascorrimenti che delimitano le pianure Veneta e Friulana viene rimarcata anche nella "Map of active faults between the Po and Piave Rivers and Lake Como" (Castaldini & Panizza, 1991), che riporta 112 faglie attive nell'area compresa tra il lago di Garda e la regione Friulana. Gli autori hanno mappato 4 principali strutture compressive dirette ENE-SW: le linee Bassano-Valdobbiadene, Aviano, Sacile e Valsugana Sud, insieme con un gran numero di faglie minori (vedi figura 8).

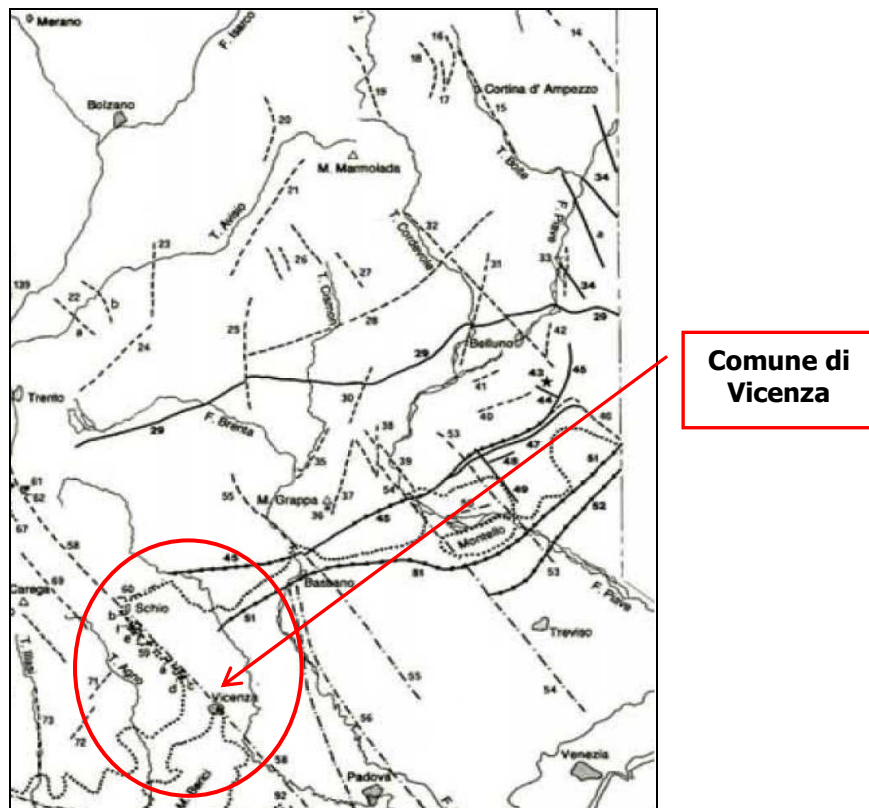


Figura 8: carta generale delle faglie attive del sud-alpino centro orientale (Castaldini-Panizza 1991)

Un sommario a scala regionale delle faglie attive che interessano la catena orientale delle Alpi Meridionali è stato recentemente proposto da *Galadini et al.* (2001b). Il lavoro, che rileggeva criticamente la letteratura disponibile, riportava nuovi dati di campagna del settore W dell'area indagata. La mappa elaborata includeva le faglie principali (come tracce superficiali) la cui lunghezza era consistente con terremoti di magnitudo $M=6,2$. Le faglie mappate sono caratterizzate dall'evidenza di attività o dall'indicazione di probabile attività durante il tardo Pleistocene-Olocene (dopo l'ultima massima espansione glaciale, LGM). Il risultato di questa operazione fu un inventario di 8 faglie (si tratta di strutture continue maggiori) che interessavano l'area tra Thiene ed il bordo orientale Friulano. Una successiva rivisitazione critica del lavoro ridusse ulteriormente il numero di faglie attive.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA "ITaly HAZard from CAPable faults" disponibile online (**vedi fig. 9a 9b**) consultabile dal sito internet della S.G.I. <http://sqi.isprambiente.it/GMV2/index.html>.

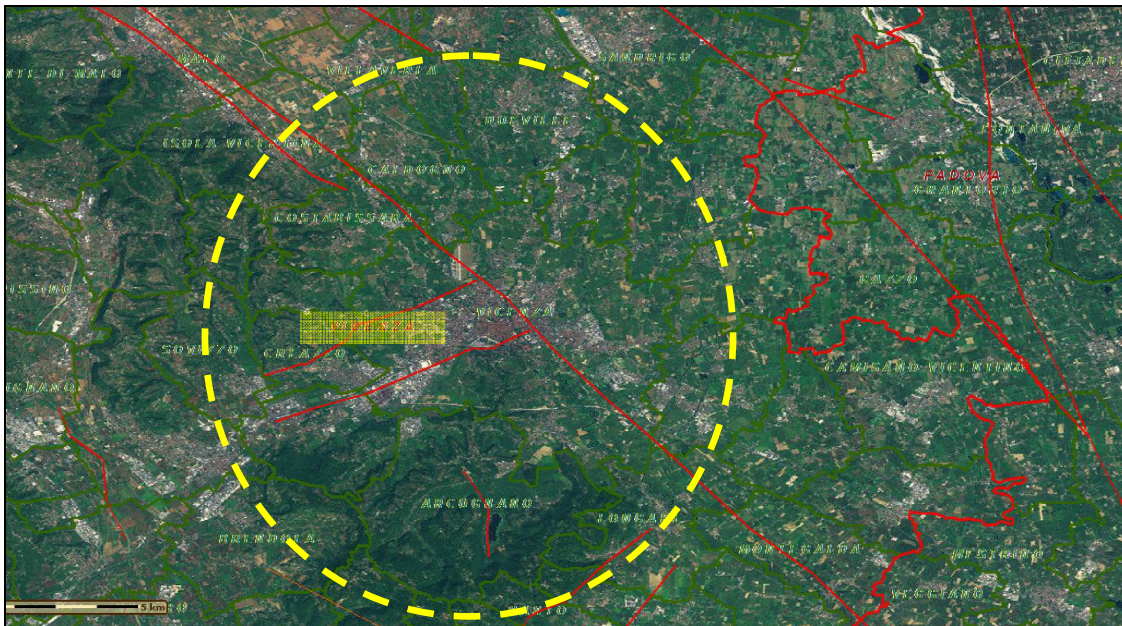


Figura 9a: faglie attive e capaci da <http://sqi.isprambiente.it/GMV2/index.html>, in tratteggio il territorio comunale di Vicenza

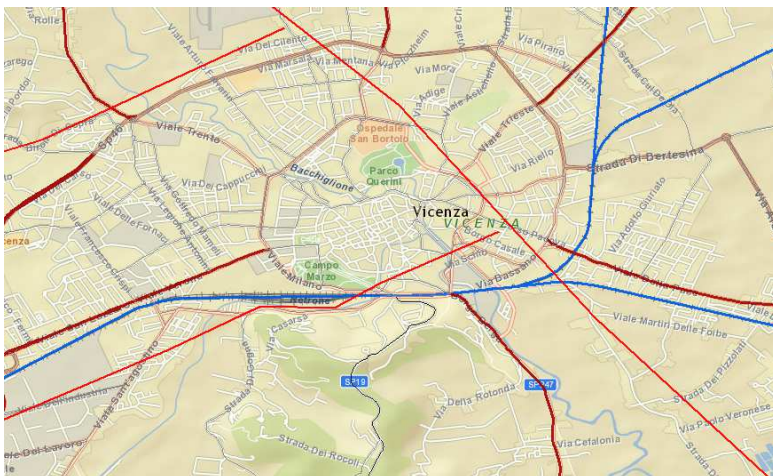


Figura 9b: faglie attive e capaci da <http://sqi.isprambiente.it/GMV2/index.html>, dettaglio del centro storico

3. ASSETTO TETTONICO del Vicentino e aspetti GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICO-STRATIGRAFICI DELL'AREA

3.1 Storia tettonica dell'area Vicentina (vedi figura 10)

Il territorio vicentino è attraversato da importanti direttrici tettoniche, rappresentate da estese faglie, lungo le quali si sono verificate dislocazioni di notevole entità sia in direzione verticale che orizzontale. Si deve ricordare la grande flessura pedemontana che raccorda morfologicamente l'area degli altopiani con quella collinare e di pianura; essa è riconoscibile per un centinaio di chilometri a partire dall'alta valle del Chiampo fino a Bassano e Vittorio Veneto. Una seconda direttrice principale è la faglia Schio-Vicenza, che attraversa l'intero territorio con direzione NO-SE prevalente; essa limita verso est sia i Colli Euganei, che i Berici, nonché le colline fra Schio e Vicenza. Come riportato nelle note illustrative alla Carta geologica del Veneto, le deformazioni tettoniche che caratterizzano l'evoluzione geologica del Vicentino sono relativamente semplici, specie se confrontate con quelle assai più vigorose e complesse che contraddistinguono l'intera catena alpina. I modelli geodinamici della nuova tettonica globale possono essere applicati al territorio provinciale, grazie a recenti studi interpretativi, come di seguito esplicitato.

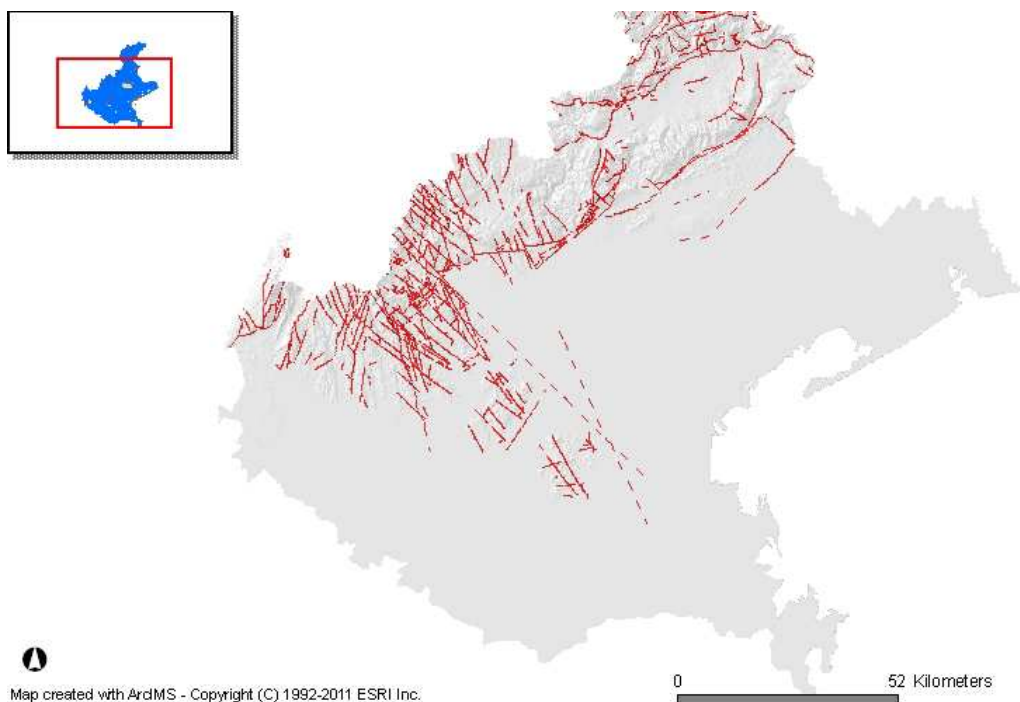
Tettonica Paleozoica

Nel Veneto non sono documentati in modo certo gli eventi deformativi del Paleozoico antico che caratterizzarono tra 500 e 450 Ma l'evoluzione delle Alpi orientali dall'Alto Adige, al Tirolo ed alla Carinzia: essi sono coevi con l'Orogenesi Caledoniana nell'Europa centro-settentrionale. Il basamento cristallino del Veneto è costituito in massima parte da rocce metamorfiche derivate da sedimenti che si formano tra il Cambriano superiore e il Siluriano come probabili prodotti di erosione degli antichi rilievi montuosi situati a settentrione. Tutte le rocce sedimentarie e vulcaniche formatesi nel Paleozoico antico furono successivamente deformate, metamorfosate e coinvolte in una nuova catena montuosa durante l'Orogenesi ercinica di età carbonifera. Le deformazioni erciniche ancora riconoscibili nel basamento cristallino del Veneto sono attribuibili a due fasi tettoniche principali, avvenute rispettivamente a circa 350 e 320 Ma. La prima è caratterizzata da pieghe isoclinali coricate, con foliazione di piano assiale ben sviluppata e vergenza mediamente a NW. La seconda da pieghe e sovrascorrimenti vergenti a SW. La catena ercinica venne progressivamente smantellata sino alla esposizione del suo nucleo metamorfico, prevalentemente filladico. Esso costituisce il substrato delle coperture sedimentarie permo-cenozoiche, essenzialmente marine, in cui sono scolpite le montagne venete.

Durante il Permiano inferiore si instaurò un regime tettonico distensivo e/o trascorrente che, a conclusione del ciclo orogenico ercinico, consentì lo sviluppo di imponenti eruzioni vulcaniche acide a prevalente carattere ignimbrico (Piattaforma porfirica atesina).

Tettonica Mesozoica

Durante il Permiano ed il Trias inferiore cominciarono a manifestarsi nell'area alpina quei movimenti tettonici tensionali che avrebbero portato allo sviluppo del margine passivo africano di cui le Alpi Meridionali ed il Veneto facevano parte. Il progressivo assottigliamento della crosta continentale si riflette nella individuazione di blocchi svincolati da faglie sin sedimentarie e variamente ribassati ed in una generale subsidenza. Nel corso del Triassico medio i movimenti tettonici si accentuarono e si registrò il sollevamento del basamento cristallino in un'area attualmente sepolta sotto le alluvioni della pianura padana. Contemporaneamente nel Vicentino e nelle Dolomiti si manifestò l'importante ciclo magmatico di età essenzialmente ladinica (230 Ma). La tettonica permo-mesozoica si inquadra nell'ambito di una distensione continentale (rifting) legata all'apertura dell'Atlantico centrale e alla generale trascorrenza sinistra dell'Africa rispetto all'Europa. In questo contesto si sviluppano nelle Alpi Meridionali deformazioni compressive che sono interpretabili come effetti transpressivi dei processi sopra indicati.



Map created with ArcGIS - Copyright (C) 1992-2011 ESRI Inc.

Figura 10: carta delle linee tettoniche della Regione Veneto

L'attività tettonica triassica cessò verso la fine del Norico e l'intera regione veneta venne a trovarsi in condizioni subaeree o di piana di marea ciclicamente invasa dalle acque marine. Per alcuni milioni di anni il tasso di subsidenza e la velocità di sedimentazione si equivalsero in tutto il Sudalpino determinando uno spessore eccezionalmente uniforme dei sedimenti (circa 1 km: Dolomia Principale). Una nuova crisi si manifestò durante il Giurassico, come riflesso del rifting della Tetide Alpina e della sua successiva oceanizzazione. La provincia vicentina ed il Veneto in generale, che si trovava in un settore interno del margine continentale passivo, venne frammentata da una serie di faglie listriche sinsedimentarie in grandi 'alti' e 'bassi' strutturali allungati in senso NNE-SSW. Queste strutture tettoniche ancestrali condizioneranno buona parte dell'evoluzione tettonica alpina nella regione.

Tettonica Alpina

All'incirca al limite Giurassico / Cretaceo si concluse l'espansione della Tetide Alpina ed iniziò la sua evoluzione compressionale. Tra la fine del Giurassico e gli inizi del Paleocene il Veneto agì tuttavia come retroterra della Catena Eoalpina, godendo di una fase di relativa calma tettonica, anche se perdurava una subsidenza differenziale che mantenne o accentuò gli 'alti' e 'bassi' strutturali giurassici. Le Alpi Meridionali, in cui vanno inquadrati le montagne della provincia di Vicenza, sono una porzione non metamorfica della catena Alpina e si localizzano per definizione a sud del Lineamento Periadriatico. Dato il loro stile tettonico sono correntemente considerate una catena a sovrascorrimenti e pieghe sud-vergenti.

L'attuale architettura delle Alpi Meridionali Venete è il risultato della sovrapposizione di due principali fasi compressive di età terziaria. Mancano evidenze delle deformazioni eoalpine segnalate nel settore centro-occidentale delle Alpi Meridionali, mentre è attivo, dal Paleocene superiore, il rift d'intraplaccata continentale che, come già ricordato, favorì lo sviluppo del vulcanismo terziario veneto.

La prima fase tettonica produsse nel Veneto nord-orientale sovrascorrimenti e pieghe vergenti a WSW che deformarono intensamente la copertura sedimentaria permo-cenozoica. Queste strutture sono interpretate come il fronte della Catena Dinarica di età post-luteziana / preoligocenica superiore.

Il secondo ciclo deformativo (neoalpino) ha età neogenica e raggiunse il suo acme durante il Miocene superiore ed il Pliocene. Ad esso sono imputabili buona parte del sollevamento delle montagne venete ed una serie di sovrascorrimenti sud-vergenti che migrarono progressivamente verso la pianura. Pur essendo il Veneto-Trentino uno dei settori relativamente meno deformati delle Alpi Meridionali, la

geometria delle deformazioni neogeniche risulta piuttosto complessa poiché esse interferirono con gran parte delle faglie mesozoiche e paleogeniche e le riattivarono come faglie trasversali di svincolo. Nel Veneto la tettonica neoalpina è indicata principalmente da sovrascorrimenti sud-vergenti con direzione N 50 – 90 E. Nelle Prealpi Venete, la copertura sedimentaria è fortemente deformata da pieghe e sovrascorrimenti di cui è controverso il livello di scollamento basale (evaporiti del Permiano superiore oppure orizzonti interni al basamento cristallino).

Le Prealpi Venete cessano bruscamente verso sud in corrispondenza della classica 'flessura pedemontana', riflesso plastico superficiale del sovrascorrimento Bassano-Valdobbiadene riconoscibile per oltre 100 km tra l'alta Valle del T. Chiampo e Vittorio Veneto.

La scarsa influenza delle deformazioni neogeniche nel settore sud-occidentale della montagna veneta che, delimitato ad est dalla faglia Schio-Vicenza, comprende i Monti Lessini, i Colli Berici e i Colli Euganei, trova riscontro nell'assenza di molassa ai piedi dei rilievi montuosi.

L'ultima fase delle deformazioni neogeniche risale al Pliocene ed è tuttora attiva, come testimoniato dall'alta sismicità di alcuni settori dell'area veneta. Ad essa si deve tra l'altro il sovrascorrimento di Aviano, sepolto sotto le alluvioni della alta Pianura Veneta, che limita verso sud le colline tra Breganze, Marostica e Bassano.

Durante l'evento neoalpino, la subsidenza nella Pianura Padano - Veneta fu molto intensa e consentì l'accumulo di depositi clastici per spessori di alcuni km.

3.2 Assetto geomorfologico del comune di Vicenza

Sotto l'aspetto geomorfologico il comprensorio comunale di Vicenza presenta un aspetto piuttosto articolato attribuibile alle condizioni litologiche dell'area, caratterizzata da terreni alluvionali solcati da numerosi corsi d'acqua e da rilievi collinari carbonatici.

L'analisi geomorfologica del territorio comunale può essere schematicamente caratterizzata dalle seguenti aree:

- la porzione collinare della dorsale Berica che occupa tutta la zona centro meridionale del territorio comunale;
- la parte meridionale orientale caratterizzata principalmente da una pianura alluvionale ben definita e delimitata dal corso dei Fiumi Bacchiglione e Tesina ed interrotta a SW dalla prosecuzione dei Monti Berici;
- il centro storico di Vicenza delimitato dagli attuali percorsi e paleoalvei dei fiumi Bacchiglione Rettone e Astichello;
- un ambito rappresentato dalle vallecole infracollinari contenute tra i rilievi collinari che si sviluppano con deboli acclività fino a collegarsi alla pianura alluvionale principale;
- la dorsale isolata del Monte Crocetta in località Maddalene;
- la pianura consolidata posta a nord del centro di Vicenza;
- l'area posta in corrispondenza della depressione lessineo-berica a ovest del centro di Vicenza;
- le aree di alveo recente dei principali Fiumi Bacchiglione, Tesina, Astichello, Rettone;
- le aree di accumulo artificiale per riporto poste specialmente nelle aree industriali e lungo l'alveo dell'Astichello.

3.3 Assetto geologico e caratteristiche litostratigrafiche dell'area

Il territorio comunale di Vicenza si divide in sostanza in una zona, quella a sud, data dai rilievi collinari appartenenti alle propaggini più settentrionali dei Monti Berici, e in una zona di pianura che appartiene al dominio delle alluvioni recenti e antiche del sistema Bacchiglione-Tesina-Astichello, depositate dai fiumi a seguito del trasporto dei sedimenti lungo la piana corrispondente alla media Pianura Veneta.

Quindi sotto l'aspetto geologico l'area è caratterizzata dalla presenza dei sedimenti di origine fluviale e fluvioglaciale (di età quaternaria, olocenica e pleistocenica) tipici della media Pianura Veneta. Il sottosuolo dell'alta e media pianura è costituito prevalentemente da grandi conoidi ghiaiosi depositi dai corsi d'acqua prealpini allo sbocco dalle vallate montane. Nella fascia di alta pianura, a ridosso dei rilievi prealpini, i differenti conoidi sono tra loro sovrapposti, a causa dell'ampia divagazione dei fiumi, determinando un sottosuolo pressoché ghiaioso, indifferenziato anche per qualche centinaio di metri. A valle, nella media pianura, i conoidi di differente età non sono sovrapposti tra loro ma risultano nettamente separati da spessi livelli limoso-argilosi che arrivano quasi ad avvolgere i conoidi stessi; il sottosuolo mostra una struttura stratigrafica caratterizzata da alternanza di livelli alluvionali ghiaiosi con livelli limoso-argillosi, per spessori di almeno 300-400 metri.

Il sottosuolo nel territorio comunale è quindi caratterizzato da una serie sedimentaria alluvionale, costituita da una potente successione di limi ed argille prevalenti, all'interno della quale si intercalano in profondità orizzonti e lenti più grossolane sabbioso-ghiaiose. La serie è riferibile ad ambienti di sedimentazione fluviali di bassa energia, con frequenti condizioni palustri o marine, e con temporanei e localizzati episodi fluviali o torrentizi d'energia maggiore.

A meridione, il comprensorio comunale è interessato da formazioni rocciose del substrato roccioso prequaternario dei Monti Berici, costituite da calcari, calcareniti, arenarie e marne oligoceniche-oceniche, con inclusioni vulcaniche basaltiche appartenenti al sistema eruttivo oligocenico-paleocenico degli Euganei – Berici – Lessini.

3.4 Caratteristiche litostratigrafiche

3.4.1 Depositi della pianura alluvionale

Per quel che concerne la struttura stratigrafica del sottosuolo, dai riferimenti bibliografici consultati risulta che l'area settentrionale e nord-orientale di Vicenza è costituita da alternanze di livelli impermeabili ed orizzonti permeabili. In particolare, si evidenzia l'assenza di importanti strati superficiali di ghiaia, sostituiti da livelli prevalentemente sabbiosi spessi alcuni metri. Argilla e limo più o meno sabbioso sono le litologie maggiormente rappresentate, rinvenendosi in strati potenti anche alcune decine di metri. La componente grossolana assume una certa importanza a maggiori profondità. La planimetria di **Figura 11**, tratta dalla *Carta ad Isopache delle ghiaie comprese tra 0 e 130 m dal piano campagna (Calvino F. 1966)*, evidenzia la presenza percentuale dei termini ghiaiosi nell'intervallo di profondità considerato.

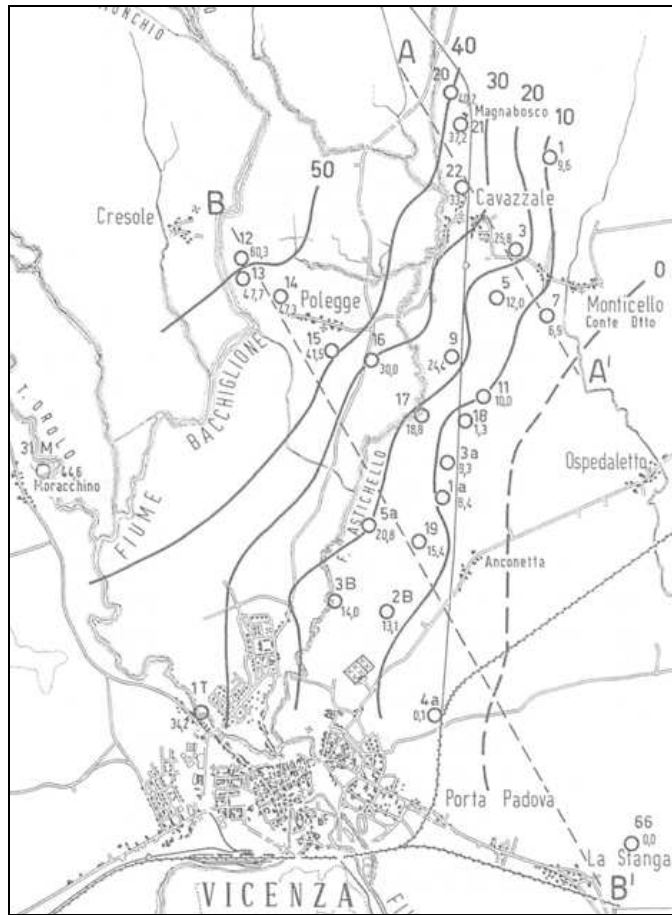


Figura 11: carta delle isopache da Calvino F. (1966) - *Idrogeologia delle falde artesiane a Nord di Vicenza – tavola II. Padova*

La diminuzione dei termini a granulometria grossolana, è da relazionarsi alla rastremazione degli orizzonti ghiaiosi verso SE, illustrato nel profilo stratigrafico B-B' riportato in **Figura 12**. La situazione idrogeologica tipica di queste zone si configura generalmente con l'esistenza di un certo numero di falde artesiane separate da livelli argillosi.

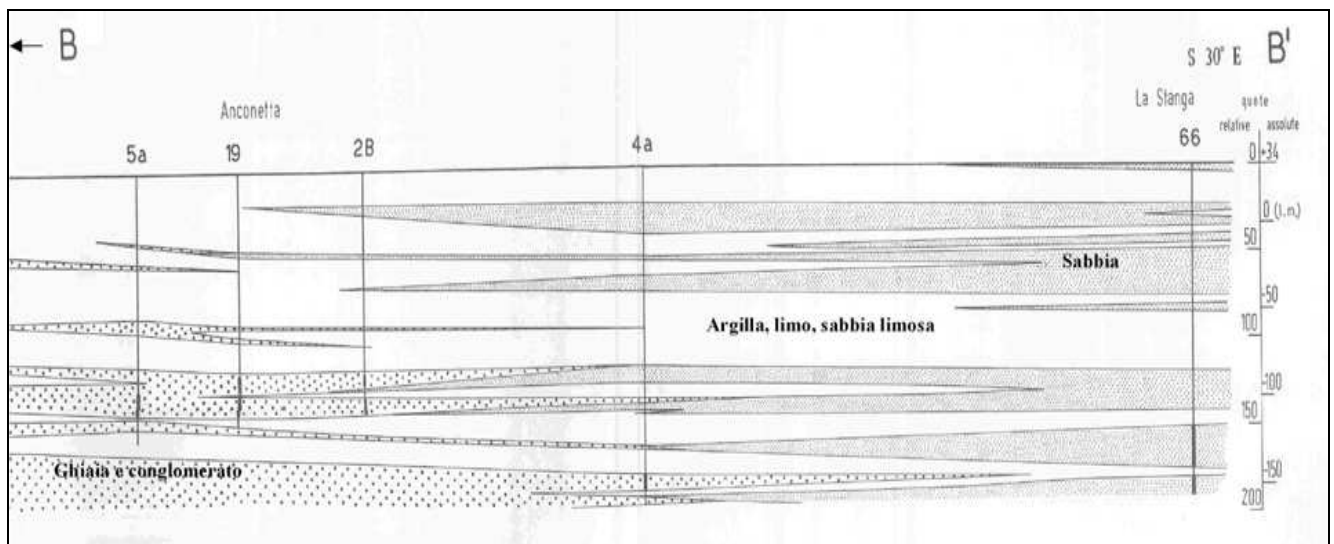


Figura 12: sezione litostratigrafica area Nord di Vicenza, da Calvino F. (1966) - *Idrogeologia delle falde artesiane a Nord di Vicenza – tavola II. Padova*

3.4.2 Depositi sedimentari e vulcanici e storia evolutiva delle aree collinari (figura 13)

L'area collinare a sud di Vicenza è costituita dalle formazioni geologiche dei Colli Berici. I Monti Berici sono costituiti da rocce di età compresa tra il Cretaceo Sup. ed il Miocene. I termini più antichi della serie affiorano ai margini sud-orientali dei Berici e sono rappresentati dalla Scaglia Rossa, testimone di un ambiente di sedimentazione di mare aperto e relativamente profondo.

Alla fine del Cretaceo cambiano radicalmente le caratteristiche fisiche e chimiche dell'ambiente di sedimentazione, molto probabilmente a causa di importanti movimenti tettonici precursori del ciclo eruttivo paleogenico del Veneto occidentale. La deposizione dei sedimenti, finora regolare, subisce un'interruzione e i depositi paleoceni qui vengono a mancare completamente. La lacuna stratigrafica, che perdura nei Berici fino all'Eocene Inf., è marcata dalla presenza di tipici "hard grounds" al tetto della Scaglia Rossa, conseguenza molto probabile dell'instabilità del fondo marino di tale fase.

Proprio nell'Eocene Inf. cominciano le prime manifestazioni vulcaniche di tipo basaltico in ambiente sottomarino, a partire dalle vicine aree lessine, per estendersi nei Berici verso l'Oligocene. L'attività vulcanica è direttamente collegabile con la tettonica e in particolare con la presenza della nota fossa tettonica dell'"Alpone-Chiampo", ove si depositarono tutti i materiali vulcanici e vulcanoclastici prodotti in situ o provenienti dalle aree circostanti il graben stesso.

La composizione di queste rocce vulcaniche risulta esclusivamente basica, con termini che vanno dai basalti olivini alle limburgiti, con tutti i tipi di passaggio fra le varie composizioni mineralogiche.

Durante l'Eocene medio, nella zona occidentale del graben (zone di Sarego-Lonigo-Brendola) vi era un ambiente caratterizzato da apparati vulcanici che hanno dato luogo a depositi basaltici e tufitici, con formazione di lagune, laghi salati e bassi fondali. Al finire dell'Eocene medio, quest'area, in seguito a grande accumulo di prodotti vulcanici va in emersione.

Nella parte orientale, invece, al di là di una linea ideale che unisce le località di Alonte-Spiazzo-Grancona, non si verificano interruzioni della sequenza sedimentaria e la successione lutezianobartoniana-priaboniana appare continua. In tale periodo pertanto i Berici Occidentali rappresentavano una striscia di terra lambita dal mare sia ad est dove si accumulavano i "Calcari Nummulitici", sia ad ovest, dove si depositavano i prodotti vulcanici ("graben dell'Alpone Chiampo").

Successivamente, nell'Eocene Sup. (Priaboniano), ebbe inizio una nuova fase trasgressiva da est verso ovest, durante la quale si depositò un vero e proprio conglomerato basale, ("orizzonte a Cerithium diabolii"). Al di sopra di esso si sedimenta la formazione geologica la Formazione di Priabona. Questa è costituita da un potente complesso di strati calcarei prevalentemente marnosi, che nei Berici orientali poggia direttamente sui Calcari nummulitici ed è praticamente in eteropia di facies con le formazioni vulcaniche occidentali. La formazione di Priabona si depositò in un ambiente di piattaforma con mare poco profondo, fangoso e ricco di organismi. Questo bacino molto probabilmente era alimentato da nord da apporti terrigeni fini di tipo siltoso e provenienti da terre emerse, corrispondenti grosso modo all'attuale fascia pedemontana del recoarese-valdagnese.

La parte sommitale della formazione è caratterizzata da un potente complesso di argille e argille marnose azzurrine costituenti le "marne a briozoi".

Le marne a briozoi, che affiorano per es. a Brendola e a Montecchio M. segnano il successivo passaggio all'Oligocene e sono testimoni del passaggio da un ambiente marino con il fondale poco profondo e ricoperto da una vera prateria algale, a condizioni di piattaforma carbonatica con scogliera corallina ed algale (Formazione delle Calcareniti di Castelvetro). Probabilmente nell'Oligocene vi era la presenza di un'estesa laguna delimitata a NW dalla terraferma della fascia pedemontana valdagnese e reoarese e a SE da una scogliera corallina ed algale che andava da Lumignano a Mossano.

Al di là della barriera corallina corrispondente al margine SE dei M. Berici si estendeva il mare aperto, dove i depositi oligoceni corrispondono alle Marne Euganee.

Alla fine dell'Oligocene riprende l'attività vulcanica che era cessata per tutto l'Eocene sup. durante la deposizione del Priaboniano. Tale attività è testimoniata dalla presenza di numerosi necks vulcanici o diatremi che si trovano un po' su tutto il rilievo in esame.

Nell'Oligocene sup. la laguna si colma gradualmente ed emerge. Con il Miocene inf. comincia una nuova trasgressione marina (Arenarie di S.Urbano) che si evolve fino al Miocene medio con la deposizione delle Marne argillose del M. Costi, affioranti solo nei Lessini Vicentini Orientali.

Nei periodi successivi, l'orogenesi alpina ha portato progressivamente alla completa emersione dal mare le formazioni sopradescritte formando i rilievi collinari che l'erosione ha modellato gradatamente fino alle forme attuali.

Secondo la letteratura geologica la stratigrafia di questa porzione dei Berici comprende una serie di formazioni con una età che si estende dall'Eocene Medio all'Oligocene. All'interno delle litologie calcaree, si possono intercettare depositi di origine vulcanica legati agli episodi di vulcanesimo subcrostale verificatisi nel Paleogene.

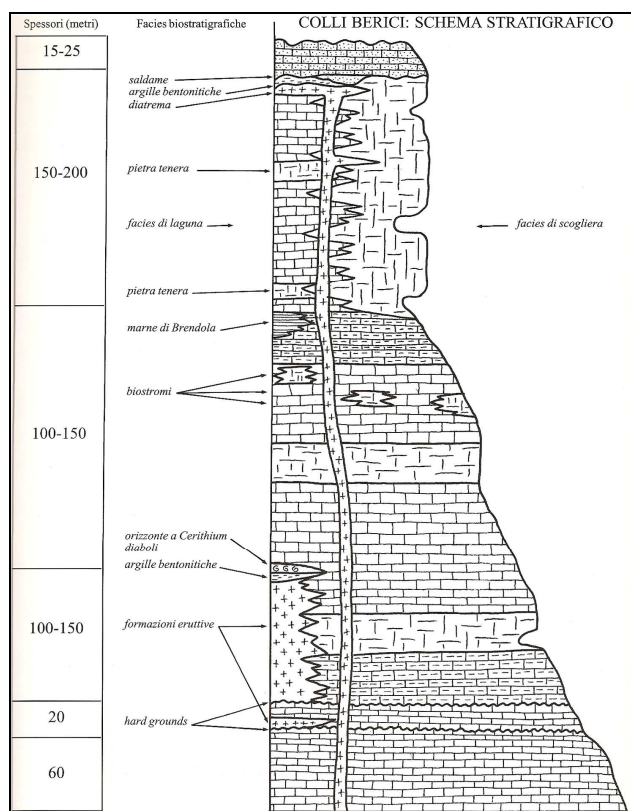


Figura 13: Schema stratigrafico del Colli Berici tratto da pagina 43 de " Il Lago e le Valli di Fimon" di Alberto Girardi e Francesco Mezzalana, Publigráfica Editrice.

3.5 Caratteristiche idrogeologiche

L'aspetto idrogeologico dell'area non può essere trascurato nel nostro studio in quanto l'Alta e la Media pianura vicentina sono caratterizzate da un patrimonio idrico sotterraneo di importanza notevole. Gli acquiferi di questa zona, infatti, costituiscono la fonte di approvvigionamento idrico per la maggior parte del territorio provinciale vicentino e contribuiscono ad alimentare la rete acquedottistica di buona parte della provincia di Padova. Dal punto di vista Idrogeologico, quindi, la pianura alluvionale può essere suddivisa in tre zone principali denominate rispettivamente zona di ricarica, zona delle risorgive e zona di accumulo (**vedi figura 14**).

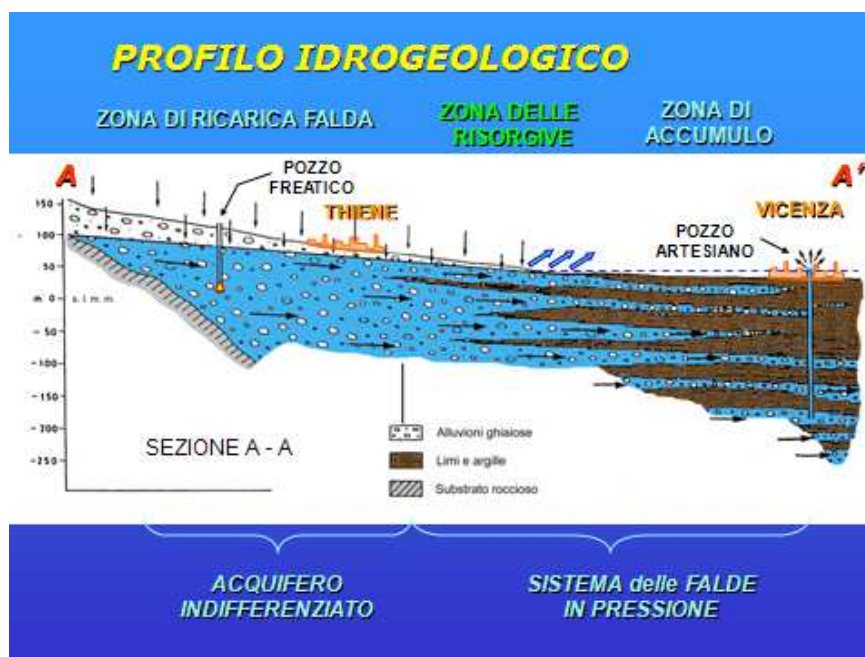


Figura 14: profilo idrogeologico della piana alluvionale vicentina

Zona di ricarica: individuata dal materasso alluvionale (ghiaioso-sabbioso) indifferenziato che caratterizza la parte a nord delle risorgive, detta **alta pianura**. In questa zona si rileva la presenza di un'unica falda a superficie libera (acquifero indifferenziato). La profondità della superficie freatica di tale falda è molto variabile, massima al limite settentrionale e decrescente verso valle, fino ad annullarsi nella zona delle risorgive. Il livello piezometrico della falda freatica non è costante, ma varia nell'anno. Essendo infatti direttamente connesso al regime dei corsi d'acqua, la falda è soggetta a due periodi di secca e due periodi di piena. La ricarica della falda può avvenire esclusivamente in questa zona, in cui la falda è a diretto contatto con la superficie topografica.

Zona delle risorgive: in questa zona la superficie freatica interseca il piano campagna, creando risorgive e fontanili. Le risorgive originano molti corsi d'acqua e il loro limite superiore corrisponde con l'intersezione della superficie freatica con quella topografica (non è quindi un limite "fisso", ma subisce variazioni perché risente delle oscillazioni della superficie freatica della falda), mentre il limite inferiore è dovuto all'affioramento degli strati argillosi impermeabili.

Zona di accumulo: la presenza di strati di argilla sovrapposti genera una differenziazione in falde sovrapposte in pressione che danno luogo ad un acquifero multistrato. Delle circa sette diverse falde acquifere presenti, quelle più profonde costituiscono la più importante fonte di approvvigionamento a scopi acquedottistici e sono collocate all'interno delle ghiaie ubicate dalla profondità di 27-27m dal p.c. Tali falde sono spesso state intercettate anche nel corso delle prove geognostiche eseguite ed esaminate per il presente studio (**vedi Figure 15-16**)



Figura 15: falda idrica in pressione a -34m dal p.c.: CAMPAGNA GEOGNOSTICA: dallo studio geologico per la variante alla S.P.46 VICENZA-ISOLA V.NA



Figura 16: falda idrica in pressione a -27m risalita dal foro di una prova penetrometrica CPTU: ns. archivio

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 Studi geognostici e indagini geognostiche e geofisiche pregresse

La prima fase di lavoro è consistita nella raccolta e analisi di tutti i dati disponibili sul territorio comunale finalizzati alla costruzione stratigrafica, attribuzione dei parametri geotecnici ai litoitipi presenti e in particolare allo scopo di definire il modello geologico del sottosuolo del territorio comunale.

I dati derivano da n.44 Studi Geologici forniti dall'Amministrazione comunale di Vicenza da cui sono stati presi in esame principalmente sondaggi geognostici, prove penetrometriche e analisi di laboratorio su campioni indisturbati di terreni.

I dati raccolti sono risultati essere distribuiti abbastanza omogeneamente su tutto il territorio comunale anche se in molti casi le prove in sito sono risultate piuttosto carenti di dati utili al ns. studio.

4.2 Nuove indagini geognostiche e geofisiche eseguite

Allo scopo di approfondire e definire più in dettaglio il modello geologico del sottosuolo (profondità del bedrock sismico, dello spessore del deposito di copertura, ecc.) e la ricostruzione dei profili di velocità di propagazione delle onde di taglio "S", è stata eseguita una nuova e specifica campagna di indagini di tipo geotecnico e geofisico, consistita nell'esecuzione di:

- ✓ **n° 6 prove penetrometriche statiche spinte alla profondità di -26.00 m dal piano campagna;**
- ✓ **n° 25 rilievi geofisici di tipo sismico a rifrazione, con determinazione delle Vs30, del tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh);**
- ✓ **N° 50 indagini di sismica passiva a stazione singola HVSR (microtremore ambientale).**

Queste indagini sono state illustrate nella **"carta delle NUOVE indagini"** eseguite.

Tutte le prove suddette (pregresse e nuove), di tipo geognostico, geofisico e geotecnico sono state elencate nella **tabella 1a-1b** e illustrate nell'allegato cartografico **"carta delle indagini"**, illustrata in dettaglio nei paragrafi successivi.

Indagini di tipo puntuale

Tipo di indagine	n. singola prova	Area dell'indagine	Codice indagine ID	Sigla prova
Cpt	1	Ca Balbi	024116P1	cpt
HVSR	4	Area mercato ortofrutticolo	024116P124	hv
Sondaggio	5	Autostrada	024116P179	s-sp-spt-sc
Sondaggio	6	Autostrada	024116P180	s-sp-spt-sc
Piezometro	1	Basilica Palladiana	024116P173	s-sp-pe
Piezometro	2	Basilica Palladiana	024116P174	s-sp-pe
Piezometro	3	Basilica Palladiana	024116P175	s-sp-pe
Sondaggio	1	Basilica Palladiana	024116P47	s-sp-spt-sc
Sondaggio	2	Basilica Palladiana	024116P48	s-sp-spt-sc
Sondaggio	3	Basilica Palladiana	024116P93	s-sp-spt-sc
Sondaggio	1	Ex Acciaieria Beltrame	024116P183	s-sp-sc
Sondaggio	2	Ex Acciaieria Beltrame	024116P184	s-sp-sc
Sondaggio	3	Ex Acciaieria Beltrame	024116P185	s-sp-sc
Sondaggio	4	Ex Acciaieria Beltrame	024116P186	s-sp
Sondaggio	5	Ex Acciaieria Beltrame	024116P187	s-sp-sc

HVSR	1	Ca Balbi	024116P2	hv
Sondaggio	1	Ciclabile Saviabona - E	024116P189	s
Sondaggio	2	Ciclabile Saviabona - F	024116P191	s
HVSR	8	Cimitero	024116P128	hv
CPT	1	Cimitero Monumentale	024116P119	cpt
Sondaggio	1	Corso San Felice	024116P97	s-sp-sc
Sondaggio	2	Corso San Felice	024116P98	s-sp-sc
CPT	2	Loc. Ospedaletto	024116P100	cpt
CPT	3	Loc. Ospedaletto	024116P101	cpt
CPT	1	Loc. Ospedaletto	024116P99	cpt
DPM	1	Loc. Tormeno	024116P39	dpm
HVSR	2	Parco giochi stadio comunale	024116P122	hv
Sondaggio	1	Pettinatura	024116P55	s-sp
Sondaggio	2	Pettinatura	024116P56	s-sp
Sondaggio	3	Pettinatura	024116P57	s-sp
Sondaggio	4	Pettinatura	024116P58	s-sp
Sondaggio	3	Pettinatura	024116P59	s-sp
HVSR	1	Piazza delle Biade	024116P121	hv
HVSR	15	Piazzale della Vittoria	024116P135	hv
HVSR	1	Piazzale della Vittoria	024116P192	hv
CPTU	1	Rotonda Diaz	024116P114	cptu
HVSR	20	SP19	024116P140	hv
HVSR	32	SP19	024116P152	hv
HVSR	27	SP19 pressi museo Risorgimento	024116P147	hv
DPSH	1	SR 11 Padana	024116P41	dp
DPSH	2	SR 11 Padana	024116P42	dp
DPSH	3	SR 11 Padana	024116P43	dp
Sondaggio	1	Strada Bertesina	024116P51	s-sp
CPT	1	Strada Bertesina	024116P52	cpt
CPT	2	Strada Bertesina	024116P53	cpt
CPT	3	Strada Bertesina	024116P54	cpt
HVSR	44	Strada Coltura del Tesina	024116P164	hv
HVSR	38	Strada del Casale	024116P158	hv
HVSR	19	Strada della Carpaneda	024116P139	hv
HVSR	17	Strada della Parolina	024116P137	hv
HVSR	22	Strada della Porciglia	024116P142	hv
HVSR	31	Strada delle Caperse	024116P151	hv
HVSR	1	Strada delle Caperse	024116P194	hv
CPT	1	Strada delle Caperse	024116P196	cpt
HVSR	34	Strada delle Cattane	024116P154	hv
HVSR	10	Strada delle Risaie	024116P130	hv
HVSR	18	Strada di Quintarello	024116P138	hv
HVSR	30	Strada di San Rocco	024116P150	hv
HVSR	28	Strada Monte Grande	024116P148	hv
HVSR	23	Strada Pelosa	024116P143	hv
HVSR	45	Strada Ponte del Marchese	024116P165	hv
CPT	1	Strade delle Maddalene	024116P94	cpt

CPT	2	Strade delle Maddalene	024116P95	cpt
Sondaggio	1	Valbruna	024116P24	s-sp
Sondaggio	2	Valbruna	024116P25	s-sp
Sondaggio	3	Valbruna	024116P26	s-sp
Sondaggio	4	Valbruna	024116P27	s-sp
Sondaggio	5	Valbruna	024116P28	s-sp
Sondaggio	6	Valbruna	024116P29	s-sp
Sondaggio	7	Valbruna	024116P30	s-sp
Sondaggio	8	Valbruna	024116P31	s-sp
Sondaggio	9	Valbruna	024116P32	s-sp
HVSR	35	Via Alfonso La Marmora	024116P155	hv
CPT	1	Via Bassano	024116P120	cpt
CPTU	1	Via Bassano	024116P200	cptu
CPT	4	Via Bertesina	024116P44	cpt
CPT	10	Via Bertesina	024116P45	cpt
HVSR	43	Via Carlo Scarpa	024116P163	hv
Sondaggio pz	19	via Dei Cappuccini	024116P78	s-sp
Sondaggio pz	20	via Dei Cappuccini	024116P79	s-sp-sc
Sondaggio pz	21	via Dei Cappuccini	024116P80	s-sp-sc
Sondaggio pz	22	via Dei Cappuccini	024116P81	s-sp-sc
Sondaggio pz	23	via Dei Cappuccini	024116P82	s-sp
Sondaggio pz	24	via Dei Cappuccini	024116P83	s-sp
HVSR	42	Via del Tormeno	024116P162	hv
Hvsr	1	Via dell'Economia	024116P197	hv
CPT	1	Via dell'Economia	024116P20	cpt
CPT	1	Via Fabris	024116P40	cpt
HVSR	6	Via Falzarego	024116P126	hv
Sondaggio	1	Via Franchetti	024116P50	s-sp-sc
DPSH	1	Via Gentiloni	024116P115	dp
DPSH	2	Via Gentiloni	024116P116	dp
DPSH	3	Via Gentiloni	024116P117	dp
DPSH	4	Via Gentiloni	024116P118	dp
Permeabilità	1	via Granatieri di Sardegna	024116P84	st
CPT	1	via Granatieri di Sardegna	024116P85	cpt
CPT	2	via Granatieri di Sardegna	024116P86	cpt
CPT	3	via Granatieri di Sardegna	024116P87	cpt
CPT	4	via Granatieri di Sardegna	024116P88	cpt
CPT	5	via Granatieri di Sardegna	024116P89	cpt
CPT	6	via Granatieri di Sardegna	024116P90	cpt
CPT	7	via Granatieri di Sardegna	024116P91	cpt
CPT	8	via Granatieri di Sardegna	024116P92	cpt
HVSR	9	Via Lago di Como	024116P129	hv
DPM	1	Via Lago di Lugano	024116P69	dpm
DPM	2	Via Lago di Lugano	024116P70	dpm
DPM	2	Via Lago di Lugano	024116P71	dpm
DPM	3	Via Lago di Lugano	024116P72	dpm
HVSR	11	Via Marosticana	024116P131	hv

CPT	1	Via Mascagni	024116P23	cpt
CPTU	1	Via Mercato Nuovo	024116P199	cptu
HVSR	12	Via P. M. Zaguri	024116P132	hv
HVSR	14	Via P. M. Zaguri	024116P134	hv
HVSR	40	Via Paolo Calvi	024116P160	hv
Sondaggio	1	Via Parolina	024116P60	s-sp-sc
Sondaggio	2	Via Parolina	024116P61	s-sp-sc
CPT	1	Via Parolina	024116P62	cpt
CPT	2	Via Parolina	024116P63	cpt
CPT	3	Via Parolina	024116P64	cpt
CPT	4	Via Parolina	024116P65	cpt
CPT	5	Via Parolina	024116P66	cpt
CPT	1	Via Pizzolati	024116P67	cpt
CPT	4	Via Pizzolati	024116P68	cpt
HVSR	13	Via Postumia	024116P133	hv
CPT	1	Via Prati	024116P38	cpt
HVSR	50	Via Primo Maggio	024116P170	hv
HVSR	16	Via Remondini	024116P136	hv
DPSH	1	Via Remondini	024116P36	dp
CPT	2	Via Remondini	024116P37	cpt
HVSR	37	Via Ridolfi	024116P157	hv
CPT	1	Via Riello	024116P21	cpt
DPSH	1	Via Riello	024116P22	dp
HVSR	7	Via Rolle	024116P127	hv
CPT	1	Via San Cristoforo	024116P109	cpt
CPT	2	Via San Cristoforo	024116P110	cpt
CPT	3	Via San Cristoforo	024116P111	cpt
CPT	4	Via San Cristoforo	024116P112	cpt
HSVR	1	Via San Cristoforo	024116P113	hv
HVSR	39	Via San Martino	024116P159	hv
HVSR	29	Via Sardegna	024116P149	hv
CPT	4	via Saviabona	024116P10	cpt
DPSH	2	via Saviabona	024116P11	ds
DPSH	3	via Saviabona	024116P12	ds
Permeabilità	1	via Saviabona	024116P13	st
Permeabilità	2	via Saviabona	024116P14	st
Permeabilità	3	via Saviabona	024116P15	st
Permeabilità	4	via Saviabona	024116P16	st
Permeabilità	5	via Saviabona	024116P17	st
Permeabilità	6	via Saviabona	024116P18	st
Permeabilità	7	via Saviabona	024116P19	st
Sondaggio	1	via Saviabona	024116P3	s-sp-sc
Sondaggio	2	via Saviabona	024116P4	s-sp-sc
Sondaggio	3	via Saviabona	024116P5	s-sp-sc
Sondaggio	4	via Saviabona	024116P6	s-sp-sc
Sondaggio	5	via Saviabona	024116P7	s-sp-sc
CPT	1	Via Saviabona	024116P9	cpt

CPT	1	Via Sisemol	024116P33	cpt
CPT	2	Via Sisemol	024116P34	cpt
CPT	3	Via Sisemol	024116P35	cpt
CPT	1	Via Turra	024116P102	cpt
CPT	2	Via Turra	024116P103	cpt
HVSR	26	Via Vigolo	024116P146	hv
DPM	1	Via X Giugno	024116P105	dpm
DPM	2	Via X Giugno	024116P106	dpm
DPM	3	Via X Giugno	024116P107	dpm
HVSR	1	Via X Giugno	024116P108	hv
HVSR	46	Viale anconetta	024116P166	hv
HVSR	48	Viale Arturo Ferrarin	024116P168	hv
HVSR	47	Viale Cricioli	024116P167	hv
HVSR	33	Viale del progresso	024116P153	hv
HVSR	25	Viale della Tecnica	024116P145	hv
Sondaggio	1	Viale dello Stadio	024116P188	s
HVSR	41	Viale Fusinieri	024116P161	hv
HVSR	24	Viale Leonardo da Vinci	024116P144	hv
HVSR	36	Viale Mazzini	024116P156	hv
HVSR	21	Viale Riviera Berica	024116P141	hv
HVSR	49	Viale San Lazzaro	024116P169	hv
HVSR	3	Viale Torino	024116P123	hv
CPTU	1	Viale Torino	024116P198	cptu
HVSR	5	Viale Trento	024116P125	hv
DPSH	1	Viale X Giugno	024116P104	dp

Tabella 1a

Indagini di tipo lineare

Numero	Tipo di indagine	Codice indagine ID	Area dell'indagine
7	masw	024116L7	Via Rolle
1	masw	024116L1	Piazza delle Biade
10	masw	024116L10	Strada delle Risaie
11	masw	024116L11	Via Marosticana
2	masw	024116L2	Via Bassano
21	masw	024116L21	Viale Riviera Berica
20	masw	024116L20	SP19
22	masw	024116L22	Strada della Porciglia
23	masw	024116L23	Strada Pelosa
25	masw	024116L25	Viale della Tecnica
24	masw	024116L24	Viale Leonardo da Vinci
18	masw	024116L18	Strada di Quintarello
16	masw	024116L16	Via Remondini
13	masw	024116L13	Via Postumia
14	masw	024116L14	Viale della Pace

15	masw	024116L15	Piazzale della Vittoria
12	masw	024116L12	Via P. M. Zaguri
8	masw	024116L8	Cimitero
4	masw	024116L4	Area Mercato Ortofrutticolo Via Mercato Nuovo
5	masw	024116L5	Viale Trento
19	masw	024116L19	Strada della Carpaneda
6	masw	024116L6	Via Falzarego
9	masw	024116L9	Via Lago di Como
3	masw	024116L3	Via Torino
17	masw	024116L17	Strada della Parolina
1	remi	024116L26	Autostrada BS-VR-VI-PD S.p.a.

Tabella 1b

Il codice delle indagini corrisponde alle seguenti tipologie:

- DP Prova penetrometrica pesante
- DPM Prova penetrometrica leggera
- CPT Prova penetrometrica statica
- CPTU Prova penetrometrica statica con piezocono
- SPT standard penetration test
- S Sondaggio a carotaggio continuo
- SM Sondaggio con installazione piezometrica
- HVSR Prova a microtremore a stazione singola
- MASW Prova sismica Masw
- REMI prova sismica remi

4.2.1 Nuove prove penetrometriche statiche tipo CPTU eseguite

Per ottenere migliori informazioni di tipo geotecnico e idrogeologico, relative ad alcune aree specifiche, sono state realizzate **sei** nuove indagini penetrometriche statiche tipo (CPTU) ubicate n.2 in Via Torino (area 1) n.2 in Via Mercato Nuovo (area 2) e n.2 in Via Bassano (area 3).

Le prove statiche CPTU sono più adatte a terreni a grana medio-fine, mentre le prove dinamiche possono raggiungere profondità più elevate anche in caso di granulometrie più grossolane.

In questo caso si è ritenuto opportuno utilizzare un penetrometro statico poiché l'indagine era rivolta principalmente alla verifica del fenomeno della liquefazione dei terreni in caso di sisma che si realizza quasi esclusivamente in depositi sabbioso-limosi e quindi adeguati a tale tipo di strumento.

Di seguito sono descritte le tre aree indagate con il numero di prova con la profondità:

1. AREA 1 ubicata in Via Torino: PROVA CPTU N.1 (prof. 26,76m dal p.c.) PROVA CPTU N.2 (prof. 10,73m dal p.c.) (**vedi carta delle nuove indagini e relazione geologica via Torino nella cartella INDAGINI/DOCUMENTI**);

2. AREA 2 ubicata all'interno del MERCATO ORTOFRUTTICOLO sito in Via Mercato Nuovo: PROVA CPTU N.1 (prof. 20,86m dal p.c.) PROVA CPTU N.2 (prof. 10,78m dal p.c.) (**vedi carta delle nuove indagini e relazione geologica via Mercato Nuovo nella cartella INDAGINI/DOCUMENTI**);

3. AREA 3 ubicata in Via Bassano (ZONA STADIO R. MENTI): PROVA CPTU N.1 (prof. 25,77m dal p.c.) PROVA CPTU N.2 (prof. 10,54m dal p.c.) (**vedi carta delle nuove indagini e relazione geologica via Bassano nella cartella INDAGINI/DOCUMENTI**).

Per una dettagliata trattazione, valutazione della procedura di acquisizione ed elaborazione e quindi della qualità del dato, si rimanda alle Relazioni Geologiche di Via Torino, Via Mercato Nuoco e Via Bassano, allegate nella cartella INDAGINI/DOCUMENTI della struttura di Archiviazione.

4.3 Parametri geotecnici, unità geotecniche e geofisiche

Tenendo in considerazione solo i litotipi intercettati dai sondaggi geognostici a carotaggio continuo esaminati, ed eseguiti esclusivamente nell'area della piana alluvionale (facendo rimanere scoperte le aree collinari dei M.ti Berici), le unità geolitologiche presenti nell'area di pianura possono ritenersi assimilabili essenzialmente ai seguenti gruppi litologici:

1. *Materiali di riporto con spessore anche superiore a 3mt costituito da detriti anche di natura e pezzatura varia, in matrice limosa-argillosa e sabbiosa e ghiaiosa poco addensati e talvolta con livelli sottilissimi di limo brunastro con sostanza organica riconducibile ad un vecchio suolo testimonianza di diverse fasi di riempimento. I materiali di riporto, che solo localmente risultano avere spessori superiori a 3.00m, si rinvengono nelle aree di accumulo artificiale per riporto poste specialmente nelle aree industriali e lungo l'alveo dell'Astichello.*
2. *Depositi alluvionali costituiti da livelli prevalentemente sabbiosi spessi alcuni metri, argille e limi più o meno sabbiosi costituiti in strati potenti anche alcune decine di metri. La componente grossolana ghiaiosa in matrice sabbiosa assume una certa importanza a profondità superiori dei 30m nella parte centrale del territorio comunale (vedi studio per scambio termico per la Basilica Palladiana della Sinergeo srl) che risale di quota nella parte settentrionale del territorio comunale.*

4.3.1 Parametri Geotecnici

Indicazioni sui parametri fisico meccanici indicativi dei litotipi che caratterizzano il territorio comunale sono riportati nella **tabella 2** sottostante e derivano dalle varie bibliografie geotecniche consultate e dalle NUOVE e PREGRESSE prove geotecniche acquisite. Tali parametri sono riferibili ai terreni di copertura superficiale che caratterizzano il territorio comunale.

MATERIALI DI RIPORTO		
Peso specifico dei granuli	2.311	gr/cmc.
Peso dell'unità di volume	1.207	gr/cmc.
Densità secca	0.891	gr/cmc.
Umidità naturale	35.47	%
Porosità	61.43	%
Indice dei pori	1.514	
Grado di saturazione	0.514	
Angolo di attrito interno	21°	
Coesione	0.129	Kg/cmq.
Modulo di compressibilità	33.11	Kg/cmq.
Coefficiente di compressibilità	0.0302	cmq/Kg.
Indice di compressibilità	0.641	
Coefficiente di permeabilità	3.7x10e-2	cm/sec.
LIMO ARGILLOSO		
Peso specifico dei granuli	2.689	gr/cmc.
Peso dell'unità di volume	1.816	gr/cmc.
Densità secca	1.351	gr/cmc.
Umidità naturale	34.42	%
Porosità	49.75	%
Indice dei pori	0.990	

Grado di saturazione	0,934	
Limite liquido	39,63	
Limite plastico	31,47	
Indice di plasticità	8,159	
Indice di liquidità	0,361	
Indice di consistenza	0,638	
Angolo di attrito interno	20°	
Coesione	0.610	Kg/cmq.
Modulo di compressibilità	125.00	Kg/cmq.
Coefficiente di compressibilità	0.0080	cmq/Kg.
Indice di compressibilità	0.095	
Coefficiente di permeabilità	4.2X10E-5	cm/sec.
GHIAIA GROSSOLANA CON SABBIA E LIMO		
Peso specifico dei granuli	2.639	gr/cmc.
Peso dell'unità di volume	1.902	gr/cmc.
Densità secca	1.535	gr/cmc.
Umidità naturale	23.91	%
Porosità	41.83	%
Indice dei pori	0.719	
Grado di saturazione	0.877	
Angolo di attrito interno	27°	
Coesione	0.479	Kg/cmq.
Modulo di compressibilità	140.85	Kg/cmq.
Coefficiente di compressibilità	0.0071	cmq/Kg.
Indice di compressibilità	0.085	
Coefficiente di permeabilità	8.6x10e-3	cm/sec.
SABBIE LIMOSE		
Peso specifico dei granuli	2.681	gr/cmc.
Peso dell'unità di volume	1.969	gr/cmc.
Densità secca	1.592	gr/cmc.
Umidità naturale	23.68	%
Porosità	40.62	%
Indice dei pori	0.684	
Grado di saturazione	0.928	
Limite liquido	55.8	
Limite plastico	21.04	
Indice di plasticità	34.76	
Indice di liquidità	0.075	
Indice di consistenza	0.924	
Angolo di attrito interno	16°	
Coesione	1.469	Kg/cmq.
Modulo di compressibilità	138.89	Kg/cmq.
Coefficiente di compressibilità	0.0072	cmq/Kg.
Indice di compressibilità	0.085	
Coefficiente di permeabilità	7.2x10e-9	cm/sec.

Tabella 2

4.3.2 Parametri Geofisici

I dati geofisici sono stati acquisiti dalle prove geofisiche eseguite per il presente studio. Queste sono state programmate e distribuite in numero sufficiente sull'intero territorio comunale al fine di caratterizzare tutte le tipologie litologiche tipiche dell'area. Per una dettagliata trattazione e valutazione della procedura di acquisizione ed elaborazione e quindi della qualità del dato, si rimanda

alla **Relazioni sulle indagini MASW e HVSR** allegate nella cartella Plot della Struttura di archiviazione Informatica.

Prove sismiche tipo MASW eseguite

Nella tabella 3 sono elencate le prove sismiche MASW eseguite con indicate le Vs30 determinate e le categorie di Suoli di Fondazione corrispondenti (D.M. 14/01/2008).

Prospezione sismica	$V_{s\ 0-30}$ (m/s)	Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 14/01/2008)
MASW n.1	[324]	C
MASW n.2	[253]	C
MASW n.3	[257]	C
MASW n.4	[252 ÷ 253]	C
MASW n.5	[268 ÷ 270]	C
MASW n.6	[668 ÷ 669]	B
MASW n.7	[250]	C
MASW n.8	[279 ÷ 280]	C
MASW n.9	[267]	C
MASW n.10	[268 ÷ 269]	C
MASW n.11	[299]	C
MASW n.12	[317 ÷ 319]	C
MASW n.13	[279 ÷ 280]	C
MASW n.14	[323]	C
MASW n.15	[750]	B
MASW n.16	[272 ÷ 273]	C
MASW n.17	[254 ÷ 255]	C
MASW n.18	[251 ÷ 252]	C
MASW n.19	[180]	D
MASW n.20	[748]	B
MASW n.21	[277 ÷ 278]	C
MASW n.22	[250 ÷ 251]	C
MASW n.23	[255]	C
MASW n.24	[264 ÷ 265]	C
MASW n.25	[270 ÷ 271]	C

Tabella 3

Le 25 prove eseguite raggruppano il sottosuolo presente sul territorio comunale di Vicenza, essenzialmente in tre gruppi (**vedi carta delle nuove indagini**):

GRUPPO 1: Masw n.6, n.15 e n.20 con suoli tipo B:

corrispondono alle indagini sismiche eseguite sul M.te Crocetta (Masw n.6) e sui Colli Berici (Masw 15 e 20); le indagini hanno campionato una sequenza di sedimenti costituiti da materiali fratturati nei primi 15.00m M.te Crocetta (Masw n.6) e 7.00m Colli Berici (Masw 15 e 20). A tali profondità si evidenzia un contrasto di impedenza che segna il passaggio a terreni più compatti costituiti alla

formazione calcarea stratificata. Il valore di V_{s30} 668-750m/s, calcolato, inserisce i siti in categoria di suolo **B**.

In corrispondenza degli stendimenti superficiali sono state eseguite anche misure H/V che hanno evidenziato anch'esse un forte contrasto di impedenza tra i 7.00m e 15.00m di profondità imputabile probabilmente al passaggio da terreni di copertura sciolti e fratturati a depositi con grado di addensamento maggiore e compatti e un valore di frequenza propria di risonanza nel sito specifico pari a 5Hz (M.te Crocetta) e 18-23Hz (colli Berici).

GRUPPO 2: Masw n.1÷5 n.16÷18 n.21÷25 con suoli tipo C:

corrispondono alle indagini sismiche eseguite su tutta la zona pianeggiante del territorio comunale; le indagini hanno campionato una sequenza di sedimenti costituiti da materiali a basso grado di addensamento nei primi 7÷12m caratterizzati da terreni limo-sabbiosi; a tale profondità si riscontra quasi sempre un lieve contrasto di impedenza corrispondente al passaggio tra terreni limo-argilloso-sabbiosi molto poco addensati e terreni sabbiosi-limosi leggermente più addensati; dalla profondità di 25-27m le prove sismiche hanno evidenziato un contrasto di impedenza imputabile al passaggio da terreni limo sabbiosi e terreni spiccatamente più ghiaiosi. Il valore di V_{s30} 250-319m/s calcolato inserisce il sito in categoria di suolo **C**.

In corrispondenza degli stendimenti superficiali sono state eseguite anche misure H/V che hanno evidenziato e confermato anch'esse gli stessi andamenti sismo-stratigrafici.

GRUPPO 3: Masw n.19 con suoli tipo D:

la sola MASW il cui valore di V_{s30} 180m/s calcolato inserisce il sito in categoria di suolo **D è la n.19.**; l'indagine ha campionato una sequenza di sedimenti costituiti da materiali a basso grado di addensamento nei primi 29m caratterizzati da terreni limo-sabbiosi-argillosi; a tale profondità la prova sismica ha evidenziato un contrasto di impedenza imputabile al passaggio da terreni limo sabbiosi e terreni spiccatamente più ghiaiosi.

In corrispondenza dello stendimento superficiale è stata eseguita anche una misura H/V che ha evidenziato e confermato gli stessi andamenti sismo-stratigrafici.

Prove sismiche di Analisi del rumore sismico ambientale (tecnica HVSR) eseguite

La campagna di acquisizione di rumore sismico eseguita ha avuto essenzialmente due scopi:

- 1. ricostruire la profondità dei principali contrasti di impedenza acustica del sottosuolo;**
- 2. individuare particolari frequenze di risonanza dei suoli.**

Nella tabella 4 sono elencate le prove HVSR eseguite con indicate le frequenze V_{s30} determinate.

Prospezione sismica	f_0 (Hz)	Prospezione sismica	f_0 (Hz)
HV1	[1.07 Hz]	HV26	[2.59 Hz]
HV2	[1.13 Hz]	HV27	[2.32 Hz]
HV3	[1.43 Hz]	HV28	[1.01 Hz]
HV4	[1.65 Hz]	HV30	[11.35 Hz]
HV5	[1.31 Hz]	HV31	[1.19 Hz]
HV6	[5.04 Hz]	HV32	[23.99 Hz]
HV7	[1.62 Hz]	HV33	[1.83 Hz]
HV8	[1.25 Hz]	HV34	[2.35 Hz]
HV9	[1.01 Hz]	HV35	[1.25 Hz]
HV10	[1.28 Hz]	HV36	[1.71 Hz]
HV11	[1.01 Hz]	HV37	[1.22 Hz]
HV12	[3.60 Hz]	HV38	[1.28 Hz]

HV15	[5.37 Hz]	HV39	[1.22 Hz]
HV16	[1.28 Hz]	HV40	[2.35 Hz]
HV17	[0.95 Hz]	HV41	[1.20 Hz]
HV19	[2.01 Hz]	HV42	[1.25 Hz]
HV20	[18.07 Hz]	HV43	[1.31 Hz]
HV21	[1.28 Hz]	HV44	[0.49 Hz]
HV22	[1.01 Hz]	HV46	[3.60 Hz]
HV23	[1.22 Hz]	HV47	[3.60 Hz]
HV24	[1.25 Hz]	HV48	[1.22 Hz]
HV25	[1.31 Hz]	HV49	[1.46 Hz]
		HV50	[0.46 Hz]

Tabella 4

5. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Tutti gli studi di carattere geologico-tecnico esaminati, i dati geologico-stratigrafici dedotti dagli stessi, e le nuove prove geotecniche e geofisiche eseguite, hanno permesso di accertare e definire il **modello geologico indicativo del sottosuolo** di tutta l'area del comprensorio comunale di Vicenza.

5.1 modello geologico

Al fine di illustrare e rendere evidenti i rapporti lito-stratigrafici, sono state eseguite delle sezioni stratigrafiche seguendo quanto previsto dagli Standard di Rappresentazione della M.S. e rappresentative del modello medio del sottosuolo.

Le tracce delle sezioni sono state individuate anche allo scopo di descrivere le forme dei rilievi (Colli Berici) e quindi segnate perpendicolari alla linea di cresta dei rilievi presenti a sud dell'area urbanizzata dell'abitato di Vicenza (**vedi carta geologico-tecnica**).

Indicativamente il modello geologico di riferimento può essere ricondotto, almeno nel centro abitato e in tutta la zona pianeggiante, a **tre orizzonti litotecnici principali**: (**vedi FOTO 1÷6 da cassette catalogatrici dei sondaggi geognostici esaminati**):

PRIMO LIVELLO:

limi sabbiosi argillosi di colore nocciola presenti da 0.00 a 7-12m di profondità



FOTO N.1: sabbie limose-argillose giallastre della Formazione delle alluvioni limo sabbiose (da INDAGINE GEOLOGICA GEOTECNICA SUI TERRENI INTERESSATI DAL PROGETTO DI VIABILITA' DI COLLEGAMENTO DI VIALE DELLO STADIO CON AREA NUOVO TRIBUNALE IN COMUNE DI VICENZA - Dr. Darteni)



FOTO N.2: sabbie limose-argillose nocciola della Formazione delle alluvioni limo sabbiose (da INDAGINE GEOLOGICA VARIANTE SP 46 – Provincia di Vicenza)

SECONDO LIVELLO:

Sabbie fini di colore grigio presenti da 7-12m a 26-32m di profondità



FOTO N.3: sabbie limose fini grigie della Formazione delle alluvioni (da INDAGINE GEOLOGICA VARIANTE SP 46 – Provincia di Vicenza)



FOTO 4: sabbie fini alluvionali, da Studio geologico per SCAMBIO TERMICO BASILICA PALLADIANA – Sinergo srl)

TERZO LIVELLO:

Ghiaie e sabbie argillosi presenti oltre i 26m di profondità



FOTO 5: ghiaie e sabbia alluvionali, da Studio geologico per SCAMBIO TERMICO BASILICA PALLADIANA – Sinergeo srl)

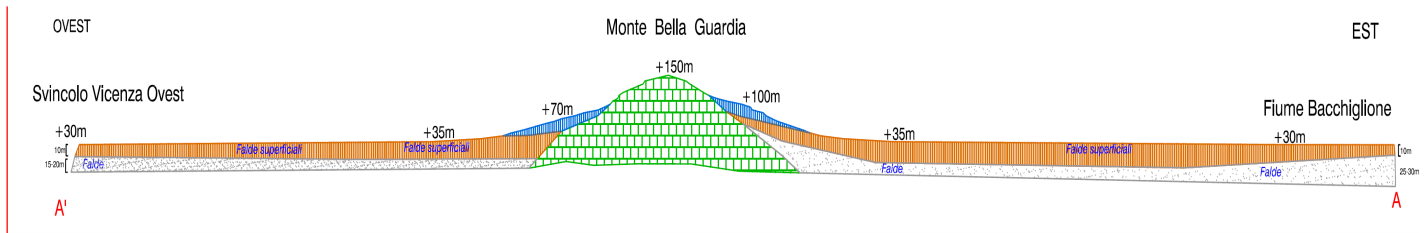


FOTO N.6: ghiaie e sabbie della Formazione delle alluvioni (da INDAGINE GEOLOGICA VARIANTE SP 46 – Provincia di Vicenza)

5.1.1 Descrizione delle singole sezioni litotecniche

Sono state tracciate n. 4 sezioni stratigrafiche al fine di illustrare indicativamente, il modello geologico del sottosuolo e dell'andamento dei terreni alluvionali e litoidi. Queste sezioni potrebbero essere utilizzate come riferimento per le eventuali modellazioni numeriche previste negli studi di M.S. successivi.

1. sezione A-A' : si estende in direzione O (zona svincolo autostradale Vi Ovest) - E (Fiume Bacchiglione) nella parte meridionale del comprensorio comunale di Vicenza passando per i Colli Berici. Le formazioni intercettate sono riconducibili ai depositi alluvionali che raggiungono uno spessore superiore ai 50m. Il settore centrale della sezione mostra il rilievo costituito da terreni litoidi dei Monti Berici (il cui spessore non è stato definito) che si immergono nella piana alluvionale.



Traccia SEZIONE GEOLOGICA I

LEGENDA

Detriti di falda sciolti

Formazioni alluvionali sciolte

Limi argilloso-sabbiosi

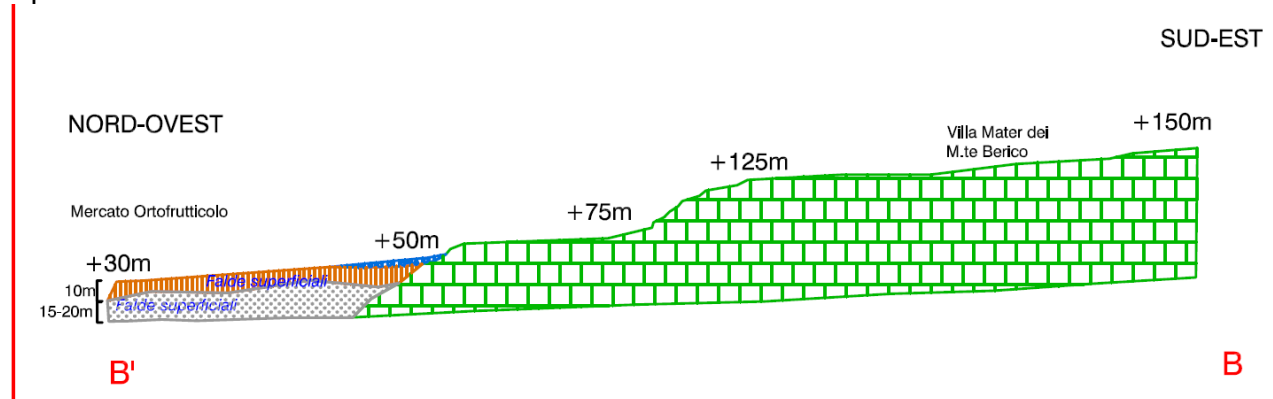
Sabbie-limose

Ghiaie

Formazione rocciosa dei Colli Berici

Calcari stratificati

2. sezione B-B': si estende in direzione N-O (Zona Mercato Ortofrutticolo) – S-E (Colli Berici). Le formazioni intercettate sono riconducibili ai depositi calcarei dei Colli Berici che da S-E si immergono nella piana alluvionale verso N-O i cui depositi sabbiosi-limo-argillosi raggiungono uno spessore superiore ai 60m.



Traccia SEZIONE GEOLOGICA II

LEGENDA

Detriti di falda sciolti

Formazioni alluvionali sciolte

Limi argilloso-sabbiosi

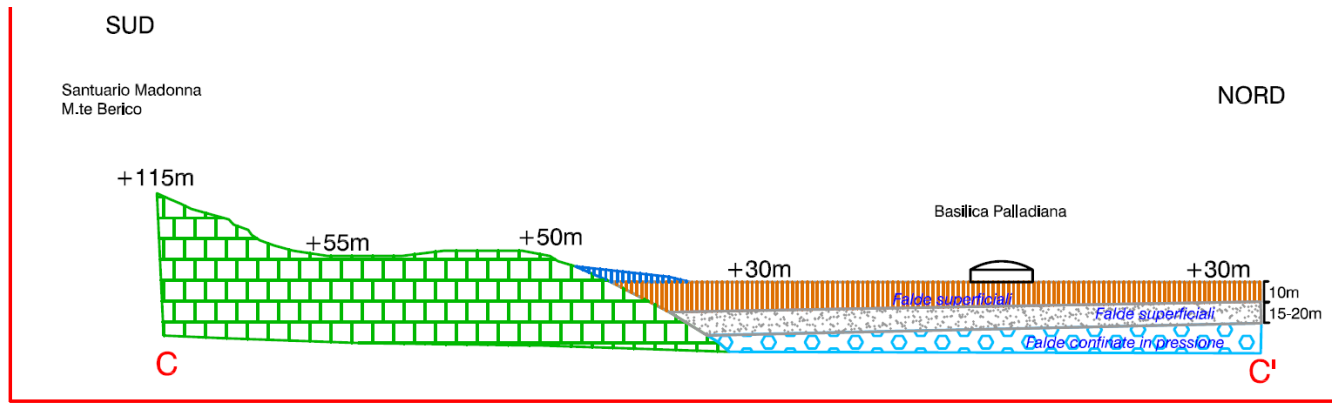
Sabbie-limose

Ghiaie

Formazione rocciosa dei Colli Berici






Calcari stratificati

3. sezione C-C': si estende in direzione S (Colli) – N (Centro storico). Le formazioni intercettate sono riconducibili ai depositi calcarei dei Colli Berici che da S si immergono nella piana alluvionale verso N i cui depositi sabbiosi-limo-argillosi raggiungono uno spessore di circa 30m dove si intercettano le ghiaie miste a sabbia più addensate.

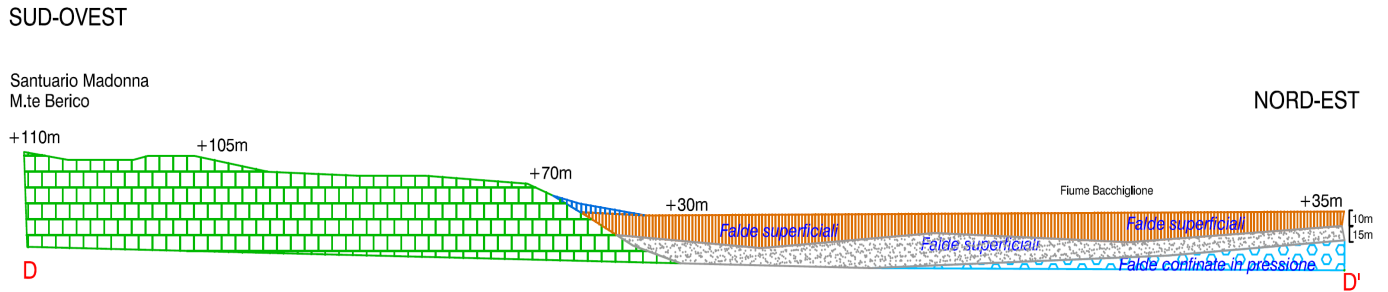


Traccia SEZIONE GEOLOGICA III

LE G E N D A






-  Detriti di falda sciolti
- Formazioni alluvionali sciolte**
-  Limi argilloso-sabbiosi
-  Sabbie-limose
-  Ghiaie
- Formazione rocciosa dei Colli Berici**
-  Calcari stratificati

3. **sezione D-D'**: si estende in direzione S-O (Colli) – N-E (Centro storico). Le formazioni intercettate sono riconducibili ai depositi calcarei dei Colli Berici che da SO si immergono nella piana alluvionale verso NE i cui depositi sabbiosi-limo-argillosi raggiungono uno spessore di circa 30m dove si intercettano le ghiaie miste a sabbia più addensate.



Traccia SEZIONE GEOLOGICA IV

LE G E N D A

-  Detriti di falda sciolti
- Formazioni alluvionali sciolte**
-  Limi argilloso-sabbiosi
-  Sabbie-limose
-  Ghiaie
- Formazione rocciosa dei Colli Berici**
-  Calcari stratificati

5.2 Modello idrogeologico

Sotto l'aspetto idrogeologico, nel territorio comunale di Vicenza si possono distinguere due complessi idrogeologici, quello di collina e quello di pianura, molto più esteso.

Complesso Idrogeologico CALCAREO-MARNOSO-VULCANICO di collina:

dipende dalle caratteristiche dei calcari e dall'andamento delle precipitazioni meteoriche: le rocce calcaree e calcareo-marnose costituenti la maggior parte dei rilievi sono dotate di una permeabilità secondaria dovuta ai fenomeni carsici ed allo stato di fratturazione.

Le caratteristiche di permeabilità delle rocce calcaree costituenti le zone collinari sono tali da permettere la formazione di un serbatoio capace di ricevere e rilasciare le acque meteoriche in profondità secondo un moto di tipo verticale.

Le intercalazioni di altra natura, generalmente poco permeabili, costituiscono il letto di questo bacino e tamponano la circolazione idrica sotterranea indirizzando la "falda" secondo una via che trova nelle sorgenti la parziale conclusione del suo percorso.

Il tampone può essere costituito dai basalti presenti intercalati ai Calcari Oligocenici o da alcune stratificazioni impermeabili incluse nei Calcari stessi: l'emergenza dell'acqua può quindi avvenire in diversi punti dello "strato tampone" in quanto la circolazione verticale può continuare lungo fessure o fratture che creano delle vie preferenziali allo scorrimento dell'acqua.

All'interfaccia collina-depositi colluviali spesso il cambio di permeabilità permette l'emergenza di acque sorgive.

Classi di Permeabilità:

A questo complesso idrogeologico appartengono:

- 1. ROCCE COERENTI PERMEABILI PER FRATTURAZIONE E CARISMO:** rocce calcaree e calcareo - marnose costituenti i rilievi collinari
- 2. ROCCE COERENTI POCO PERMEABILI E TERRENI IMPERMEABILI:** rocce vulcaniche e argille di alterazione delle vulcaniti

Complesso Idrogeologico ALLUVIONALE di pianura:

questo complesso è costituito da un materasso di materiali alluvionali e si presenta, notevolmente differenziato, sia in senso laterale che verticale, con la presenza di una falda multistrato. Nella media pianura i depositi sono rappresentati da materiali progressivamente più fini, costituiti da ghiaie e sabbie con digitazioni limose ed argillose le quali diventano sempre più frequenti da monte a valle; in questi depositi esiste una serie di falde sovrapposte, di cui la prima è generalmente libera e quelle sottostanti in pressione, localizzate negli strati permeabili ghiaiosi e/o sabbiosi intercalati alle lenti argillose dotate invece di bassissima permeabilità. Il sistema delle falde in pressione è strettamente collegato, verso monte, all'unica grande falda freatica, dalla quale trae alimentazione e che ne condiziona la qualità di base.

La zona di passaggio dal sistema indifferenziato a quello multifalde, è rappresentata da una porzione di territorio a sviluppo est-ovest, larga anche qualche chilometro e variabile nel tempo, denominata "Fascia delle risorgive". La falda si avvicina progressivamente alla superficie del suolo fino ad emergere, anche a causa della presenza delle sottostanti lenti argillose, formando le tipiche sorgenti di pianura, dette appunto risorgive (o fontanili). Esse costituiscono il "troppo pieno" della falda freatica dell'alta Pianura Veneta, e finché resteranno attive assicureranno la disponibilità idrica al Sistema Differenziato posto a valle. Si trova, nella pianura alluvionale, una vasta gamma di terreni, disposti in letti sovrapposti oppure in lenti suborizzontali, con granulometria variabile dalla sabbia con ghiaia all'argilla. E' importante sottolineare il fatto che comunque, ogni strato permeabile posto al di sotto del terreno vegetale, appare saturo d'acqua: in linea di massima si assiste quindi alla presenza di una prima falda superficiale, discontinua, ospitata da terreni sabbioso limosi poco potenti e

sovrastante un acquifero multistrato formato dalla presenza di falde confinate o semiconfinate dotate di una certa risalianza. Alla pianura, appartenente in parte al grande materasso alluvionale dei fiumi Bacchiglione Tesina, pervengono in profondità le acque delle altre porzioni collinari di territorio descritte, nonché quelle locali d'infiltrazione meteorica e dei grandi sistemi d'irrigazione agricola.

Classi di Permeabilità:

A questo complesso idrogeologico appartengono

1. TERRENI A PERMEABILITÀ MEDIO-ALTA: alluvioni di pianura sabbiose e limo argillose-sabbiosa.

RILEVAMENTO DELLA SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA NEL SOTTOSUOLO NEL CORSO DELLE PROVE GEOTECNICHE ESEGUITE

Al termine delle prove penetrometriche CPTU eseguite è stata rilevata la soggiacenza della falda freatica all'interno dei fori di sondaggio delle CPTU, i valori misurati sono riferiti al livello di piano campagna e sono riassunti nelle seguente tabella seguente. Le misurazioni sono state eseguite mediante freatimetro elettroacustico **(Vedi Foto 7)**.

Località	n. CPTU	Prof. Falda (m da p.c.)
Via Torino	1	-2.00m
	2	-2.00m
Via Mercato Nuovo	1	-1,50m
	2	-1,50m
Via Bassano	1	-1,00m
	2	-1,00m



FOTO 7. rilievo falda acquifera

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

6.1 Identificazione delle fonti dei dati

6.1.1 Dati cartografici

Gli aspetti geologici morfologici e strutturali del comprensorio comunale sono stati in gran parte ricavati dalla cartografia geologica del P.R.G. vigente fornita dall'Amministrazione Comunale.

Tutti gli elaborati cartografici del PRG sono stati integrati con informazioni e dati geologici derivanti dalle seguenti fonti:

1. verifica degli elementi geologici, geomorfologici, idrogeologici, il progetto IFFI (banca dati inventario fenomeni franosi d'Italia), progetto ITHACA, con i dati scaricati dal sito ufficiale dell'ISPRA <http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>
2. dati territoriali della Regione Veneto dal sito <http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/>
3. banca dati della Provincia di Vicenza dal sito <http://www.provincia.vicenza.it/docurbanistica/BancheDati/>
4. Ufficio Cave della Regione Veneto.

6.1.2 Dati geologico-tecnici e geofisici

Per quanto riguarda invece i dati geotecnici stratigrafici e geofisici sono stati analizzati tutti i sondaggi geognostici e prove in sito per studi geologici, messi a disposizione dal Comune. L'insieme dei dati raccolti ha evidenziato una sufficiente distribuzione degli stessi su tutto il territorio comunale. I dati geologico-tecnici acquisiti sono stati poi integrati con nuove e ulteriori prove geofisiche e geotecniche precedentemente illustrate.

6.2 Rappresentatività e incertezze

Tutti i dati raccolti sono stati illustrati nelle **carte tecniche allegate**; per quanto riguarda gli aspetti geologici e geomorfologici, è stata rilevata una buona congruenza dal confronto dei vari elementi esaminati derivati dalle fonti disponibili e sopra citate. Per quanto riguarda, invece, le informazioni ricavate dal database ITHACA si fa presente che tale progetto non rappresenta la totalità e completezza delle informazioni sulle faglie attive e capaci presenti sul comprensorio. Infatti, la banca dati è in continuo aggiornamento e inoltre anche il dettaglio delle informazioni, oltre che lo stato delle conoscenze, non è lo stesso per i diversi settori del territorio analizzati; i dati evidenziano il limite di scala legato al basso grado del livello di studio disponibile sulle strutture capaci mappate (**vedi schede allegate Par. 8.2.3**).

6.3 Punti forti e deboli

Per quanto riguarda l'insieme dei dati geologici e morfologici esaminati per l'intero comprensorio comunale, come detto, non si hanno evidenti incertezze poiché essi risultano in buon accordo tra loro e alquanto esaustivi. Per quanto riguarda invece le informazioni geognostiche e geotecniche la maggior parte di esse sono riferibili ai terreni alluvionali campionati nell'ambito della zona di pianura alluvionale. Mancano, pertanto, informazioni stratigrafiche e soprattutto geotecniche nelle aree collinari del territorio, dove la caratterizzazione degli aspetti stratigrafici e geotecnici si è basata su studi geognostici in cui sono stati utilizzati indagini geotecniche di tipo penetrometrico che, per le loro caratteristiche, non possono spingersi oltre certe profondità in aree con terreni rocciosi. I dati geofisici risultano sufficienti per le valutazioni geofisiche richieste dal presente studio soprattutto grazie alle 25 prospezioni geofisiche tipo MASW e alle 50 prospezioni HVSR distribuite in maniera omogenea su tutto il territorio comunale. Sotto l'aspetto geotecnico, le n.6 prove penetrometriche tipo CPTU eseguite e spinte fino alla profondità massima di 27m, hanno consentito anch'esse di avere un buon termine di confronto e paragone con le prove già in possesso dell'Amministrazione Comunale (**vedi "Carta delle Nuove Indagini" eseguite**) ma comunque il dato risulta limitato alle aree indagate.

6.4 Programmazione di future indagini

Per quanto sopra esposto si ritiene quindi necessario, per gli studi dei livelli successivi, l'integrazione e la programmazione di una nuova campagna di indagini finalizzata soprattutto alla definizione degli aspetti geofisici e geotecnici dei terreni in sito nelle aree

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONI E RISULTATI

7.1 Elaborazioni dei dati di base per amplificazioni

È noto che le condizioni geologiche e topografiche (condizioni locali) giocano un ruolo importante sul grado di movimento del terreno causato da terremoti.

L'ampiezza delle onde sismiche, infatti, subisce significative modificazioni quando esse attraversano terreni morbidi (coperture superficiali), sovrastanti il bedrock sismico. Tale fenomeno (amplificazione sismica) influenza maggiormente l'ammontare dei danni sulle strutture. I fattori che contribuiscono all'amplificazione sono essenzialmente di tipo litologico (tipo di terreno, spessore, caratteristiche fisico-meccaniche) e morfologico (creste, bordi di terrazzi, zone di ciglio, picchi isolati).

I dati disponibili e reperiti hanno consentito di localizzare alcune zone nelle quali per caratteristiche litologiche e di andamento topografico o morfologico non si può escludere il verificarsi di fenomeni di amplificazione litostratigrafica o morfologica o di entrambe.

Le microzone sono illustrate e descritte nei paragrafi successivi.

In tale fase di studio, anche se non è richiesta, la quantificazione numerica dei parametri geofisici è stata determinata grazie alle numerose prove geofisiche eseguite.

In particolare l'acquisizione dei n.50 valori della frequenza principale o, comunque, ritenuta più significativa ai fini della presente indagine ed il valore del picco secondario, ha consentito di redigere **la carta delle frequenze fondamentali** illustrata in allegato e nella cartella PLOT/MS della struttura di archiviazione.

7.1.1 Descrizione della carta delle frequenze fondamentali (in allegato e archiviata nella cartella Plot della struttura di archiviazione informatica)

Per ogni punto è riportato il valore della frequenza principale o, comunque, ritenuta più significativa ai fini della presente indagine; per alcuni punti è stata segnalata l'assenza di un evidente picco di risonanza (**HV13 - HV14 - HV18 - HV27 - HV29 - HV45**). Si è proceduto a costruire cinque range di frequenza. Su ogni punto di misura è stato riportato solo il valore della frequenza principale e, comunque, il simbolo ha sempre colore diverso in funzione dell'intervallo di appartenenza.

L'esame della carta consente di fare le seguenti considerazioni:

- nella zona pianeggiante/alluvionale di Vicenza sono presenti classi di frequenza con andamento abbastanza regolare, con i picchi di risonanza che hanno frequenze inferiori a 2Hz, le quali sono attribuibili ad un contrasto di impedenza sismica molto profondo. Le informazioni litostratigrafiche acquisite dalle indagini geognostiche indicano che il passaggio tra i depositi alluvionali limo-sabbiosi e le ghiaie si verifica a profondità variabili tra 25 e 35 m;
- tre misure di frequenza ubicate nella zona nord orientale mostrano un'area con picchi di risonanza a frequenze tutte di 3,6 Hz (**misura n.12 - 46 - 47**). Sulla base dei dati litostratigrafici disponibili è presumibile che tali valori siano attribuibili a contrasti di impedenza più evidente all'interno del materasso alluvionale (livelli cementati);
- sui Colli Berici e sul Monte Crocetta, dove il substrato è sub-affiorante le frequenze sono elevate (11 - 18 - 23 Hz). Fa eccezione la zona del santuario del Monte Berico (HVSR n.15) dove il picco di risonanza ha frequenza di circa 5,37 Hz (forse imputabile alla presenza di terreni di riporto).

7.2 Instabilità di versante

Le frane sono importanti fenomeni i cui effetti contribuiscono a definire ed incrementare la pericolosità sismica di base del territorio, specie se incombono su centri abitati o su strutture esistenti. Il terremoto può rappresentare un fattore di innesco dei fenomeni franosi sia direttamente, a seguito delle accelerazioni prodotte in sito, sia indirettamente causando l'aumento delle pressioni interstiziali nei terreni. Pertanto la valutazione dei possibili fenomeni di instabilità sul territorio ha tenuto conto oltre alle cause scatenanti e di innesco dei dissesti anche della distribuzione delle caratteristiche dei fenomeni franosi presenti e censiti sul comprensorio comunale.

Nel presente studio particolare attenzione è stata posta:

- ai versanti costituiti da terreni dalle caratteristiche geotecniche scadenti;
- ai pendii già predisposti;
- alle zone con censimento di frane attive e quiescenti;
- alle zone poste sotto pareti rocciose soggette a frane di crollo o ribaltamento;
- ai versanti in roccia intensamente fratturata ricoperta da coltri alterate.

I pochi fenomeni di dissesto rilevati nella nostra zona di studio sono localizzati in corrispondenza dei rilievi calcarei dei Colli Berici nel settore meridionale del Comune di Vicenza.

7.3 Liquefazioni

Per "fenomeno di liquefazioni", nella letteratura scientifica, si intende la perdita della resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche o dinamiche in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di una massa viscosa. Questo si verifica generalmente nei depositi di sabbie sciolte fin quando, sotto l'azione di sollecitazioni sismiche o di carichi applicati, la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, quindi gli sforzi efficaci si riducono a zero.

Le aree a maggior rischio di fenomeni di liquefazioni sono associate alla presenza di termini squisitamente sabbiosi o limosi con bassa plasticità e densità. Alcuni terreni ghiaiosi possono essere vulnerabili ai fenomeni di liquefazione se interposti tra terreni che impediscono una rapida dissipazione della pressione dei pori indotta dai sismi.

Di seguito si riportano alcuni fattori che influenzano la liquefazione dei depositi incoerenti secondo la maggior parte degli autori; tali fattori sono:

- i terreni che manifestano fluidificazione ricadono in depositi deltizi, fluviali e marini recenti con falde superficiali, costituiti da materiale fine (sabbie fine sciolte) saturi, non consolidati, con granulometria uniforme (coefficiente di uniformità $U_c < 5$) e con densità da media a bassa;
- la liquefazione difficilmente interessa strati di profondità maggiore di 15-20 m;
- la presenza di percentuali di argilla o di ghiaia possono ridurre in maniera rilevante la suscettibilità alla liquefazione dei depositi;
- la presenza di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3 m possono contrastare la liquefazione degli strati sottostanti;
- i terremoti che producono liquefazione in aree di pianura sono caratterizzati da magnitudo superiore a 6 e da durata prolungata;
- la storia sismica del territorio può dare indicazioni sulla fluidificazione dei depositi, cioè in aree dove si sono manifestati questi fenomeni si possono ripetere con maggiori probabilità.

Nel presente studio sono stati presi in esame, in primo luogo, i metodi di indagine raccomandati dagli ICMS del 2008 per determinare la valutazione della suscettibilità alla liquefazione sul territorio indagato (vedi figura 17).

DATI DI BASE	METODI DI INDAGINE RACCOMANDATI
Scuotimento in superficie	Analisi di pericolosità di base e locale e/o dati strumentali
Magnitudo	Catalogo dei terremoti
Litostratigrafia	Sondaggi
Caratterizzazione granulometria e geotecnica	Prove standard di laboratorio, correlazioni con in sito (SPT e CPT), prove triassiali cicliche, prove di taglio semplice ciclico.
Idrogeologia	Indagini piezometriche
Resistenza dei terreni rispetto alla liquefazione	Prove standard di laboratorio, correlazioni con prove in sito (SPT e CPT), prove triassiali cicliche, prove di taglio semplice ciclico.

Figura 17: metodi per verifica alla liquefazione da ICMS 2008

Dopo un’attenta analisi di:

- colonne stratigrafiche dei sondaggi e parametri geotecnici di prove penetrometriche consultanti dalle relazioni geologiche acquisite;
- parametri geomeccanici acquisiti dalle sei prove penetrometriche CPTU eseguite (**vedi carta delle nuove indagini**) con i relativi rilievi della falda acquifera;
- consultazione di tutte le analisi di laboratorio presenti negli studi geognostici esaminati eseguite sui campioni di terreni prelevati (**vedi figura 18**),

è stato possibile ipotizzare il verificarsi di fenomeni di liquefazione laddove sono state rinvenute sequenze di terreni alluvionali, sabbiose sciolte o poco addensate spesso in presenza di falde superficiali (comprese nell’ambito dei primi 10m) e falde profonde intorno ai 20-30m di profondità.

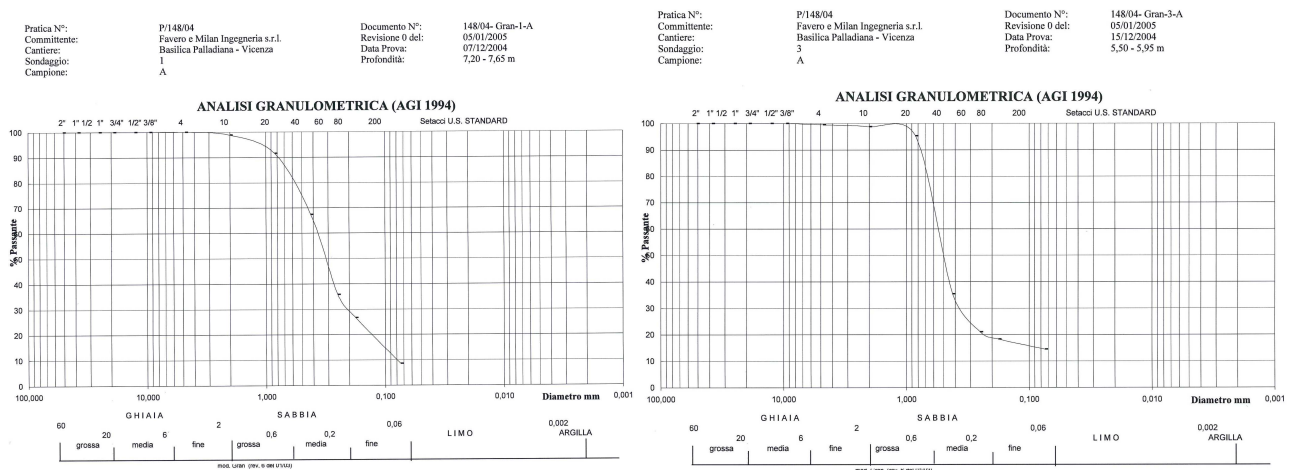


Figura 18: analisi granulometriche da "Relazione geotecnica restauro Basilica Palladiana"

Come si evince dalle curve granulometriche di figura 18, le sabbie situate a -7,00m e -5,00m, ricadenti nella successione litologica presente nella zona della Basilica Palladiana, presentano diametri compresi nei fusi granulometrici di figura 19 in cui sono evidenziate le fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione (ICMS2008).

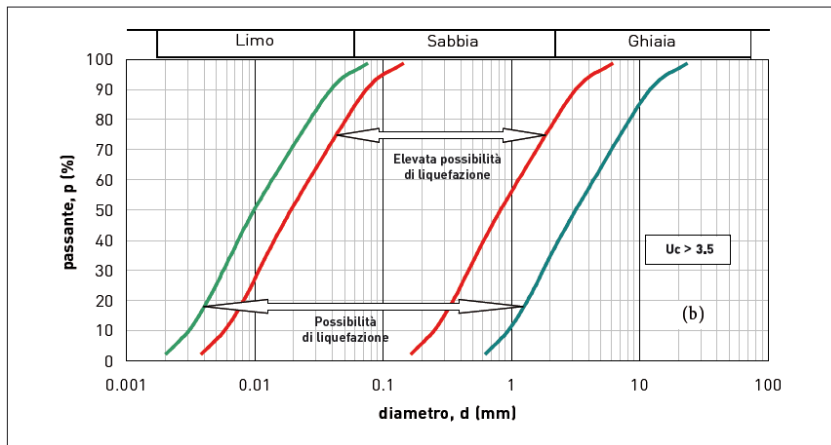
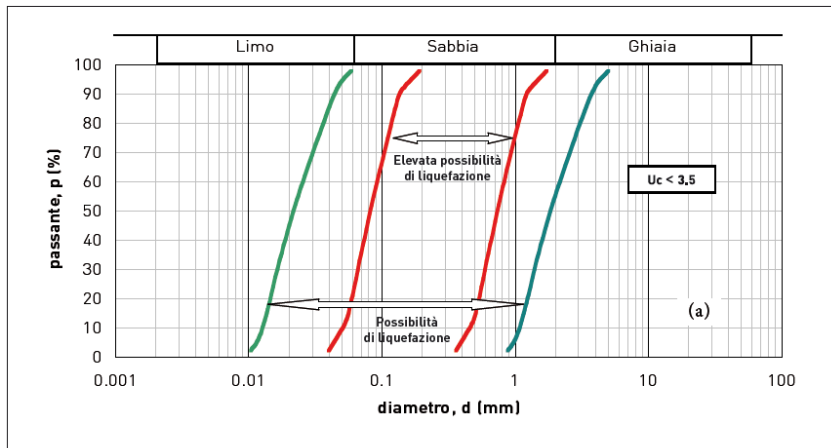


Figura 2.7-1- Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005).

Figura 19: fasce granulometriche per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione, da ICMS 2008

7.4 Stima di cedimenti differenziali

I cedimenti differenziali sono annoverati tra i fenomeni sismo indotti che si verificano in terreni con differenti caratteristiche fisico-meccaniche. La pericolosità connessa ai cedimenti o ai cedimenti differenziali, dipende soprattutto da fattori litologici come:

1. stato di addensamento del terreno;
2. spessore ed estensione areale di strati liquefacibili;
3. andamento della superficie topografica;
4. contatto tra litotipi a differente comportamento meccanico;
5. distribuzione dei carichi applicati.

Nel nostro caso, possibili aree di attenzione relativamente al verificarsi di cedimenti e cedimenti differenziali per caratteristiche litostatigrafiche, possono essere localizzate nella zona occidentale del comprensorio comunale dove materiali di riporto sono in diretto contatto con sabbie-limi e ghiaie e in tutte le aree cave estinte e abbandonate.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli elaborati cartografici derivanti dall'analisi di tutti i dati acquisiti sono i seguenti:

1. Carta delle Indagini;
2. Carta geologico Tecnica per la Microzonazione sismica;
3. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

8.1 Carta delle Indagini

Tale elaborato è stato sviluppato su base cartografica C.T.R. in Scala 1:5.000 scaricata dal sito ufficiale della Regione Veneto; in esso sono riportate le ubicazioni di tutte le indagini geognostiche, geotecniche e sismiche in sito fornite sul territorio comunale di Vicenza dall'Amministrazione Comunale, e tutte le nuove indagini eseguite per il presente studio, riportate con la simbologia richiesta dagli Standard di Archiviazione per la M.S..

Si precisa che è stata anche eseguita la "**carta delle nuove indagini**", non richiesta dagli Standard, e allegata in formato solo *.pdf* nella cartella Plot/Ms della struttura di archiviazione.

I dati raccolti riguardano sondaggi geognostici e prove penetrometriche statiche e dinamiche e prove sismiche ampliate dalle nostre indagini geofisiche (25 sismiche MASW e 50 H/V) e geotecniche (n.6 prove penetrometriche CPTU) concentrati principalmente nel centro abitato e occidentale di Vicenza.

Tutte le indagini relative cartografate nella carta delle indagini sono riportate nella **Tabella 1 capitolo 4.2.**

8.2 Carta Geologico Tecnica

Nella carta geologico-tecnica allegata sono stati rappresentati i seguenti elementi:

1. ***i litotipi affioranti***, distinti in primis tra terreni di copertura e substrato geologico di seguito descritti; lo spessore minimo delle coperture rappresentate è di 3 metri.

2. ***elementi tettonico-strutturali quali***, nel caso in esame:

- faglie dirette attive presunte;
- faglie trascorrenti attive presunte;
- faglia con cinematisimo non definito non attiva (presunta).

3. ***elementi geologici ed idrogeologici:***

- l'ubicazione di sondaggi che non hanno raggiunto il substrato (con indicazione della massima profondità raggiunta dalla perforazione);
- l'ubicazione di misure della profondità della falda con relativa indicazione della profondità della superficie libera a partire da piano campagna in aree con sabbie e/o ghiaie;
- traccia delle quattro sezioni geologiche eseguite per la descrizione del modello geologico del sottosuolo realizzate e mostrate nel paragrafo **5.1.1**; le stesse tracce potranno, in una successiva fase, essere utilizzate come tracce di approfondimento per lo studio delle amplificazioni di origine topografica.

4. ***elementi relativi alle instabilità di versante:***

- frane di scorrimento non definite.

5. ***le forme di superficie e sepolte*** ritenute significative quali:

- falde detritiche;
- creste;
- cavità isolate/doline.

6. ***aree verdi e SIC/ZPS*** escluse dallo studio di Microzonazione Sismica.

8.2.1 Unità del substrato Geologico

Nella carta sono inseriti tutti gli elementi relativi alle litologie rilevate sul territorio e desunte dalle informazioni cartografiche e stratigrafiche acquisite.

Secondo quanto previsto dagli *Standard di Rappresentazione di M.S.*, le differenti unità litologiche sono state suddivise in CLASSI PREDEFINITE, cercando quindi di definire e caratterizzare un numero non troppo esteso di classi ma sufficiente per essere rappresentativo dei depositi presenti in ambito nazionale allo scopo di identificare situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità. Per descrivere la litologia dei terreni è stato utilizzato l'Unified Soil Classification System (modificato, ASTM, 1985) che corrisponde ad sistema di classificazione dei suoli applicato alla maggioranza dei materiali non consolidati e composto da una sigla formata da 2 lettere. Le unità del substrato geologico del rappresentate in cartografia, vengono descritte di seguito in base alla:

- ✓ tipologia: lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato, alternanza di litotipi;
- ✓ stratificazione;
- ✓ grado di fatturazione o alterazione superficiale.

1. terreni di copertura tutte con campitura a gradazione di verde (Vedi Tabella n.5)

<i>Unità geologiche</i>	CLASSI TERRENI DI COPERTURA Unified Soil Classification System	AMBIENTE GENETICO E DEPOSIZIONALE Unified Soil Classification System
Principali accumuli di materiale di riporto costituiti da accumuli rifiuti solidi urbani e materiali inerti, grandi rilevati stradali e depositi di attività di escavazione e di cava	RI: terreni contenenti resti di attività antropica	zz: altro
Materiali sciolti per accumulo detritico di falda a pezzatura minuta prevalente: si tratta di depositi di falda ai piedi dei ripidi versanti collinari, costituita da ghiaietto in matrice limosa-argillosa derivante dal dilavamento dei soprastanti calcari marnosi.	GM: Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo	fd: falda detritica
Materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa più o meno addensati: si tratta di litologie derivanti dalla deposizione dei corsi d'acqua a maggiore energia e sono tipici dell'area a nord del comune di Vicenza	GP: ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	pi: piana inondabile
Materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo mobile e delle aree di esondazione recente: si tratta di depositi alluvionali e fluvioglaciali a tessitura prevalentemente argillosa. Corrispondono a un ambiente deposizionale caratterizzato da una minor energia limitato alle aree meridionali del territorio comunale	CL: argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre	pi: piana inondabile
Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo argillosa: corrispondono a depositi fini presenti nelle alluvioni depositate in prevalenza nella parte centrale e meridionale del territorio comunale	ML: limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità	Lc: lacustre

<p>Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa: si tratta prevalentemente di materiali sciolti a tessitura prevalentemente ghiaiosa sabbiosa e sabbiosa medio-fine tipica dei dossi fluviali relitti</p>	<p>SW: sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose</p>	<p>Lc: lacustre</p>
<p>Materiali della copertura detritica colluviale poco consolidati e costituiti da frazione limo argillosa prevalente con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose e/o di blocchi lapidei per spessore >3 metri: sono depositi colluviali a tessitura prevalentemente argillosa, limo-argillosa. Corrisponde a tutte le aree di raccordo tra aree collinari e pianura e alle vallecole intracollinari. Si tratta di argille limose dalla caratteristica colorazione rossastra dovuta all'alterazione delle rocce calcaree sovrastanti</p>	<p>CL: argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre</p>	<p>Ec: eluvi/colluvi</p>

Tabella 5

2. **terreni del substrato geologico** con campitura con gradazione di blu (**Vedi Tabella n. 6**).

LITOTIPI	SUBSTRATO
<p>Rocce superficiali alterate e con substrato compatto: si tratta prevalentemente delle formazioni vulcanitiche, in cui la composizione risulta esclusivamente basica, con termini che vanno dai basalti olivini alle limburgiti, con tutti i tipi di passaggio fra le varie composizioni mineralogiche, si depositarono tutti i materiali vulcanici e vulcano clastici prodotti in situ o provenienti dalle aree circostanti.</p>	<p>LP: Lapideo</p>
<p>Rocce tenere prevalenti con interstrati o bancate resistenti subordinati: sono costituiti da calcari massicci e calcareniti grigio - giallastre, a volte arenacei e a volte cristallino; marne da grigio-blu a grigio-verdastre e da livelli calcareo-marnosi; seguono poi calcari massicci biancastri e calcari micritici, talora argillosi, calcareniti marnose fittamente stratificate grigie e grigio-giallastre, con calcari massicci discordanti causati da canali di erosione. Infine, calcareniti più o meno massicce alla base con livelletti marnosi ed irregolarmente stratificate al tetto.</p>	<p>ALS: Alternanza di litotipi stratificati</p>

Tabella 6

8.2.2 Unità Morfologiche

Le unità lito-morfologiche presenti nel comprensorio comunale di Vicenza sono:

- Zone collinari;
- Zone infravallive e pedecollinari;
- Zone di pianura alluvionale consolidata;
- Zone di pianura alluvionale recente: alvei dei fiumi Bacchiglione, Retrone, Astichello e Tesina;
- Zone di accumulo artificiale per riporto o discarica.

Unità Zone collinari (Dorsale dei Colli Berici settentrionali)

La dorsale dei Colli Berici è formata da litotipi calcarei e vulcanici. Essa si sviluppa in direzione NW-SE secondo un allineamento che è caratteristico della struttura morfodinamica dell'area. I Colli Berici hanno un aspetto dolce e poco acclive disturbato, talora, da ripide scarpate più o meno elevate, spesso corrispondenti al passaggio di litologia tra Calcari Oligocenici e Vulcaniti. Nel complesso si presentano terrazzati naturalmente ed artificialmente: la continuità pedecollinare del versante è

interrotta da una serie di incisioni vallive aventi direzione prevalente NW – SE, concorde al lineamento Schio-Vicenza oppure ortogonale a questo.

L'azione disgregatrice meteorica e i processi tettonici hanno quindi condizionato in modo rilevante la morfologia locale. Infatti l'alternarsi di zone debolmente acclivi a zone ripide dimostra un procedimento di erosione selettiva che ha agito in modo differente sulle formazioni rocciose più o meno resistenti all'alterazione.

Si riscontrano forme di modellamento dei rilievi tipici di rocce carbonatiche in affioramento o sub affioranti con segni di processi carsici in aree meno acclivi. Tali forme sono presenti in quasi tutta l'area collinare ove si manifesta spesso in modo pronunciato il fenomeno carsico.

L'unità collinare è connotata da versanti piuttosto acclivi e dolci alla sommità.

Anche l'aspetto carsico dei colli è da tenere in considerazione, infatti, i fenomeni carsici per potersi manifestare richiedono, oltre alla natura della roccia, anche particolari condizioni morfologiche. Essi infatti tendono a concentrarsi su tavolati, altopiani o tratti di versante a bassissima inclinazione come accade nelle aree sommitali dei Berici. Sono, quindi, presenti diverse doline e alcuni imbocchi di grotte che rappresentano l'affioramento di canali sotterranei di natura carsica.

8.2.3 Elementi Tettonico Strutturali - Unità Strutturali

Il principale elemento tettonico presente sul territorio comunale è costituito da **n.3 faglie attive e capaci rilevate dal PROGETTO ITHACA** e visualizzate dal sito della S.G.I. ISPRA: <http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>; ITHACA è un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le 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. Il database delle faglie capaci è uno strumento fondamentale per l'analisi di pericolosità ambientale e sismica, la comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, la pianificazione territoriale e gestione delle emergenze di Protezione Civile. Le faglie riscontrate nel territorio comunale di Vicenza sono le seguenti (**Vedi Figura 20**):

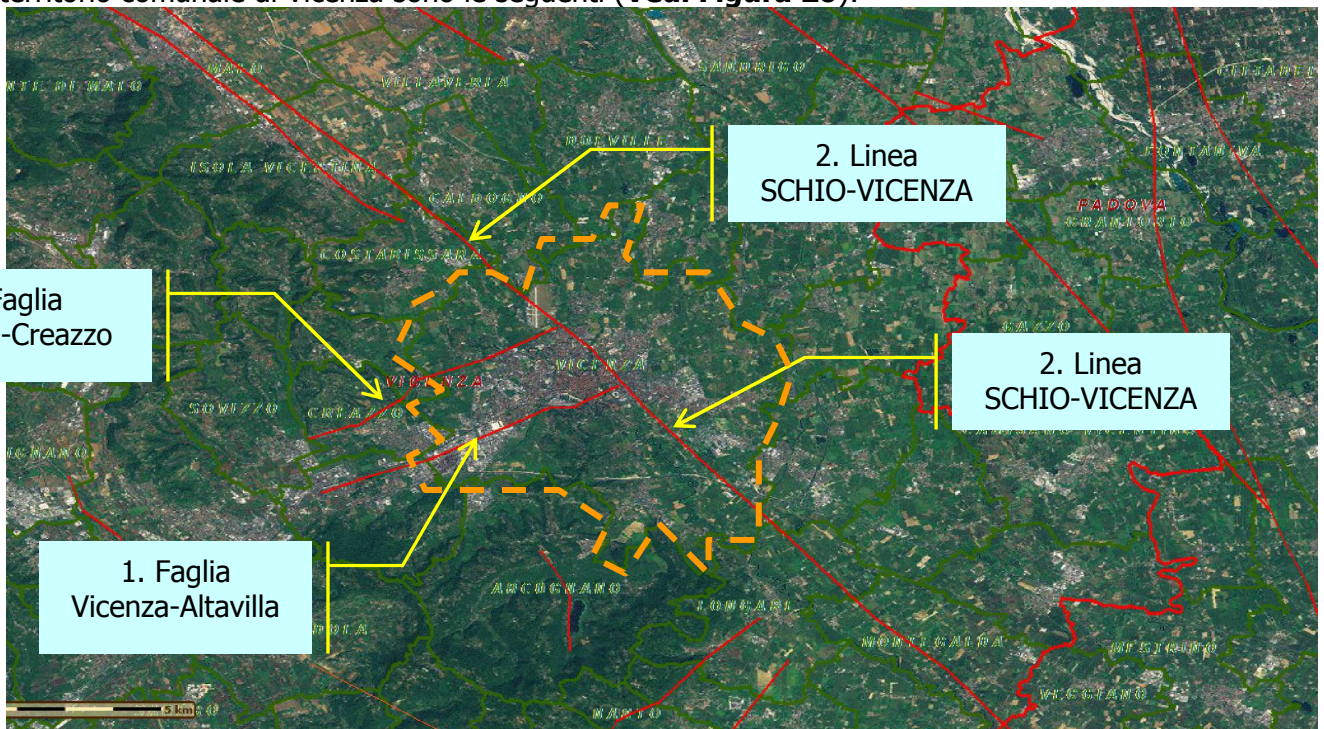


Figura n.20: faglie attive e capaci (linee rosse) presenti sul territorio di Vicenza (tratteggio arancio), dal sito della S.G.I. ISPRA <http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES di ogni FAGLIA CAPACE:

1. **scheda FAGLIA NORMALE *Vicenza - Altavilla* da**
http://sgi2.isprambiente.it/website/ithaca/scheda_faglia.asp?tnid=77597

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Vicenza - Altavilla
FAULT CODE	77597
MACROZONE	0
REGION NAME	Friuli
SYSTEM NAME	Friuli thrust system
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	60
DIP	
LENGTH (Km)	8.9
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:500000
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	6.1
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

2. **scheda FAGLIA TRASCORRENTE *Schio-Vicenza* da**
http://sgi2.isprambiente.it/website/ithaca/scheda_faglia.asp?tnid=72001

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Schio - Vicenza
FAULT CODE	72001
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Schio - Vicenza
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	320
DIP	0
LENGTH (Km)	100
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Holocene generic (<10,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0.9
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0

MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

La direttrice tettonica della faglia Schio-Vicenza attraversa tutta la regione Veneto con direzione NO-SE. La sua importanza appare evidente se si pensa che essa limita verso est sia i Colli Euganei, che i Berici, nonchè le colline fra Schio e Vicenza. A nord di Schio s'incunea tra il M. Alba ed il M. Novegno, percorre la val di Posina e, mantenendo la medesima direzione, quasi raggiunge la V. Lagarina. Lungo di essa si sono verificati, in tempi successivi, movimenti verticali ed orizzontali: in particolare il blocco posto ad est di questa linea risulta traslato verso nord-ovest ed abbassato rispetto al blocco posto ad ovest.

3. **scheda FAGLIA NORMALE *Vicenza – Creazzo* da**
http://sgi2.isprambiente.it/website/ithaca/scheda_faglia.asp?tnid=77598

FAULT NAME	Vicenza - Creazzo
FAULT CODE	77598
MACROZONE	0
REGION NAME	Friuli
SYSTEM NAME	Friuli thrust system
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	240
DIP	
LENGTH (Km)	7.8
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:500000
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	6.1
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW

8.2.4 Frane

Le instabilità di versante illustrate sono state tutte desunte dalla cartografia allegata:

1. al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Bacino Idrografico dei Fiumi Brenta-Bacchiglione di Feb.2012;
2. al progetto IFFI (banca dati inventario fenomeni franosi d'Italia) con i dati scaricati dal sito ufficiale <http://193.206.192.136/cartanetiffi/carto3.asp?cat=47&lang=IT#> riguardanti il comune di Vicenza. Come specificato dagli Standard di Rappresentazione, dal suddetto Progetto IFFI sono stati definiti gli stati di attività delle singole frane riportate (**vedi Figura 21**).



IDFrana	Regione	Provincia	Comune	Autorita' di Bacino	Tipo di movimento	Attivita'	Litologia	Uso del suolo	Metodo usato per la valutazione del movimento e dell'attività	Danno	Causa	Interventi
0240120200	Veneto	Vicenza	Vicenza	Alto Adriatico	Scivolamento rotazionale/traslattivo	n.d.	n.d.		Dato storico/archivio	Strade, Nuclei/centri abitati		
0240120200	Veneto	Vicenza	Vicenza	Alto Adriatico	Scivolamento rotazionale/traslattivo	n.d.	n.d.		Dato storico/archivio	n.d.		

Figura 21: <http://193.206.192.136/cartanetiffi/carto3.asp?cat=47&lang=IT#>

Come risulta dalla tabella di **Figura 21**, le frane censite dal Progetto IFFI risultano in numero di due, con movimento di tipo "Scivolamento rotazionale/traslattivo"; l'attività, invece, non è dichiarata.

8.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica I livello

Sulla base delle osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione alla valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici disponibili sono state individuate le aree omogenee per caratteristiche litostratigrafiche. Le microzone sono state quindi rappresentate nella **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**.

Ogni zona è stata differenziata in base alle caratteristiche lito-stratigrafiche, correlate a differenti tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazioni, ecc.). Laddove il dato puntuale è risultato insufficiente si è provveduto ad estendere le informazioni stratigrafiche e geofisiche in possesso a terreni analoghi per caratteristiche litologiche e sismiche.

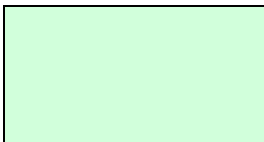
Il presente studio ha identificato **n.7 microzone** differenziate in base alla presenza o meno di coperture, ove fossero presenti in base alle dimensioni granulometriche, alle loro alternanze, allo spessore, al grado di consistenza o al grado di addensamento, in rapporto alla presenza del substrato. Come previsto dagli Standard per la MS Versione 3.0, sono state anche evidenziate le **ZONE DI ATTENZIONE per le instabilità**.

8.3.1 Descrizione aree stabili, stabili suscettibili di amplificazioni

Segue la descrizione nel dettaglio di ogni singola Zona individuata, inserita nella Carta delle M.O.P.S. del presente studio.

- ✓ **ZONE STABILI:** non sono state cartografate zone stabili poiché sul territorio sono state individuate solo *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*.
- ✓ **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI:**

ZONA 1 :



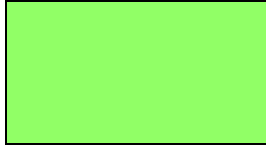
questa microzona si localizza nei settori meridionali del comprensorio comunale in corrispondenza dei rilievi collinari dei Monti Berici con rocce vulcaniche compatte anche in profondità e che presentano anche pendenze elevate $>30^\circ$. In questo settore sono possibili fenomeni di amplificazioni locali legati alle caratteristiche morfologiche delle aree in ragione della presenza di pareti rocciose verticali soggette a possibili frane di crollo, creste, blocchi isolati e cavità.

Colonna stratigrafica con indicazione dello spessore medio dei litotipi:



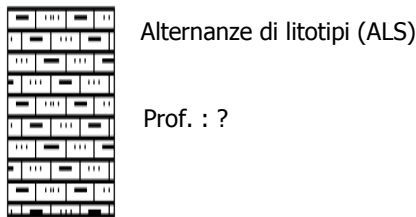
30m: Substrato lapideo (LP)

ZONA 2:



comprende il settore in cui affiora il substrato calcareo marnoso, caratterizzato da un'alternanza di litotipi calcarei, marnosi arenacei spesso alterati. Sono possibili fenomeni di amplificazioni locali legati alle caratteristiche morfologiche delle aree in ragione della presenza di creste, scarpate, terrazzi e cavità. Si possono ipotizzare fenomeni di locali amplificazioni litostratigrafiche dovuti a forti contrasti di impedenza laddove si rinvengono coperture di depositi sciolti o poco addensati.

Colonna stratigrafica con indicazione dello spessore medio dei litotipi:

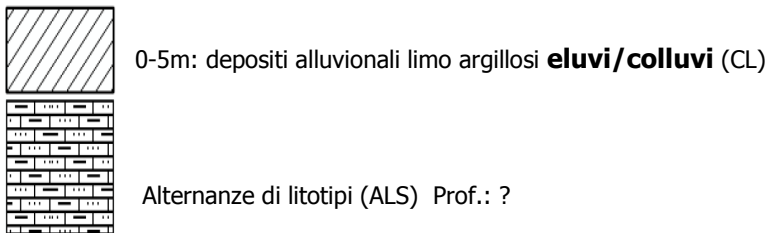


ZONA 3:



corrisponde alla fascia pedemontana e di fondovalle in cui il substrato, rappresentato dalle formazioni dei *Colli Berici*, in affioramento fortemente alterato e fratturato, è sovrastato da coperture superficiali di origine alluvionale. Sono possibili fenomeni di amplificazioni legati alle caratteristiche morfologiche in ragione della presenza di scarpate, terrazzi e cavità. Tale zona comprende la fascia collinare dove sono, peraltro, presenti aree suscettibili di instabilità di versante per la presenza di frane. Si possono ipotizzare fenomeni di amplificazione litostratigrafica dovuti a forti contrasti di impedenza.

Colonna stratigrafica con indicazione dello spessore medio dei litotipi:



ZONA 4:



è rappresentata dalla presenza di depositi detritici di falda ai piedi dei rilievi collinari calcarei con spessori compresi tra i 2 e i 8mt (**vedi figura 22**). Per le caratteristiche litologico-stratigrafiche e morfologiche, in questa zona sono possibili amplificazioni litostratigrafiche per presumibili forti contrasti di impedenza sismica e anche fenomeni di amplificazione morfologica o di entrambe. Sono anche presenti aree suscettibili di instabilità di versante per la presenza di frane.

Colonna stratigrafica con indicazione dello spessore medio dei litotipi:

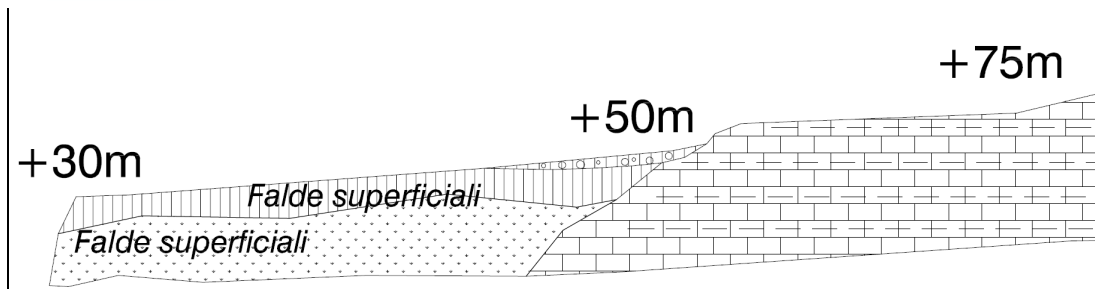
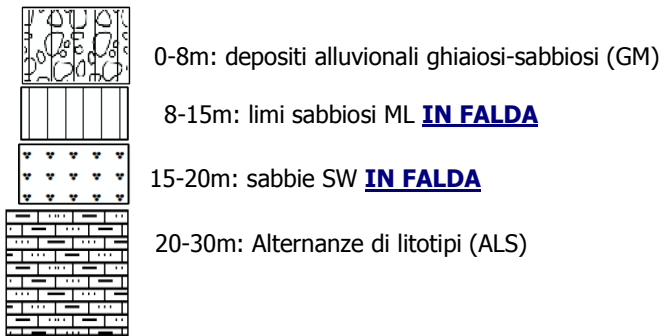


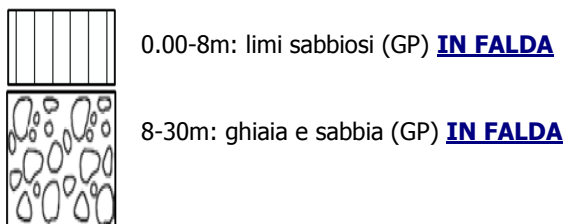
Figura 22: Sezione litotecnica dell'area

ZONA 5:



è formata da un livello di alluvioni date da limi sabbiosi sovrapposte a ghiaie poco addensate con spessore di 8-30m. Appartengono a questa zona le aree a nord e nord est di Vicenza. Non si esclude l'ipotesi di possibili fenomeni di amplificazione litostratigrafica per contrasto di impedenza. Per la presenza di terreni sabbiosi in falda nei primi 10m l'area è da considerarsi suscettibile al fenomeno della liquefazione.

Colonna stratigrafica con indicazione dello spessore medio dei litotipi:



ZONA 6:



questa microzona si estende su gran parte della fascia di pianura del comprensorio comunale di Vicenza, dal settore centro-orientale al centro-meridionale. Si rinvennero alternanze di depositi alluvionali limo argillosi con spessori in media di 10m a cui seguono sabbie per circa 15m e ghiaie con sabbie mediamente addensate dai 27m. Anche in queste aree potrebbero essere possibili amplificazioni litostratigrafiche per presumibili contrasti di impedenza sismica. Per la presenza di terreni sabbiosi in falda nei primi 10m l'area è da considerarsi suscettibile al fenomeno della liquefazione.

Colonna stratigrafica con indicazione dello spessore medio dei litotipi:

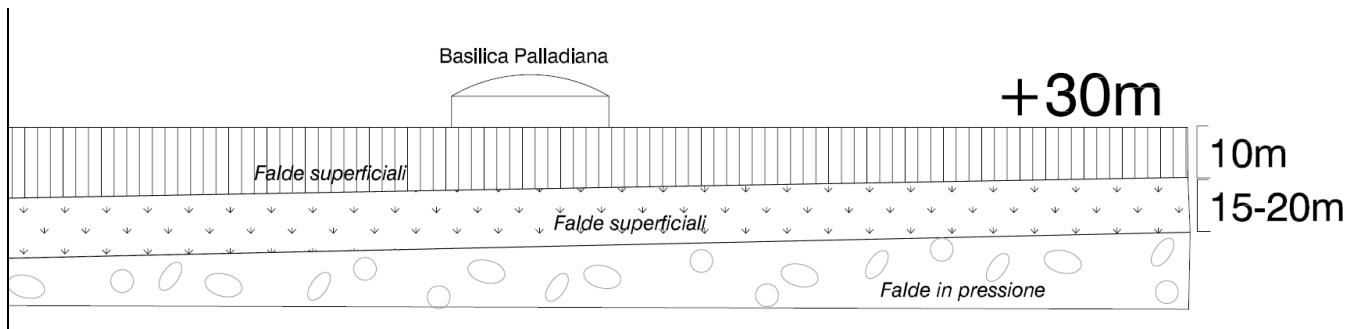
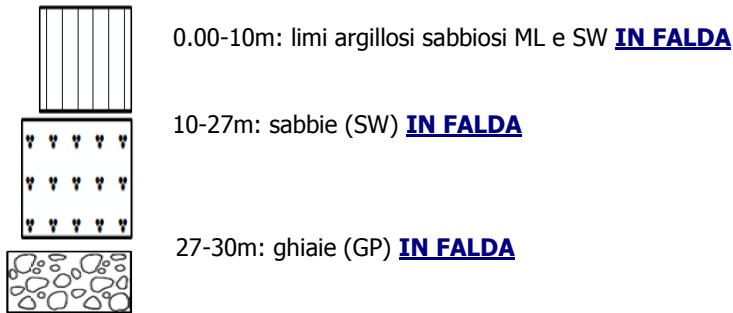


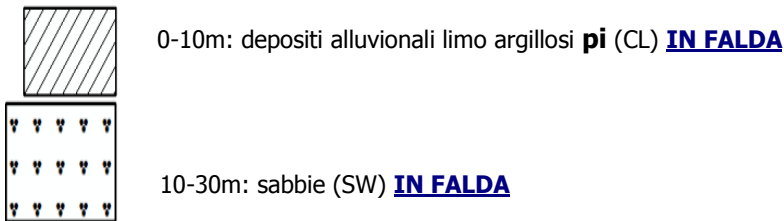
Figura 23: Sezione litotecnica dell'area

ZONA 7:



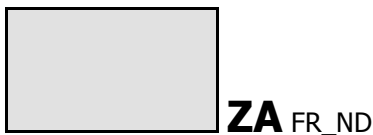
In questa zona sono stati inseriti i materiali sciolti di deposito recente ed attuale degli alvei mobili del Fiumi Bacchiglione e Retrone e delle aree di esondazione recente caratterizzati dalla presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali a tessitura prevalentemente argillosa. È ubicata nella parte meridionali del territorio comunale. In queste condizioni è possibile ipotizzare amplificazioni litostratigrafiche per contrasti di impedenza. Sono possibili cedimenti differenziali al contatto con depositi alluvionali con diverso comportamento meccanico. Per la presenza di terreni sabbiosi in falda nei primi 10m l'area è da considerarsi suscettibile al fenomeno della liquefazione.

Colonna stratigrafica con indicazione dello spessore medio dei litotipi:



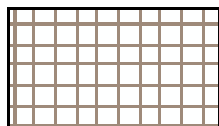
8.3.2 Descrizione delle zone di attenzione

a. ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE NON DEFINITA:



In questa zona sono state inserite le frane censite dal Progetto IFFI rilevate dal sito <http://193.206.192.136/cartanetiffi/carto3.asp?cat=47&lang=IT#>, che risultano in numero di due, con movimento di tipo "Scivolamento rotazionale/traslatoivo"; l'attività, invece, non è dichiarata (**vedi figura 15**).

b. ZONA DI ATTENZIONE PER LIQUFAZIONI:



ZA LQ1

Gli Standard per la MS Vers.3.0 per le zone suscettibili di liquefazioni prevedono che vengono definiti due tipi di zone di attenzione **ZA LQ1** e **ZA LQ2**.

Le **ZA LQ1** sono le zone nelle quali gli studi di livello 1 verificano che esistono le seguenti 4 condizioni predisponenti:

1. terreni sabbiosi;
2. falda a profondità inferiore a 15m;
3. Mw attesa al sito >5;
4. Accelerazioni massime in superficie (pga) >0.1g.

Le **ZA LQ2**, invece, sono zone in cui sussistono solo le prime 3 condizioni, mentre per la quarta (pga>0.1g) è necessaria una verifica nei livelli di approfondimento superiori.

Dato che nella nostra area di studio è stata verificata l'esistenza di tutte e quattro le condizioni predisponenti:

1. terreni argillosi-sabbiosi, limi sabbiosi, sabbie e ghiaie sabbiose sono descritte in tutte le stratigrafie dei sondaggi presenti nella zona pianeggiante del territorio comunale;
2. sono presenti più falde sovrapposte nei primi 15m e addirittura quelle più profonde risultano in pressione;
3. magnitudo momento Mw attesa al sito è risultata essere maggiore di 5;
4. l'accelerazione massima attesa risulta essere tra 0.12g e 0.17g

la zona definita è la **ZA LQ1**.

Come si evince dalla "carta delle MOPS", in tale zona ricade tutto il territorio pianeggiante ad esclusione di quello collinare e della fascia pedemontana con falda oltre i 10m corrispondente alle **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI N. 5-6-7**.

Si ricorda che tali zone non sono (in questa fase di studio) ancora classificate come zone instabili, fintanto che vengano esperiti i necessari approfondimenti propri del Livello 3 di MS (Standard MS 3.0 pag.26).

c. ZONA DI ATTENZIONE PER FAGLIE ATTIVE E CAPACI:



ZA FAC

Come descritto nei capitoli precedenti, sul territorio comunale di Vicenza sono presenti n.3 faglie attive e capaci rilevate dal PROGETTO ITHACA e visualizzate dal sito della S.G.I. ISPRA: <http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>.

Data l'incertezza del dato di tale Progetto più volte ricordato e data l'inesistenza di chiare e documentate evidenze geologiche, la perimetrazione di tali ZONE DI ATTENZIONE, **dovrà essere rimandata ad ulteriori approfondimenti con l'acquisizione di elementi specifici che si ricavano dagli studi di 3 livello di approfondimento di MS.**

In questa fase di livello 1 di studio, pertanto, la perimetrazione di questa zona è stata eseguita in base a conoscenze bibliografiche che **raccomandano** di dimensionare l'area di 400m a cavallo della traccia del piano di rottura principale della faglia attiva e capace.

Pertanto a ridosso delle tre linee di faglia individuate è stato creato un buffer di 200m, creando così la "zona di attenzione".

d. ZONA DI ATTENZIONE PER CEDIMENTI DIFFERENZIALI:



Queste ZONE DI ATTENZIONE sono state individuate dove sono presenti aree con:

- **scarso addensamento del terreno;**
- **spessore ed estensione areale di strati liquefacibili;**
- **contatto tra litotipi a differente comportamento meccanico.**

Sono localizzate in gran parte nella zona occidentale del comprensorio comunale dove notevoli materiali di riporto sono in diretto contatto con sabbie-limi e ghiaie e in tutte le aree cave estinte e abbandonate presenti anche a Nord ed Est del comprensorio comunale.

e. ZONE DI SOVRAPPOSIZIONE DI ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DIFFERENTI



Dato che gran parte del territorio comunale pianeggiante è stato definito come ZONA DI ATTENZIONE PER LIQUEFAZIONI, la stessa si è sovrapposta su tutte le altre ZONE DI ATTENZIONE (ZONA DI ATTENZIONE PER FAGLIE ATTIVE E CAPACI e ZONA DI ATTENZIONE PER CEDIMENTI DIFFERENZIALI). La sovrapposizione delle zone ha determinato un'unica zona chiamata di **"Sovrapposizione di zone di attenzione per instabilità differenti"**.

In particolare, quindi:

- a. le ZONE DI ATTENZIONE PER CEDIMENTI DIFFERENZIALI sono sovrapposte totalmente dalla ZONA DI ATTENZIONE PER LIQUEFAZIONE pertanto, secondo gli Standard, non sono più rappresentate;**
- b. le ZONE DI ATTENZIONE PER FAGLIE ATTIVE E CAPACI sono sovrapposte, in gran parte della zona pianeggiante, dalla ZONA DI ATTENZIONE PER LIQUEFAZIONE, pertanto non sono più rappresentate. Restano rappresentate solo in piccola parte nel settore settentrionale dei Colli Berici e nel settore meridionale del Monte Crocetta.**

8.3.3 Altre forme illustrate

Nella carta delle M.O.P.S. sono state riportate anche:

1. le faglie attive e capaci;
2. n.9 tracce topografiche che potranno, in una successiva fase, essere utilizzate come tracce di approfondimento per lo studio delle amplificazioni di origine topografica;
3. stazioni microtremore a stazione singola;
4. le zone SIC e ZPS escluse dalla M.S.

9. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI FINALI

Lo studio condotto ha avuto la finalità di fornire un insieme di informazioni geologico tecniche di carattere generale che rappresentano la base di partenza per gli approfondimenti degli studi successivi. Il dettaglio delle rappresentazioni cartografiche è stato, come ricordato, condizionato dalla quantità e attendibilità dei dati disponibili.

Le maggiori incertezze, in riferimento agli spessori dei terreni presenti, alle caratteristiche granulometriche e geotecniche e alle caratteristiche geofisiche permangono in molte aree. In questi settori sarà opportuno prevedere soprattutto una campagna di indagini geognostiche e geofisiche. Queste ultime, anche se i dati di velocità delle onde di taglio e i valori delle frequenze determinati dalle nuove prove eseguite, hanno sufficientemente coperto il territorio comunale, sono comunque necessarie per migliorare l'attendibilità dello stesso.

Ulteriori approfondimenti dovranno essere condotti in quei settori in cui sono state individuate, sulla base dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici acquisiti, le **ZONE DI ATTENZIONE** le cui perimetrazioni **dovranno essere rimandate ad ulteriori approfondimenti con l'acquisizione di elementi specifici che si ricavano dagli studi di 3 livello di approfondimento di MS.**

Tutti gli aspetti suddetti hanno anche condizionato il numero e l'estensione delle microzone, pertanto la programmazione di nuove indagini, da eseguire per gli approfondimenti degli studi successivi, si renderà necessaria per accertare e verificare i dati esistenti e acquisire nuovi dati nelle aree in cui questi risultano insufficienti o nulli.

Questo è quanto dovuto in merito all'incarico ricevuto.

Camposampiero, lì Maggio 2014

*Il RELATORE
Dr. Geol. Antonio TOSCANO*

10. SITOGRAFIA e BIBLIOGRAFIA

1. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI) <http://emidius.mi.ingv..it/CPTI04/>;
2. Catalogo delle faglie capaci ITHACA "ITaly HAZard from CApable faults"
<http://sgi.isprambiente.it/GMV2/index.html>;
3. STUDIO GEOLOGICO PAT – RELAZIONE STUDI GEOLOGICI – Dr. Cristiano Mastella, 2009;
4. Progetto IFFI (banca dati inventario fenomeni franosi d'Italia)
<http://193.206.192.136/cartanetiffi/carto3.asp?cat=47&lang=IT#>;
5. Catalogo CEDIT: Italian Catalogue of Seismic ground failures
<http://www.ceri.uniroma1.it/cn/gis.jsp>
6. Quadro conoscitivo del PTCP della Provincia di Vicenza
http://www.provincia.vicenza.it/docurbanistica/c_QuadroConoscitivo/
7. Dati territoriali della REGIONE VENETO <http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/>
8. Map of active faults between the Po and Piave Rivers and Lake Como-Castaldini & Panizza, 1991;
9. Relazione geologica Ristrutturazione complesso immobili era Viale San Felice, 1997;
10. Relazione Geologica per edificio residenziale in via Riello, Dr. Rech, 2012;
11. Sondaggi ambientali ex acciaierie Beltrame, Tecnobonifiche srl, 2000;
12. Relazione geologica bonifica area ex acciaierie Valbruna, Dr. Citran, 2002;
13. Relazione geologica via Mascagni, Dr. Pivetta, 2008;
14. Relazione geologica ex Pettinatura per conto della Marzotto spa, EUROGEO, 2004;
15. Studio geologico sull'area via Parolina, INGEO srl, 2011;
16. Studio geologico in via dei Cappuccini, Ecoappraisal, 2005;
17. Relazione geologica Via Bertesina, Dr. Vitale, 2003;
18. Relazione geologica per riqualificazione area, strada Padana verso Verona, Dr. Rech 2011;
19. Relazione geologica via Sisemol, INGEO srl, 2006;
20. Relazione geologica Via dell'economia, Dr. Luperto, 2006;
21. Indagini geologiche, Via Franchetti, Geotechna, 2008;
22. Relazione geologica Via Granatieri di Sardegna, Dr. Pivetta, 1998;
23. Relazione geologica Via Fabris, Dr.ssa Sculco, 2009;
24. Relazione geologica Loc. Tormeno, Dr. Breda, 2009;
25. Relazione geologica Via Pizzolati, Dr. Ghendi, 2006;
26. Relazione geologica Via Prati, Dr. Pivetta, 2007;
27. Relazione geologica Via Lago di Lugano, Dr. Arcaro, 2003;
28. Relazione geologica Via Bertesina, Dr. Soppelsa, 2003;
29. Relazione geologica Cà Balbi, Dr. Darteni, 2011;
30. Relazione geologica Via dell'Economia, Dr. Luperto, 2010;
31. Relazione geologica Via Remondini, Dr. Rimsky, 2006;
32. Relazione compatibilità geologica PUA "una piazza per Saviabona", Dr. Rimsky, 2011;
33. Relazione idrogeologica "Realizzazione di un impianto di scambio termico a circuito aperto presso la Basilica Palladiana in Comune di Vicenza (VI)", SINERGEO, 2011;
34. Relazione geotecnica RESTAURO BASILICA PALLADIANA, Ing. Milan, 2005;
35. Relazione geologica Loc. Maddalene, Dr. Rech, 2012;
36. Relazione geologica Via Turra, Dr. Rech, 2012;
37. Relazione geologica Loc. Ospedaletto, Dr. Rech, 2012;
38. Relazione geologica Parco Villa Bonin, Dr. Luperto, 2013;
39. Relazione geologica Via San Cristoforo, Dr. Cornale, 2012;
40. Relazione geologica Piazzale della Vittoria, Giara Engineering, 2011;
41. Relazione geologica Strada delle Capestre, Giara Engineering, 2013;
42. Relazione geologica-geotecnica Park Bassano, Dr. Rech, 2012;
43. Relazione geologica Pista ciclabile SAVIABONA, Dr. Vitale, 2012;
44. Relazione geologica Cimitero, Dr. Rech, 2012;
45. Relazione geologica muro in via Gentiloni, Dr. Rech, 2011;
46. Relazione geologica Nuovo Tribunale, Giara Engineering, 2012;

- 47. Relazione geologica rotatoria Ferrandin-Diaz, Sacchetto Perforazioni, 2011;
- 48. Indagini e analisi geologiche variante SP46, Geotechna, 2013;
- 49. Relazione geologica Via X Giugno, Dr. Cornale, 2012;

11. ALLEGATI

- 1. Carta delle nuove Indagini;
- 2. Carta delle Indagini;
- 3. Carta delle frequenze fondamentali;
- 4. Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica;
- 5. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (LIVELLO I).