

COMUNE DI VICENZA



PARCO DELLA PACE PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

RSGG.1 RELAZIONE GEOLOGICA

GIUGNO 2017

Rev.00 26.06.2017 EMISSIONE

redatto	GL
verificato	ITS-GM
approvato	PAN-GS/BS

ATI - registrata a Milano l'11-12-2015 n°44454 serie IT
capogruppo



PAN ASSOCIATI srl • c.f./p.IVA 13352030152
Milano: via don Carlo Porro 6 Cap. 20128 • tel. 022579882 • fax 022579836 • email studio@panassociati.it

progettisti: dott. for. Benedetto Selleri, arch. Gaetano Selleri



ITS SRL • c.f./p.IVA 02146140260
Pieve di Soligo (TV): via Corte delle Caneve n. 11 Cap. 31053 • tel. 043882082 • fax 0438980622
info@its-engineering.com

progettisti: ing. Giustino Moro



FRANCO ZAGARI • p.IVA 07044480585
Roma: via Giuseppe Andreoli n. 2 Cap. 00195
tel. 0668801702 • fax 0668808073 info@francozagari.it

progettisti: arch. Franco Zagari



ESTUDI MARTI FRANCH ARQUITECTURA DEL
PAISATGE SL • c.f./p.IVA ESB55218754
Girona (Spagna): C/Joaquim Vayreda, 63 13-1
Cap.17001 • tel. +34 972214846 • fax +34 972214846
email emf@emf.cat

progettisti: dott. Martí Franch

GINO LUCCHETTA • p.IVA 02005760265
Pieve di Soligo (TV): via Rivette n. 9/2 Cap. 31053
tel. 0438842312 • fax 0438842312
email ginolucchetta@libero.it

progettisti: dott. Gino Lucchetta

consulenti generali di progetto



ASPROSTUDIO
Contrà S.Ambrogio 19 , 36100 (Vicenza)
tel: +390444545786
email: info@asprostudio.it

progettisti:
Claudio Bertorelli, arch. Francesco Dal Toso

consulenti

Victor Tenez,
Riccardo Gini,

Almo Farina,
Massimo Venturi Ferriolo

SOMMARIO

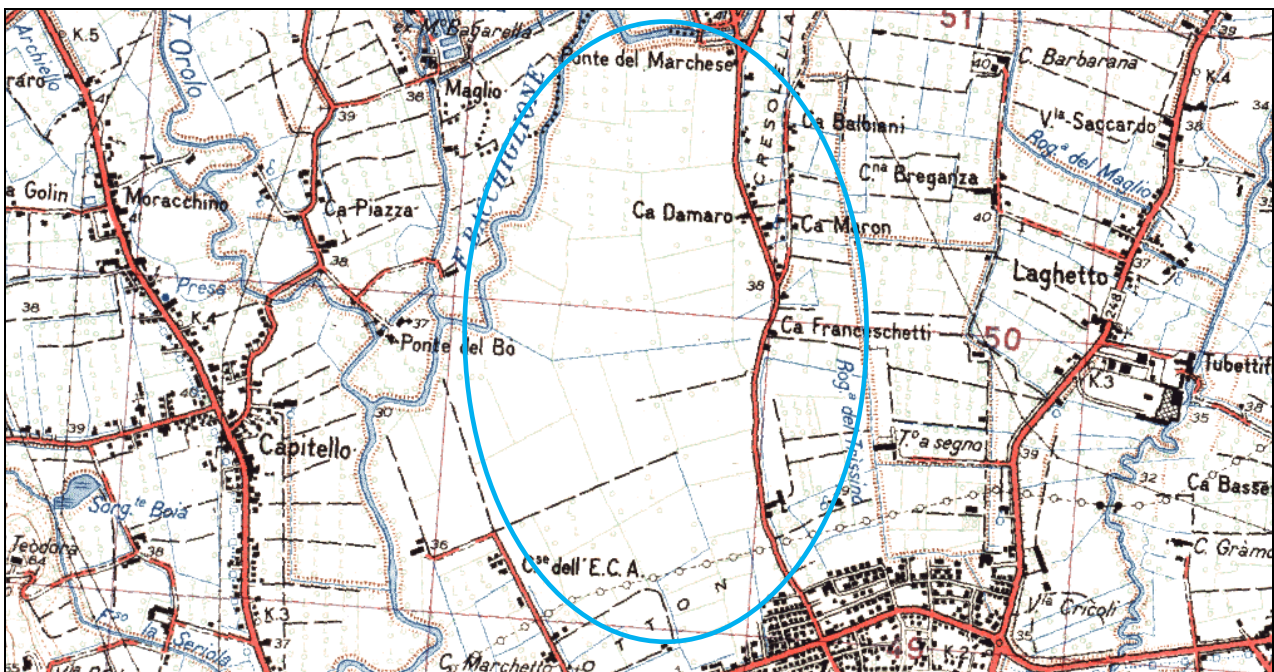
1	INTRODUZIONE	3
2	GENERALITA'	3
2.1	Riferimenti normativi	4
2.2	Ambito di studio	5
PARTE I		7
3	ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA VICENTINA	7
3.1	Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico	7
3.1.1	<i>Aspetti geolitologici</i>	8
3.1.2	<i>Aspetti pedologici</i>	10
3.1.3	<i>Aspetti geomorfologici</i>	11
3.1.4	<i>Aspetti idrogeologici</i>	12
3.1.5	<i>Aspetti tettonici</i>	17
PARTE II		18
4	Modello geologico del SITO	18
4.1	Situazione stratigrafica	18
4.2	Situazione idrogeologica	20
4.3	Aspetti geotecnici	22
PARTE III		24
5	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO	24
5.1	Generalità	24
5.2	Definizione della pericolosità di base	24
5.3	La classificazione sismica del comune	27
5.4	I sistemi di faglie attive	29
5.4.1	<i>Cenni storici</i>	29
5.4.2	<i>Le sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti distruttivi</i>	31
PARTE IV		33
6	CATEGORIA DEL TERRENO	33
6.1	Individuazione della microzona (livello 1)	34
6.2	Considerazioni sui fabbricati	35
7	AMPLIFICAZIONI LOCALI (livello 2 e 3)	36
7.1	Valutazione degli effetti litologici (livello 2)	37
7.2	Liquefazione (livello 3)	38
7.3	Faglia attiva e capace (livello 3)	40
8	CONCLUSIONI	41
8.1	Compatibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica	41
9	BIBLIOGRAFIA	44

1 INTRODUZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di una infrastruttura pubblica a prevalente vocazione ricreativa e ambientale ed un nuovo museo dell'aria.

Il Parco della Pace di Vicenza si pone come un parco attrattivo a scala territoriale ed è costituito da un sistema di tre elementi perfettamente connessi, importanti per un parco a vocazione ampia e ad alta attrattività: il Parco propriamente detto, il Cuore e la Membrana Urbana con la grande porta di ingresso ed il Museo dell'Aria.

La presente relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica riguarda il progetto preliminare realizzazione dell'intero intervento con anche i necessari sviluppi relativi all'adeguamento statico e sismico di due fabbricati esistenti, attualmente adibiti ad Hangar aeroportuali, siti nel sedime dell'Ex Aeroporto Dal Molin nel Comune di Vicenza.



2 GENERALITA'

La definizione della compatibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica rientra oramai nella casistica consolidata della geologia applicata alla pianificazione urbanistica potendosi basare su vari studi specifici a livello comunale (studi geologici per il PRG oppure per il PAT) o sovracomunale (PTRC, PTCP, PAI Brenta-Bachiglione, ecc.).

La presente relazione illustra i dati riguardanti gli approfondimenti effettuati dal punto di vista geologico, idrogeologico e sismico riprendendo tutta una serie di studi precedenti.

Oltre alla documentazione predisposta dall'amministrazione comunale per il presente progetto, in particolare:

- Piano delle indagini strutturali degli edifici esistenti ricadenti nell'area ex aeroporto "Dal Molin" (2013), a cura di Favero & Milan Ingegneria spa
- Indagine idrogeologica ed idraulica nell'area dell'ex-aeroporto "Dal Molin" (2013) a cura del Centro Idrico Novoledo srl, dott. L. Altissimo.

Sono stati presi in considerazione i seguenti studi geologici:

- Studio geologico (2009) per il PAT, a cura del dott. geol. Cristiano Mastella;
- Studio geologico (2012) per il PI, a cura del dott. geol. Cristiano Mastella;
- Studio Microzonazione Sismica livello 1 (2014) a cura del dott. geol. Antonio Toscano.

Inoltre alcuni dati sono stati tratti da documentazioni reperite in rete:

- Relazione geologica del progetto di realizzazione di un'opera di invaso sul f. Bachiglione a monte di Viale Diaz in comune di Vicenza (2013) a cura di Regione Veneto.
- Preliminary investigations to evaluate the general subsurface conditions Geotechnical report (2006) a cura di Geothecna srl

Gli approfondimenti di tipo sismico fanno riferimento alla D.G.R. 3308/2008 e la D.G.R. 1572/2013 a partire dal modello sismostratigrafico di "livello 1" contenuto nella Microzonazione sismica comunale; vengono poi svolti, a partire dai dati sperimentali di tale studio, gli approfondimenti previsti dal "livello 2" per le "zone stabili suscettibili di amplificazione" ricavando i valori numerici di FA (a basso periodo) e FV (ad alto periodo), dedotti dagli abachi allegati alle DGR citate ed alle linee Guida nazionali e la valutazione sul rischio di liquefazione (livello 3).

2.1 Riferimenti normativi

Il lavoro è stato svolto in accordo con la normativa vigente, in particolare:

- L. R. 23.04.2004, n. 11, "*Norme per il governo del territorio*".
- D.G.R. 21.02.1996, n. 615, "*Contenuti geologico-tecnici nelle grafie unificate per gli strumenti urbanistici comunali*".
- L. 02.02.1974, n. 64, "*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*";
- D. M. 14.05.1982, "*Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto*";
- D.M. 11.03.1988, "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*";
- Circ. LL. PP. 24 settembre 1988, n° 30483 "*Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative*";
- Circ. Reg. Veneto 05.04.2000, n. 9, "*Indirizzi in materia di prescrizioni tecniche da osservare*

per la realizzazione di opere pubbliche e private. Obblighi derivanti dalla L. 02.02.1974, n. 64 e dal D.M. 11.03.1988”;

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005 “*Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»*”;
- D.M. 14.09.2005, “*Norme tecniche per le costruzioni*”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 “*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*”;
- Legge n. 77 del 24 Giugno 2009, “*Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico*”.
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, “*Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni*”.
- D.M. 14.01.2008, “*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*”.
- D.G.R. del Veneto n. 71 del 22 gennaio 2008, “Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 “*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*”. Direttive per l'applicazione.
- Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP..
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 del 13 novembre 2010.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007 del 29/02/2012.
- Deliberazione della Giunta Regionale n. 1496 del 20 settembre 2011, “*Fondo statale per interventi di prevenzione del rischio sismico di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 in data 13 novembre 2010*”.
- D.G.R. del Veneto n. 1572 del 03/09/2013 (BUR del 24/09/2013) allegato A: Linee Guida Regionali per la Microzonazione Sismica.
- DGR del Veneto n. 1896 del 14 ottobre 2014, allegato B: Indagini di microzonazione sismica di cui all'art. 2, comma 1, lett. a) dell'OCDPC 171 del 19/06/2014.

2.2 Ambito di studio

L'area residuale dell'ex aeroporto “Dal Molin” (vedi figura 1) impegna una superficie di circa 7 ettari compresa tra strada Sant'Antonino e la nuova base statunitense. Gli ingressi del parco sono definiti da quattro “porte”: un grande accesso da Via Ferrarin (la “Porta della Pace”) realizzata tramite l'apertura e l'utilizzo del grande Hangar con il tetto a botte; da un secondo accesso



Figura 1

secondario a sud degli Hangar; un accesso a Nord in prossimità dell'area Rugby; e infine un accesso a Sud Est. In coerenza con il Piano Urbano della Mobilità del Comune di Vicenza, il Parco sarà facilmente raggiungibile anche attraverso una rete di mobilità sostenibile (TPL e ciclabilità).

Il Parco viene a costituire una nuova centralità urbana, in stretto collegamento, in termini di accessibilità e di uso, con l'ambito storico di Vicenza - città Unesco, integrando e valorizzando l'esistente sistema paesaggistico – ambientale.

L'obiettivo, in termini culturali ed economici, è di collegare il Parco con la città e l'ambito vasto provinciale e regionale, favorendo la fruizione del Parco al maggior numero di persone, abitanti e turisti.

La presente relazione si esprime non solo per l'area

all'interno del perimetro dell'ex aeroporto, ma per ovvi motivi di contesto geologico considera un ambito più vasto che a seconda degli aspetti considerati si estende ad un raggio da poche centinaia di metri ad alcuni km al di fuori di tale perimetro.

PARTE I

3 ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA VICENTINA

Il territorio comunale di Vicenza si pone circa al centro del territorio provinciale, nella fascia di transizione tra l'estremità settentrionale dei colli Berici e la pianura vicentina.

Esso si estende per circa 80,5 km², in un'area dalla forma abbastanza regolare con confini frastagliati caratterizzata dall'alternarsi di colline calcaree, vallecole infracollinari, pianure alluvionali recenti e pianure alluvionali antiche consolidate.

3.1 Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico

La parte di pianura del territorio comunale, in generale, presenta una pendenza media da nord ovest a sud est di circa 0,1% passando da una quota di 44 a 26 m s.l.m.. Il sito in oggetto si colloca attorno a quota 36-38 m s.l.m., nella pianura consolidata posta a nord del centro di Vicenza, frammentata dalle aree di alveo recente dei principali Fiumi Bacchiglione, Tesina, Astichello e Retrone.

La pianura ha l'aspetto tipico della medio – bassa pianura vicentina, dotata di una debole acclività che aumenta solo nelle vicinanze dei rilievi collinari.

Il territorio appartiene al potente materasso alluvionale padano-veneto costituito, alla base, da sedimenti di formazione marina (sabbie, marne e argille) depositatesi nel Quaternario Antico o Pleistocene inferiore. Con il Pleistocene Medio hanno iniziato a formarsi i più antichi depositi di tipo continentale in contemporanea con la fusione dei ghiacciai ed il ritiro delle glaciazioni Donau e Gunz. Fenomeni di subsidenza, oscillazioni eustatiche, movimenti tettonici legati alle ultime fasi dell'orogenesi alpina determinarono il definitivo instaurarsi di un ambiente continentale, caratterizzato da un potente accumulo di materiali detritici fluvioglaciali e fluviali.

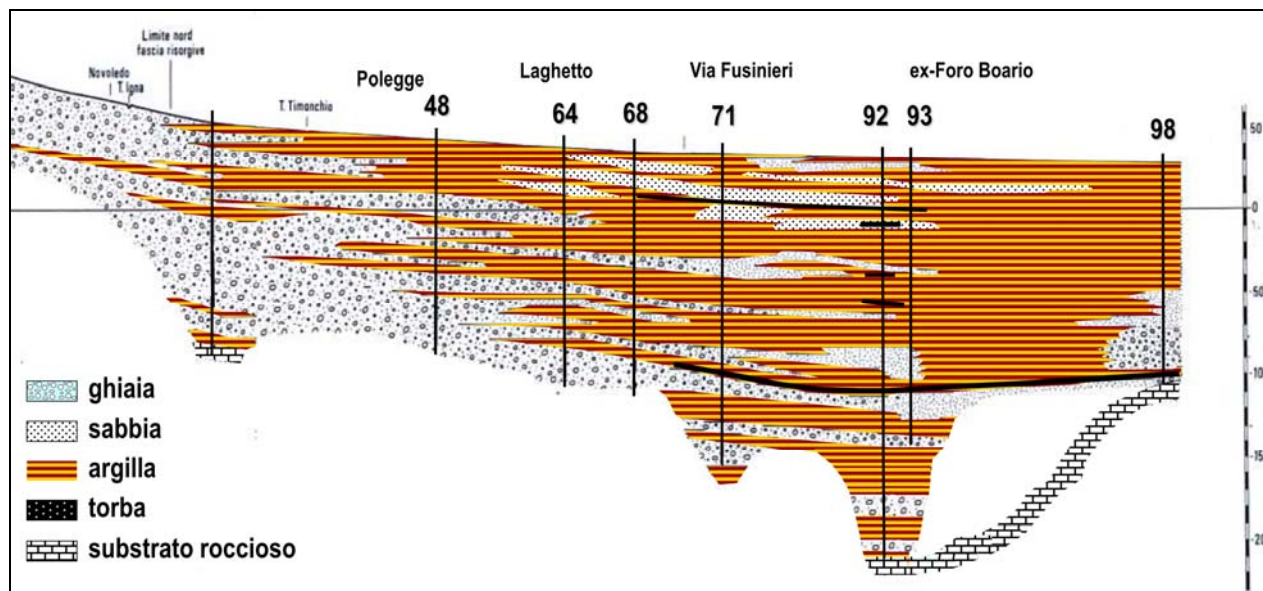
Nel territorio in esame i sedimenti del materasso alluvionale, almeno fino alle profondità indagate con la terebrazione dei pozzi d'acqua, risultano costituiti da ghiaie, sabbie medio-grosse che costituiscono gli acquiferi profondi alternati a sedimenti più fini, variabili dai limi alle argille organiche. I dati di campagna sembrano indicare che l'attuale configurazione litologico-morfologica di gran parte del territorio comunale risalga alla fine della glaciazione rissiana.

I sedimenti sabbiosi e limosi che caratterizzano la fascia a Nord del centro di Vicenza furono depositati dall'Astico-Leogra durante la costruzione del suo conoide fluvioglaciale, il cui massimo sviluppo si ebbe durante la glaciazione rissiana, fino a lambire le ultime propaggini dei Lessini orientali, dei Berici e degli Euganei.

Solo recentemente, in epoca Olocenica (circa 8000 anni fa) i fiumi principali apportarono i loro sedimenti prevalentemente sabbiosi, andando in alcuni casi ad incidere la pianura precedente formando dei solchi di divagazione in genere poco ribassati rispetto al livello principale della

pianura. Da questo deriva che l'elemento geomorfologico più evidente in tutto il territorio comunale di pianura è rappresentato dai terrazzi fluviali.

La figura seguente rappresenta l'assetto litostratigrafico lungo una sezione orientata NNW-SSE che passa poche centinaia di metri a Est rispetto all'area in esame la quale si colloca all'incirca in corrispondenza del punto 64 (Laghetto).

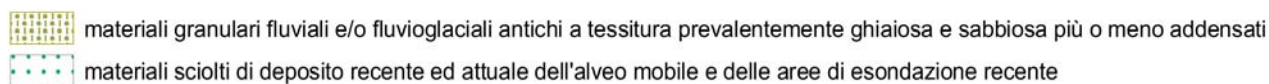
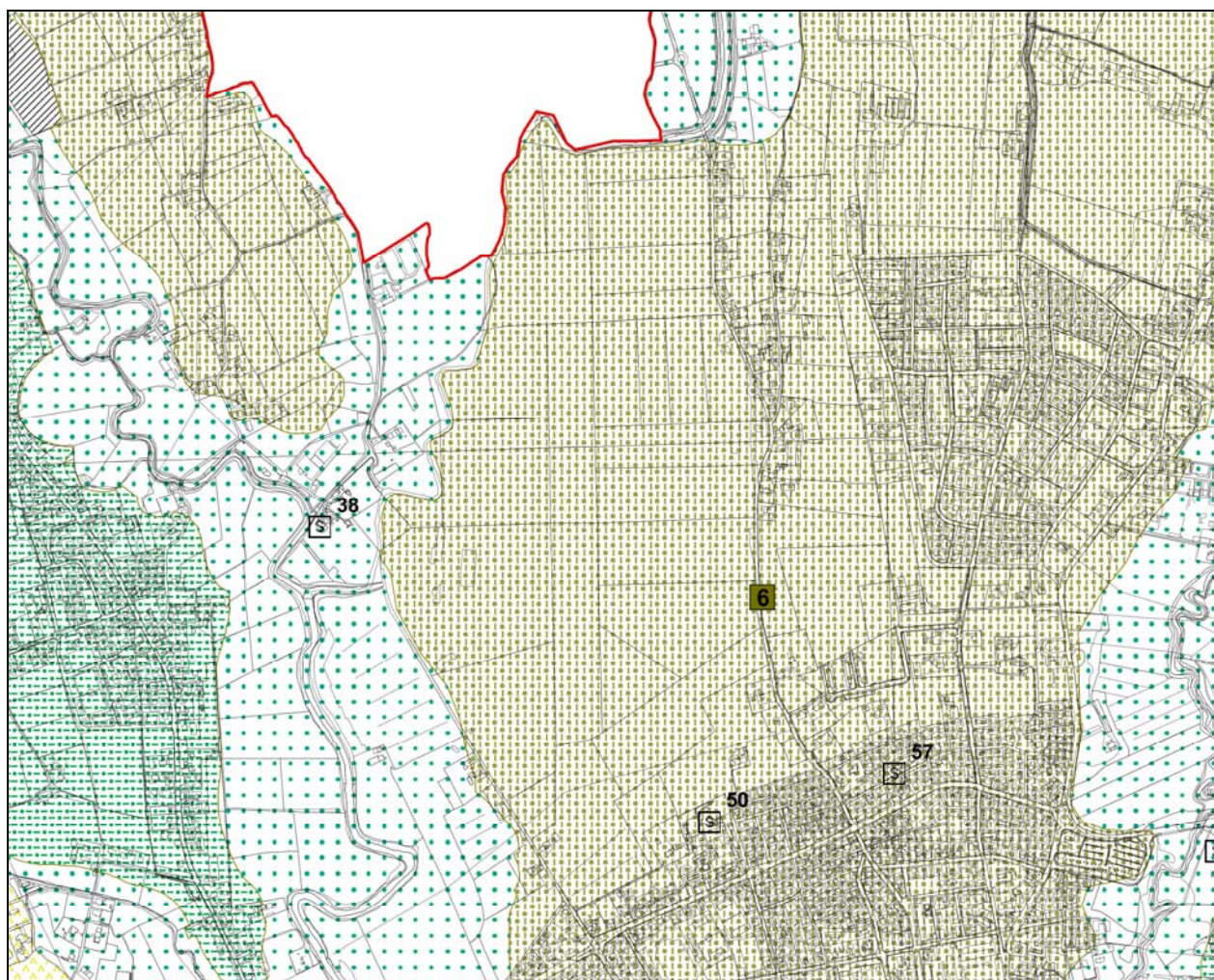


Di seguito vengono trattati i principali aspetti geolitologici, geomorfologici ed idrogeologici utilizzando le tavole del quadro conoscitivo del PAT e, per l'aspetto relativo ai suoli, le cartografie ARPAV.

3.1.1 Aspetti geolitologici.

Il materasso alluvionale nell'intorno dell'area in oggetto è costituito da due tipologie di unità appartenenti alla media Pianura Veneta: zone di pianura consolidata e zone delle alluvioni recenti dei Fiumi Bacchiglione, Astichello, Tesina, Retrone.

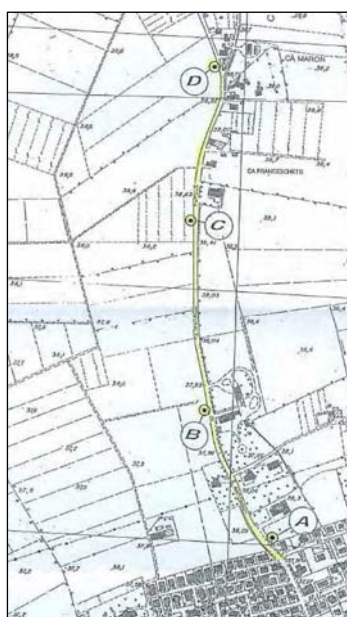
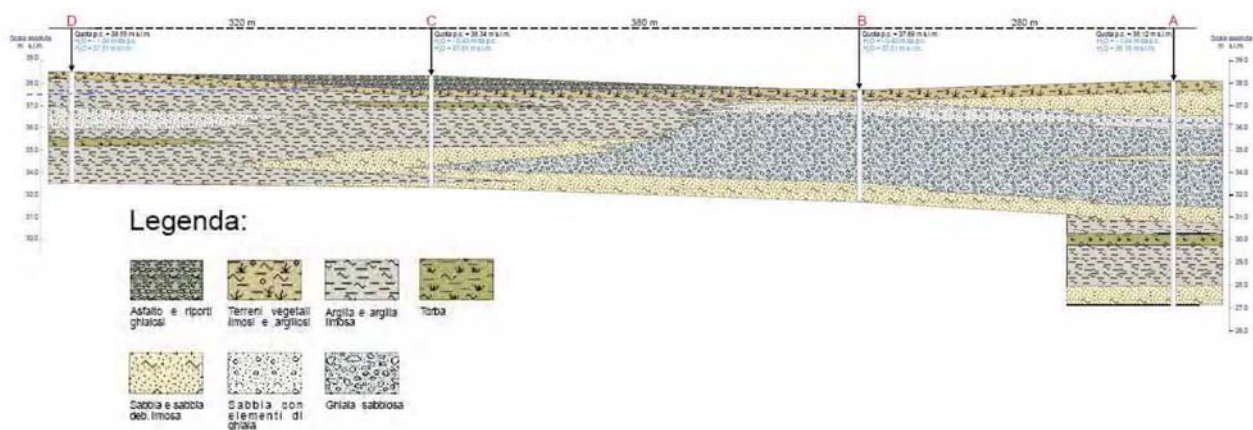
Si distinguono facilmente per l'assetto geomorfologico in quanto le seconde sono ubicate nel solco nel quale scorre attualmente il fiume; risultano inoltre terrazzate rispetto al piano di divagazione più antico che corrisponde alla parte di pianura consolidata. Sulla superficie sono stati individuati alvei talora abbandonati, altre volte sovradimensionati rispetto ai corsi d'acqua che ospitano attualmente.



I materiali che costituiscono la pianura consolidata sono riferibili ad 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 e con temporanei e localizzati episodi fluviali o torrentizi d'energia maggiore.

L'andamento stratigrafico dei primi metri di sottosuolo è ben rappresentato dalla seguente sezione stratigrafica tratta dagli allegati allo studio geologico del PAT, tracciata lungo via Sant'Antonino che costituisce il margine orientale dell'area in esame (indicazione **6** nella carta geolitologica).

Si nota chiaramente la prevalenza di terreni limoso-sabbioso-argillosi con una significativa intercalazione, nella parte a Sud (punti A e B) di una lente sabbioso-ghiaiosa spessa 3-4 m.



Tale situazione è confermata anche dai sondaggi eseguiti da Goethecna nel 2006 all'interno dell'area in oggetto.

In tale studio si parla, fino a 20 m di profondità, di prevalenti argille e limi sabbiosi, talvolta con sabbia o con torba, con intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose.

Per la parte delle alluvioni recenti esse sono costituite prevalentemente da alternanze di terreni argillosi-limosi coesivi e sabbiosi, talora ghiaiosi, legati a diverse fasi de posizionali a diversa energia. In alcuni casi la compresenza di depressioni morfologiche e di stasi de posizionali hanno favorito la formazione di lenti torboso di ambiente palustre.

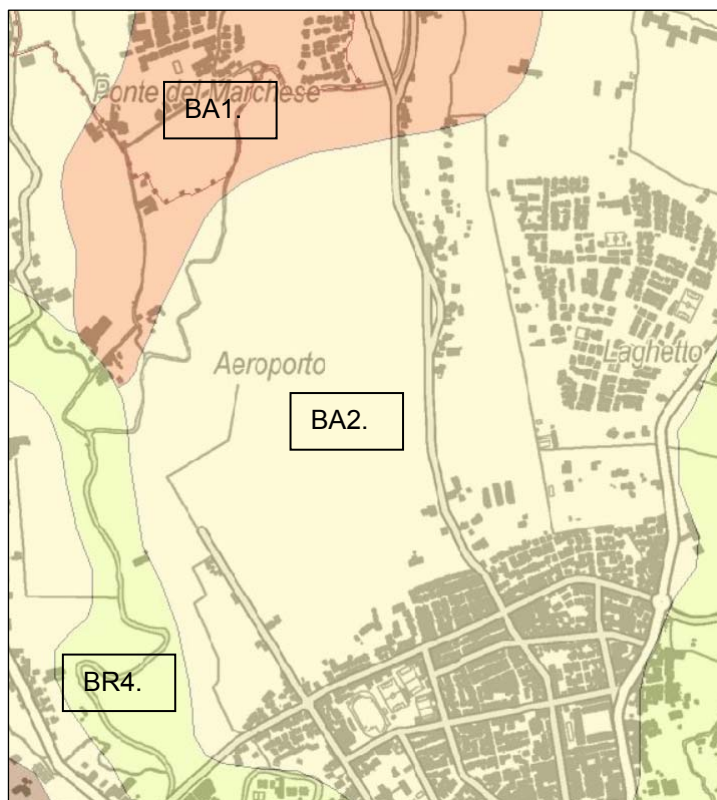
Prendendo come riferimento i sondaggi eseguiti lungo il f. Bachiglione per la realizzazione del bacino di laminazione di Viale Diaz la

successione stratigrafica può essere schematizzata come segue:

- da piano campagna e fino a profondità di 4,5 m di media si trovano terreni limoso-sabbiosi sciolti con intercalazioni di argille limose consistenti; il colore è bruno-rossastro.
- Tra 4,5 e 10,5 m di profondità sono presenti sabbie limose bruno-rossastre con una frazione ghiaiosa nei primi tre metri; la consistenza è mediamente densa.
- Da 10,5 a 25 m di profondità si trova una fitta alternanza di livelli argilloso-limosi e sabbioso limosi; i livelli argillososo-limosi sono prevalenti; essi hanno colore grigio chiaro e contengono talvolta strati torbosi con spessore fino ad un metro risultano consistenti. Gli strati sabbiosi e sabbioso limosi hanno consistenza da sciolta a mediamente densa e contengono, a volte, dei livelli ghiaiosi.

3.1.2 Aspetti pedologici.

Riprendendo dall'atlante dei suoli del veneto di ARPAV, alla scala 1:250.000, nell'intorno del sito in esame si hanno tre tipologie di suolo:



BA2.3: Pianura modale del Brenta e del sistema Bacchiglione-Astico, di origine fluvioglaciale, pianeggiante (0,1-0,2% di pendenza). Suoli a profilo Ap-Bw-Bkg-Ckg, profondi, tessitura media, scarsamente calcarei, fortemente calcarei in profondità, alcalini, con accumulo di carbonati in profondità, drenaggio mediocre, falda profonda. Classificazione USDA: Oxyaquic Eutrudepts fine-silty, mixed, mesic; classificazione WRB: Endogleyic Calcisols (Orthosiltic).

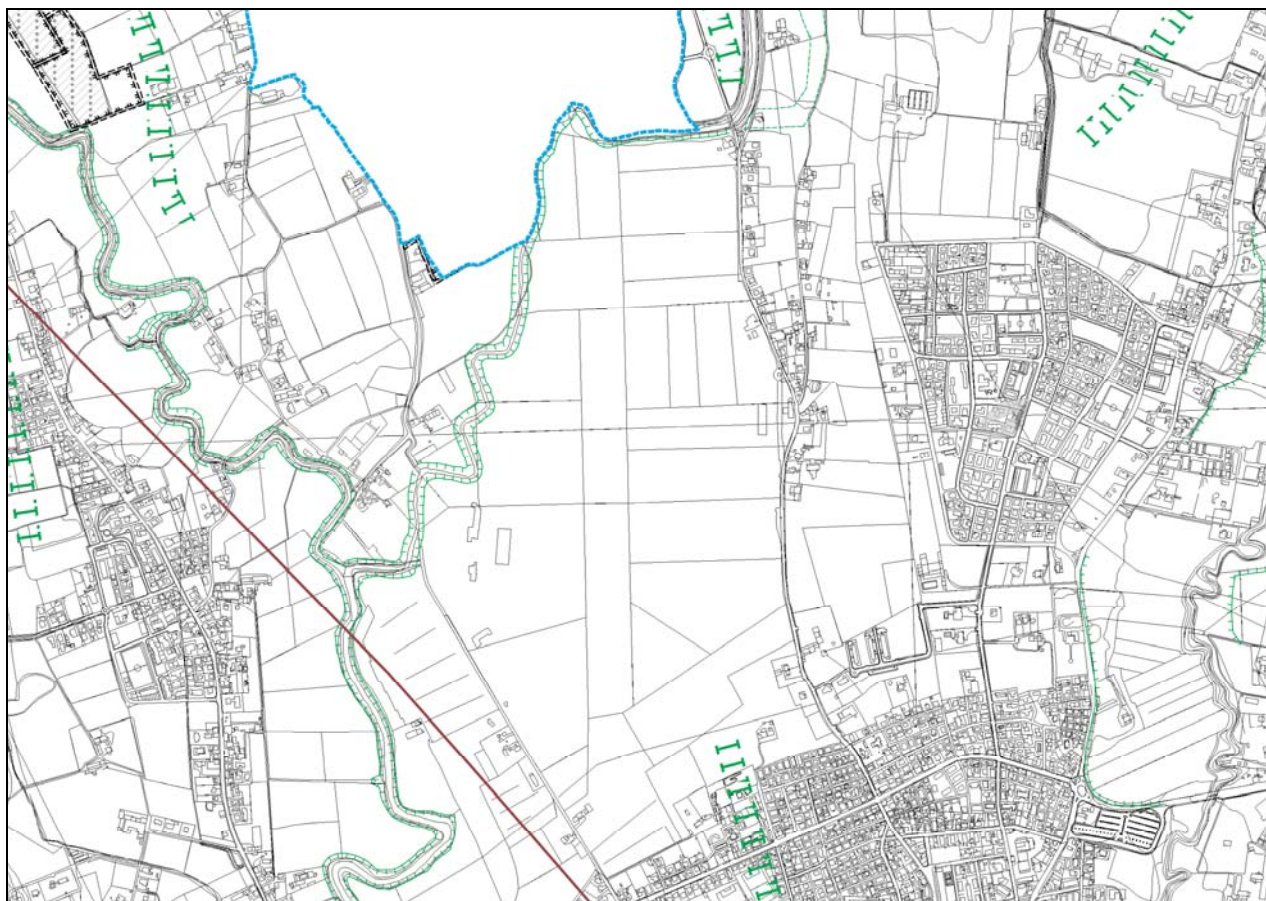
BA1.3: Dossi della pianura del Brenta e del Bacchiglione, di origine fluvioglaciale, pianeggianti (0,1-0,2% di pendenza). Suoli a profilo Ap-Bw-C, da profondi a molto




profondi, tessitura moderatamente grossolana, grossolana nel substrato, scarsamente calcarei, da subalcalini ad alcalini, drenaggio buono, falda da molto profonda a profonda. Classificazione USDA: Dystric Eutrudepts coarse-loamy, mixed, mesic; classificazione WRB: Haplic Cambisols (Hypereutric).

BR4.5: Piana di divagazione a meandri del Bacchiglione, pianeggiante (<0,2% di pendenza). Suoli a profilo Ap-Bw-C, profondi, tessitura da media a moderatamente grossolana, molto calcarei in superficie e fortemente calcarei in profondità, alcalini, drenaggio buono, falda da profonda a molto profonda. Classificazione USDA: Typic Eutrudepts coarse-loamy, mixed, mesic; classificazione WRB: Haplic Cambisols (Calcaric, Hypereutric)

3.1.3 Aspetti geomorfologici.

La cartografia del PAT non mostra, per il sito in esame, dinamiche di tipo geomorfologico in atto o potenziali.



 orlo di scarpata di erosione fluviale: altezza fra 5 e 10 metri
 dossi fluviale
  **Faglia Schio-Vicenza**

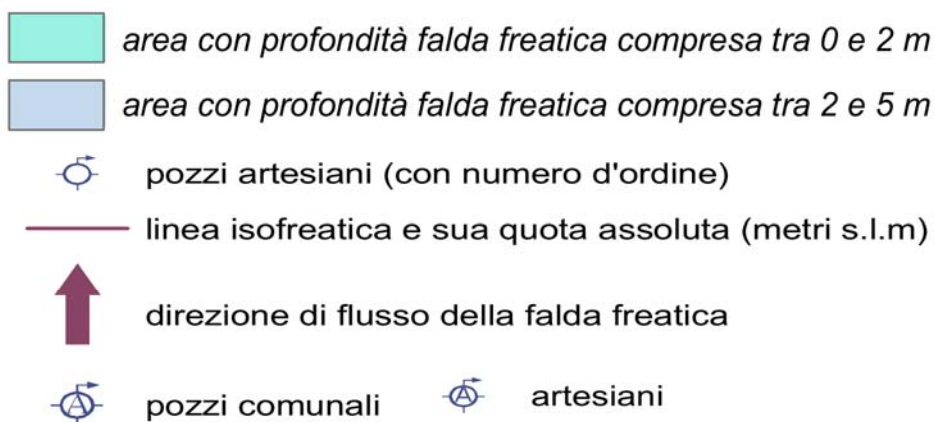
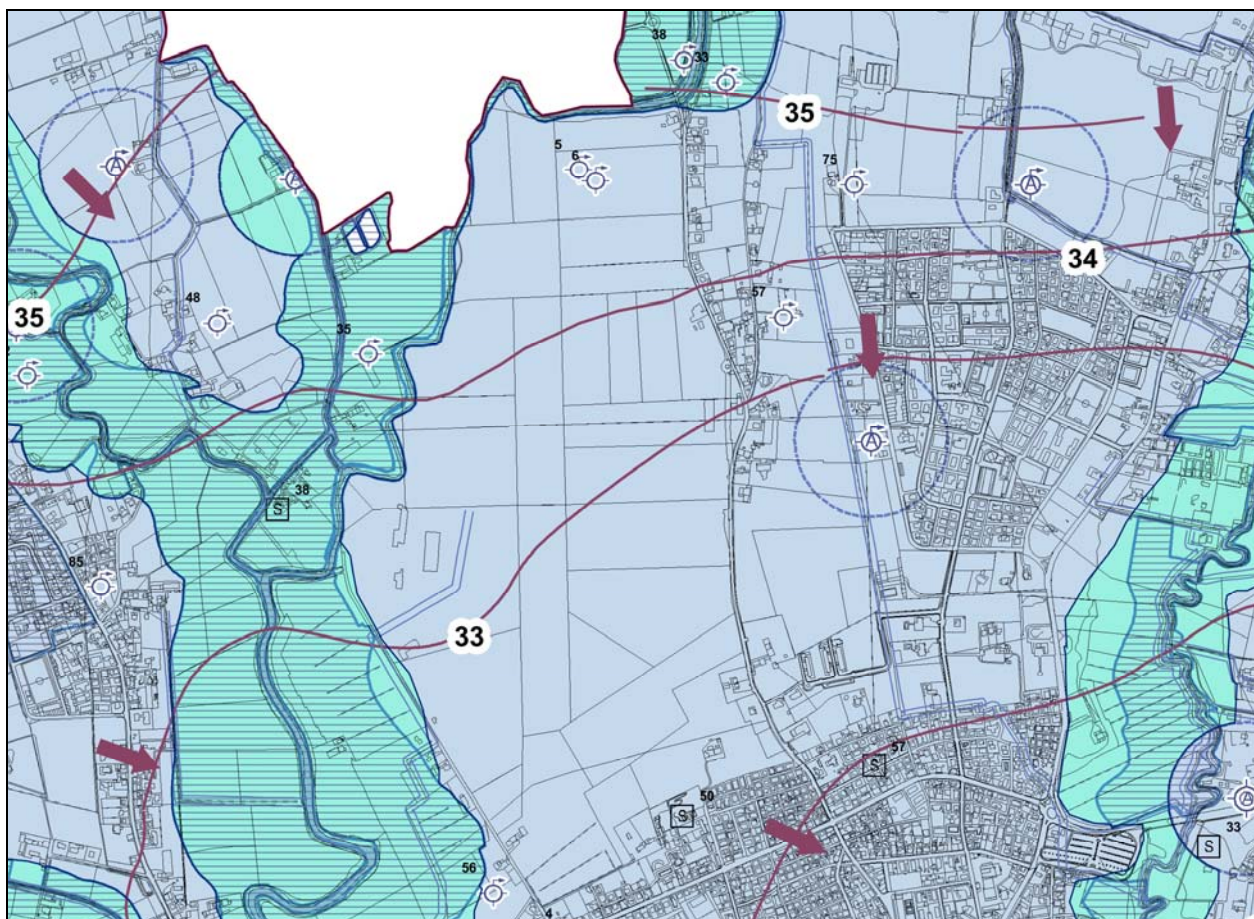
I soli elementi evidenziati sono le scarpate dei terrazzi fluviali che delimitano gli attuali letti dei corsi d'acqua in quanto hanno altezze superiori a 5 m; altre scarpatine, con altezze sui 2-3 m, non sono mostrate, ad esempio quelle che separano la superficie della pianura consolidata dalle alluvioni recenti. Sono poi evidenziati alcuni tratti di dosso fluviale testimoni di passati percorsi dei corsi d'acqua. Si noti che all'interno dell'area in esame non vi sono segni di morfologie in quanto l'area ha subito radicali interventi di livellamento e drenaggio con la formazione degli impianti aeroportuali che hanno completamente cancellato anche l'eventuale prosecuzione del dosso fluviale attraverso l'area in esame.

3.1.4 Aspetti idrogeologici.

L'elemento idraulico più importante dell'area oggetto di studio è costituito dal Fiume Bacchiglione che defluisce a Ovest, a Nord e a Est della zona di intervento. Esso scorre con direzione prevalente Nord-Ovest/Sud-Est in modo più o meno sinuoso. Esso è alimentato da risorgive ed ha portate abbastanza costanti, ma in corrispondenza di piogge intense e prolungate, può evidenziare notevoli aumenti di portata, fino all'alluvionamento, più a Sud, di porzioni della Città, raccogliendo l'acqua di corrivazione proveniente da vie di deflusso superficiale e dal Fiume Astichello. Il fiume

nasce dalle risorgive nel comune di Dueville (VI), prendendo inizialmente il nome di "Bacchiglioncello". Poco a monte della città di Vicenza riceve le acque del sottobacino del Leogra-Timonchio (dal monte Pasubio) e assume il nome di Bacchiglione. Dopo Vicenza riceve ancora le acque del fiume Retrone e altri affluenti nel padovano.

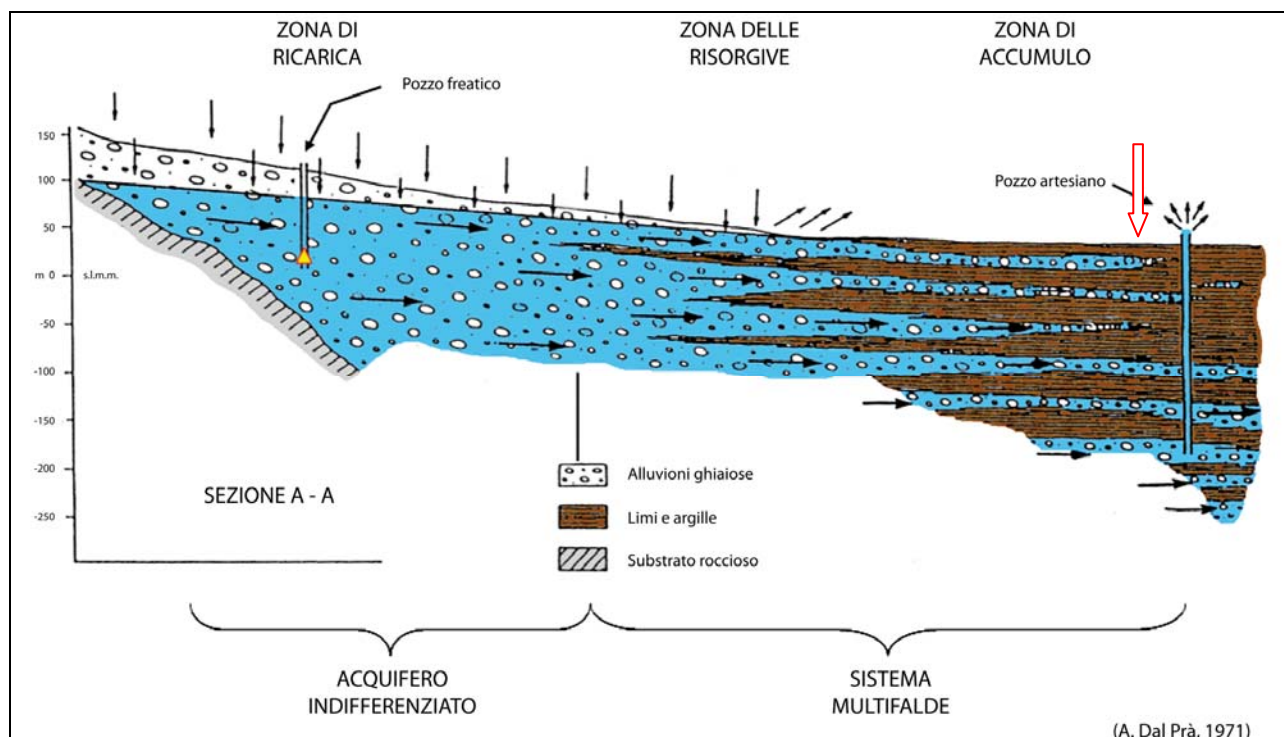
Tutta l'area di pianura è interessata da una fitta rete di rogge e scoli che assolvono alla duplice funzione di irrigazione e di drenaggio delle acque superficiali. Alcune rogge ospitano costantemente un corso d'acqua alimentato dalle sorgenti pedecollinari.



Il complesso idrogeologico della pianura appare piuttosto articolato: dalle ricostruzioni litologiche del sottosuolo, fatte utilizzando le stratigrafie di alcuni pozzi per acqua, risulta che il materasso alluvionale è notevolmente differenziato, sia in senso laterale che verticale, con

formazione di acquiferi 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.

Lo schema di riferimento è quello classico della pianura veneta, in cui il sito in esame si colloca grossomodo in corrispondenza della freccia rossa:



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 in corrispondenza delle depressioni topografiche, anche a causa della presenza delle sottostanti lenti argillose, formando le tipiche sorgenti di pianura, dette appunto risorgive (o fontanili).

A valle della linea delle risorgive in genere si assiste alla presenza di una prima falda superficiale, discontinua, ospitata da terreni sabbioso limosi poco potenti e sovrastante un acquifero multistrato formato da falde confinate o semiconfinite dotate di una certa risalienza.

La superficie della falda freatica di pianura giace mediamente a 1 ÷ 3 metri di profondità. Gli acquiferi profondi sono costituiti da terreni di tipo ghiaioso, iniziano a circa 30-40 metri di profondità. In generale il modello concettuale stratigrafico del territorio del comune di Vicenza può essere schematicamente ricondotto ai seguenti elementi di sintesi:

- Da 0 a 10 metri: depositi costituiti da materiali fini di tipo limoso sabbiosi, argillosi con a volte la presenza di ghiaie fini;
- Da 10 a 30 metri materiali fini a comportamento prevalentemente coesivo (limi e argille e locali banchi di sabbia);
- Da 30 a 40 metri ghiaie medio fini debolmente sabbiose (1° acquifero confinato);
- Da 40 a 55 argille prevalenti (acquiclude);
- Da 55 a 60 ghiaie medio fini debolmente sabbiose (2° acquifero confinato);
- Da 60 a 75 metri argille prevalenti;
- Da 75 a 85 metri ghiaie fini con sabbie debolmente argillose (3° acquifero confinato);

Esistono poi altri acquiferi confinati tra 120 e 140 metri di profondità; il substrato roccioso è presente a circa 150-200 metri di profondità.

L'alimentazione della falda freatica è dovuta oltre che da apporti meteorici, da dispersioni di subalveo nei settori a nord del territorio, da parte delle rete idrica superficiale e in misura preponderante dalle irrigazioni effettuate nel periodo da aprile a settembre. Nelle aree solcate dai maggiori corsi d'acqua si manifestano deflussi convergenti verso gli assi drenanti maggiori. Il regime della falda è caratterizzato da una fase di piena tardo estiva ed una di magra con minimi nel mese di aprile. Nel corso dell'anno la superficie della falda oscilla di circa massimo 2 metri presentando una fase di piena tardo estiva ed una di magra primaverile.

La presenza nel sottosuolo di livelli argilloso-limosi di una certa consistenza oltre che continuità determina il costituirsi di diverse falde artesiane oltre alla freatica. Sono attualmente più sfruttati gli acquiferi relativi ai livelli sabbiosi compresi fra 20 e 40 metri mediamente e quelli oltre i 60 metri di profondità dal piano campagna a seconda della zona. Gli acquiferi maggiormente produttivi e con continuità laterale sono quelli posti a circa 100 metri di profondità.

Di seguito la scheda stratigrafica del pozzo esistente all'interno dell'area in esame.

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Scheda indagine>	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 158549 Regione: VENETO Provincia: VICENZA Comune: VICENZA Tipologia: PERFORAZIONE Uso: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 110.00 Quota pc slm (m): 38.00 Anno realizzazione: 15/Mar/2002 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 1.00 Portata esercizio (l/s): 1.00 Numero falde: 4 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 8 Longitudine WGS84 (dd): 11.53111 Latitudine WGS84 (dd): 45.57806 Longitudine WGS84 (dms): 11° 31' 51" Latitudine WGS84 (dms): 45° 34' 41" (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (m)
1	0.00	110.00	110.00	75

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
2	10.00	13.00	3.00
4	30.00	33.00	3.00
8	105.00	110.00	5.00
6	90.00	91.00	1.00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (m)
1	108.00	110.00	2.00	75

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
15/Mar/2002	-2.20	-0.80	1.40	1.00

STRATIGRAFIA

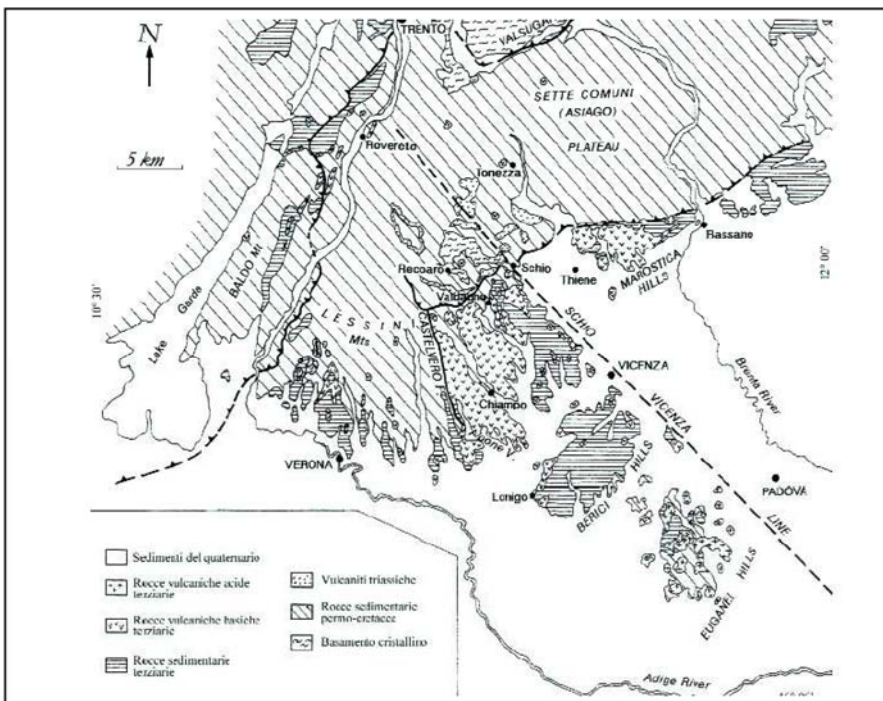
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0.00	10.00	10.00		ARGILLA
2	10.00	13.00	3.00		SABBIA
3	13.00	30.00	17.00		ARGILLA
4	30.00	33.00	3.00		GHIAIA/SABBIA
5	33.00	90.00	57.00		ARGILLA
6	90.00	91.00	1.00		GHIAIA
7	91.00	105.00	14.00		ARGILLA
8	105.00	110.00	5.00		GHIAIA

3.1.5 Aspetti tettonici

La struttura geologica del territorio vicentino è ben riconducibile a quella regionale. In generale la zona berica è dislocata da due sistemi prevalenti:

- il sistema scledense (NW – SE) che influenza i caratteri del margine settentrionale dei colli Berici e vari segmenti della rete idrografica interna; l'elemento più significativo è la linea Schio-Vicenza.
- il sistema giudicariense (NNE – SSW) reso evidente dalla linearità della lunga scarpata sudorientale, che può essere considerata una scarpata tettonica di faglia (linea della Riviera Berica); l'elemento più significativo è la faglia di Castelvero.

Esistono poi alcune faglie a carattere locale posizionate perpendicolarmente alla principale Schio-Vicenza.



A questi aspetti tettonici si legano le caratteristiche di sismicità del territorio che saranno sviluppate in altra parte della presente relazione.

PARTE II

4 MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

Questa seconda parte della relazione illustra i dati riguardanti la situazione geologica ed idrogeologica del sito, per arrivare a definire il modello geologico stratigrafico dell'area.

Va sottolineato ancora una volta che tutta l'area in esame è stata modificata nei primi metri superficiali a seguito delle varie attività che si sono succedute: la creazione della rete di drenaggio sotterranea per bonificare il territorio, il riporto di terreno per regolarizzare la superficie e renderla idonea all'uso aeroportuale, da ultimo i lavori di bonifica bellica, hanno certamente modificato la struttura e la geometria della parte più superficiale del terreno, per uno spessore di oltre un metro. I dati sono ricavati dalle indagini pregresse già citate in precedenza oltre che dai riscontri degli scavi eseguiti all'interno dell'area per le varie operazioni di bonifica bellica e di intercettazione dei dreni sotterranei.

4.1 Situazione stratigrafica

Per l'area interna all'ex aeroporto "Dal Molin" i soli dati che è stato possibile reperire sono quelli del Preliminary investigations to evaluate the general subsurface conditions Geotechnical report (2006) a cura di Geotecna srl a firma del dott. geol. Andrea Baldracchi.

Nell'ambito di tale indagine erano stati eseguiti 21 sondaggi a carotaggio continuo a 20 m con SPT in foro e prelievo di campioni indisturbati oltre alla posa di 8 piezometri a tubo aperto.

Tali indagini avevano portato all'identificazione di due tipi di terreno presenti nel sottosuolo oltre ad uno strato di riporto superficiale:

- Riporto superficiale: ha spessore variabile da 1 a 2 m ed è costituito da terreni eterogenei, in prevalenza limoso-sabbiosi, spesso con materiale estraneo (frammenti di laterizio o calcestruzzo, ghiaia di fiume, ecc.);
- Argille e argille limose: è costituito da argille limose grigie, spesso con contenuto organico e strati di torba bruna. La consistenza è molto variabile: da molto molle a solida con una media di plastica.
- Sabbie limose e limi sabbiosi: si tratta di livelli discontinui e lenti di sabbie più o meno limose, talvolta con elementi ghiaiosi. Dal punto di vista dell'addensamento si va da sabbie poco addensate a mediamente addensate.

La figura a lato riporta una ricostruzione dell'andamento nel sottosuolo delle tre litologie (puntinato = riporto; bianco = argille; barrato diagonale = sabbie)

4.2 Situazione idrogeologica

La fascia di pianura vicentina in esame si colloca a valle della fascia delle risorgive e quindi la struttura idrogeologica di riferimento è quella della bassa pianura.

Il modello idrogeologico che viene normalmente assunto per descrivere la distribuzione e l'andamento degli acquiferi sotterranei nella bassa pianura, prevede una falda superficiale detta "freatica" e varie falde profonde in pressione. Lasciando stare le falde profonde, di cui si è detto in un paragrafo precedente, la falda superficiale può essere:

1. freatica a pelo libero, se ospitata in terreni permeabili che si estendono fino al piano campagna;
2. freatica in pressione (risaliente), se l'acquifero permeabile è confinato superiormente da un livello impermeabile contro il quale esercita delle sottopressioni.

Nel nostro caso è presente una falda freatica libera in quanto i terreni limoso-sabbiosi superficiali non confinano l'acqua contenuta nei sottostanti livelli sabbiosi.

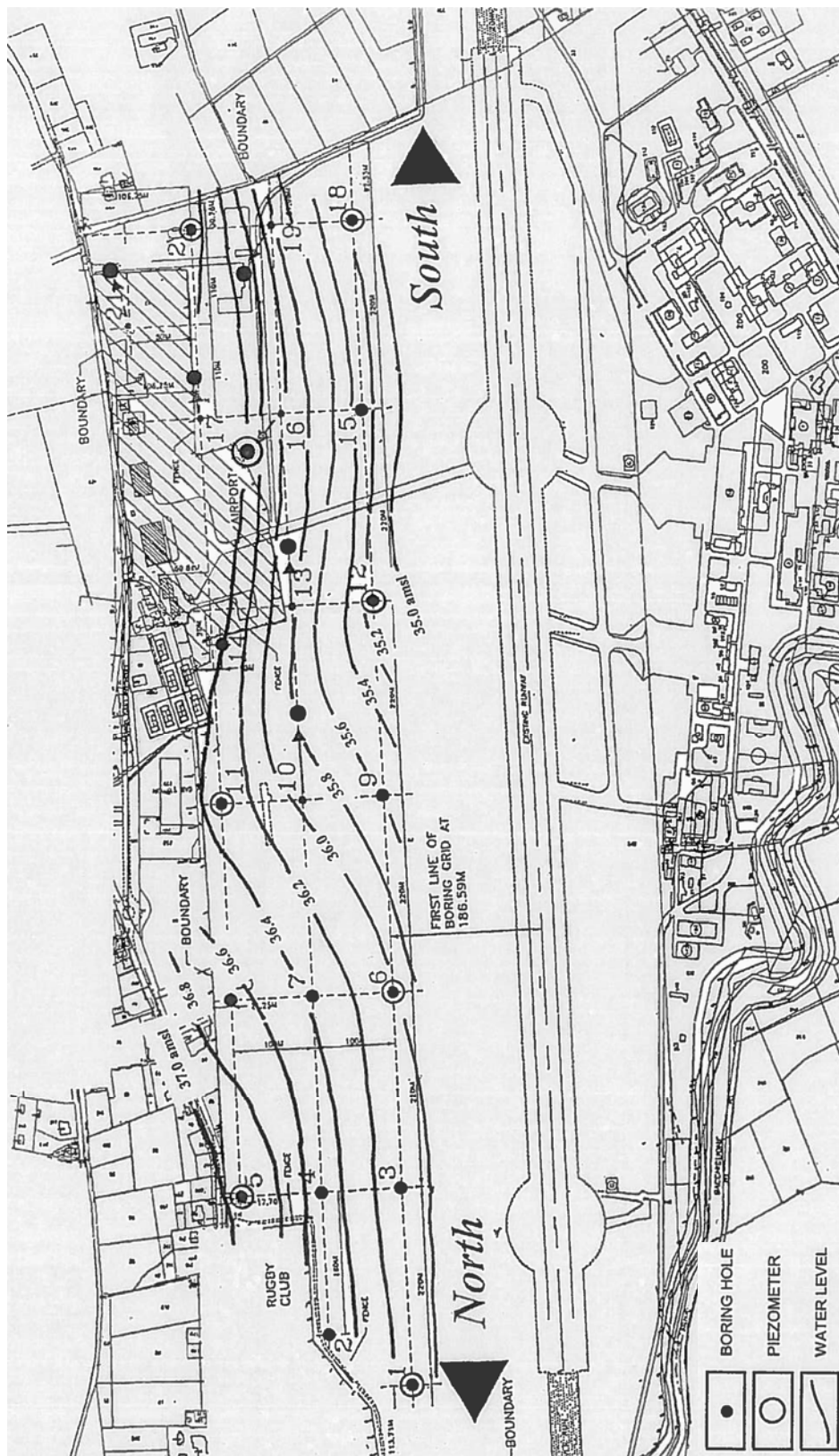
L'andamento generale vede una direzione di deflusso da NNW verso SSE a seguire le principali direttrici di scorrimento delle acque superficiali, in particolare l'asse del f. Bachiglione, come già descritto nella carta idrogeologica del PAT.

A scala locale dell'ambito di intervento, invece, la situazione è fortemente condizionata dalla fitta rete di drenaggi sotterranei realizzati per rendere idonea l'area all'uso come aerostazione. Tale rete di drenaggi si coglie anche dall'immagine aerea googleearth del 2015 riportata di seguito.



Tornando all'andamento locale della tavola d'acqua freatica, la sua morfologia è stata ricostruita nel report (2006) a cura di Geothecna srl a firma del dott. geol. Andrea Baldracchi a partire dai 21 sondaggi a carotaggio continuo e agli 8 piezometri a tubo aperto.

Dalla mappa seguente è ben evidente il ruolo attrattivo per le acque operato dal canale principale



di drenaggio che corre lungo il tratto residuo dell'ex pista di volo e al quale afferisce l'intera rete dei drenaggi presenti nell'area.

La profondità della tavola d'acqua varia da poco meno di un metro nella fascia più prossima a via Sant'Antonino, a circa 2-2,5 m nella zona più a Sud, a ridosso della ex pista di volo; la profondità media è attorno a 1,5 m. Il gradiente medio della falda è attorno allo 0,5-0,8% ed è quindi superiore del gradiente topografico che invece si attesta attorno allo 0,1%. In questo modo lo spessore dell'insaturo aumenta procedendo da Nord a Sud e da Est verso Ovest.

Con i lavori di costruzione della nuova base USA e con le operazioni di bonifica bellica la funzionalità della rete dei drenaggi è stata però fortemente

compromessa tant'è che, nel settore di SW, la tavola d'acqua si è alzata di circa un metro come ben visibile nei vari fossati a giorno.

Oggi, pur non essendoci una rete di controllo piezometrico con rilevazioni periodiche, si può affermare, senza timore di commettere grandi errori, che la quota di saturazione si è portata ad un andamento circa parallelo a quello della superficie topografica. In altre parole:

- nel settore orientale, lungo via Sant'Antonino, la quota di falda è rimasta sostanzialmente invariata rispetto a quando i dreni erano funzionali ed efficienti e quindi con quota di saturazione attorno al metro di profondità o poco più;
- nel settore occidentale verso la vecchia pista di volo la quota di falda si è alzata fino a circa un metro di profondità, o poco meno.
- Nel settore di SW si hanno condizioni sature attorno a 0,6-0,7 m di profondità con possibilità di risalita fino a 0,5-0,6 m.

Rimane comunque un leggerissimo gradiente da NE verso SW, per cui l'acqua tende lentamente a defluire in direzione di Viale Diaz e f. Bachiglione

4.3 Aspetti geotecnici

Le indagini eseguite per le strutture esistenti (hangars e aerostazione) hanno mostrato che le fondazioni dei fabbricati sono a plinto isolato oppure a trave rovescia. La quota di imposta è in genere tra 1 e 1,5 m di profondità.

Va detto che i vari edifici non evidenziano particolari lesioni o cedimenti, pur non rispondendo alle verifiche strutturali riferite alle norme vigenti.

In questa fase progettuale è possibile solo fornire delle caratteristiche geotecniche dei terreni ricavate dalle stratigrafie a disposizione al fine del calcolo della capacità portante del terreno; vengono assunti cautelativamente i seguenti parametri geotecnici per le sabbie e limi argillosi attorno a 1,0 m di profondità:

angolo di attrito interno	ϕ	31°	peso di volume secco	γ_d	1,8 t/m ³
angolo di attrito ridotto	ϕ	26°	peso di volume saturo	γ_s	2,0 t/m ³
Coesione	C_u	0-1 t/m ²	peso di volume immerso	γ'	1,0 t/m ³

Il carico unitario di rottura del terreno viene determinato utilizzando le formule del Terzaghi (fattori di capacità portante secondo Vesic 1975) trascurando per cautela l'apporto della coesione:

$$q_r = 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma + D \cdot \gamma \cdot N_q + C_u \cdot N_c = \\ = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,8 \cdot 12,5 + 1,0 \cdot 1,8 \cdot 11,8 + 0 = 30,2 \text{ t/m}^2$$

Applicando un fattore di sicurezza pari a 3 si ricava il carico unitario di sicurezza:

$$q_s = q_r / 3 = 30,2 / 3 = 10 \text{ t/m}^2 = 1,0 \text{ kg/cm}^2 \approx 98 \text{ kPa}$$

Utilizzando invece le NTC2008 seguendo l'approccio 2 combinazione (A1+M1+R3) il carico unitario di sicurezza agli SLU risulta:

$$q_s = 30,2/2,3 = 13,1 \text{ t/m}^2 = 1,31 \text{ kg/cm}^2 \approx 129 \text{ kPa}$$

Questi valori hanno ovviamente carattere indicativo e dovranno essere rivisti per le successive fasi progettuali tramite acquisizione di specifiche indagini geognostiche tese alla caratterizzazione geotecnica dei terreni su cui insistono i fabbricati.

PARTE III

Questa terza parte della relazione illustra i dati riguardanti gli aspetti sismici del sito, partendo dalla microzonazione sismica di livello 1 del territorio comunale, per arrivare a definire alcuni aspetti di microzonazione sismica livello 2 necessari per stimare gli effetti di amplificazione locale del moto sismico, come previsto dalla normativa vigente, in particolare la DGRV 1572/2013.

5 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO

5.1 Generalità

La pericolosità sismica di base, definita ai sensi del D.M. 14/01/2008, è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). Essa calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, con riferimento a condizioni ideali di bedrock sismico affiorante e privo di irregolarità morfologiche (superficie topografica orizzontale) e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali). La scala di studio è solitamente regionale e costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

La risposta sismica locale è la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito. Si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale.

L'obiettivo dello studio di Microzonazione Sismica è quello di costruire un modello di velocità di propagazione delle onde elastiche, in modalità trasversale, nei primi 30 metri di profondità e di operare la previsione, su scala locale, del rischio sismico atteso e dei suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito. In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

5.2 Definizione della pericolosità di base

La più recente normativa sismica italiana, entrata in vigore il 08/05/2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274, recepita dalla Regione Veneto con DCR n. 67 del 3/12/2003, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando la precedente terminologia di categorie sismiche. In linea teorica, l'ingresso in zona sismica è agganciato al valore dell'accelerazione orizzontale di picco (Peak Ground Acceleration, PGA, indicata anche come accelerazione massima orizzontale) riferita ad un terreno a comportamento assimilabile alla roccia, ottenuta per un predeterminato livello di probabilità da studi di pericolosità sismica a carattere

Parco della Pace (Vicenza) – ATI PAN ASSOCIATI srl, ITS srl, arch. Franco Zagari, EMF, dott. Gino Lucchetta

nazionale. I valori di PGA convenzionalmente associati alle zone sismiche sono riportati nella tabella successiva.

<i>Zona</i>	<i>Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)</i>	<i>Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)</i>
1	> 0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

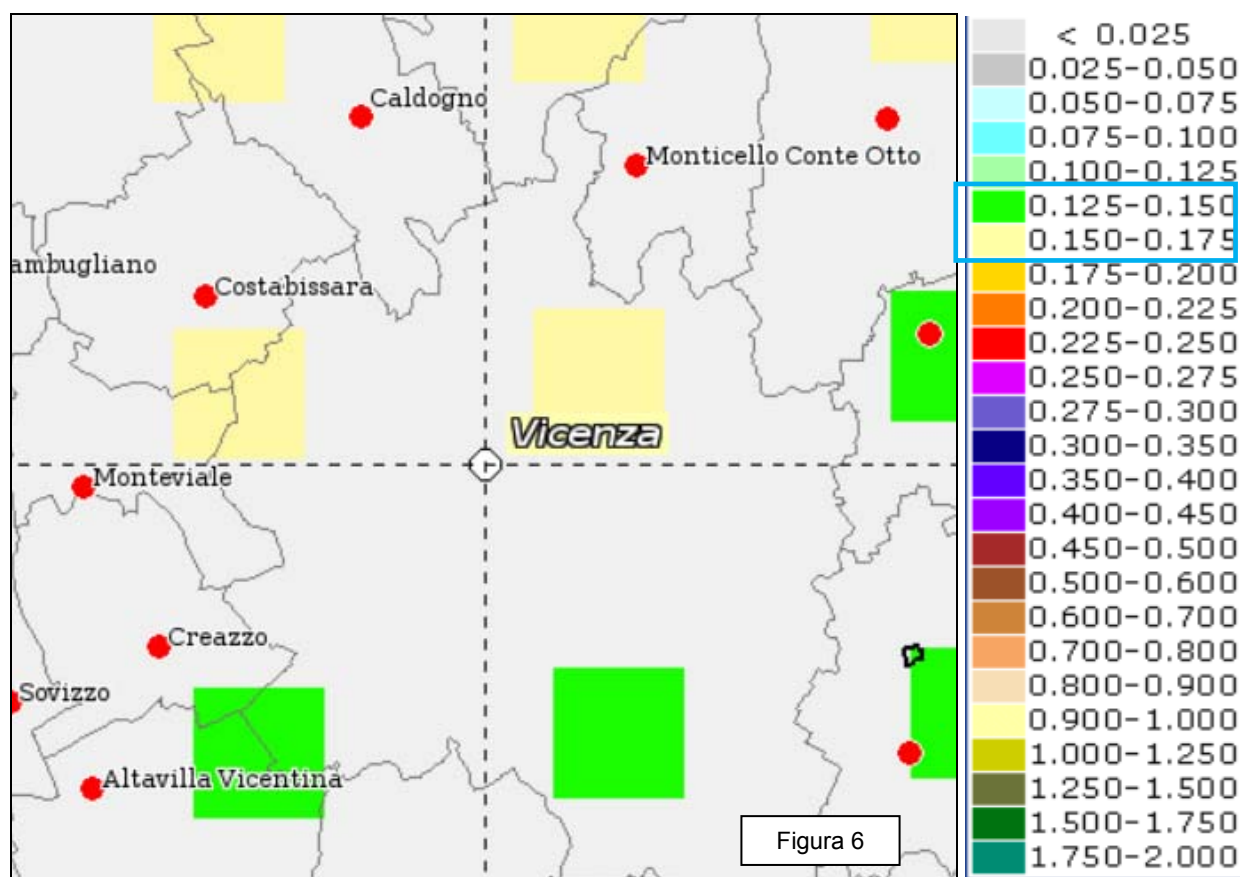
Per quanto riguarda la pericolosità sismica del territorio dal punto di vista macrosismico, come detto in precedenza, l'Ordinanza P.C.M. n. 3274/2003 ha inserito il comune di Vicenza in zona 3. Questa zona, prevede una accelerazione massima di picco su suolo di riferimento rigido tra 0,05÷0,15g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, che corrisponde al valore con tempo di ritorno di 475 anni.

Secondo la mappa di pericolosità sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si vede come il comune di Vicenza sia compreso nella fascia di accelerazione massima al suolo (riferita a suolo rigido di tipo A) tra 0,125÷0,175g. Pertanto i valori di riferimento da utilizzarsi nella progettazione degli edifici devono essere compresi entro questa fascia.

Un ulteriore affinamento delle zone sismiche è stato fatto con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 recante "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", pubblicata nella G.U. dell'11 maggio 2006, n. 108, in cui sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche che supera il concetto di categoria legato alle suddivisioni amministrative della precedente Ordinanza. Con il medesimo provvedimento è stata approvata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale che contiene le accelerazioni orizzontali massime convenzionali al suolo di tipo A, necessarie per redigere il calcolo sismico delle costruzioni (figura 6).

Quindi la OPCM 3519 di fatto supera il concetto stesso di zonazione, imponendo valori discretizzati nello spazio: la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

I nuovi criteri per l'individuazione della zona sismica si basano su un elaborato grafico che rappresenta il territorio italiano in 12 fasce di valori di PGA di riferimento; innovando le disposizioni dell'O.P.C.M. 3274/03, oltre ai valori standard delle accelerazioni riferite a suoli rigidi viene fornita anche una stima dell'incertezza, tramite predefiniti percentili della distribuzione associata.



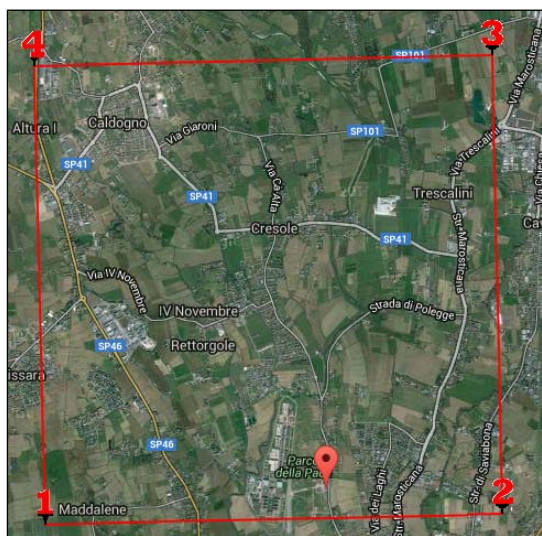
Per l'attribuzione del sito alla fascia di pericolosità sismica di competenza è stato creato un reticolo di riferimento i cui nodi (figura 6), individuati in termine di latitudine e longitudine, debbono distare di un passo $\leq 0,05^\circ$: l'INGV ha fornito i parametri di griglia con passo $0,05^\circ$ e $0,02^\circ$ (in termini di distanza circa 10 km e circa 5 km). Per ogni punto vengono forniti i seguenti parametri:

id	identificativo del punto della griglia di calcolo
long	longitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
lat	latitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
ag	accelerazione massima del suolo (50mo percentile, valore standard)
16perc	accelerazione massima del suolo (16mo percentile)
50perc	accelerazione massima del suolo (50mo percentile)
84perc	accelerazione massima del suolo (84mo percentile)

In sostanza è possibile ricavare una dettagliata descrizione dello scuotimento atteso, espresso in termini di parametri ingegneristici, riferiti a diverse probabilità di eccedenza, e/o valori di accelerazione spettrale. In particolare alcuni dati estrapolati dalla griglia:

- A_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,

servono per ricavare gli spettri di progetto da utilizzare nella progettazione secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate col D.M. 14/01/2008. I punti della griglia sono consultabili on-line presso un sito WebGis appositamente predisposto: <http://esse1.mi.ingv.it>.



I valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* determinati sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni (Categoria A), ovvero con presenza di substrato sismico ($V_{s30} > 800\text{m/s}$) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Sulla base di quanto detto sopra e utilizzando software specifici disponibili in rete (Geostru PS Parametri Sismici v. 1.5 oppure EdiLus-MS ACCA), il valore mediato del moto sismico rispetto ai quattro punti di maglia che lo comprendono, può essere descritto

convenientemente dallo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali del moto che tengono in debito conto delle amplificazioni locali (stratigrafiche e topografiche). Nella tabella seguente si riportano i valori da utilizzare nelle verifiche allo stato limite di salvaguardia della vita SLV, determinati per il sito della aerostazione considerandoli poi estendibili anche agli altri siti.

Da notare l'attribuzione di classe d'uso II che è propria di edifici residenziali e non di fabbricati strategici. I dati di longitudine e latitudine del sito sono desunti da Google Maps.

	Coordinate ED50	Coordinate WGS 84
Latitudine e Longitudine sito	N 45,572244 E 11,536641	N 45,571334 E 11,535634
	Dati di ingresso	Dati in uscita
Vita nominale dell'opera	50 anni	
Tempo di ritorno	475 anni	
Classe d'uso	II	
F_0	2,407	
T_c^*	0,287	
Accelerazione orizzontale max al sito $a_g(g)$	0,156	

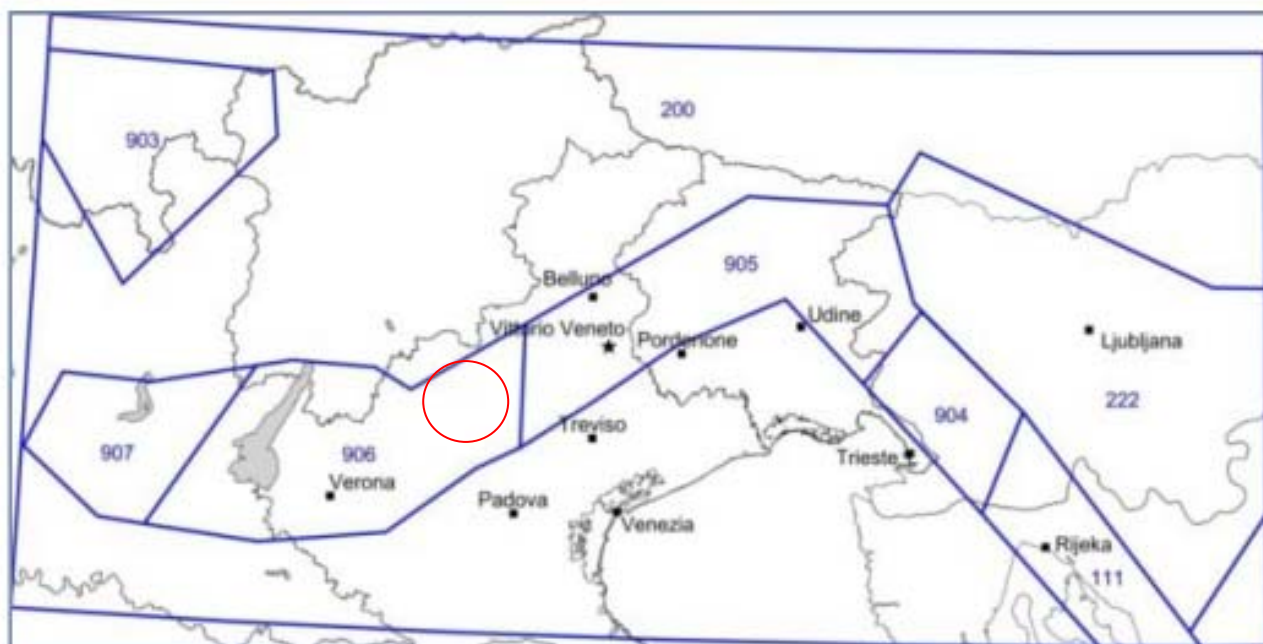
5.3 La classificazione sismica del comune

In base alla zonazione attualmente adottata dall'INGV (ZS9), il territorio di Vicenza si trova nella zona sismotettonica ZS906 (Garda – Veronese) con $M_{w\max}$ attesa di 6.60 (figura 7).

Il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che si sono verificati in questa zona è di tipo faglia inversa, con “profondità efficace” (profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti) ipocentrale media stimata di 8-12 km.

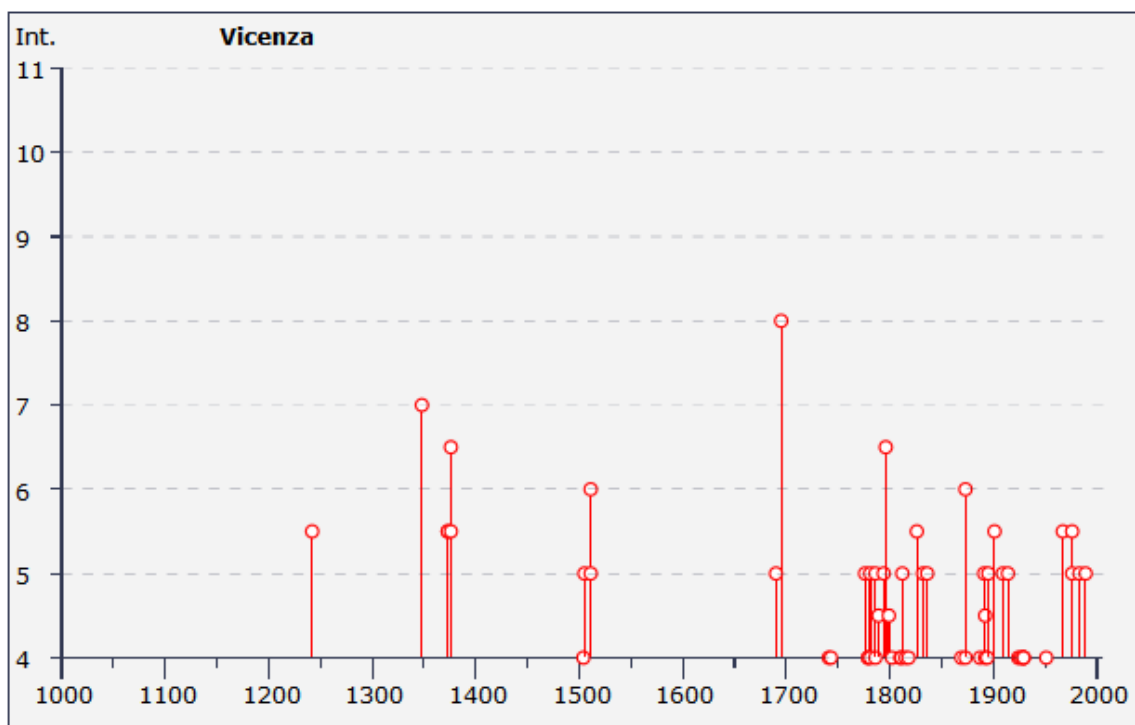
Figura 7

Per quanto riguarda i dati sismici storici di Vicenza è stato utilizzato sia il catalogo NT4.1 (Camassi e Stucchi, 1996) e sia il Data Base Macrosismico Italiano del 2004 (DBMI04) nella versione dell'aggiornamento 2011 disponibile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>.



Secondo il database, nel territorio comunale sono stati registrati 114 eventi con magnitudo superiore a 4.5 della scala Richter:

Storia sismica di Vicenza



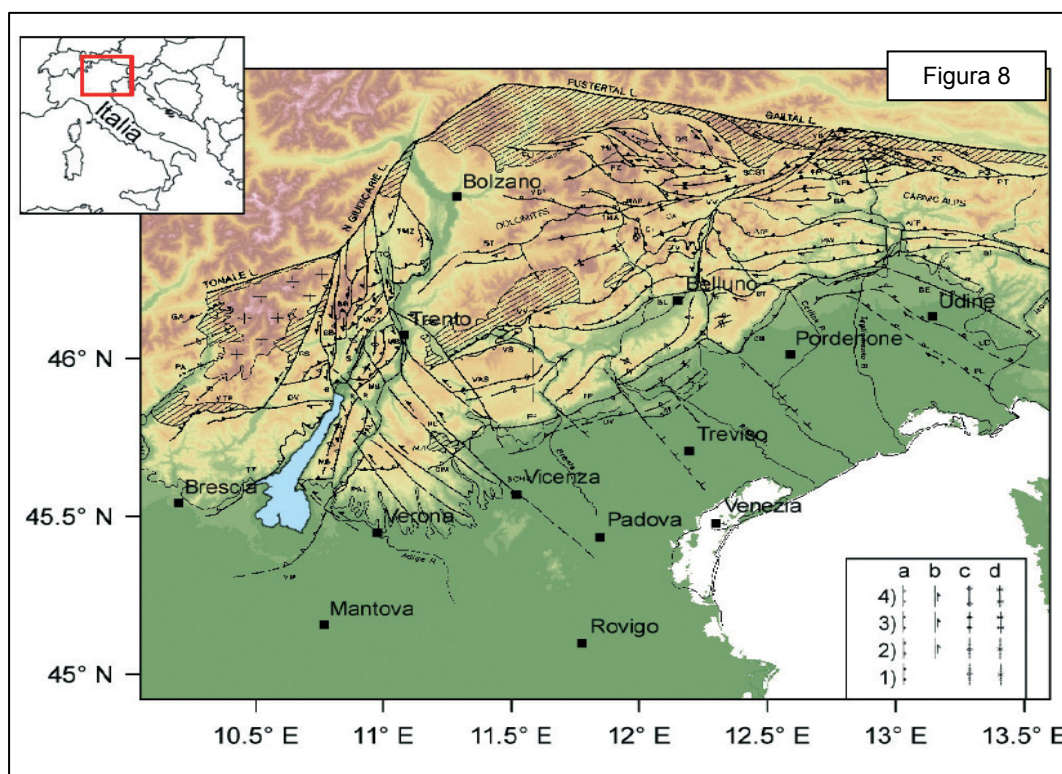
Tra tutti gli eventi, spicca quello del 1695 con ipocentro sotto il massiccio del Grappa (terremoto di Asolo o di Santa Costanza).

5.4 I sistemi di faglie attive

5.4.1 Cenni storici

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. Esse vennero definite faglie capaci ovvero faglie attive ritenute in grado di produrre fagliazione in superficie cioè la dislocazione istantanea – cosismica – verticale e/o orizzontale dei terreni lungo uno o più piani di taglio; secondo un'altra definizione è detta faglia capace la faglia che si è mossa almeno una volta negli ultimi 40.000 anni.

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-WSW: le linee Valsugana Sud, Bassano-Valdobbiadene, Aviano e Sacile, insieme con un gran numero di faglie minori.



Un sommario a scala regionale delle faglie attive che interessano la catena orientale delle Alpi Meridionali è stato 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 (figura 8) includeva le faglie principali (come tracce superficiali) la cui lunghezza era compatibile con terremoti di magnitudo $M \geq 6,2$. 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 otto 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 on-line all'indirizzo [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA - Catalogo delle faglie capaci](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA_Catalogo_delle_faglie_capaci) (fig. 9).

Dai dati geologici disponibili si può vedere come la recente attività tettonica sia il risultato di sovrascorrimenti "ciechi" responsabili di movimenti verticali differenziali e continua deformazione dei depositi e della morfologia del tardo Quaternario, ubicati sopra la linea di estremità delle faglie sepolte (Benedetti *et al.* 2000; Merlini *et al.* 2002; Peruzza *et al.* 2002).



Il sottosuolo della pianura nell'intorno della città di Vicenza risulta interessato dalla faglia Schio-Vicenza, con andamento da SE a NW e dalle faglie Vicenza Creazzo e Vicenza Altavilla con andamento da WSW a ENE.

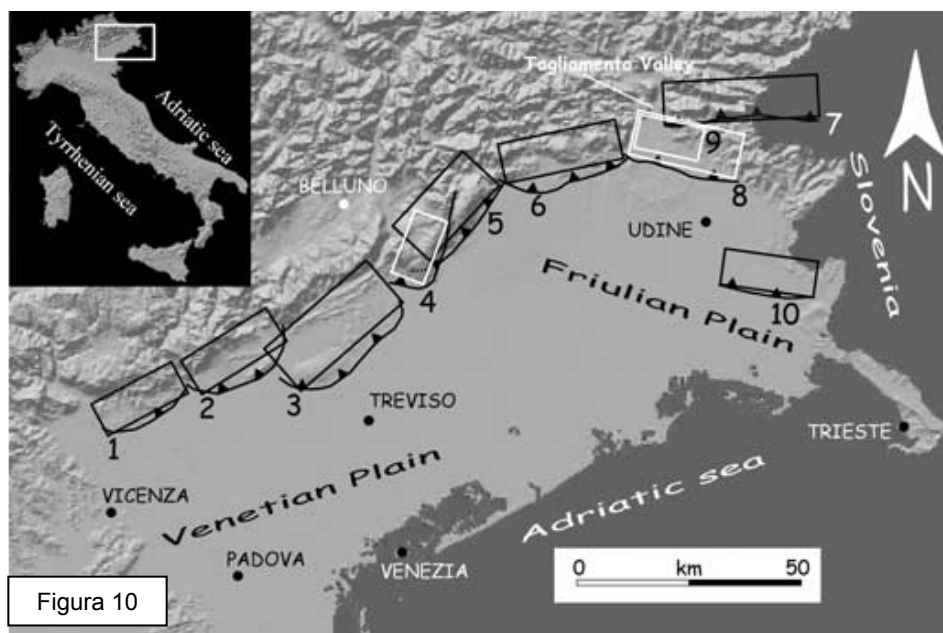
La direttrice tettonica della faglia Schio-Vicenza attraversa tutta la regione Veneto per una lunghezza di un centinaio di km. La sua importanza appare evidente se si pensa che essa limita verso est sia i Colli Euganei, che i Berici, nonché le colline fra Schio e Vicenza. A nord di Schio s'incunea tra 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.

Le altre due faglie, con dimensioni inferiori di circa un ordine di grandezza rispetto alla Schio-Vicenza, hanno carattere distensivo e sembrano costituire una sorta di svincolo tra blocchi a rigidità diversa. Lo stile deformativo non consente di comprendere il comportamento delle faglie attraverso il solo uso esteso delle ricerche paleosismologiche. Il quadro si complica ulteriormente qualora le faglie attive della tettonica Neo-Alpina riattivino faglie di sovrascorrimenti più antichi, in particolare quelli Dinarici (diretti NW-SE).

5.4.2 Le sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti distruttivi

Per quanto riguarda la fascia Prealpina, l'elaborazione di un gran numero di dati ha permesso di segmentare il fronte della deformazione attuale in diverse strutture sismogenetiche individuali che possono essere potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo $M \geq 6$ (ricordiamo che l'energia rilasciata dipende dalla dimensione della sorgente). Sono state così riconosciute 9 strutture tettoniche potenzialmente sismogenetiche (vedi figura 10).



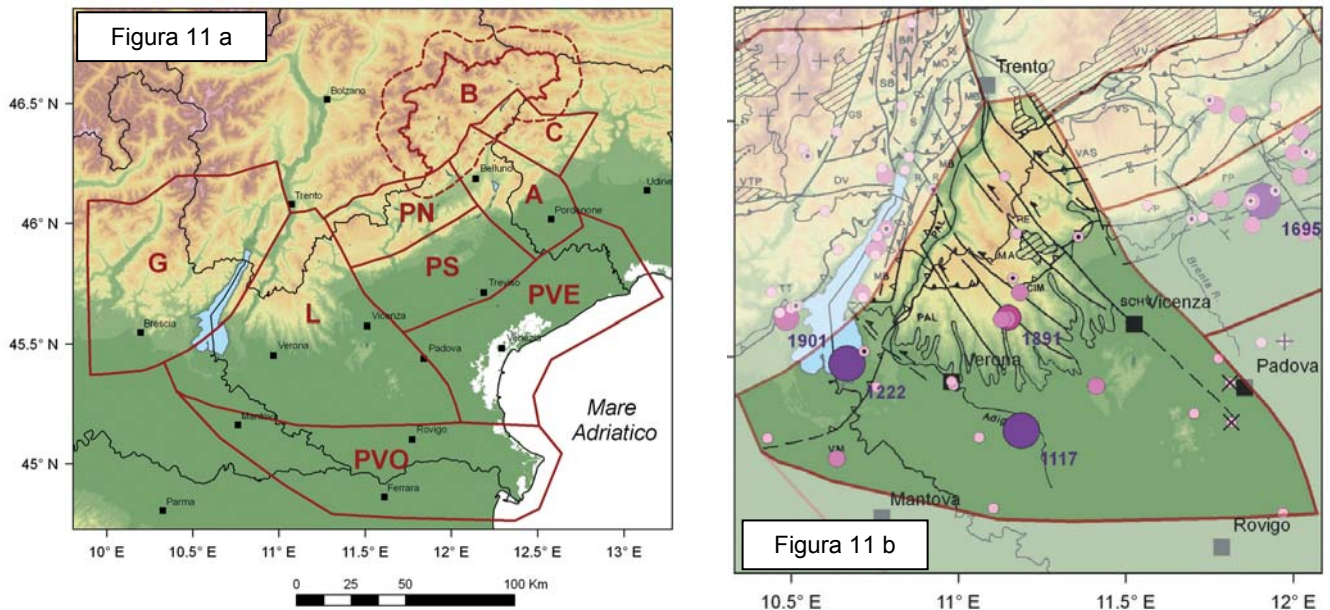
Mappa delle sorgenti sismogenetiche nel settore Thiene-Udine della catena delle Alpi Meridionali orientali: (1) Thiene-Bassano; (2) Bassano-Cornuda; (3) Montello-Conegliano; (4) Cansiglio; (5) Polcenigo-Maniago; (6) Arba-Ragogna; (7) Gemona-Kobarid; (8) Susan-Tricesimo; (9) Trasaghis; (10) Medea. Le sorgenti contornate da rettangoli neri sono definite principalmente attraverso dati

geologici (superficiali e profondi); quelle dai rettangoli bianchi da dati misti geologici-sismici (da Galadini *et al.*, 2005)

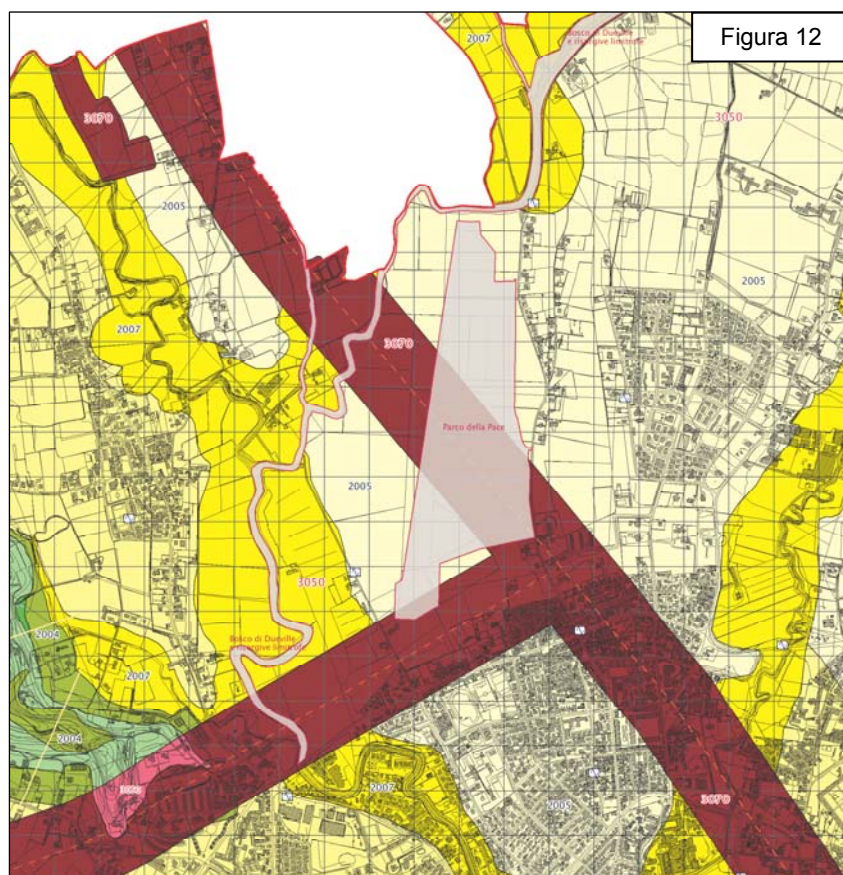
Va però citata anche una proposta più recente contenuta nella pubblicazione del 2011 Distretti sismici del Veneto (M. SUGAN e L. PERUZZA) dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS); in questo lavoro vengono riconosciuti un Distretto Lessini-Schio (L) con caratteristiche sismogenetiche particolari che interessano il territorio comunale di Vicenza (vedi figura 11a).

In tale lavoro, seguendo la suddetta suddivisione, le strutture tettoniche che più influenzano la zona del distretto Lessini-Schio (figura 11b) sono la fascia Schio-Vicenza che separa strutture plicative ad est (terminazione occidentale del sistema della Valsugana-VV, flessura pedemontana),

dai Lessini posti ad ovest che hanno caratteristiche meno disturbate tettonicamente con uno stile a horst e graben con sollevamenti differenziali lungo linee a prevalente moto distensivo.



Nella Microzonazione Sismica del comune di Vicenza le tre faglie contenute nel catalogo ITHACA, citate in precedenza, sono state considerate “faglie capaci” ed è stata individuata la relativa fascia di 400 m di ampiezza benché in realtà tali linee non abbiano risalto in superficie essendo sepolte sotto il materasso quaternario.



A lato (figura 12) uno stralcio della carta MOPS in cui si vede come la faglia Schio-Vicenza attraversa il sito dell'ex aeroporto “Dal Molin” mentre la Vicenza-Creazzo ne lambisce il limite meridionale.

La Microzonazione è di Livello 1 e pertanto i successivi livelli di approfondimento dovranno indagare la reale attività di tali faglie e stabilire le precauzioni da adottare per ridurre il rischio sismico nell'area di influenza delle faglie.

PARTE IV

6 CATEGORIA DEL TERRENO

Come specificato nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 - DM 14/01/2008), la classificazione sismica del suolo risulta fondamentale per definire l'azione sismica di progetto delle opere geotecniche. Essa si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} delle propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

Quindi tale parametro non prevede una generica stima delle V_s dei primi 30 metri di sottosuolo, ma impone la determinazione della media dei tempi di percorrenza degli i -esimi strati fisici presenti nei primi 30 metri di sottosuolo, tramite la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_i^n \left(\frac{h_i}{V_{si}} \right)}$$

dove h_i e V_{si} sono spessore in metri e velocità delle onde di taglio dell' i -esimo degli N strati compresi nei primi 30 metri di sottosuolo.

Le NTC2008 (§ 3.2.2), "raccomandano fortemente" di eseguire direttamente le misure di V_s , ricorrendo solo ad altre tipologie di classificazione sismica del suolo (misura delle $N_{SPT,30}$ o della resistenza non drenata $C_{u,30}$), solo se impossibilitati dalla misura geofisica diretta. In funzione del parametro V_{s30} , la normativa individua 5 classi di suolo:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

La classificazione sismica del tipo di suolo non può sempre essere eseguita conoscendo il solo valore della velocità V_{s30} , per cui la normativa individua inoltre 2 categorie di suoli speciali; per queste è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

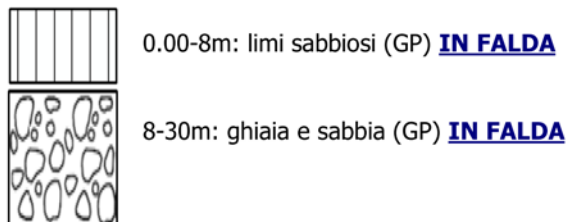
A questo punto, il passaggio successivo è ovviamente costituito dalla determinazione dei seguenti punti:

- la caratterizzazione del terreno tramite la misura delle V_{s30} (velocità di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità come definita dalle vigenti norme tecniche sulle costruzioni – D.M. 14/09/2005 e D.M. 14/01/2008);
- la determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo e alla definizione di profili di V_s 30, unitamente alla valutazione degli effetti morfologici.

6.1 Individuazione della microzona (livello 1)

La Microzonazione Sismica del territorio comunale fa rientrare il sito in esame nella Microzona Omogenea 2005: depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi (amplificazioni per caratteristiche litostratigrafiche. Il modello stratigrafico è il seguente:

Colonna stratigrafica con indicazione dello spessore medio dei litotipi:



Viene inoltre segnalata la presenza di zone di attenzione per liquefazioni e per faglie attive e capaci: di questo si dirà in seguito.

Per una applicazione diretta del D.M. 14/01/2008 è però necessario passare per il parametro fisico della V_s del terreno a cui è utile aggiungere anche il parametro f_0 ovvero la frequenza propria del terreno. Questi sono ricavabili da una serie di indagini sismiche che sono state reperite e che riguardano l'intorno del sito in esame.

Dalla Microzonazione sismica:

- in via dei Laghi vi è una MASW con $V_{s30} = 267$ m/s ed una HVSR con $f_0 = 1,01$ Hz
- Presso Ponte Marchese vi è una HVSR con f_0 non determinata
- In viale Ferrarin vi è una HVSR con $f_0 = 1,22$ Hz
- All'incrocio Dal Verme-Sant'Antonino vi è una HVSR con $f_0 = 1,25$ Hz

Dalla indagine per il bacino di laminazione di viale Diaz:

- N. 3 sondaggi MASW lungo il Bachiglione con $V_{s30} = 207-255$ m/s

Da questi dati traspare 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 Vs30 compreso tra 180 e 360 m/s inserisce il sito in categoria di suolo C.

Tornando invece alle frequenze dei depositi, un ulteriore aspetto è che, in funzione dell'ampiezza

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

H/V è possibile fornire indicazioni qualitative (e relative) sull'entità del contrasto di impedenza responsabile del fenomeno di risonanza e informazioni sullo spessore delle coperture che ne sono responsabili.

Sulla base delle frequenze di risonanza determinate, sperimentalmente, sarà poi possibile fornire una stima degli spessori responsabili dei possibili fenomeni di risonanza

osservati come riportati nella tabella a lato (da Albarello 2011).

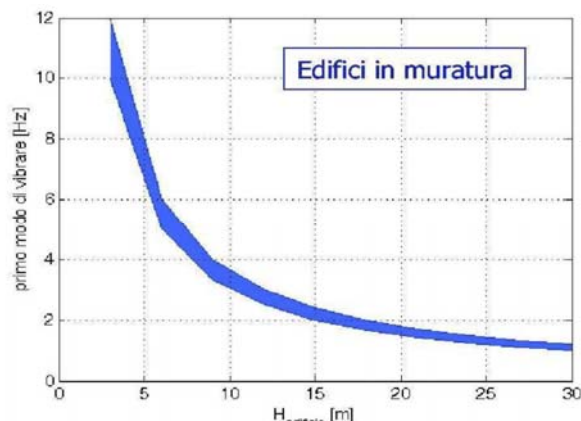
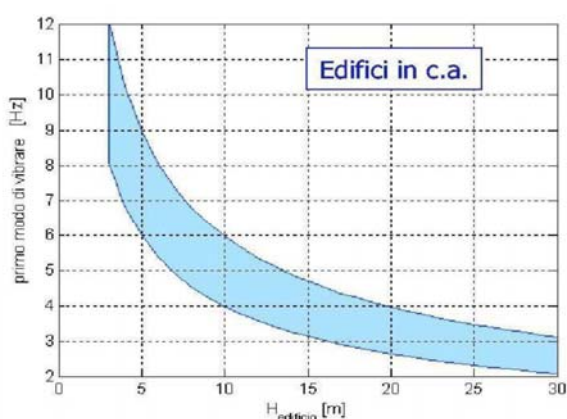
Naturalmente non è detto che il picco con la massima amplificazione corrisponda alla f_0 che, generalmente, viene considerata corrispondente al picco a frequenza più bassa.

6.2 Considerazioni sui fabbricati

Per le costruzioni la situazione più pericolosa in termini di fenomeni di amplificazione si verifica quando la frequenza dell'eccitazione armonica (w) è pari ad una delle frequenze fondamentali dello strato (w_n). Quando occorre tale condizione ($w=w_n$) si ha la risonanza dello strato, ed il fattore di amplificazione è teoricamente infinito. E' quindi di fondamentale importanza porre attenzione ai fenomeni di "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei fabbricati.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt): Freq. naturale edificio = 10 Hz / numero piani

Di seguito due grafici che mostrano, per edifici in C.A. ed in muratura, l'andamento critico del rapporto altezze-frequenze di edifici multipiano.



7 AMPLIFICAZIONI LOCALI (LIVELLO 2 e 3)

Scopo del Livello 2 di approfondimento, secondo la DGRV 1572/2013, è di attribuire quantificazioni numeriche, tramite abachi e leggi empiriche a determinate aree soggette a modificazione locale del moto sismico in superficie e/o fenomeni di deformazione permanente. Tale obiettivo si raggiunge prendendo in considerazione alcuni fattori di amplificazione e di instabilità e quantificandoli, per quanto possibile, in forma numerica stimando i fattori di amplificazione e i fattori di sicurezza.

In particolare, per il sito in oggetto incorre lo scenario P4a (amplificazioni di tipo stratigrafico) per aree di pianura o di conoide torrentizio.

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	<i>EFFETTI</i>
P4 a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	<i>Amplificazioni litologiche e geometriche</i>
P4 b	Zona di fondovalle stretta ($C > 0.25$) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale .	
P4 c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio - lacustre	
P4 d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loess)	
P4 e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	

La quantificazione numerica degli effetti sarà rappresentata dai fattori amplificativi FA (fattore di amplificazione a basso periodo in termini di accelerazione) e FV (fattore di amplificazione a periodo proprio in termini di pseudo velocità), calcolati tramite procedura semplificata.

Vanno inoltre valutati, se del caso, i fenomeni di instabilità locale quali quelli di tipo gravitativo o per liquefazione (livello 3).

Seguendo quindi le indicazioni previste dall'allegato A della DGR 1572/13 (ma con anche il riferimento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" nazionali) sono state analizzate le condizioni specifiche dei cinque siti oggetto della Variante individuando gli elementi oggetto di approfondimento nell'ambito della MS di livello 2 e 3.

7.1 Valutazione degli effetti litologici (livello 2)

Per la valutazione degli effetti litologici, la normativa vigente indica che per la microzonazione di livello 2, si possa far ricorso a metodi semplificati che prevedono l'uso di abachi. Allo stato attuale non essendo disponibili abachi specifici per la Regione Veneto, come indicato nella DGRV n. 1572 del 3 settembre 2013 – Allegato A, si sono utilizzati quelli inseriti nel Volume “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica “ della Protezione Civile Nazionale. Gli abachi forniscono due valori di amplificazione sismica F_a ed F_v così definiti

- F_a : fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione);
- F_v : fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità).

Gli abachi assumono l'ipotesi che il sottosuolo sia assimilabile ad una successione di strati approssimativamente piano paralleli, con modeste irregolarità morfologiche.

Per la valutazione di F_a ed F_v a partire dagli abachi è necessario conoscere la litologia prevalente del sottosuolo nel sito considerato, l'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità e la profondità del bedrock sismico. Gli abachi sono costruiti per tre diversi profili di velocità nel sottosuolo:

- Profilo 1: velocità costante (V_{SH}) lungo tutto lo spessore del deposito
- Profilo 2: velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo
- Profilo 3: profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i due precedenti

L'utente sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche dell'area deve scegliere quale profilo è più idoneo a rappresentare la situazione in esame. Per il territorio considerato nel corso del presente studio i sondaggi a disposizione hanno mostrato profilo di velocità da costante a crescente con la profondità ma senza bruschi aumenti. Quindi è stato utilizzato il profilo con gradiente intermedio.

Gli abachi forniscono poi i valori di amplificazione per tre classi di a_g : 0,06g, 0,18g, 0,26g. Per il Comune di Vicenza sono stati utilizzati gli abachi riferiti al valore di 0,18g.

Infine, per quanto riguarda la litologia, gli abachi nazionali prevedono soltanto tre tipologie di depositi sciolti: ghiaie, sabbie e argille. Per il caso in esame è stato utilizzato l'abaco Argille.

Gli abachi sono utilizzabili per profondità del substrato fino a 150 m; non avendo a disposizione sondaggi sismici che consentano la determinazione della profondità del bedrock sismico (con $V_s > 800$ m/s) si assume che esso si ponga a 150 m di profondità.

Dall'osservazione dei profili di velocità a disposizione si assume una V_s media della copertura di 350 m/s da cui risulta $F_a = 1,22$ e $F_v = 1,54$.

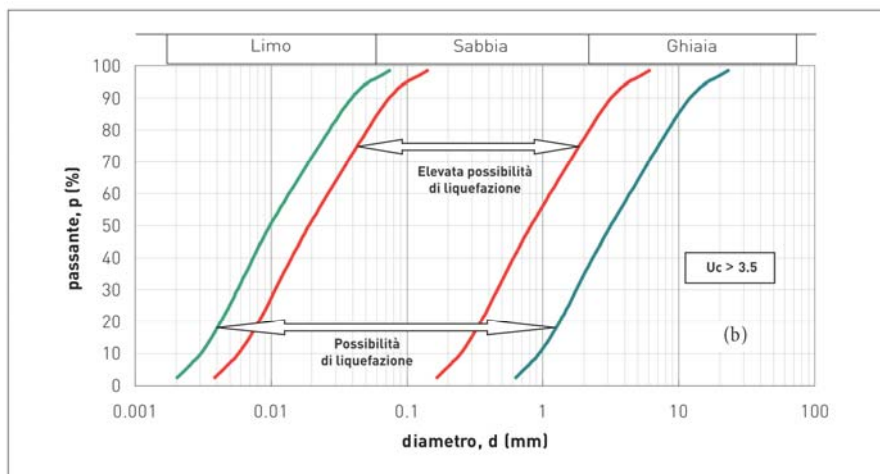
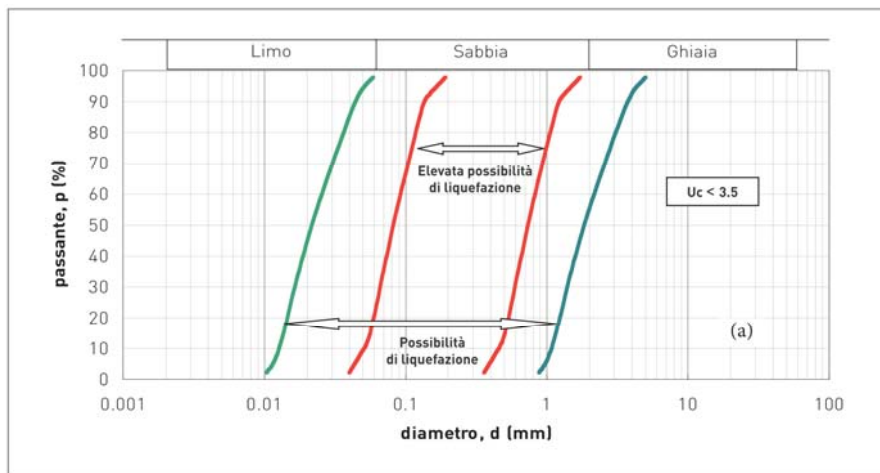
7.2 Liquefazione (livello 3)

Il fenomeno della liquefazione dei terreni si può verificare in concomitanza con eventi sismici e condizioni litostratigrafiche specifiche e consiste nel quasi totale annullamento della resistenza a taglio del terreno con comportamento assimilabile ad un fluido.

In caso di sisma vengono prodotti nel terreno una serie di cicli di sforzo tali da far eguagliare la pressione interstiziale alla pressione di confinamento e annullando in pratica la resistenza al taglio. Poiché la pressione di confinamento si incrementa con la profondità, l'effetto di liquefazione, per la tipologia di terremoti caratteristici dell'area in esame, si ritiene non possa manifestarsi ad una profondità maggiore di quindici metri da piano campagna.

La verifica al fenomeno della liquefazione dei terreni saturi in caso di sisma può essere esclusa quando si verifichi almeno una delle seguenti circostanze (da Allegato A DGRV 1572/13, a sua volta ripresa dal D.M. 14/01/2008):

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura seguente (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura seguente (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Le Linee Guida ICMS indicano come preferibile per la verifica della liquefazione l'utilizzo delle prove in sito tipo CPT (prove penetrometriche statiche) ma non danno comunque dei metodi di riferimento lasciando la valutazione all'esperienza del professionista.

Gli Standard per la MS Vers. 4.0 per le zone suscettibili di liquefazioni prevedono che vengono definite delle zone di attenzione ZA.

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. M_w attesa al sito >5 ;
4. Accelerazioni massime in superficie (p_g) $>0.1g$.

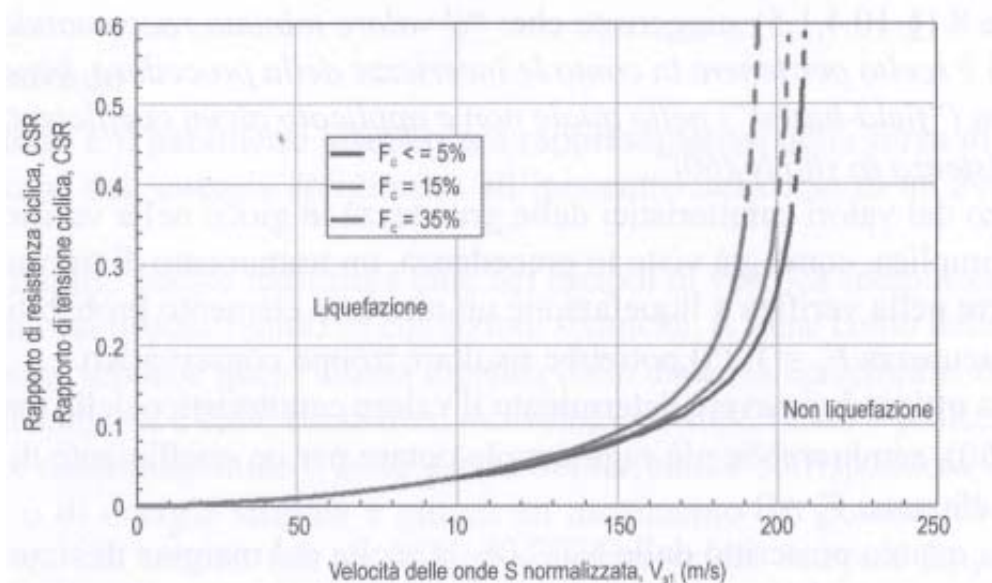
La microzonazione sismica del comune infatti segnala per gran parte della pianura di Vicenza la possibilità di liquefazioni per la presenza di tutte e quattro le condizioni sopradette, rimandando però gli opportuni e necessari approfondimenti ad un successivo livello di approfondimento.

Non avendo a disposizione nuove indagini all'interno del sito in esame è inevitabile utilizzare quanto già reperito e riferito ad aree circostanti. Avendo a disposizione prove sismiche è ovvio che

i metodi di riferimento per escludere il pericolo di liquefazione dovranno fare riferimento agli esiti di queste.

Il primo rimando è riferito alle velocità delle onde di taglio: secondo vari autori il valore di V_s di 220 m/s è considerato discriminante per il potenziale di liquefacibilità dei terreni sciolti. In altre parole se risulta, già a partire dai 3 m di profondità, che le V_s sono superiori a 220 m/s il rischio di liquefazione è molto remoto (vedi figura seguente).

In nessuna delle indagini sismiche a disposizione e già citate in precedenza compaiono velocità inferiori a 350 m/s.



In effetti la valutazione svolta per le tre prove MASW relative al bacino di laminazione di viale Diaz portano alla esclusione del rischio di liquefazione proprio perché le velocità sono superiori a tali valori.

7.3 Faglia attiva e capace (livello 3)

Come anticipato nei paragrafi precedenti, il sito è attraversato dalla traccia della faglia Schio-Vicenza. Tale struttura tettonica è indicata come “faglia attiva e capace” nello studio di microzonazione sismica di livello 1 dettando anche una fascia di attenzione di 400 m di larghezza. Lo stesso vale per la faglia Vicenza-Creazzo. La eventuale determinazione di fasce di rispetto e di suscettibilità è demandata al livello 3 che, al momento, non risulta disponibile.

Al di là del fatto che nelle varie documentazioni disponibili la posizione della faglia non è mai ben definita (si veda, per confronto, la figura tratta dal PAT a pag. 12 e quella tratta dalla carta MOPS di microzonazione sismica a pag. 32), con spostamenti di alcune centinaia di metri, si è cercato, con la sequenzialità prevista dalle linee guida nazionali sulle FAC, di definire gli elementi specifici della faglia, senza però arrivare, per l'ambito studiato, ad alcun risultato.

Le indagini espletate sono state:

- Esame delle foto aeree disponibili: non è stato possibile rilevare alcun segno significativo che possa essere collegato alla attività recente della faglia. Questo anche perché la zona esaminata ha subito importanti manomissioni della parte più superficiale.
- Il rilievo geologico e geomorfologico di campagna non ha evidenziato alcuna dislocazione o discontinuità negli strati superficiali del suolo che possa essere ricollegata a disturbi tettonici recenti.
- Le indagini geofisiche e geognostiche esistenti, peraltro piuttosto limitate numericamente, consentono di apprezzare importanti eteropie laterali da dinamiche di tipo posizionali ma non esistono indizi che tali diversità laterali siano riconducibili a deformazioni tettoniche.

Considerato poi che lo spessore dei terreni sciolti, diverse decine di metri è in grado di assorbire e quindi mascherare eventuali deformazioni del substrato, si ritiene per lo meno aleatorio cercare di attribuire a queste linee tettoniche una fascia di rispetto e/o di suscettibilità all'amplificazione sismica.

Il passaggio successivo sarebbe quello degli studi paleosismologici che però hanno caratura scientifica ed impegno economico ben superiori al livello di studio presente.

Per questi motivi non vengono definiti, per le due faglie, fasce di rispetto e fasce di suscettibilità.

Si rimanda eventualmente ad un successivo livello approfondimento progettuale, corredato dalle necessarie indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, la definizione di questi aspetti di terzo livello.

8 CONCLUSIONI

8.1 Compatibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica

La presente relazione illustra la compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica (ai sensi L.R. 11/2004 e D.M. 11/03/1988 e D.M. 14/01/2008) per gli interventi previsti per l'area ex aeroporto Dal Molin.

Non risultano, per l'ambito in esame, dinamiche geomorfologiche in atto o potenziali per cui il sito risulta, nel complesso, stabile.

Il modello geologico del sottosuolo vede la presenza di un riporto superficiale con spessore variabile da 1 a 2 m costituito da terreni eterogenei, in prevalenza limoso-sabbiosi, spesso con materiale estraneo (frammenti di laterizio o calcestruzzo, ghiaia di fiume, ecc.); a questo seguono argille e argille limose grigie, spesso con contenuto organico e strati di torba bruna. La consistenza è molto variabile: da molto molle a solida con una media di plastica. A profondità ancora maggiori abbiamo sabbie limose e limi sabbiosi in livelli discontinui e lenti, talvolta con elementi ghiaiosi. Dal punto di vista dell'addensamento si va da sabbie poco addensate a mediamente addensate.

La superficie della falda freatica di pianura giace mediamente a $1 \div 3$ metri di profondità. Gli acquiferi profondi sono costituiti da terreni di tipo ghiaioso, iniziano a circa 30-40 metri di profondità e racchiudono diverse falde confinate.

All'interno dell'ambito in esame la profondità della tavola d'acqua ha subito profonde modifiche dopo la realizzazione della base americana; in precedenza la profondità della tavola d'acqua era strettamente controllata dalla rete di drenaggi allestiti con la creazione del campo di aviazione. La profondità di falda variava da poco meno di un metro nella fascia più prossima a strada Sant'Antonino, a circa 2-2,5 m nella zona più a Sud, a ridosso della ex pista di volo; la profondità media era attorno a 1,5 m. Il gradiente medio della falda era attorno allo 0,5-0,8% e quindi superiore del gradiente topografico che invece si attesta attorno allo 0,1%. In questo modo lo spessore dell'insaturo aumentava procedendo da Nord a Sud e da Est verso Ovest. Un ruolo fondamentale in questo senso era operato dal canale principale di drenaggio che corre lungo il tratto residuo dell'ex pista di volo e a cui afferisce l'intera rete dei drenaggi presenti nell'area. La manomissione del canale principale e della rete di collettori secondari compiuta con vari interventi negli ultimi 10 anni ha portato ad un innalzamento del livello saturo nella zona di SW con tavola d'acqua che si posiziona attorno a 0,6 m di profondità dal piano di campagna.

La capacità portante del terreno di fondazione, con riferimento alle NTC2008 seguendo l'approccio 2 combinazione (A1+M1+R3) e utilizzando il carico unitario di sicurezza agli SLU può essere stimata in $q_s = 30,2/2,3 = 13,1 \text{ t/m}^2 = 1,31 \text{ kg/cm}^2 \approx 129 \text{ kPa}$

Per gli aspetti sismici le informazioni disponibili in merito alla caratterizzazione di microzona sismica portano ad una classificazione di terreno di categoria C con una topografia T1. Dall'osservazione dei profili di velocità a disposizione si assume una V_s media della copertura di 350 m/s da cui risulta $F_a = 1,22$ e $F_v = 1,54$.

Va segnalato, riprendendo dal catalogo ITHACA, che l'area in esame è attraversata da una faglia attiva e capace, la faglia Schio Vicenza ed è lambita dalla faglia Vicenza-Creazzo. Lo studio di microzonazione sismica comunale, livello 1, individua anche una fascia di attenzione larga 400 m a cavallo della traccia della faglia. In questa fase si è cercato di definire le eventuali fasce di rispetto e di suscettibilità nei confronti delle FAC ma senza esito, non essendoci riscontri, entro l'area studiata, nello studio delle foto aeree, nei dati di rilievo superficiale e nelle indagini geognostiche disponibili.

Lo studio MS di livello 1 solleva anche un dubbio su una potenziale instabilità dovuta alla liquefazione. Dalla disamina dei dati delle indagini a disposizione si ritiene di poter escludere tale rischio in quanto i valori delle velocità V_s sono superiori a 220 m/s.

Naturalmente questi ragionamenti di compatibilità geologica sono riferiti al livello della scala urbanistica e non possono scendere nel dettaglio dei vari interventi edilizi che potranno seguire. Un'eventuale verifica di questi aspetti, attraverso l'acquisizione di specifici parametri

geotecnici/geofisici in merito alla valutazione del grado di addensamento dei depositi, viene rimandata alle successive fasi progettuali dei singoli interventi edilizi con gli approfondimenti geologico/geognostici/geotecnici previsti dalla normativa vigente sulle costruzioni in zona sismica (D.M. 14/01/2008 e D.M 11/03/1988).

Pieve di Soligo, 10 febbraio 2017

dott. geol. Gino Lucchetta
Ordine Geologi del Veneto n. 242



9 BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the Southern Alps (Thiene – Udine sector, NE Italy)” *Geophysical Journal International* (2005).
- AA.VV. “Modello sismotettonico dell’Italia Nord Orientale”, C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Rendiconto N. 1, Trieste, 1987.
- Benedetti, L., Tapponnier, P., King, G. C. P., Meyer, B., Manighetti, I., 2000. Growth folding and active thrusting in the Montello region, Veneto, northern Italy. *J. Geophys. Res.*, 105, 739-766.
- Castaldini, D. & Panizza, M., 1991. Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave e il Lago di Como (Italia settentrionale), *Il Quaternario*, 4, 333–410.
- Castellarin A. Nicolich R., Fantoni R., Cantelli L., Sella M., Selli L., 2006 b. Structure of the lithosphere beneath the Eastern Alps (southern sector of the TRANSALP transect). *Tectonophysics* vol. 414, pp. 259 - 282.
- Cruden D.M. & Varnes D. J. (1996) - Landslide types and processes. In: TURNER A.K. & SCHUSTER R.L. (eds) - “Landslide: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board”, Special Report 247, National Academy Press, pp. 36-75, Washington D.C.
- Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than $M 5.5$ in Italy and surrounding areas, in I. N. d. G. e Vulcanologia, ed., <http://diss.rm.ingv.it/diss/>.
- Ferrarese, F., Sauro, U. & Tonello, C., 1998. The Montello Plateau. Karst evolution of an alpine neotectonic morphostructure, *Zeit. für Geomorph.*, N.F. Suppl.-Bd., 109, 41–62.
- Galadini, F., Poli, M. E., Zanferrari, A., 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.*, 161, 739-762.
- Galadini, F., Meletti, C. & Vittori, E., 2001b. Major active faults in Italy: available surficial data, *Geol. en Mijn.* (Netherlands Journal of Geosciences), 80, 273–296.
- Meletti, C., Galadini, F., Valensise, G., Stucchi, M., Basili, R., Barba, S., Vannucci, G., Boschi, E., 2007. The ZS9 seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. *Tectonophysics*.
- Merlini, S., Doglioni, C., Fantoni, R. & Ponton, M., 2002. Analisi strutturale lungo un profilo geologico tra la linea Fella-Sava e l'avampaese adriatico (Friuli Venezia Giulia-Italia), *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 293–300
- Peruzza, L., Poli, M.E., Rebez, A., Renner, G., Rogledi, S., Slejko, D. & Zanferrari, A., 2002. The 1976–1977 seismic sequence in Friuli: new seismotectonic aspects, *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 391–400
- Sirovich, L., Pettenati, F. & Bobbio, M., 2000. Inversione di intensità macro-sismiche per le faglie di terremoti storici, in *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996–1999)*, pp. 237–245, eds Galadini, F., Meletti, C. & Rebez, A., CNR—Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, Italy.
- M. Suga e L. Peruzza, Distretti Sismici del Veneto in *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata* Vol. 52 n. 4 supplement., dicembre 2011
- TRANSALP Working Group, 2002. First deep reflexion images of the Eastern Alps reveal giant crustal wedges and transcrustal ramps. *Geophysical Research Letters* Vol.29, N. 10, pp. 92-1 / 92-4.
- Valensise, G., Pantosti, D. (Eds.), 2001a. Database of potential sources for earthquakes larger than $M 5.5$ in Italy. *Annali di Geofisica*, 44(4), Suppl., 797–964, with CD-ROM.
- Zanferrari, A. et al., 1982. Evoluzione neotettonica dell’Italia nord-orientale, *Mem. Sc. Geol.*, 35, 355–376.

Per quanto riguarda i riferimenti bibliografici dei cataloghi sismici citati nel testo:

- NT4.1** - Camassi R. e Stucchi M., 1998. NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno
- CPTI04 (maggio 2004)** - Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>
- CPTI11** - A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. *CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>
- DOM4.1** - Monachesi G. e Stucchi M.: “DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno”
- DBMI04** - Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>
- Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.
- DBMI11** - M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.