



S T U D I O - S E G A L A

Michele Segala architetto

Via San Salvatore Corte Regia 6 37121 Verona IT
tel +39 045 590903 cel +39 348 7414227
email info@studio-segala.it www.studio-segala.it

COMUNE DI VERONA

COMMITTENZA

DAL BOSCO GIANLUCA

C.F. DBL GLC 67D13 L781Z

VIA QUARTO PONTE N. 27

TAVOLA:

06

REVISIONE:

01 -
02 -
03 -
04 -

SCALA:

DISEGNO:

APPROVATO:

DATA: 04.02.2014

AGGIORNATO: **05.03.2014**

FILE:

COPERTINE.DWG

PUA

SANTALUCIA_609

PER LA REALIZZAZIONE DI UN PIANO
URBANISTICO RESIDENZIALE IN LOCALITA'
SANTA LUCIA, VIA SOMMACAMPAGNA, ATO 9,
CIRCOSCRIZIONE 4a, DENOMINATO PUA
"SANTALUCIA_609"



PROGETTO:

Arch. Michele Segala

Arch. Roberta Corradini

Ing. Margherita Rizzi

COLLABORATORI:

IMPIANTI A RETE :

Ing. Ilario Rossi

Ing. Anna Rossi

GEOLOGIA:

Geol. Luca Zanoni

TOPOGRAFIA:

Geom. Lucio Pippa

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTISTA:

DOTT. GEOLOGO LUCA ZANONI



COMMITTENTE:

DAL BOSCO GIANLUCA

Questo disegno non si puo' riprodurre ne' copiare, ne' comunicare a terze persone od a case concorrenti
senza il nostro consenso (vigenti leggi sulle privative industriali e sulla tutela delle opere dell'ingegno)

PUA PER LA REALIZZAZIONE DI UN PIANO URBANISTICO RESIDENZIALE IN
LOCALITA' SANTA LUCIA, VIA SOMMACAMPAGNA, ATO 9, CIRCOSCRIZIONE 4/A,
DENOMINATO PUA "SANTALUCIA 609".

Relazione di compatibilità geologica, ai sensi del D.M.14.01.2008.

Indice:

1.	<i>Generalita'</i>	<i>pag. 3</i>
2.	<i>Ubicazione dell'area</i>	<i>pag. 3</i>
3.	<i>Inquadramento geologico generale</i>	<i>pag. 4</i>
4.	<i>Paleoclimatologia</i>	<i>pag.5</i>
5.	<i>Inquadramento geomorfologico</i>	<i>pag.7</i>
6.	<i>Idrogeologia</i>	<i>pag.8</i>
7.	<i>Indagini eseguite</i>	<i>pag.10</i>
8.	<i>Modalità esecutive della prova penetrometrica dinamica DPSH</i>	<i>pag.11</i>
9.	<i>Modello geologico e geotecnico del sottosuolo</i>	<i>pag.13</i>
10.	<i>Valutazione della capacità di dispersione</i>	<i>pag.14</i>
11.	<i>Compatibilità sismica</i>	<i>pag.16</i>
12.	<i>Caratterizzazione sismica del sottosuolo</i>	<i>pag.18</i>
13.	<i>Conclusioni</i>	<i>pag.24</i>

PUA PER LA REALIZZAZIONE DI UN PIANO URBANISTICO RESIDENZIALE IN
LOCALITA' SANTA LUCIA, VIA SOMMACAMPAGNA, ATO 9, CIRCOSCRIZIONE 4/A,
DENOMINATO PUA "SANTALUCIA 609".

Relazione di compatibilità geologica, ai sensi del D.M.14.01.2008.

1. GENERALITA'

Su incarico e per conto del Sig. Dal Bosco Gianluca, è stata eseguita un'indagine geologica, geotecnica e sismica, su un'area sita in località Santa Lucia, via Sommacampagna a Verona, con lo scopo di verificare la compatibilità del progetto di un piano urbanistico attuativo, in rapporto alle problematiche di carattere geologico-geotecnico che essa può comportare.

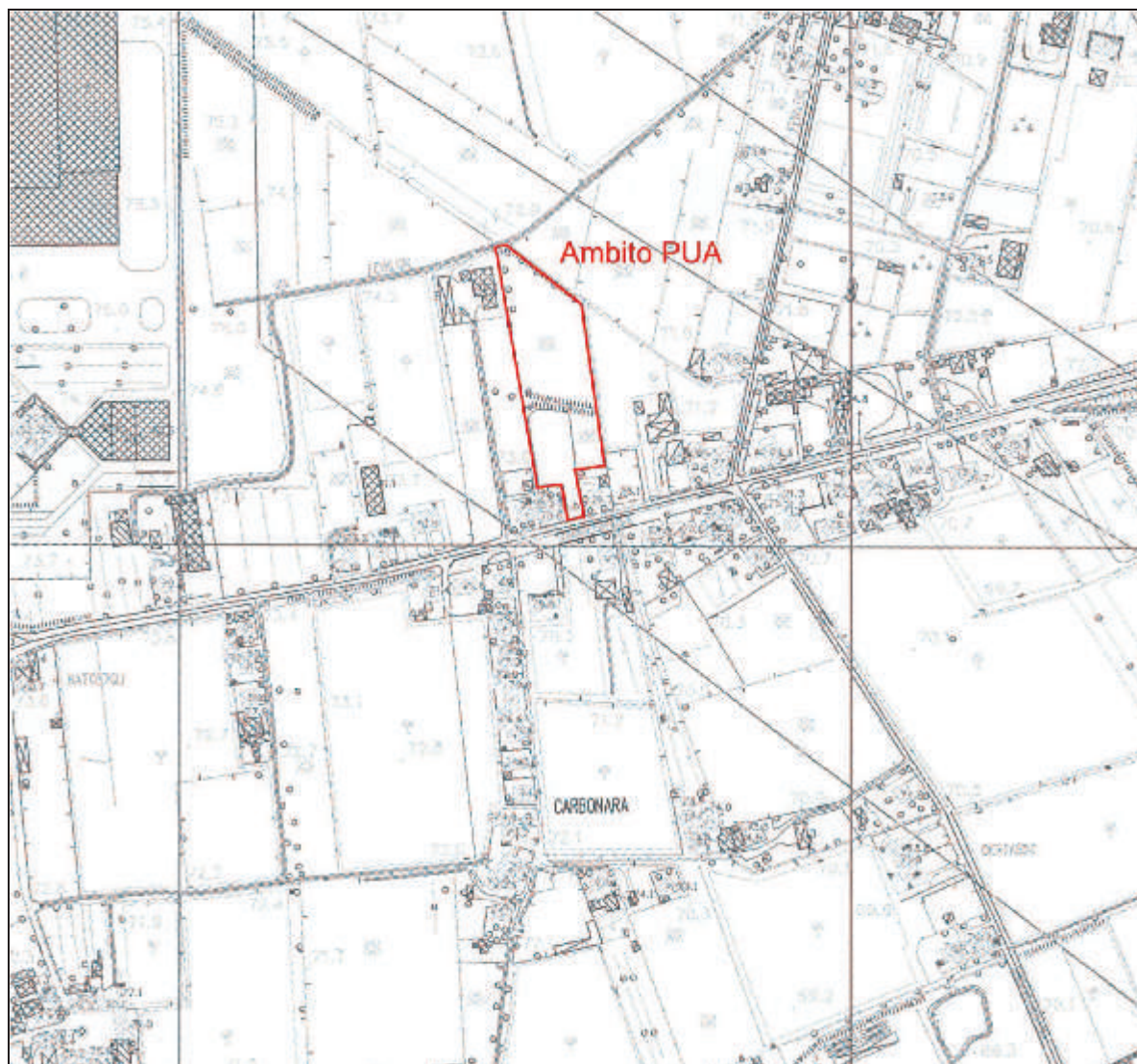
Il presente studio entrerà quindi nel merito di verificare l'idoneità della zona prescelta dal punto di vista geologico-geotecnico nella nuova situazione geostatica che si verrà a creare a lavori ultimati, e costituisce pertanto, ai sensi del D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", il supporto geologico e geotecnico sulle indagini, al progetto di realizzazione delle opere.

2. UBICAZIONE DELL'AREA

L'area d'indagine è situata in località Santa Lucia, via Sommacampagna nel Comune di Verona, ed è individuata nella tavoletta I.G.M. "Pescantina" alla scala 1:25000 - Foglio 48, Quadrante II, Orientamento NE.

Nella Cartografia Tecnica Regionale alla scala 1:5000, è individuata sull'elemento n.123163 "Madonna di Dossobuono".

In allegato è riportato un estratto della C.T.R. 1:5000 con l'ubicazione della zona in esame.



Stralcio C.T.R. 1:5000, elemento n.123163 "Madonna di Dossobuono"

3. **INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE**

La storia geologica del territorio in esame è strettamente collegata con l'evoluzione geodinamica che ha portato alla formazione delle Alpi e quindi della pianura Padana.

Secondo l'Agip mineraria, tutta la zona che va dalle pendici dei Lessini e dalla cerchia morenica del Garda fino al fiume Po, dal punto di vista tettonico è particolarmente semplice, infatti, le successioni plioceniche e quelle più antiche, si immergono regolarmente dal margine alpino verso Sud costituendo un'ampia monoclinale che va a raccordarsi con le strutture della dorsale ferrarese.

Per quanto riguarda la pianura, che si raccorda alle dorsali moreniche mediante dolci conoidi, sembrerebbe che dal Pliocene inferiore a tutto il Pleistocene, vi sia stata una lenta subsidenza non compensata dalla sedimentazione e forse continuata anche in seguito, visti i notevoli spessori (circa 350-400 m.) di Quaternario continentale rilevati a Bovolone, Nogarole Rocca e Villafranca.

La subsidenza sembra sia stata maggiore nell'area dell'attuale corso del Po dove l'abbassamento potrebbe essere messo in relazione con la faglia dei laghi di Mantova. Al costipamento naturale dei sedimenti si è unita in seguito l'attività antropica che ne ha accentuato il movimento. Nel periodo 1897-1957 si sono registrati abbassamenti di circa 1.5 mm./anno nella pianura mantovano-veronese e circa 7 mm./anno nel delta del Po.

Negli ultimi diciotto milioni di anni, oltre ad individuarsi l'attuale corso dell'Adige che incide le alluvioni rissiane formando vari terrazzamenti, si rileva un'importante abbassamento al livello della medio-bassa pianura.

Questo è messo in luce dal riordino delle principali linee idrografiche da una direzione NW-SE (attribuibile in base ai reperti ad un periodo precedente l'Età del Ferro) ad una direzione NNW-SSE, e dall'approfondimento dei letti dei corsi d'acqua che hanno così formato numerosi terrazzamenti. In linea teorica, (mancano però dati sicuri per affermarlo) si potrebbe ipotizzare che la tettonica responsabile di tale abbassamento potesse dipendere dalla continuazione della faglia dei laghi di Mantova, che si trova più o meno allineata alla stessa maniera.

Questa faglia, è una probabile dislocazione di direzione Est-Ovest dedotta dalle brusche variazioni litostratigrafiche a Nord e a Sud dei laghi, passando da ghiaie sabbiose a Nord, a sabbie limose a Sud. Oltre a questa faglia, gli altri elementi tettonici di una certa importanza sono la faglia del Fiume Adige alle propaggini meridionali dei lessini, e la faglia San Benedetto Po - Garolda.

La faglia del Fiume Adige attivatasi sicuramente prima degli ultimi 18.000 anni, è stata dedotta dal fatto che alcuni pozzi a Sud dell'area collinare, hanno raggiunto profondità di oltre 200 metri senza incontrare il substrato lapideo, deduzione che è stata poi confermata dagli studi palinologici. Negli ultimi 18.000 anni però, essa ha avuto un movimento inverso a quello precedente, sembra infatti che l'abbassamento sia avvenuto nella parte settentrionale della faglia con conseguente migrazione a Nord del corso dell'Adige.

4. PALEOCLIMATOLOGIA

La ricostruzione dei fenomeni climatici pleistocenici risulta come già detto piuttosto frammentaria poichè, è stato osservato che ciascun evento tende a cancellare i precedenti. Ben documentato è invece il periodo post-wurmiano i cui eventi sono stati studiati mediante analisi dei pollini fossili contenuti nei sedimenti.

Stralcio carta geologica del Comune di Verona - scala 1:20.000
De Zanche - Sorbini (Memorie museo civico di storia naturale)



Legenda

	Alluvioni prevalentemente sabbioso-limose, attuali e recenti, dell'Adige modellate nell'alveo sommerso.	SIMBOLOGIA		Faglie accertate e presunte
	Alluvioni terrazzate fluvio-glaciali e fluviali dell'antica conoida dell'Adige, limose (L), sabbiose (S), ghiaiose e ciottolose (G) con limitate alterazioni superficiali. W ₁ = terrazzo alto; W ₂ = terrazzo basso; R ₁ = copertura di loess; WURM (W)			Giacitura degli strati
	Alluvioni terrazzate fluvio-glaciali e fluviali dell'antica conoida dell'Adige, sabbiose (S), ghiaiose e ciottolose (G), superficialmente alterate. R ₁ = terrazzo alto; R ₂ = terrazzo basso. RISS (R)			Coro di direzione
				Circo di terrazzo in depositi fluvio-glaciali e fluviali
				Are di intensa "colonizzazione"
				Camino entivo accertato e presunto
				Limiti di masse rocciose franate durante il Quaternario
				Imbocco di cavità carsica - Pozzo per acque
				Tracce delle sezioni geologiche

Dopo la glaciazione Wurmiana, l'ultima in ordine cronologico, il clima della pianura è stato caratterizzato da repentini mutamenti. In particolare fra il 10.000 e il 7.000 A.C. sarebbero confermati episodi di abbondanti scioglimenti quindi, con climi in grado di conservare sotto forma di neve e ghiaccio le notevoli precipitazioni invernali.

Verso il 3.500 A.C., il clima della Pianura Padana non doveva essere dissimile da quello attuale: forti escursioni termiche fra estate ed inverno, scarsa piovosità estiva è discreta piovosità primaverile e autunnale. Fu quindi un periodo a clima caldo che i climatologi definiscono "OPTIMUM CLIMATICO POSTGLACIALE" che pur con qualche oscillazione si mantenne forse sino al 1.500 A.C. In quel periodo, la temperatura nel nostro emisfero aumentò di circa 2.5 – 3°C. rispetto ad oggi con ovvie ripercussioni sull'ambiente.

Si ebbe poi una fase a clima freddo e piovoso che ingrandì i ghiacciai alpini senza però farli scendere in pianura alla quale seguì, verso la fine dell'Età del Bronzo (1.400 - 1.200 A.C.) un'altra fase calda. Durante l'Età del Ferro (circa 900 A.C.) si instaurò quel clima fresco e umido che caratterizzò tutto il primo millennio A.C. Cominciarono quindi a circolare grandi masse d'acqua e nella bassa pianura si svilupparono molto le torbiere. Prova ne sia, che proprio in questo periodo fiorirono particolari abitazioni su palafitte chiamate "TERRAMARE" che secondo G.Saflund dovevano servire proprio a proteggere gli insediamenti umani dall'acqua presente in forte quantità.

Verso il 200 A.C. il clima cambiò ancora diventando più caldo e meno piovoso. La vegetazione seguiva ovviamente di pari passo l'andamento climatico colonizzando il territorio con il Pino Silvestre nei momenti freddi soppiantato da abeti, faggi e querce nelle fasi calde.

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico la zona è interessata da forme di accumulo originate dai principali processi fluviali, fluvioglaciali che hanno modellato negli anni l'alta pianura veronese.

La natura l'intensità e lo stadio evolutivo raggiunto in passato dai processi suddetti, consentono, attraverso il riconoscimento sul territorio delle forme, dei lineamenti e dei caratteri geologici ed idrogeologici, la classificazione delle diverse aree della pianura in unità idrogeologiche distinte. In linea generale, la pianura veronese è formata da tre unità geomorfologiche principali:

- Il conoide antico dell'Adige con tracce di canali intrecciati anche molto grandi,
- Il piano di divagazione dell'Adige, che ha inciso sul conoide scavando scarpate alte fino a 14 metri.
- La pianura alluvionale recente dei Fiumi Adige, Po e dei corsi d'acqua locali.

La zona in esame appartiene all'unità geomorfologia definita "conoide antico dell'Adige", ed è ubicata circa 1 km a Sud-Ovest dell'orlo di terrazzo che individua il piano di divagazione dell'Adige. Il fiume in questa zona ha inciso sul conoide scavando scarpate alte fino a 15 metri.

L'unità geomorfologica di pertinenza è quindi caratterizzata in linea generale da una serie di depositi alluvionali fluvio-glaciali e fluviali prevalentemente ghiaioso-ciottolosi e ghiaioso-sabbiosi attribuibili al Riss. Tali depositi devono la loro origine al regime nettamente diverso da quello attuale degli scaricatori fluvio-glaciali, caratterizzato da alternanze di portate molto elevate e imponente trasporto solido, conseguenti allo scioglimento dei ghiacci e allo smantellamento degli apparati morenici, e fasi di calma con portate medio-basse e formazione di aree paludose. In superficie, la zona appare totalmente pianeggiante con quote variabili attorno ai 70-75 metri slm. Ma non sono evidenti particolari fenomeni geomorfologici, a parte la scarpata di erosione dell'Adige già evidenziata.

A livello geomorfologico, i fenomeni glaciali hanno giocato un ruolo fondamentale visto che l'evoluzione antica dei corsi d'acqua suddetti è strettamente legata ad essi. Come già visto, la glaciazione wurmiana è quella che ha influito maggiormente sia sotto l'aspetto morfologico, sia sotto l'aspetto climatico. Fino all'8.000 A.C. non si hanno importanti conoscenze su questa glaciazione, ma si possono ipotizzare grossi apporti idrici molto superiori agli attuali, che avrebbero dato forma alla pianura con rotte fluviali, deposizione ed erosione di sedimenti.

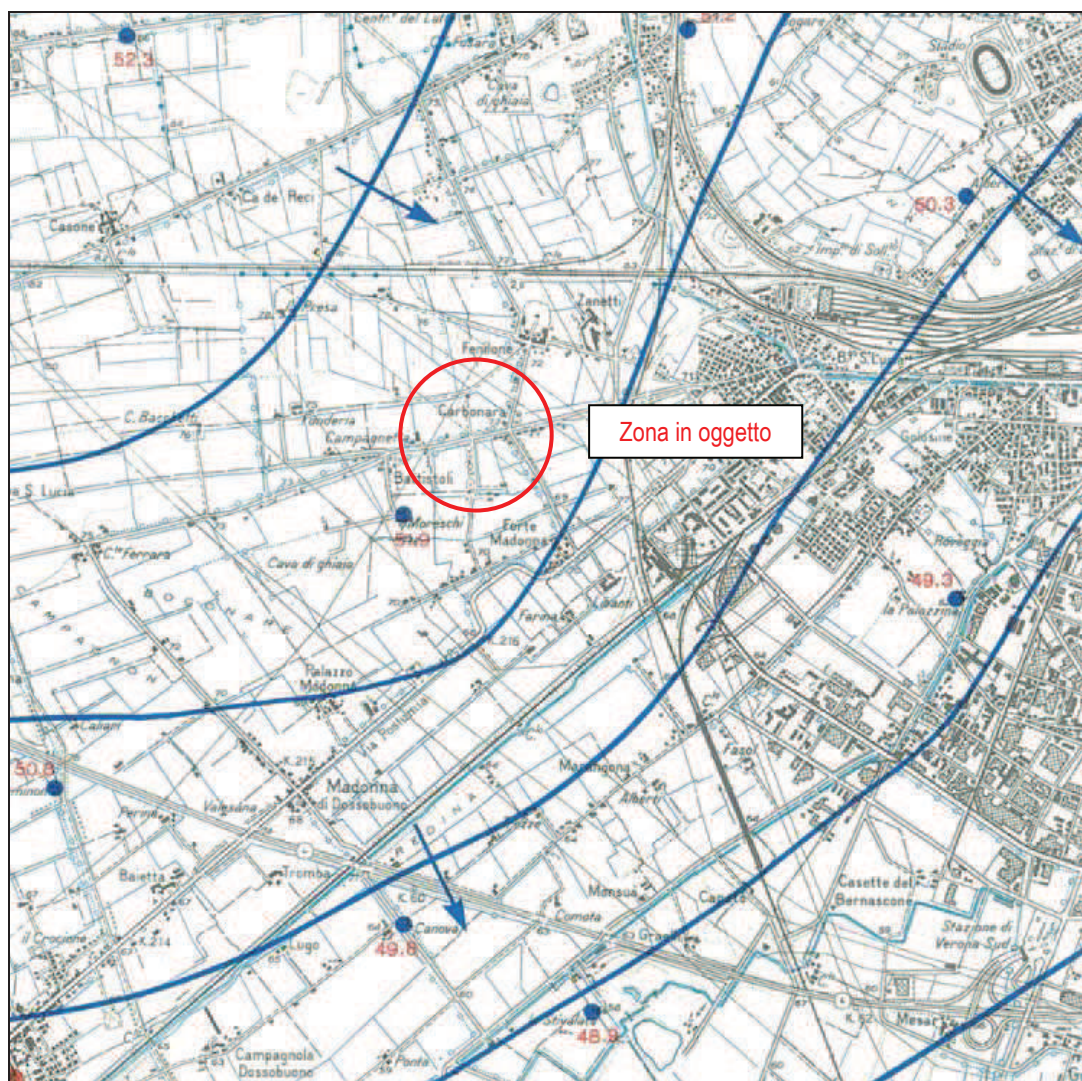
6. IDROGEOLOGIA

La situazione idrogeologica della zona riflette quelle che sono le caratteristiche geologico-deposizionali descritte e, nella fattispecie, i caratteri granulometrici dei depositi e la presenza dell'Adige come alimentatore, consentono l'esistenza di abbondanti risorse idriche sotterranee.

Nella zona in esame, come in tutta la fascia dell'alta pianura veronese, esistono condizioni di acquifero freatico indifferenziato talora per oltre 100 metri di profondità, con la presenza di qualche manifestazione lenticolare limo-argillosa realmente poco estesa. Verso oriente a ridosso dei Lessini e verso Sud, alcune intercalazioni limo-argillose importanti scompongono l'acquifero freatico in un sistema multifalda, costituito da una falda freatica e più falde in pressione sovrapposte.

La profondità della superficie piezometrica è molto variabile, ed assume i maggiori valori al limite settentrionale dell'alta pianura (50-70 m. a Bussolengo), diminuendo progressivamente verso Sud-Sud Est (circa 20 m. nell'area in studio) ed affiorando in superficie lungo la fascia delle risorgive, alimentando in tal modo la rete idrografica di risorgiva.

I principali fattori di alimentazione della falda freatica sono l'Adige, gli apporti sotterranei del sistema lessineo, gli apporti meteorici e l'infiltrazione delle acque irrigue. Primo in ordine d'importanza è ovviamente il fiume Adige, che scarica nei depositi alluvionali della pianura la potente falda di subalveo dei depositi di fondo della Val Lagarina. La stretta connessione esistente tra fiume e falda freatica, è confermata dal confronto tra il regime dell'Adige fiume e quello della falda stessa che mostra oscillazioni del tutto analoghe, ma sfasate temporalmente in base alla distanza dal fiume stesso. Il regime suddetto è di tipo alpino con una fase di magra da febbraio a maggio (con minimi in Aprile) e da una fase di piena estiva culminante in Settembre. Tutti gli altri fattori di alimentazione vengono in secondo piano, ma in talune zone si è potuto riscontrare che gli apporti in falda dovuti alle irrigazioni ed alle precipitazioni meteoriche possono arrivare sino al 35-40% delle dispersioni di subalveo. Il deflusso generale delle acque sotterranee è diretto normalmente da NO a SE ma può deviare localmente in presenza di particolari condizioni idrogeologiche.



Stralcio Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige

7. INDAGINI ESEGUITE

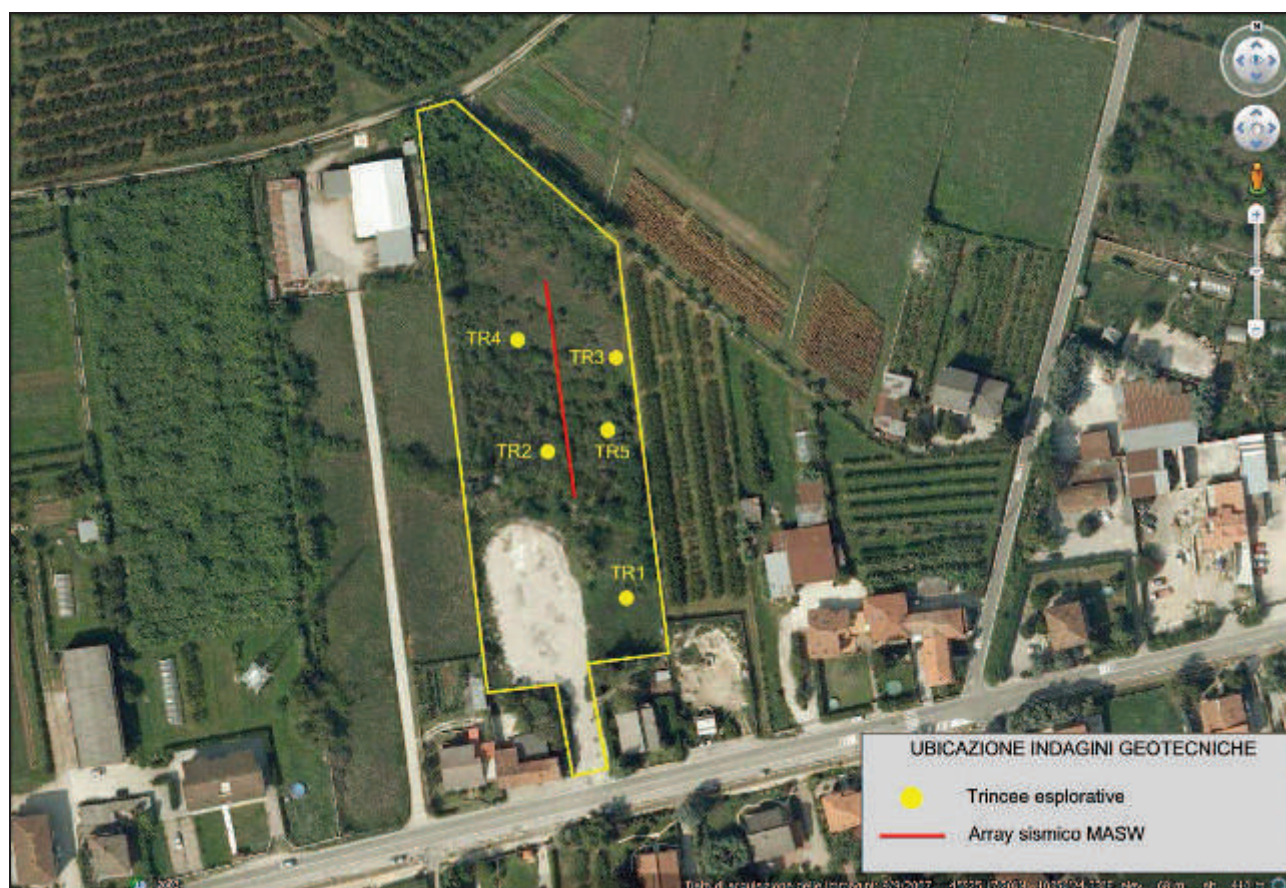
La successione stratigrafica e i parametri geotecnici che caratterizzano il sito in oggetto, sono stati desunti da alcune precedenti indagini eseguite dallo scrivente su siti limitrofi, tramite prove penetrometriche dinamiche, integrate da indagini dirette.

Le indagini dirette sono consistite nella realizzazione di alcune trincee esplorative con escavatore meccanico, necessarie anche per una stima approssimativa dei parametri geotecnici del sottosuolo e verificare eventuali interazioni con la falda freatica.

Per la definizione della categoria del sottosuolo ai fini dello studio della risposta sismica locale, è stata realizzata un'indagine geofisica a sismica attiva con la tecnica Masw (Multichannel Analysis of Surface Wave).

L'analisi sismica è stata realizzata tramite 24 geofoni verticali a 4.5 Hz uniti in array lineare, con acquisitore Sismatrack digitale, della MAE srl.

La spaziatura usata tra i geofoni è stata di 3 metri e quindi la lunghezza complessiva del profilo è risultata essere di 69 metri.



8. MODALITA' DI ESECUZIONE DELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH

L'attrezzatura consiste in una batteria di aste di acciaio e in un dispositivo di infissione agente a percussione; la batteria di aste, con peso di 6.90 Kg/mq. è collegata all'estremità inferiore ad una punta conica del diametro di 50.8 mm. (sez. 20.27 cmq.) ed angolo di apertura di 60°. Il dispositivo di infissione è costituito da un maglio del peso di 73.5 Kg. che cade automaticamente da un'altezza di 75 cm. La prova consiste nell'infiggere la punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 30 cm., fino alla profondità desiderata, rilevando il numero di colpi (Nd) necessario alla penetrazione di ogni singolo tratto. I dati ricavati dalla prova sono tabulati in diagrammi Nd30 - profondità e Resistenza dinamica - profondità. In base ai valori rilevati è possibile determinare i valori di rottura del terreno alle varie profondità e, in base a questi, risalire alla capacità portante dei terreni sia attraverso calcolo matematico che attraverso grafico. Dal confronto dei valori di Nd è possibile inoltre risalire alla probabile stratigrafia del sottosuolo. Numerose prove effettuate evidenziano una corrispondenza media fra il numero di colpi N_{spt} per infissioni di 30 cm. ed il numero di colpi Nd.

In particolare:

ENERGIA SPECIFICA PER COLPO:

$$Q = (M H) / (A v) = 9.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Q_{spt} = 7.83 \text{ Kg/cm}^2$$

COEFF. TEORICO DI ENERGIA:

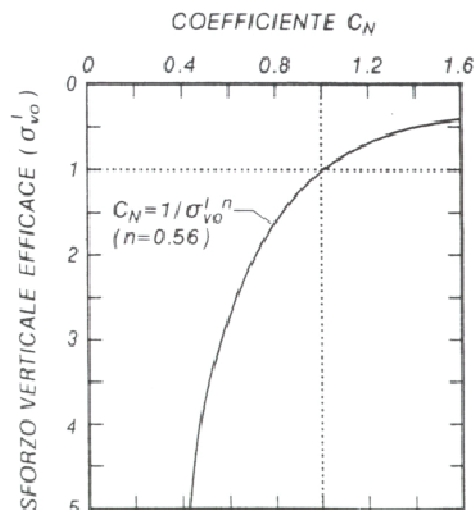
$$\beta = Q/Q_{spt} = 1.15$$

TEORICAMENTE:

$$N_{spt} = \beta \times N$$

Va tenuto in considerazione che i terreni di riporto o fortemente rimaneggiati i coefficienti ottenuti non seguono la stessa logica e comunque la dispersione dei valori risulta troppo elevata.

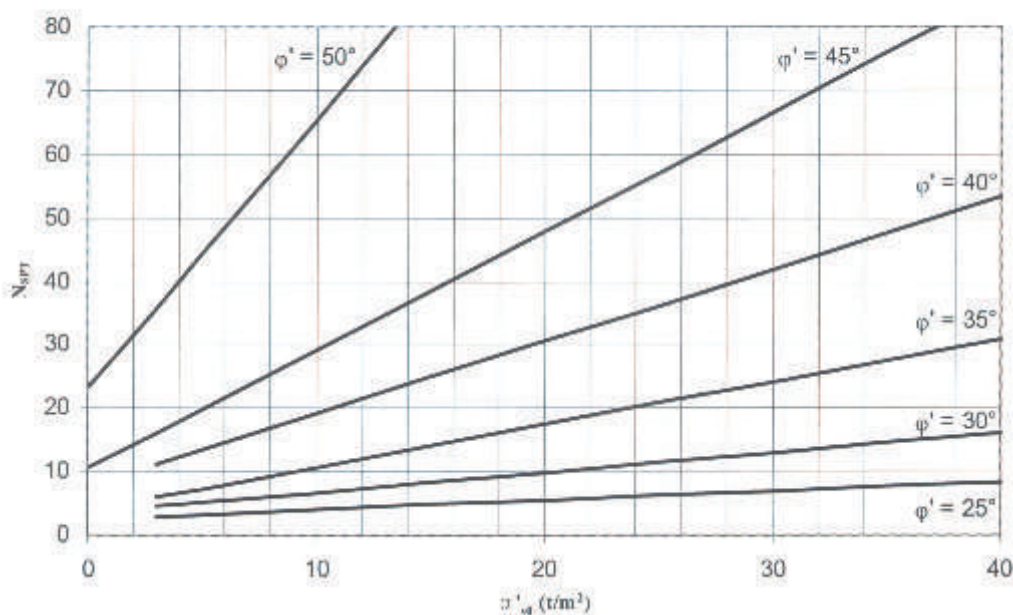
Poichè il numero dei colpi forniti dalla SPT è influenzato dal valore della pressione litostatica, e quindi, dalla profondità della prova penetrometrica, per omogeneizzare le misure base viene allegato il seguente diagramma dovuto a GIBBS ed HOLTZ.



Esso fornisce un coefficiente correttivo C_N del numero di colpi rilevati alle varie quote per riportarli al valore corrispondente alla pressione efficace $\sigma_{vo} = 100$ KPa. Il valore di SPT corretto verrà indicato con N' spt.

In base al valore di N' spt è possibile con il grafico alla seguente determinare il grado di addensamento e l'angolo di attrito dei terreni.

Stima dell'angolo di resistenza a taglio
in funzione di σ_{vo}' e N_{SPT} - De Mello (1971)



9. MODELLO GEOLOGICO E STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Le indagini eseguite hanno confermato la situazione stratigrafica ipotizzata in prima analisi. Come precedentemente descritto l'area è caratterizzata in generale da un notevole spessore di depositi granulari grossolani di tipo ghiaioso-ciottoloso e ghiaioso-sabbioso. Alcune perforazioni di pozzi agricoli evidenziano spessori di almeno 100 metri di ghiaie e ciottoli con locale presenza di modesti livelli argillosi o argillo-limosi. La superficie del sito sul quale sarà realizzato il PUA è un'area agricola totalmente pianeggiante attualmente incolta. Limitatamente al sito di progetto, il sottosuolo è naturale e privo di riporti.

Esso è quindi caratterizzato entro i primi 40-80 cm di profondità, da depositi di alterazione caratterizzati da limi argillosi con ghiaia, seguiti da depositi prevalentemente ghiaiosi e ciottolosi in matrice sabbiosa, dotati di buone caratteristiche geotecniche e compressibilità molto bassa, che aumentano generalmente di addensamento in profondità.

Le trincee esplorative, hanno evidenziato che sedimenti in oggetto, analizzati a grande scala mantengono una sostanziale uniformità per tutta l'area indagata, pur manifestando qualche differenziazione a carattere lenticolare. Infatti, all'interno del materasso ghiaioso, è possibile la presenza alcuni depositi a geometria generalmente lenticolare di tipo sabbioso o sabbioso-ghiaioso con valori di addensamento minori, ma sempre di buone caratteristiche geotecniche.

La trincea n.5 mette appunto in evidenza la presenza di un livello prevalentemente sabbioso alla profondità di circa 1.10 m dal p.c e di spessore di circa 1 m, all'interno del materasso alluvionale ghiaioso. La trincea n.3 evidenzia peraltro che in alcune zone il primo sottosuolo è stato scavato e riempito di grossi ciottoli. La profondità dello scavo è di circa 2-2.5 m dal p.c. al di sotto il terreno è in condizioni naturali.

Le prove penetrometriche effettuate su questa tipologia di depositi, evidenziano molto bene la presenza di grossi ciottoli e talora anche trovanti, manifestando una notevole dispersione dei valori più elevati. La granulometria grossolana rappresenta di fatto un limite per le prove penetrometriche, impedendo spesso l'approfondimento oltre i 3.5-5 m dal p.c.

Le indagini geofisiche effettuate hanno confermato comunque che in profondità i depositi tendono progressivamente ad aumentare di addensamento evidenziando una notevole rigidità e Vs comprese tra 400 e 600 m/s

La falda freatica si trova ad una profondità di circa 20-25 metri dal piano campagna attuale, quindi non potrà interferire con le strutture in progetto.

Quindi, al fine progettuale ed in riferimento a quanto detto, si è scelto di adottare il seguente modello geologico di riferimento:

da 0.00 a 0.2-0.4 m.

Limi e limi argillosi

Peso di Volume

$\gamma_k = 20 \text{ KN/mc}$

Coesione

$C_{uk} = 60 \text{ KN/mq}$

da 0.2-0.4 a 0.8-1.2 m.	<u>Limi e limi argillosi con ghiaia eterometrica</u>
Peso di Volume	$\gamma_k = 20 \text{ KN/mc}$
Coesione	$C_{uk} = 50 \text{ KN/mq}$
Angolo d'attrito	$\phi_k = 27^\circ$
da 0.8-1.2 a 4.0-5.0 m.	<u>Ghiaia e sabbia mediamente addensata con locali livelli sabbiosi.</u>
Peso di Volume	$\gamma_k = 18.2 \text{ KN/mc}$
Angolo d'attrito	$\phi_k = 33^\circ$
da 4.0-5.0 a 10.0 m.	<u>Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa ben addensata con locali livelli sabbiosi</u>
Peso di Volume	$\gamma_k = 19.3 \text{ KN/mc}$
Angolo d'attrito	$\phi_k = 35^\circ$

L'angolo d'attrito è stato calcolato con la relazione proposta da Sowers (1961), secondo la quale:

$$\Phi = 28 + 0.28 N_{spt}$$

Il valore dei parametri caratteristici è stato valutato come stima ragionata e cautelativa dei valori più probabili per lo stato considerato, come peraltro evidenziato al par. 6.2.2 del D.M. 14.01.2008, Circolare 617/2009 par. C6.2.2 ed Eurocodice 7.

E' doveroso comunque richiamare l'attenzione sul fatto che la presente indagine, ha esclusivamente carattere preliminare di definizione dell'assetto stratigrafico e geotecnico ed accertamento di fattibilità, senza avere la pretesa di caratterizzare compiutamente il sottosuolo dei futuri interventi edilizi.

Quindi, durante la fase progettuale ed esecutiva, come peraltro prevede il D.M.14.01.2008 NTC, dovranno essere redatte le relazioni specialistiche specifiche, geologica, geotecnica e sismica per ogni opera da realizzare sul sito d'intervento.

10. VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' DI DISPERSIONE

La legge che esprime la proprietà fondamentale del moto dell'acqua in un mezzo poroso, saturo ed isotropo, è quella di Darcy:

$$Q = A \times K \times i;$$

dove:

Q = Quantità d'acqua che fluisce nell'unità di tempo (mc/sec)

A = Area ortogonale al flusso (mq)

K = Coefficiente di permeabilità (m/sec)

i = Gradiente idraulico. In questo caso particolare in cui la filtrazione avviene parallelamente al flusso, (i) esprime, in m, il carico idraulico.

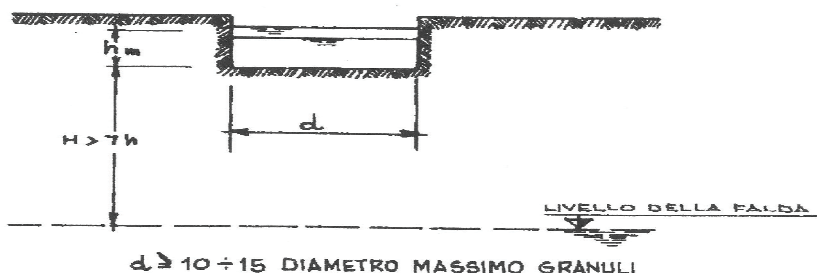
La conducibilità idraulica dei terreni suddetti è stata estrapolata da prove a carico variabile, effettuate dallo scrivente nelle trincee predisposte. Le prove effettuate secondo lo schema allegato hanno fornito un coefficiente di permeabilità K, pari a $1.3 \cdot 10^{-3}$ m/sec.

PROVE PERMEABILITA' (pozzetto superficiale) (Raccomandazioni A.G.I. 1977)

$$k > 10^{-6} \text{ cm/s}$$

1- CARICO COSTANTE

2- CARICO VARIABILE



N.B.: SATURAZIONE PREVENTIVA

Pozzetto circolare :

— prove a carico costante

$$k = \frac{q}{d h_m} \frac{1}{\pi} \quad [ms^{-1}]$$

— prova a carico variabile

$$k = \frac{d}{32} \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \frac{1}{h_m} \quad [ms^{-1}]$$

Pozzetto a base quadrata :

— prova a carico costante

$$k = \frac{q}{b^2} \frac{1}{27 \frac{h}{b} + 3} \quad [ms^{-1}]$$

— prova a carico variabile

$$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \frac{1 + (2h_m/b)}{(27h_m/b) + 3} \quad [ms^{-1}]$$

q = portata assorbita a livello costante

$$[m^3 s^{-1}]$$

h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto ($h_m > \frac{1}{4} d$)

$$[m]$$

d = diametro del pozzetto cilindrico

$$[m]$$

b = lato della base del pozzetto a base quadrata

$$[m]$$

$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo

$$[s]$$

$h_2 - h_1$ = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo $t_2 - t_1$

$$[m]$$

11. COMPATIBILITA' SISMICA

E' stato elaborato uno studio di compatibilità sismica dell'area di intervento al fine di evidenziare eventuali problematiche connesse con l'amplificazione delle onde sismiche, cioè quel complesso di variazioni in ampiezza, contenuto in frequenza e durata che il moto sismico subisce in prossimità della superficie.

Numerosi studi hanno evidenziato che l'amplificazione delle onde sismiche è prodotta da tre distinti fenomeni:

- Amplificazione per contrasto di impedenza tra il bedrock sismico e una copertura a minore velocità.
- Amplificazione sismica per intrappolamento delle onde sismiche (P de S) per riflessioni multiple
- Amplificazione per focalizzazione delle onde sismiche in corrispondenza di creste o brusche rotture di pendenza.

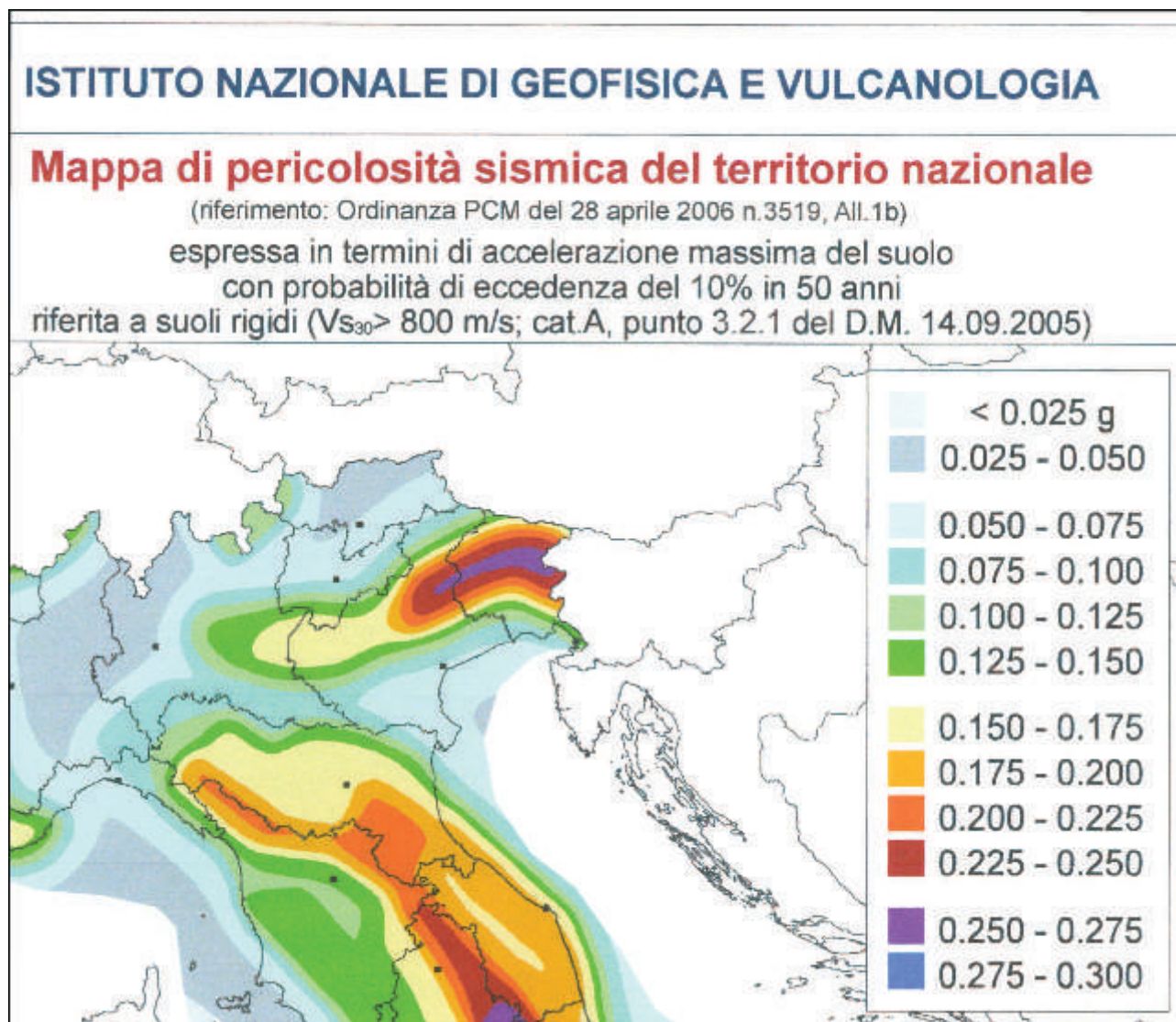
Gli effetti dell'amplificazione sismica in superficie sono conosciuti come *risposta sismica locale*.

In base alla OPCM 3274 del 20.03.2003, il Comune di Verona appartiene alla zona sismica 3 caratterizzata da valori di accelerazione massima (a_g) convenzionale su suolo di tipo A pari a 0.14 g. Successivamente con la OPCM 3519 del 28.04.2006, ciascuna zona viene individuata mediante valori di accelerazione massima (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_s > 800$ m/s. Questi ultimi sono ricavabili dalla carta di pericolosità sismica in allegato, dove i valori di (a_g) sono indicati su una maglia di 0.02 gradi, e nella quale il Comune di Verona rientra in una fascia con valori di (a_g) variabili tra 0.150-0.175 g.

Il Veneto allo stato attuale è interessato da una sismicità di magnitudo medio-bassa. Nel periodo 1977-2006, la rete gestita dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste ha registrato quasi 1200 eventi sismici con magnitudo compresa tra 2.0-3.0. Essi si localizzano in gran parte nella fascia pedemontana che unisce Alpe di Siusi e Monte Baldo, con profondità epicentrale di circa 7-15 km.

Fino ad oggi, sei sono stati gli eventi con magnitudo $M_D > 4$:

24.05.1987 Garda, $M_D > 4.2$
13.09.1989 Pasubio, $M_D > 4.8$
13.04.1996 Claut, $M_D > 4.2$
24.11.2004 Salò, $M_D > 5.2$
29.10.2011 Ala, $M_D > 4.2$
25.01.2012 Grezzana, $M_D > 4.2$



Alla data del 18 Febbraio 1997, l'analisi sismica veronese riporta 1615 eventi che hanno interessato il territorio Provinciale e la stessa città di Verona con grado di magnitudo da 2° a 5° Richter. Si ricordano gli eventi storici peggiori nel 1491 con 8° M.C.S. e nel 1117 con 9° M.C.S.

Oltre all'attento esame di bibliografia stratigrafica, strutturale e tettonica dell'area in esame e del territorio circostante, è stato effettuato un rilevamento mirato dapprima all'individuazione di eventuali indizi morfotettonici e quindi forme del paesaggio che potessero indicare movimenti sismo-tettonici recenti e poi, alla verifica morfologica del sito volta ad evidenziare l'eventuale esistenza di condizioni per un'esaltazione dell'onda sismica.

A livello generale, le situazioni che possono creare amplificazione delle onde sismiche sono le seguenti:

- Prossimità di elementi sismogenetici attivi,
- presenza di faglie e fratture maggiori,
- marcate irregolarità del rilievo,
- coltri detritiche su versante,
- accumuli di frana attiva o quiescente,
- scarpate di crollo,
- terreni sabbiosi sciolti e saturi.

Recentemente è stato inoltre evidenziato che particolari amplificazioni sismiche locali si sono verificate in corrispondenza di linee di cresta marcate e di bruschi cambiamenti sia concavi che convessi, come i bordi dei terrazzi fluviali e i cigli di scarpate naturali o artificiali e, le nicchie di distacco di frane. Il rilevamento del sito in esame, non ha evidenziato la presenza di particolari situazioni assimilabili a quelle sopra descritte e quindi l'area risulta dal punto di vista sismico, compatibile con le strutture in progetto.

Le N.T.C. (D.M. 14.01.2008), ai fini della definizione della risposta sismica locale prendono in considerazione l'amplificazione legata agli effetti litologico-stratigrafici e a quelli topografici. Gli effetti litologico-stratigrafici sono dovuti al contrasto di impedenza tra terreni diversi, mentre gli effetti topografici si generano su elementi geomorfologici naturali o artificiali (per convenzione di altezza superiore a 30 m) come cigli di scarpata, creste, cime isolate e guglie. In realtà, esiste un terzo effetto, definito "*effetto di valle e di bordo vallivo*" che è non è ancora stato bene compreso e abbisogna di modelli bidimensionali molto avanzati.

Fatte le dovute valutazioni, in base al modello geologico e geotecnico definito, dal punto di vista sismico, l'area di lottizzazione si può classificare come "*area stabile suscettibile di amplificazione sismica*", nella quale sarà necessario in fase di progetto dei fabbricati, ricorrere a specifiche indagini per determinare a fini geotecnici, la risposta sismica locale dei singoli lotti.

12. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Allo scopo di valutare la velocità delle Vs30 per definire la categoria di sottosuolo come prevede il DM 14.01.2008, è stata effettuata un'indagine sismica con tecnica MASW. Questa procedura viene classificata come metodo attivo in quanto utilizza una sorgente di rumore indotta; è molto veloce e semplice in fase di acquisizione e raggiunge buone profondità con discreta risoluzione. L'analisi sismica è stata realizzata tramite 24 geofoni verticali a 4.5 Hz uniti in array lineare, con acquisitore Sismatrack digitale, della MAE srl.

La spaziatura usata tra i geofoni è stata di 3 metri e quindi la lunghezza complessiva del profilo è risultata essere di 69 metri.

Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde Vs, è necessario adottare un modello numerico che può essere rappresentato dalla seguente equazione:

$$V_s = H / \sum h_i / v_i$$

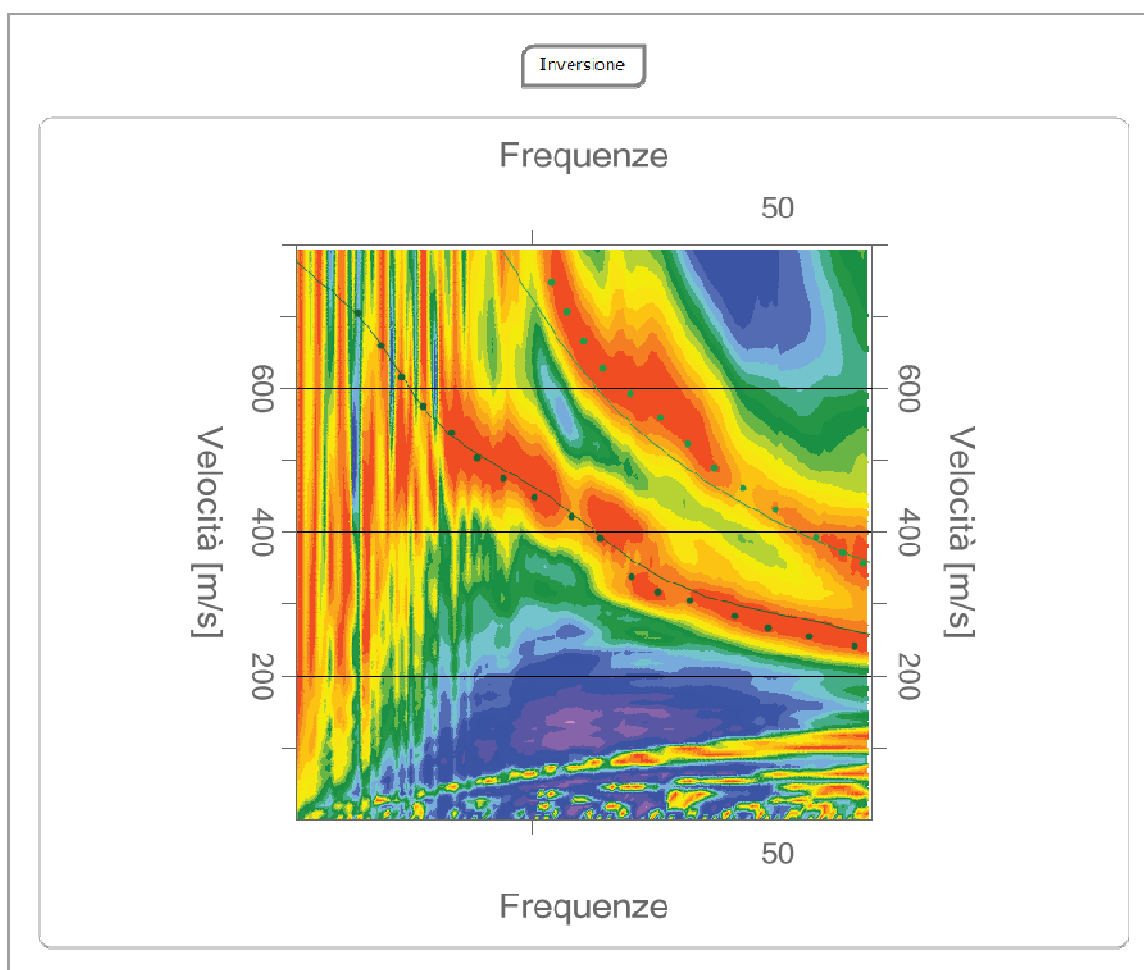
Dove:

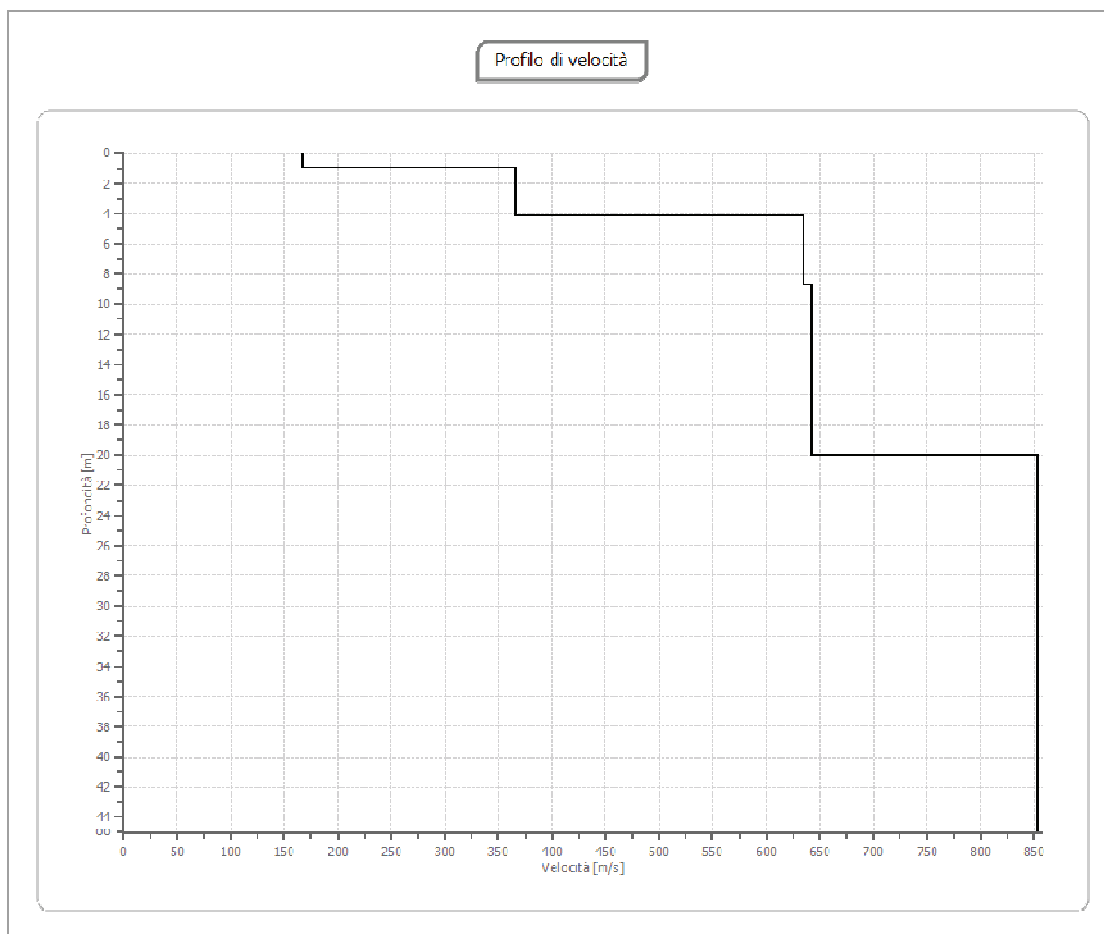
V_s = valore di velocità delle onde di taglio (m/s)

H = profondità alla quale si desidera stimare V_s (30 m nel caso di V_{s30})

h_i = spessore dello strato i-esimo (m)

v_i = velocità delle onde Vs all'interno dello strato i-esimo (m/s)





Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	167.30	313.00	1800.00	0.30	50.38	176.34	109.16	131.00	N/A	310.11
2	4.15	3.15	366.09	684.89	1800.00	0.30	241.24	844.33	522.68	627.22	N/A	N/A
3	8.75	4.59	635.26	1188.46	1800.00	0.30	726.40	2542.40	1573.87	1888.64	N/A	N/A
4	20.00	11.26	642.17	1201.40	1800.00	0.30	742.30	2598.04	1608.31	1929.97	N/A	N/A
5	oo	oo	852.69	1595.24	1800.00	0.30	1308.75	4580.62	2835.62	3402.75	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young;

(Si ricorda che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco, variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione)

Quindi per il progetto specifico, in riferimento al D.M. 14.01.2008, e sulla base dei parametri elaborati, il sottosuolo del sito in esame è da classificare in categoria **"B"**:

“Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o di terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{,30} > 250$ Kpa nei terreni a grana fine).

Le condizioni topografiche del sito sono da classificare in **Categoria T1** (coefficiente di amplificazione topografica = 1).

Al fine di determinare il coefficiente sismico k_{hk} è necessario stimare il valore a_g (accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni), con la seguente relazione:

$$a_g = S_s S_t a_{bedrock}$$

dove $a_{bedrock}$ è l'accelerazione sismica orizzontale al bedrock che, secondo quanto disposto dal D.M. 14/01/2008, va ricavato direttamente dall'allegato relativo alla pericolosità sismica del decreto.

Per il sito in oggetto i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c , valgono:

Stato Limite	T_r	a_g	F_0	T_c
SLO		0.041	2.516	0.235
SLD	50	0.056	2.520	0.246
SLV	475	0.157	2.430	0.276
SLC	975	0.204	2.470	0.279

Il valore di a_g deve essere moltiplicato per un fattore correttivo S_s (amplificazione stratigrafica) e per un fattore S_t (amplificazione topografica), facilmente determinabili dalle condizioni geologiche del sito.

Il coefficiente sismico orizzontale si ottiene infine moltiplicando il valore di a_g per un fattore correttivo β :

$$k_{hk} = \beta a_g$$

Il parametro β , secondo le istruzioni per l'applicazione del D.M.14/01/2008, va ricavato dalla seguente tabella:

	Categoria del sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	β	β
$0.2 < a_g \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g \leq 0.1$	0.20	0.20

13. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

E' stato eseguito lo studio geologico del sottosuolo di un'area sita in località Santa Lucia, via Sommacampagna, nel Comune di Verona, con lo scopo di verificare la compatibilità del progetto di un Piano Urbanistico Attuativo, in rapporto alle problematiche di ordine geologico-geotecniche che si verranno a creare a lavori ultimati. Sulla base delle indagini eseguite e dalle considerazioni esposte ai paragrafi precedenti, si conclude quanto segue:

- L'assetto geologico-geomorfologico appare stabile e non sarà sostanzialmente modificato,
- non esistono movimenti gravitativi potenziali o in atto,
- non saranno influenzati assi di drenaggio o sorgenti,
- la falda freatica dovrebbe attestarsi alla profondità di circa 20-25 m dal p.c. attuale.
- dal punto di vista sismico l'area risulta stabile ma suscettibile di amplificazione sismica.

Quindi, considerato quanto sopra riportato, si può ragionevolmente affermare che le opere in progetto risultano compatibili con l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico della zona.

Durante la fase progettuale ed esecutiva, come peraltro prevede il D.M.14.01.2008 NTC, dovranno essere redatte le relazioni specialistiche geologica, geotecnica e sismica per ogni opera da realizzare sul sito d'intervento.



Trincea n.1



Trincea n.1 - cumulo



Trincea n.2



Trincea n.2 - cumulo



Trincea n.3



Trincea n.3 - cumulo



Trincea n.4



Trincea n.4 - cumulo



Trincea n.5



Trincea n.5 - cumulo



Array MASW



Array MASW