

COMUNE DI VERONA
PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

COMUNE DI VERONA

E

RIPRODUZIONE CARTACEA DI ORIGINALE DIGITALE

Protocollo N.0059532/2023 del 09/02/2023

Fascicolo 6.2 N.541/2021

Firmatario: CLAUDIO LEONCINI



Comune di
Verona
Consorzio
ZAI



Interporto
Quadrante
Europa

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA

Il progettista

Il presidente



Comune di Verona
Sindaco
Damiano Tommasi
Assessora alla Pianificazione
Territoriale – Urbanistica
Avv. Barbara Bissoli

Amministrativo gestione del
territorio – Autorità di Bacino
Dott.ssa Donatella Fragiocomo

Pianificazione e Progettazione
Urbanistica
Arch. Arnaldo Toffali
Arch. Paola Prospero
Arch. Rosa Cimmino

Presidente ZAI
Dott. Matteo Gasparato

Direttore ZAI
Dott. Nicola Boaretti

Ufficio Tecnico ZAI
Ing. Gianni Oltramari
Geom. Marta Pippa
Geom. Moreno Bosco

Relazione geologica – geotecnica e sismica
PSV-Progetti Servizi Verona
dott. Claudio Leoncini

Relazione geologica – geotecnica e sismica

Febbraio 2023

Comune di Verona

Provincia di Verona

Committente:



**CONSORZIO Z.A.I.
INTERPORTO QUADRANTE EUROPA**

Progetto:

**ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI
INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA**

Allegato

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

a cura di : Dott. Geol. Claudio LEONCINI



Sommacampagna, febbraio 2023

Consorzio ZAI

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 1 di 43
--	--	--------------

INDICE

PREMESSA	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	5
2 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E LITOLOGICI	7
2.1 LINEAMENTI STRUTTURALI	14
3 IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA	15
4 PIANIFICAZIONE COMUNALE – PAT DEL COMUNE DI VERONA.....	18
5 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE.....	21
5.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI	21
5.2 PROVE DI PERMEABILITÀ LEFRANC.....	22
6 MODELLO GEOLOGICO LOCALE.....	23
7 MODELLO GEOTECNICO	23
8 INDAGINI GEOFISICHE DI RIFERIMENTO	24
9 ZONAZIONE SISMICA	26
10 AZIONE SISMICA	28
10.1 CATEGORIA DI SUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	30
11 MAGNITUDO ATTESA	32
12 MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 E 3 DEL COMUNE DI VERONA – ANALISI E CONFRONTO	33
12.1 CARTA DELLE INDAGINI.....	33
12.2 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	34
12.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA (CGT)	35
12.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	36
12.5 ANALISI DI LIVELLO 3.....	37
13 OPERE IN PROGETTO	40
14 CONCLUSIONI.....	42
15 ALLEGATI.....	43

PREMESSA

La presente relazione, condotta su incarico e per conto del **CONSORZIO ZAI**, riguarda la caratterizzazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica dei luoghi su cui si intendono realizzare le opere previste nell'ambito del "**Comparto urbanistico di via della Chimica**", che consistono nella realizzazione di 2 lotti a destinazione produttiva, delle aree a standard di uso pubblico (parcheggi e verde) e di un lotto destinato alla realizzazione di un'opera per attività associative.

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- raccolta ed analisi delle Letteratura geologica esistente;
- analisi di pregresse indagini eseguite nei dintorni del sito in oggetto;
- confronto delle analisi geologiche con gli elaborati prodotti dallo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 e 3 del Comune di Verona;
- stesura della presente relazione tecnica, alla quale si allega:
 - stratigrafie sondaggi geognostici (2004)
 - sismostratigrafie REMI e MASW (Studio MS del Comune di Verona)
 - attestazione che l'ambito dell'accordo di programma d'interesse rientra nelle aree oggetto della zonazione sismica di 3° livello

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella redazione della presente relazione ci si è attenuti alle prescrizioni della Normativa pregressa e vigente, in particolare:

- **D.Lgs 31 marzo 1998, n. 112;**
- **D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380:** "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- **Ordinanza O.P.C.M. 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 le costruzioni in zone sismiche";
- **Deliberazione consiliare della Regione Veneto del 3 dicembre 2003, n. 67;**
- **Legge Regionale n. 11 del 23 aprile 2004** – "Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio": Art. 19 comma 2 punto d)
- **Ordinanza O.P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006** "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- **D.G.R.V. n. 71 del 22 gennaio 2008;**
- **D.G.R.V. n. 4148 del 18 dicembre 2007** Comune di Verona, Piano di Assetto del Territorio Art. 14 L.R. 1172004 – Approvazione;
- **D. Min. Infrastrutture e trasporti del 14/01/2008:** Nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC);
- **Circ. Min. LL. PP. 2 febbraio 2009 n. 617** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- **D. Min. Infrastrutture e trasporti del 17.01.2018:** "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni (NTC)";
- **Min. Infrastrutture e trasporti - Circ. 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP:** "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni'» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- **D.G.R.V. n. 244 del 09 marzo 2021.** Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto;
- **D.G.R.V. n. 1381 del 12 ottobre 2021.** "Linee guida regionali per gli Studi di Microzonazione Sismica per gli strumenti urbanistici comunali. Modifiche alla D.G.R. 1572/2013 e chiarimenti sulle modalità applicative"

1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in esame è ubicata in località Bassone, in Via della Chimica, sul confine occidentale del territorio comunale di Verona, ad una quota topografica di circa 97÷99 m s.l.m.



Figura 1: Ubicazione dell'area in studio (Fonte: Google Earth)

Il riferimento cartografico è dato dalla tavoletta 48 II NE "Pescantina" della Carta Topografica d'Italia, edita dall'Istituto Geografico Militare, alla scala 1: 25.000 (cfr. Figura 2).

Per un maggior dettaglio si fa riferimento alla sezione n. 123110 "Bussolengo" della C.T.R. della Regione Veneto, entro cui ricade il lotto in esame (cfr. Figura 3).



Figura 2: Carta topografica d'Italia I.G.M.I tavoletta n. 48 II NE "Pescantina", scala 1:25000

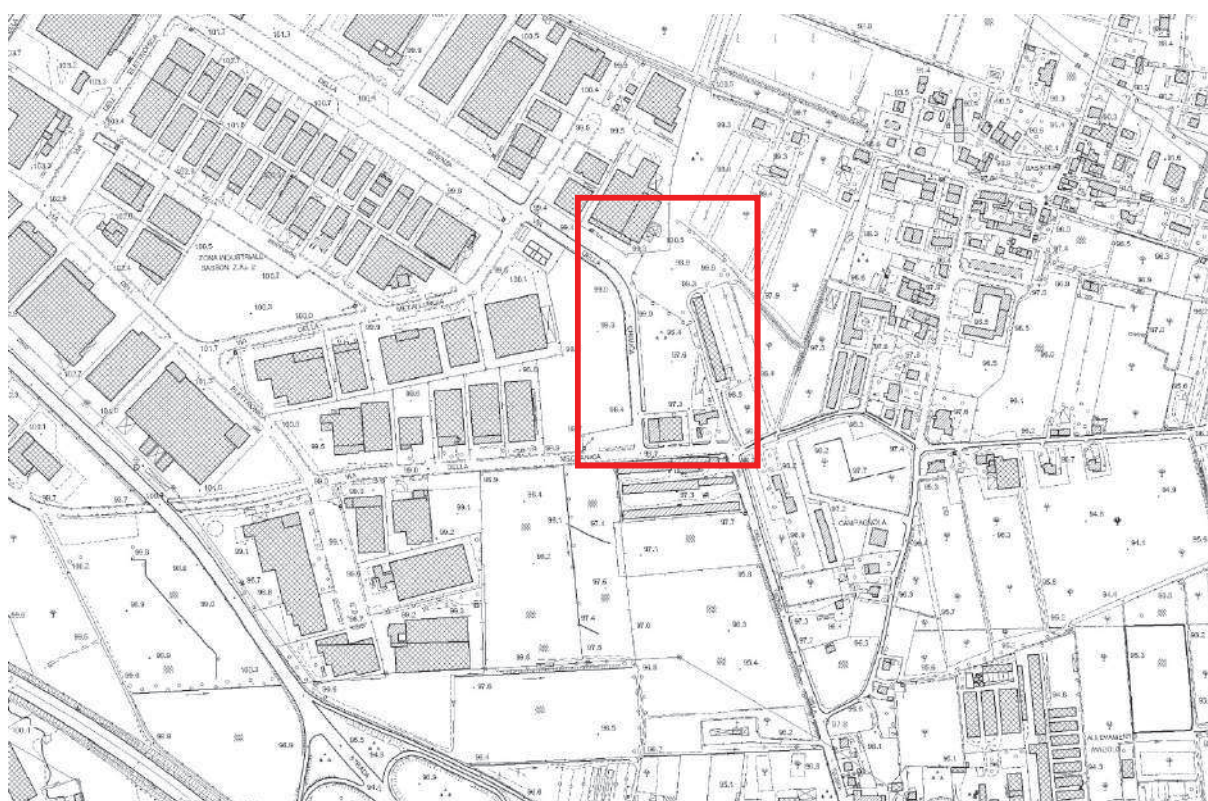


Figura 3: Carta Tecnica Regionale del Veneto, sezione n. 123110 "Bussolengo", scala 1:10000

Consorzio ZAI

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Pag. 6 di 43

2 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E LITOLOGICI

A partire dal Pliocene, un imponente fenomeno di sedimentazione in presenza di un'accentuata subsidenza portò al parziale colmamento del grande bacino marino che occupava la quasi totalità dell'attuale Pianura Padana. Nel corso del Pleistocene medio e superiore, il bacino ormai colmato diventò oggetto di imponenti processi geomorfologici legati alle glaciazioni.

In particolare, nella fase postglaciale si verificò la deposizione di materiali di origine fluvioglaciale, con la formazione di conoidi ghiaioso-sabbiose nell'alta pianura, che passano progressivamente a depositi fluviali più fini nella media e bassa pianura, in ragione della diminuzione dell'energia del mezzo che li trasportava.

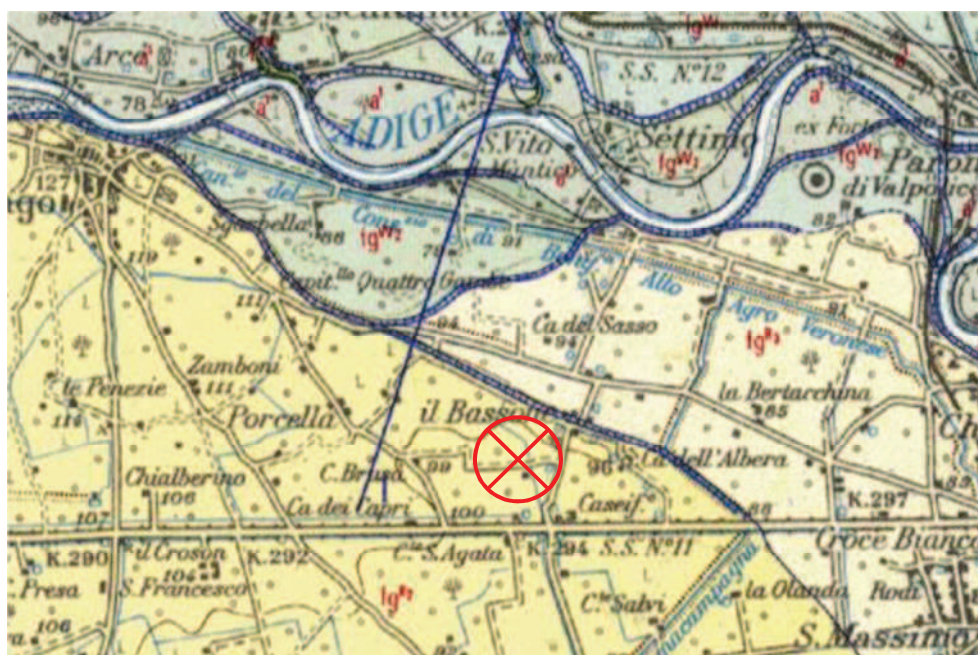
L'Antico Conoide dell'Adige, costituito da alluvioni di origine fluvio-glaciale, si è generato per l'appunto per opera degli scaricatori fluvio-glaciali, che depositavano il carico solido strappato alle cerchie moreniche durante le fasi di ritiro dei ghiacciai.

L'antico conoide presenta depositi con classi granulometriche variabili, perlopiù di tipo ghiaioso-sabbioso e, dal punto di vista geomorfologico, mostra alvei attivi e numerosi paleoalvei abbandonati, di dimensioni differenti e orientazione variabile.

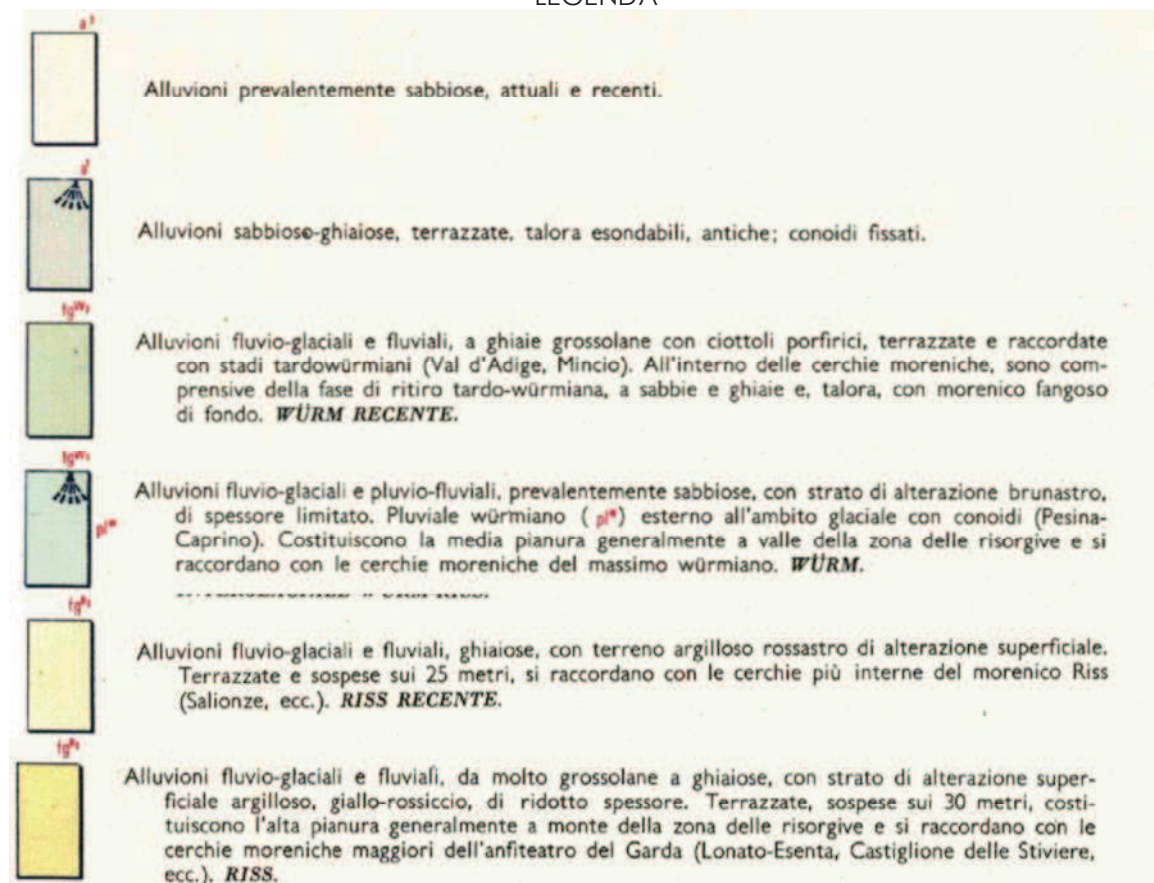
La **morfologia** del sito in studio è sostanzialmente pianeggiante, con deboli inclinazioni della superficie topografica che degrada con lievemente verso Sud/Est; infatti, ci troviamo nell'alta pianura veronese, 6 km ad Est rispetto alla sommità della cerchia più esterna del grande anfiteatro morenico del Garda, riferibile all'allineamento Pastrengo – Bussolengo - Palazzolo – Sommacampagna.

Un evidente orlo di terrazzo fluviale, posto circa 250 a NE del sito in studio, mostra una discontinuità morfologica sull'antico conoide, con quote topografiche ribassate di circa 6-8 m.

Litologicamente ci troviamo in presenza di *"alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, da molto grossolane a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo rossiccio, di ridotto spessore...."* (**fg^{R2}**) afferibili al Riss.



LEGENDA



 Area in studio

Figura 4: estratto della Carta Geologica d'Italia – Foglio n. 48

Consorzio ZAI

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

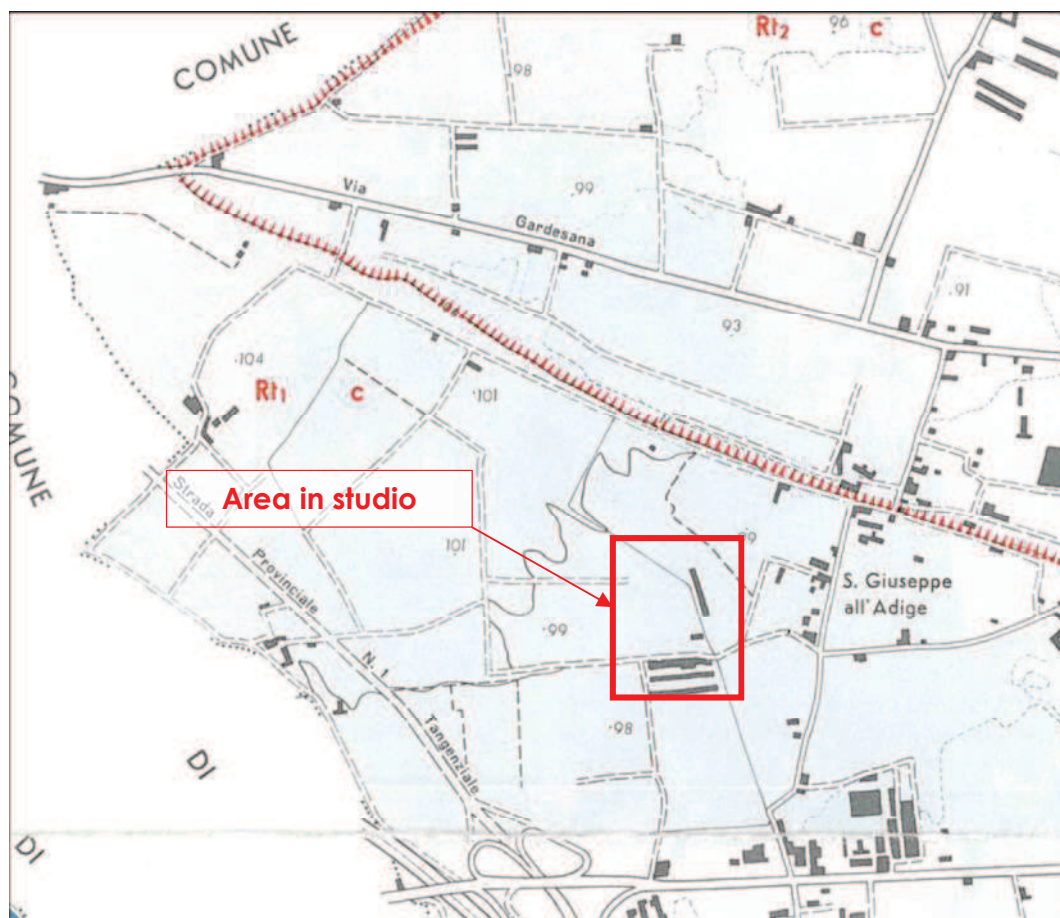
Pag. 8 di 43

L'elevato grado di arrotondamento e di sfericità di ogni clasto è da ritenere causa delle modalità di trasporto (rotolamento nell'alveo torrentizio) che, a causa degli inevitabili urti con altri clasti, ne ha mutato la forma fino a ridurli di forma subsferica e con spigoli arrotondati.

L'eterometria è da imputare alla spessa coltre di ghiacciai che gravitavano su tali zone e che convogliavano verso la pianura i clasti erosi dalle pendici alpine; tutto ciò ha portato ad una eterogenea commistione di clasti aventi genesi svariate quali le rocce intrusive, rocce metamorfiche e rocce sedimentarie.

Anche dall'osservazione della *Carta Geologica del territorio del Comune di Verona*, scala 1:20.000, (De Zanche e Sorbini, 1977), si nota come l'area esaminata sia ubicata sulle *alluvioni terrazzate fluvioglaciali e fluviali dell'antica conoide dell'Adige [Rt₁] ghiaiose e ciottolose [c]* (cfr. Figura 5).

Per quanto riguarda la stabilità generale dell'area, la morfologia, le debolissime pendenze della superficie topografica, la natura dei depositi e la mancanza di manifestazioni di instabilità in queste aree, sono elementi di sicura garanzia contro fenomeni di scivolamento o di colamento dei terreni.



LEGENDA

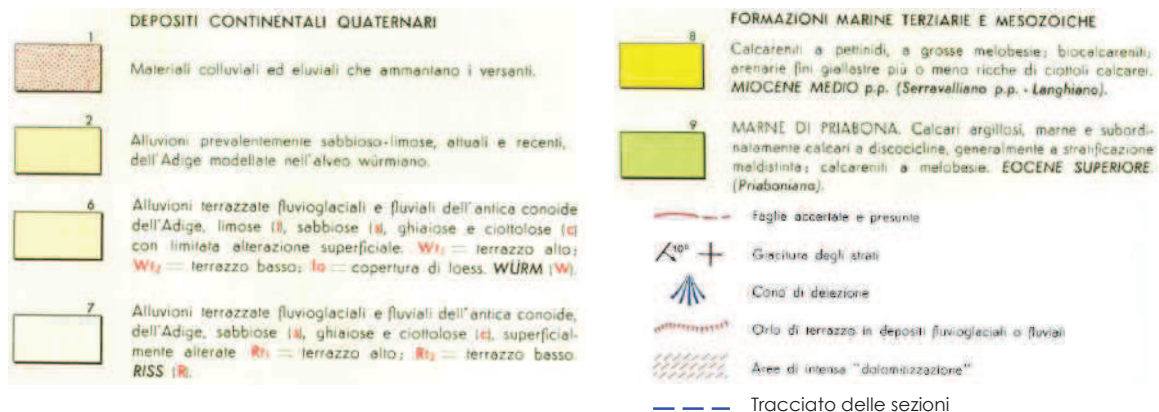


Figura 5: Carta Geologica del territorio del Comune di Verona (De Zanche e Sorbini, 1977)

Di seguito, inoltre, si riporta l'ubicazione, le caratteristiche e le stratigrafie dei pozzi più vicini all'area in studio, facenti parte della banca dati dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). L'andamento stratigrafico

Consorzio ZAI

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Pag. 10 di 43

conferma la presenza di un materasso alluvionale chiaramente ghiaioso, talora con intercalazioni argillose lentiformi.

I pozzi consultati sono identificati con i codici 165578, 166223 e 165442.



Figura 6: Caratteristiche pozzo codice 165578

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 166223 Regione: VENETO Provincia: VERONA Comune: VERONA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 80,00 Quota pc slm (m): 75,00 Anno realizzazione: 1998 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 40,000 Portata esercizio (l/s): 35,000 Numero falde: 1 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 10,907069 Latitudine WGS84 (dd): 45,451031 Longitudine WGS84 (dms): 10° 54' 25.46" E Latitudine WGS84 (dms): 45° 27' 03.72" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	80,00	80,00	450

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	46,00	80,00	34,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	62,00	80,00	18,00	273

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mar/1998	46,00	49,00	3,00	40,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,00	1,00		SUOLO
2	1,00	12,00	11,00		TROVANTI
3	12,00	46,00	34,00		GHIAIA
4	46,00	46,00	0,00		ARGILLA
5	46,00	80,00	34,00		GHIAIA CON SABBIA

Figura 7: Caratteristiche pozzo codice 166223

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 165442 Regione: VENETO Provincia: VERONA Comune: VERONA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 59,00 Quota pc s.l.m (m): 99,00 Anno realizzazione: 1999 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 1 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 1 Longitudine WGS84 (dd): 10,888181 Latitudine WGS84 (dd): 45,446031 Longitudine WGS84 (dms): 10° 53' 17.45" E Latitudine WGS84 (dms): 45° 26' 45.71" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	59,00	59,00	220

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	43,00	59,00	16,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	44,00	54,00	10,00	114

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mar/1999	43,00	43,00	0,00	ND

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	59,00	59,00		GHIAIA E SABBIA

Figura 8: Caratteristiche pozzo codice 165442

2.1 Lineamenti strutturali

L'area in esame si pone entro l'alta pianura veneta, a Sud dei Monti Lessini, nel margine meridionale del Sudalpino.

Il Sudalpino è un'unità disomogenea segmentata da linee tettoniche trasversali che lo separano in tre blocchi. Il blocco occidentale (corrispondente alla Lombardia) e quello orientale, corrispondente al Veneto orientale e Friuli, subirono entrambi un'importante subsidenza durante il Giurassico ed il Cretaceo; successivamente ospitarono dei bacini di avanfossa e durante il terziario furono intensamente deformati. Tra i due blocchi è posto il blocco di Trento e Verona, delimitato ad Ovest dal sistema di faglie delle Giudicarie (NNE-SSW) e ad Est dalla linea Schio Vicenza (NW-SE) e caratterizzato da un comportamento abbastanza costante di alto strutturale poco deformato. Rispetto ai principali sistemi di deformazione compressiva che hanno interessato il settore meridionale delle Alpi meridionali, i Lessini si collocano in una zona di interferenza di almeno tre di essi:

- sistema dinarico (NW-SE) di età paleogenica;
- sistema valsuganese (E-W) di età serravalliana-tortoniana;
- sistema giudicariense (NNE-SSW) di età tortoniana-messiniana.

Solo le ultime due fasi hanno però prodotto evidenti effetti deformativi.



Figura 9: Paleogeografia delle Alpi Venete durante il Lias Medio

3 IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

Rispetto all'area in studio, l'asta fluviale più importante è rappresentata dal Fiume Adige, il cui alveo scorre circa 2,1 km a NNE del sito in oggetto.

L'Adige presenta nel bilancio idrologico della zona, influenze alquanto controverse. Il suo regime è quello tipico dei fiumi alpini, presenta un periodo di piena in Giugno-Luglio con morbide anche in Settembre-Ottobre-Novembre.

Il territorio ricade, a scala regionale, nella zona identificata come "Fascia di ricarica degli acquiferi". Si individua infatti uno spesso materasso ghiaioso grossolano sede di un acquifero indifferenziato freatico, intensamente sfruttato a scopo idropotabile ed industriale, reperibile a quote decrescenti andando da Nord verso Sud e chiamato in Letteratura " Acquifero superiore "; al di sotto di questo, fino alla profondità di 300÷350 metri, sono state individuate dalle perforazioni petrolifere, 3 falde confinate e quindi in pressione (Acquifero inferiore).

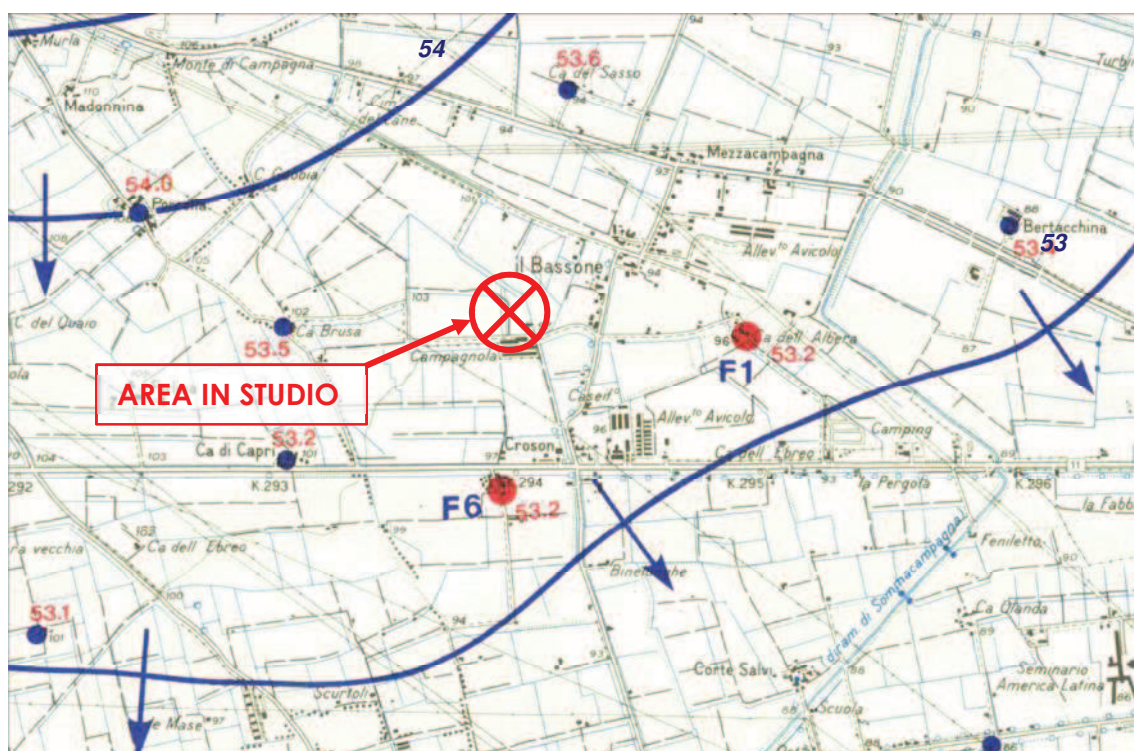
Un acquifero libero è limitato solo inferiormente da un substrato impermeabile e la falda in esso ospitata può liberamente subire oscillazioni di livello in dipendenza delle condizioni di alimentazione, defluendo secondo i gradienti di pressione idraulica ipogea. In presenza di tali tipologie sedimentarie, ad alta porosità efficace, l'acqua caduta sul terreno filtra in profondità con un movimento a componente essenzialmente verticale, attraverso la porosità dei terreni, espellendo l'aria verso l'alto, fino a raggiungere la superficie di saturazione, dopodiché il suo movimento avverrà con una componente prevalentemente orizzontale.

Dall'analisi della Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige, redatta sulla base dei dati freatimetrici rilevati nel settembre del 1986, si evidenzia una direzione generale di deflusso ipogeo orientata NW-SE e la superficie freatica risulta posta tra 53÷54 m s.l.m., con una soggiacenza da piano campagna, nel periodo di piena, di circa 43 ÷46 m da p.c. (cfr. *Figura 10*).

Inoltre, dalla mappa dell'idrogeologia del Comune di Verona relativa alla campagna di misura di maggio 2016, visualizzabile sul geoportale SITI 2.0, si evince

che la superficie freatica risulta posta tra 52÷53 m s.l.m., con una soggiacenza da piano campagna di circa 43 ÷ 47 m da p.c. (cfr. Figura 11).

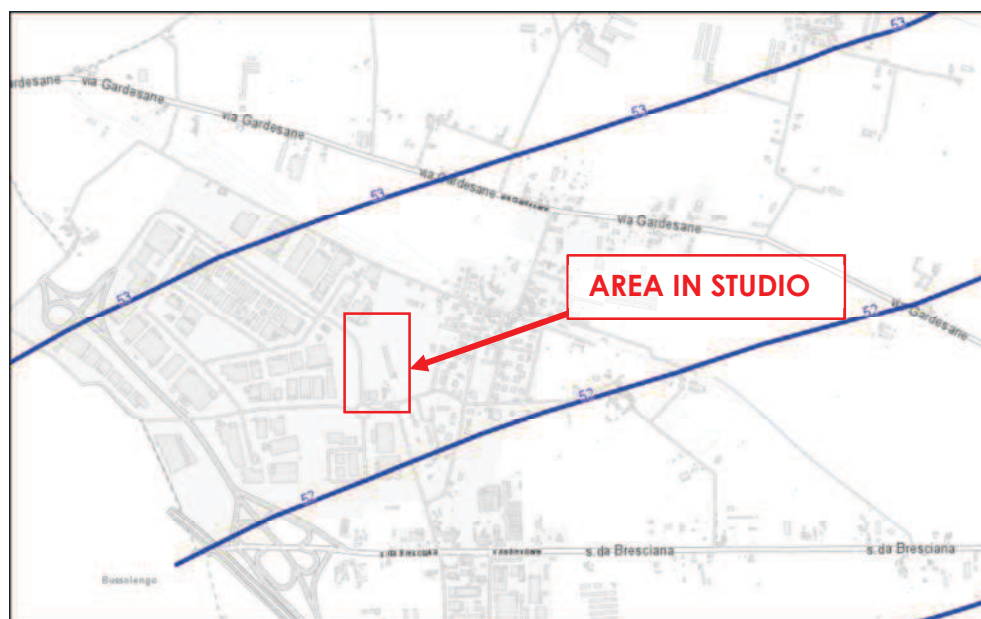
Dall'analisi della carta idrogeologica allegata al PAT del Comune di Verona, il sito in studio rientra in "Area con profondità della falda freatica di > 10 m da p.c." (cfr. Figura 12).



Legenda

- Pozzo con quota freatica
- F1 ● 23.2 Pozzo in osservazione periodica
- 53 ~~~~~ Isofreatiche con quota in m s.l.m.
- Principali direzioni di deflusso ipogeo

Figura 10: Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige – rilievi freaticimetrici del settembre 1986 - fase di piena (Dal Prà et Al.)



Isofreatiche con quota in m s.l.m.

Figura 11: Stralcio della "Mappa idrogeologia" Comune di Verona (Fonte: Geoportale SITI 2.0)

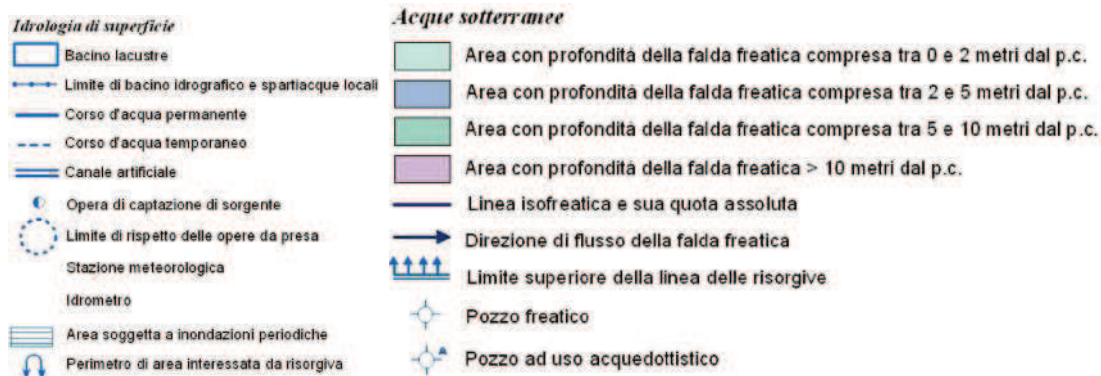


Figura 12: Carta Idrogeologica allegata al PAT del Comune di Verona

Consorzio ZAI

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Pag. 17 di 43

4 PIANIFICAZIONE COMUNALE – PAT DEL COMUNE DI VERONA

Il Piano di Assetto del Territorio (PAT) di Verona, adottato con D.C.C. n° 15 del 24 marzo 2006 e approvato con D.G.R.V. n. 4148 del 18 dicembre 2007, è lo strumento di pianificazione che delinea le scelte strategiche di assetto e sviluppo del territorio comunale e individua le specifiche vocazioni e invarianti di natura geologica, geomorfologica, idrogeologica paesaggistica e ambientale.

Il S.I.G.I. (Sistema Informativo Geografico Integrato) del Comune di Verona permette di interrogare e visualizzare il contenuto delle tavole del PAT attraverso una piattaforma GIS.

La “**Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale**” (cfr. *Figura 13*), aggiornata dai recenti Piani d'intervento (P.I.), è una tavola ricognitiva di tutti i vincoli gravanti sul territorio, derivanti da leggi nazionali e regionali; dalla sua analisi si evince che il sito in oggetto si trova entro l'area di ricarica degli acquiferi e, in parte, all'interno della fascia di rispetto per la presenza di impianti di comunicazione elettronica, oltre alla fascia di rispetto per aeroporti (Art. 52). Inoltre, la porzione sud-orientale dell'area è interessata dalla fascia di rispetto per allevamenti zootecnici intensivi.

La “**Carta delle Fragilità**” (cfr. *Figura 14*) costituisce la sintesi di tutti quegli elementi che pongono dei limiti all'uso del territorio relativamente alla qualità dei terreni, alla vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, al rischio di dissesti idrogeologici, ovvero tutti quei componenti che rendono bassa o improbabile la trasformabilità del territorio.

Dall'analisi della suddetta carta si evince che il sito in esame ricade entro una zona con **terreno “ottimo”** in cui non vi è alcun limite all'edificabilità.

Per quanto riguarda la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi l'area oggetto di intervento ricade entro l'**unità A** con vulnerabilità intrinseca alta, caratterizzata dalla presenza di alluvioni fluviali, fluvioglaciali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, ad elevata permeabilità primaria.

Infine, la **Carta della Compatibilità Geologica** (cfr. *Figura 15*) del quadro conoscitivo del P.I. rappresenta il documento di sintesi delle analisi geomorfologiche, geolitologiche e idrogeologiche ed esprime le attitudini delle diverse zone del

territorio comunale in termini di idoneità dei terreni interessati rispetto agli interventi che il PI prevede. L'area in oggetto è inserita all'interno di AREE IDONEE, per le quali non sussistono condizioni di penalizzazione tali da precludere l'edificabilità, quali frane sovraincombenti, movimenti del terreno in atto, falda affiorante o poco profonda, presenza rilevante di terreni a bassa consistenza, possibilità di esondazioni e di dissesto geologico-idraulico.



LEGENDA



PER IMPIANTI DI COMUNICAZIONE ELETTRONICA - ART. 29
FAS CE DI RISPETTO



AREE DI RICARICA DEGLI ACQUIFERI – ART. 32

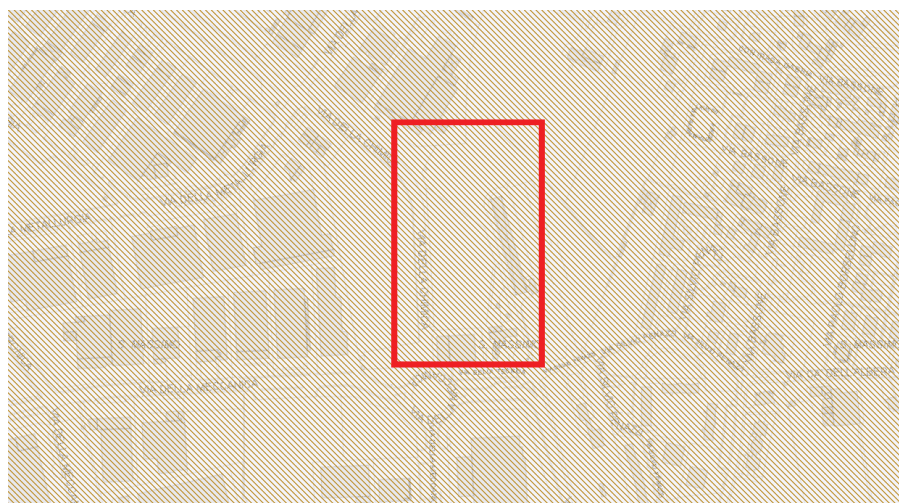


Fascia di rispetto per Allevamenti Zootecnici Intensivi



Area in oggetto

Figura 13: Stralcio della "Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale" dei PI del Comune di Verona (SIGI 2.0)



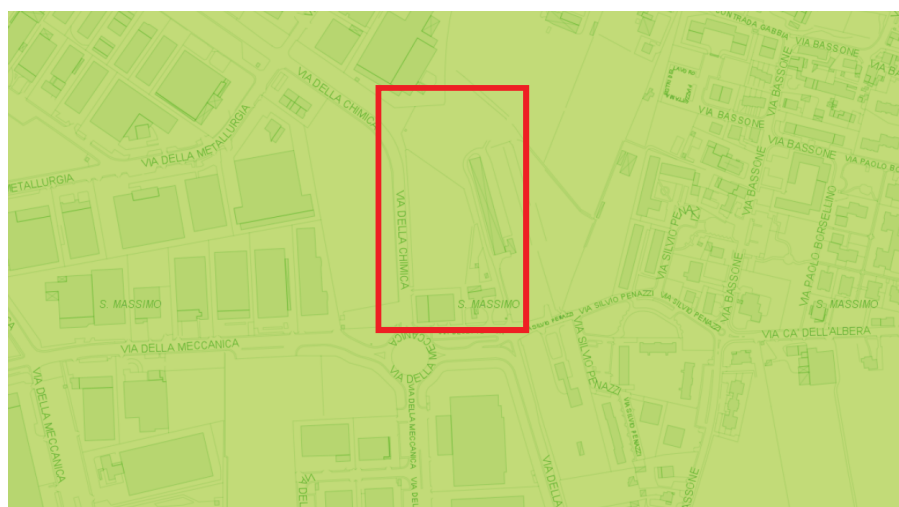
LEGENDA

 PENALITÀ AI FINI
EDIFICATORI - ART. 37
TERRENO OTTIMO

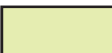
 VULNERABILITÀ INTRINSECA
DEGLI ACQUIFERI - ART. 38
UNITÀ A - Vulnerabilità
intrinseca alta

 Area in oggetto

Figura 14: Stralcio della "Carta delle Fragilità" del PAT del Comune di Verona (SIGI 2.0)



LEGENDA

 AREA IDONEA

 Area in oggetto

Figura 15: Stralcio della "Carta della Compatibilità Geologica" del PAT del Comune di Verona (SIGI 2.0)

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

5.1 Sondaggi geognostici

Nel giugno 2004 sono stati eseguiti dallo scrivente professionista, in una area limitrofa al sito in oggetto (cfr. Figura 16), n° 03 sondaggi a carotaggio continuo, con andamento verticale.



Figura 16: Planimetria ubicazione indagini

La profondità raggiunta da ciascun sondaggio è stata di:

S.1 = -37,00 ml da p.c.

S.2 = -20,00 ml da p.c.

S.3 = -20,00 ml da p.c.

All'interno dei fori di sondaggio, circa ogni tre metri di approfondimento, sono state effettuate prove SPT a punta conica, al fine di valutare il grado di addensamento dei terreni attraversati. Tutte le prove eseguite hanno fornito valori di N_{SPT} al rifiuto.

L'analisi delle carote di terreno estratte nel corso dei sondaggi geognostici ha evidenziato la presenza uniforme di terreni prevalentemente ghiaiosi in matrice sabbiosa o sabbioso-leggermente limosa.

Lo stato di addensamento dei materiali granulari, definito con le prove SPT, viene classificato come **molto addensato** (Terzaghi & Peck, 1948; Skempton, 1986).

Sono stati inoltre raccolti dalle cassette catalogatrici n° 04 campioni rimaneggiati, inviati successivamente al laboratorio geotecnico.

Su ciascun campione è stata eseguita un'analisi granulometrica" e una "Prova di Taglio Diretto UU" su provini ricostituiti in laboratorio.

I parametri geotecnici dei terreni, ottenuti da tali determinazioni vengono riassunti nella seguente tabella:

Sond/Camp.	Profondità	γ_d	ϕ	c
	m	(t/m ³)	(°)	(kg/cm ²)
S2-C1	6,0-7,0	1,78	43	0,6
S2-C2	9,0-10,0	1,65	41	1,1
S2-C3	14,0-15,0	1,80	41	0,8
S2-C4	18,0-19,0	1,63	44	0,0

Tabella 1: Parametri geotecnici di laboratorio

In Allegato 1 sono consultabili le stratigrafie dei sondaggi geognostici.

5.2 Prove di permeabilità Lefranc

All'interno dei fori di sondaggio sono state eseguite un totale di n° 03 prove di permeabilità a carico idraulico variabile (Lefranc), al fine di determinare la permeabilità dei terreni in sito.

La seguente tabella sintetizza i risultati e le caratteristiche delle prove svolte.

Sondaggio	Prova n°	Tratto di prova (m da p.c.)	k (m/s)
S.1	1	da -8,0 a -9,0	$2,02 \cdot 10^{-4}$
S.2	1	da -8,0 a -9,0	$1,7 \cdot 10^{-4}$
S.3	1	da -9,0 a -10,0	$1,06 \cdot 10^{-4}$

Tabella 2: Valori di permeabilità da prove in foro.

Si attribuisce quindi un valore medio di permeabilità pari a:

$$K = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

6 MODELLO GEOLOGICO LOCALE

In base all'ampia bibliografia geologica disponibile al fine di accertare la rispondenza con le litologie previste per i luoghi in esame, è stato possibile definire la successione stratigrafica dei terreni su cui insisterà l'intervento in progetto.

La seguente tabella riassume il modello geologico locale.

Strato	Profondità (m)	Litologia	Livelli saturi
1	0,0 - 1,0	Terreno vegetale e di alterazione superficiale	-
2	1,0 - 37,0	Ghiaia in matrice sabbiosa	

Tabella 3: modello geologico locale

7 MODELLO GEOTECNICO

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo.

I parametri geotecnici attribuibili a tali terreni, sono schematizzati nella successiva tabella, i cui valori sono stati desunti dalla letteratura geologica e da esperienze condotte dallo scrivente in siti che presentavano tipologie sedimentarie analoghe e comparabili a quelle in studio. In particolare, sono stati utilizzati i risultati ottenuti con l'indagine eseguita nel sito limitrofo.

Nella parametrizzazione è stato escluso lo strato 1 (copertura vegetale e di alterazione superficiale).

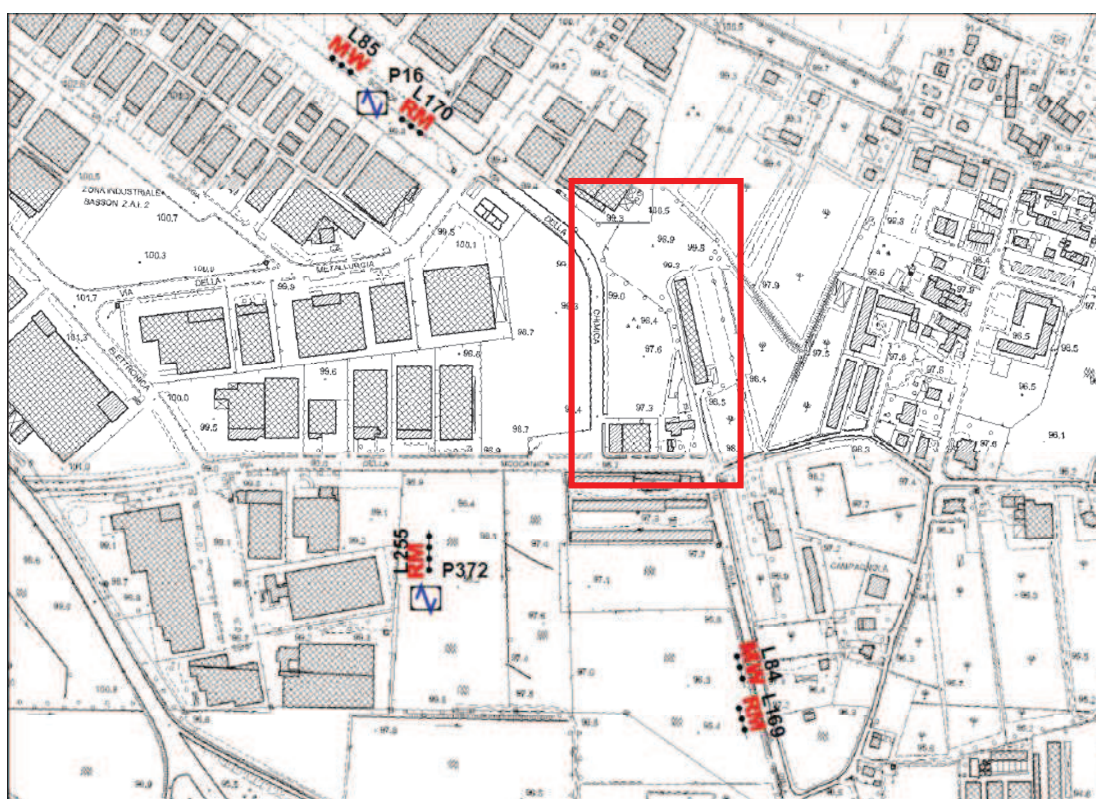
Strato	Profondità (m)	Litologia	ϕ (°)	C_u (kg/cm ²)	γ_{nat} (t/m ³)
1	0,0 - 1,0	Terreno vegetale e di alterazione superficiale	-	-	-
2	1,0 - 37,0	Ghiaia in matrice sabbiosa	35	-	1.9

ϕ = angolo di attrito C_u = coesione non drenata γ_{nat} = peso di volume del terreno

Tabella 4: modello geotecnico con valori caratteristici

8 INDAGINI GEOFISICHE DI RIFERIMENTO

Ai fini della caratterizzazione sismica del sottosuolo del sito in argomento si fa riferimento ai dati forniti dal Portale cartografico della Microzonazione Sismica e della Condizione Limite per l'Emergenza e allo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 3. Nella seguente figura viene indicata l'ubicazione delle indagini geofisiche considerate.



LEGENDA

-  Stazione microtremore a stazione singola
-  Prova REfractionMicrotremors
-  MASW
-  Area in oggetto

Figura 17: Ubicazione delle indagini geofisiche (estratto dalla Carta delle Indagini dello Studio di MS di Livello 3)

Le indagini geofisiche prese come riferimento hanno permesso di ricostruire il modello verticale delle Vs per calcolare il parametro $V_{s,eq}$ ed attribuire al sito la categoria che gli compete.

Di seguito si riportano rispettivamente i profili di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità ricavati con l'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e con l'indagine Re.Mi. (Refraction Microtremors).

MASW L85 (id. 023091L85MASW85)			REMI L170 (id. 23091L170REMI170)		
Profondità	Spessore	V_s [m/s]	Profondità	Spessore	V_s [m/s]
0 ÷ 2.7	2.7	262	0.0 ÷ 2.6	2.6	246
2.7 ÷ 4.6	1.9	533	2.6 ÷ 4.4	1.8	529
4.6 ÷ 9.9	5.3	749	4.4 ÷ 9.6	5.2	653
9.9 ÷ 18.1	8.2	870	9.6 ÷ 17.6	8.0	806
18.1 ÷ 31.1	13.0	933	17.6 ÷ 35.6	18.0	945

MASW L84 (id. 023091L84MASW84)			REMI L169 (id. 023091L169REMI169)		
Profondità	Spessore	V_s [m/s]	Profondità	Spessore	V_s [m/s]
0.0 ÷ 2.6	2.6	278	0.0 ÷ 4.5	4.5	308
2.6 ÷ 6.7	4.1	446	4.5 ÷ 13.2	8.7	563
6.7 ÷ 13.2	6.5	589	13.2 ÷ 30.2	17.0	796
13.2 ÷ 23.2	10.0	778	30.2 ÷ 35.8	5.6	986
23.2 ÷ 30.1	6.9	859			

Tabella 5: V_s ricavate con le indagini MASW e REMI eseguite nell'intorno del sito in oggetto nell'ambito dello studio di MS di livello 1

Indagine sismica Re. Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	250	3,5	0,0 - 3,5
II SISMOSTRATO	390	11	3,5 - ≈15
III SISMOSTRATO	460	30	≈15 - ≈45
IV SISMOSTRATO	570	100	≈45 - ≈145
V SISMOSTRATO	840	Semisp.	≈145 - Semisp.

Tabella 6: V_s ricavate con l'indagine REMI eseguite nell'intorno del sito in oggetto nell'ambito dello studio di MS di livello 3 (**REMI L255**)

Sulla base dei profili di V_s ottenuti, i valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s hanno permesso di attribuire al sito in oggetto la **categoria di sottosuolo B**.

In Allegato 2 è possibile consultare sia le schede delle indagini lineari fornite dal Portale cartografico della Microzonazione Sismica e della Condizione Limite per l'Emergenza (WebMS) sia il rapporto relativo all'indagine Re.Mi. L255.

9 ZONAZIONE SISMICA

Come già menzionato in premessa, la DGRV n. 244 del 09 marzo 2021 ha approvato l'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto.

La zonazione sismica del Veneto, prima dell'entrata in vigore della suddetta norma, faceva riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n° 3274 del 20 marzo 2003, (successivamente recepita dalla Delibera consiliare del 3 dicembre 2003 n. 67) nella quale si è provveduto a formare l'elenco delle zone sismiche discretizzando il territorio nazionale su scala comunale, a differenza della precedente normativa che classificava come sismica solo una parte del territorio nazionale.

Tuttavia, l'OPCM n° 3519 del 28 aprile 2006 introduce un approccio di modellazione della pericolosità sismica basato su di una "griglia" di accelerazioni sismiche di riferimento al suolo rappresentata nella "Mappa nazionale di pericolosità sismica", nella quale si individuano 12 fasce definite da un range di valori delle accelerazioni orizzontali (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi. Secondo tale normativa, il territorio comunale di Verona si colloca nella fascia caratterizzata da valori di a_g/g compresi tra **0,150 e 0,175**.

La D.G.R. n. 71 del 22 gennaio 2008, ha stabilito che *“per gli aspetti amministrativi, con particolare riguardo agli oneri di deposito e di verifica degli elaborati di calcolo, è confermata la zonazione sismica dei Comuni del Veneto di cui all'elenco (allegato I) della Delibera di Consiglio Regionale n. 67/03”* mentre, *“per quanto riguarda la calcolo di progetti da realizzare in ambito regionale, si prende a riferimento la proposta di zonizzazione allegata all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519”*.

Consorzio ZAI

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Pag. 26 di 43
--	---	---------------

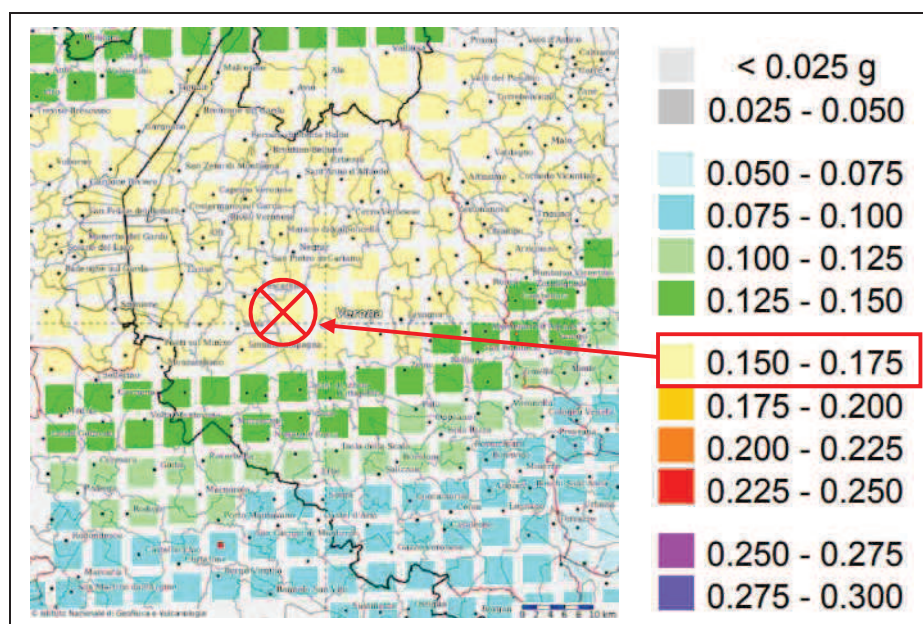


Figura 18: Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi.

La DGRV n. 244 del 09.03.2021 allinea la normativa regionale a quella nazionale anche per quanto riguarda gli aspetti amministrativi.

Il criterio di attribuzione dei comuni alle zone sismiche è quello più cautelativo, vale a dire i comuni sono inseriti nella fascia corrispondente all'accelerazione massima ricadente nel territorio comunale.

La figura seguente la nuova mappa di pericolosità sismica della Regione Veneto (Allegato A della DGRV n. 244 del 09.03.2021), nella quali il Comune di Verona è stato inserito in **Zona 2**.

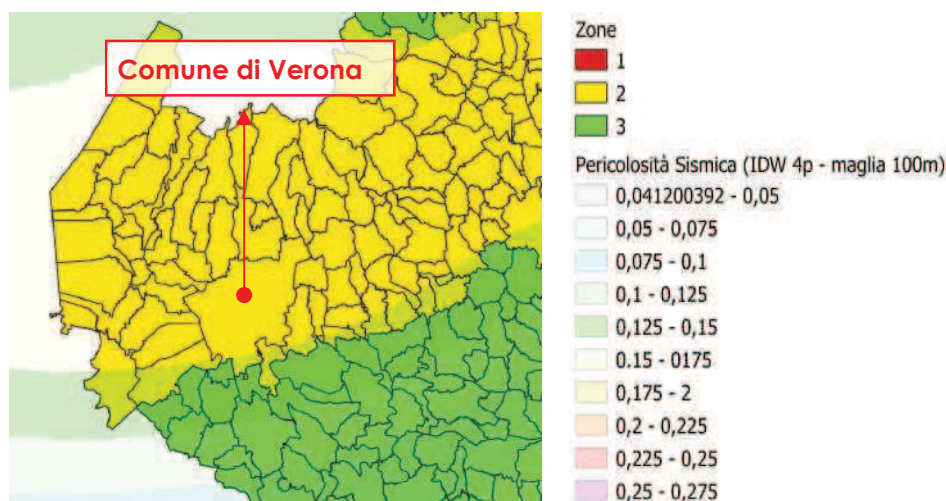


Figura 19: Stralcio della mappa di pericolosità sismica dei comuni veneti (approvata con D.G.R. n. 244 del 09 marzo 2021-All.A)

10 AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, da utilizzare nelle verifiche agli stati limite, secondo il D.M. 17 gennaio 2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” – si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito.

La pericolosità sismica viene definita in termini di **accelerazione orizzontale massima attesa a_g** ed è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo, in detto sito, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari al valore prefissato.

Nell'intento di definire in modo puntuale la pericolosità sismica, le NTC fanno riferimento a n. 4 stati limite per l'azione sismica, ognuno definito da una “probabilità di eccedenza del periodo di riferimento” P_{VR} e da un “periodo di ritorno” T_R espresso in anni. Si fa riferimento quindi ai seguenti stati limite:

Stati Limite di Esercizio SLE	Stato limite di immediata operatività SLO
	Stato limite di Danno SLD
Stati Limite Ultimi SLU	Stato limite di Salvaguardi della Vita SLV
	Stato Limite di prevenzione del Collasso SLC

Tabella 7: Stati limite per l'azione sismica

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 20: Tabella 3.2.I - Norme tecniche per le costruzioni: probabilità di superamento in funzione dello stato limite considerato

Sulla base delle mappe interattive dell'INGV, l'area in esame è inseribile nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale a_g riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s compreso tra **0,150g e 0,175g** (valori riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni – mappa 50° percentile).

Per quanto riguarda la pericolosità di base del sito di intervento, in riferimento ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ($T_R = 475$ anni), il calcolo eseguito con il programma “Spettri di risposta – ver. 1.0.3” del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici mediante interpolazione per superficie rigata, individua la pericolosità sismica del sito di intervento con un valore di a_g riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s pari a **0,160g**.

Le coordinate del sito in studio (ED 50), riferite ad un punto ubicato in posizione all'incirca centrale rispetto ai vari lotti, sono le seguenti:

Longitudine: 10,89603°
Latitudine: 45,45372°

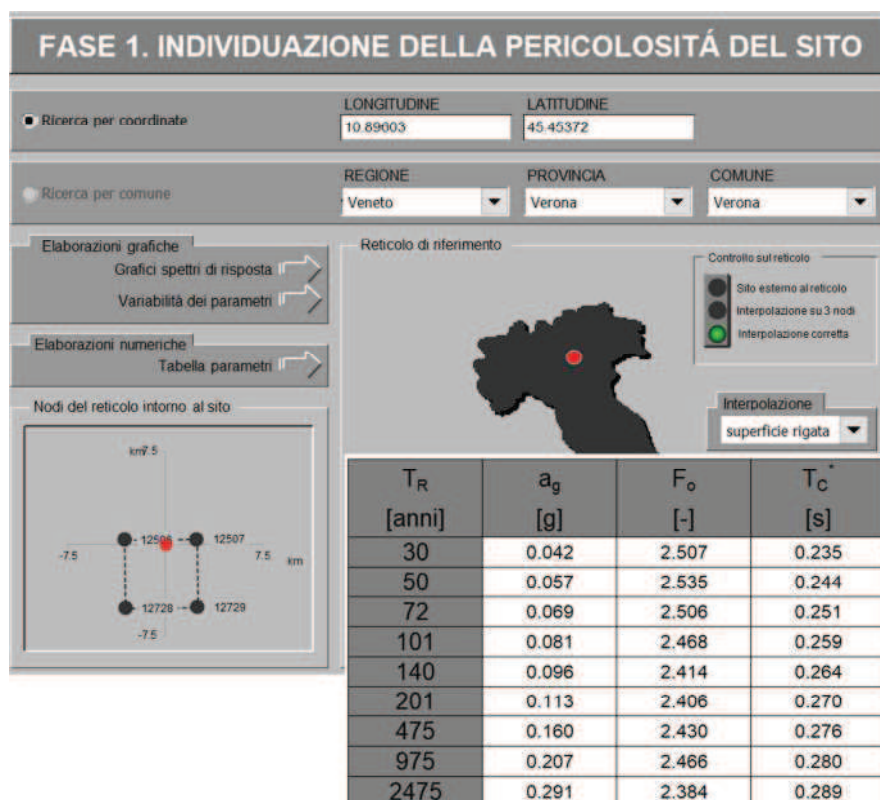


Figura 21: Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento (interpolazione per superficie rigata)

Stato limite	T_R (anni)	a_g/g	F_0	T_c^*
SLO	30	0.042	2.507	0.235
SLD	50	0.057	2.534	0.244
SLV	475	0.160	2.430	0.276
SLC	975	0.207	2.466	0.280

Tabella 8: Parametri per ogni stato limite

Dove: a_g/g = accelerazione orizzontale massima attesa.

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, su sito di riferimento rigido orizzontale, ha valore minimo pari a 2.2.

T_c^* = valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

10.1 Categoria di suolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'**azione sismica** si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Tale classificazione, secondo un approccio semplificato, si esegue in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30

m di profondità a partire dal piano di imposta delle fondazioni (nel caso di fondazioni superficiali).

Per assolvere a tale determinazione abbiamo fatto riferimento alle indagini sismiche condotte nelle vicinanze del sito e descritte nel *Paragrafo 8*.

La categoria del sottosuolo di fondazione, sulla base dei valori di V_s ottenuti, è quindi la **Categoria B**. **“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 22: Tabella 3.2.II Norme tecniche per le costruzioni: categorie di sottosuolo

Per quanto riguarda le **condizioni topografiche** del sito, per configurazioni superficiali semplici, si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie piana, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 23: Tabella 3.2.IV Norme tecniche per le costruzioni: categorie topografiche

In base a tale classificazione, si può affermare che i luoghi in esame ricadono entro la **categoria T1**.

11 MAGNITUDO ATTESA

Le linee guida emanate dal Gruppo di lavoro MS, 2008 - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd), prevedono che un metodo semplice e in favore di sicurezza da utilizzarsi per stimare quale sia il valore di magnitudo da considerare ai fini delle valutazioni per il sito o la microzona di interesse, è quello di valutare la magnitudo massima M_{wmax} attribuita alla zona sismogenetica di appartenenza.

Nel nostro caso, l'area in studio rientra nella zona sismogenetica 906 – Garda-Veronese, per la quale la Tabella 2.8-1 degli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” attribuisce una magnitudo massima pari a $M_{wmax}=6,60$.

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

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

Figura 24: Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9, con evidenziato il valore da adottare per la zona 906

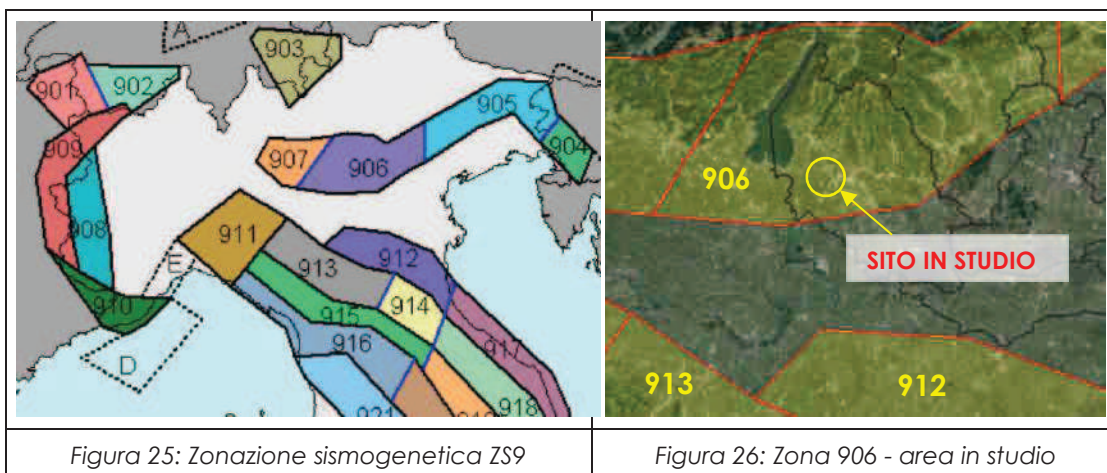


Figura 25: Zonazione sismogenetica ZS9

Figura 26: Zona 906 - area in studio

12 MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 E 3 DEL COMUNE DI VERONA – ANALISI E CONFRONTO

Il Comune di Verona è dotato dello studio di **Microzonazione Sismica di livello 1 (MS)**, redatto nel 2017 dal Dott. Toscano ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 293 del 26/10/2015 ed eseguito in conformità agli **Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica - Gruppo di lavoro MS, 2008. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd**, e agli **STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA** redatto dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) 5 ottobre 2011 e aggiornato con gli STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA Versione 4.0b Roma, ottobre 2015.

Nel dicembre 2022, il suddetto studio è stato completato e approfondito attraverso lo **Studio di Microzonazione Sismica di Livello 3**, a cura del Dott. Collareda, esteso a tutto il territorio comunale secondo le modalità richieste dalle **Linee Guida Regionali approvate con D.G.R.V. 1572 del 03/09/2013**.

Allo scopo di ottenere informazioni più dettagliate sulla risposta sismica locale, sono state utilizzate, per lo studio di livello 3, ulteriori indagini geognostiche e geofisiche nelle aree di maggiore interesse, sia effettuate ex-novo sia recuperate dall'archivio del Dott. Collareda.

Premesso ciò, di seguito sarà confrontato il contenuto degli studi di Microzonazione Sismica con i risultati della presente studio geologico.

12.1 Carta delle Indagini

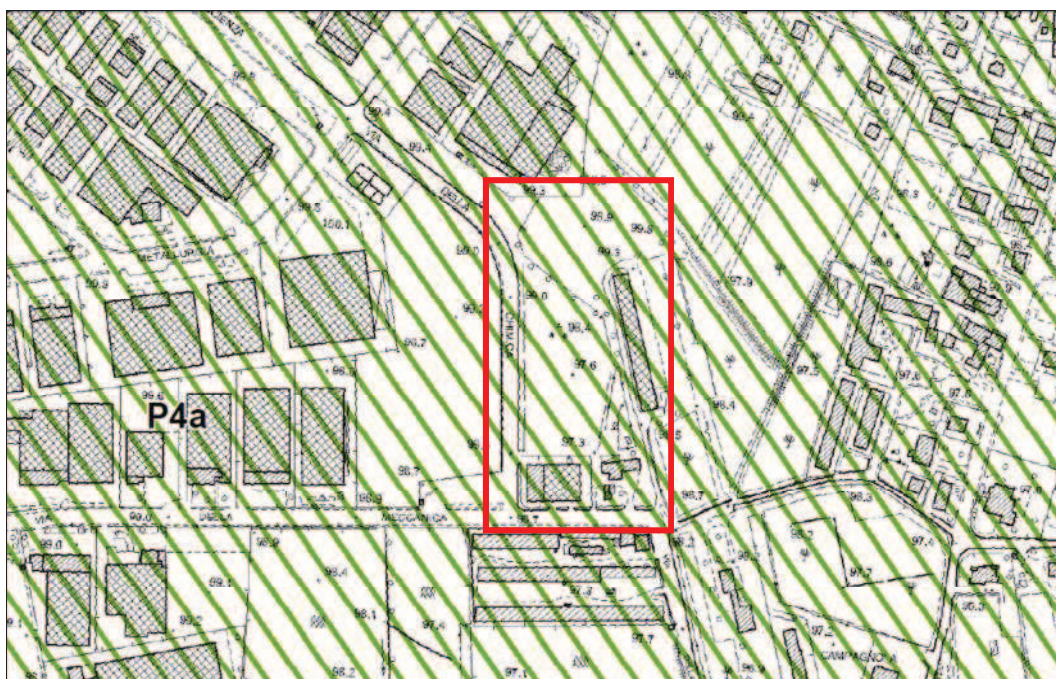
La Carta delle Indagini allegato alla MS di Livello 3 riporta le ubicazioni dei sondaggi geognostici e dei pozzi derivati dal PAT e delle prove sismiche eseguite nel corso dell'esecuzione dello studio di livello 1 e di livello 3.

Un estratto della suddetta Carta è già stata proposta nella figura 17, nella quale vengono riportate le indagini eseguite nelle vicinanze del sito in oggetto.

12.2 Carta della Pericolosità Sismica Locale

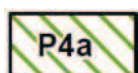
Le Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica prevedono la realizzazione della "Carta di pericolosità sismica locale" (CPSL), nella quale vengono indicate le maggiori criticità del territorio e individuate le aree che richiedono approfondimenti per particolari tematiche e/o assetti stratigrafici-tettonici complessi.

Dall'esame della carta della CPSL emerge che l'area in oggetto è posta entro la zona P4, suscettibile ad effetti di amplificazioni litologiche e geometriche. In particolare, ci troviamo all'interno di uno scenario di pericolosità caratteristico di "Zona di fondovalle ampie e di pianura con depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi" (**P4a**).



Legenda

P4 : Zone suscettibili ad amplificazioni litologiche e geometriche



Zona di fondovalle ampie e di pianura con depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi



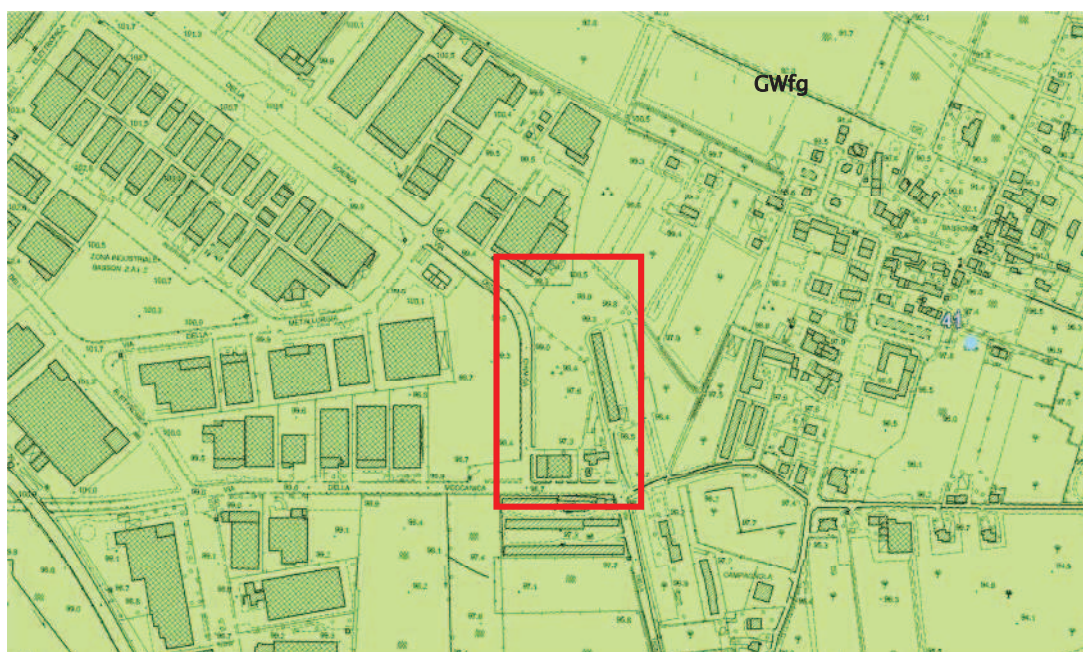
Area in studio

Figura 27: Estratto della Carta della Pericolosità Sismica Locale (CPSL) della MS di livello 3

12.3 Carta Geologico Tecnica (CGT)

La Carta Geologico Tecnica (CGT) riporta tutte le informazioni di base, derivate da carte ed elaborati già esistenti, necessari alla definizione del modello di sottosuolo.

La CGT descrive i terreni affioranti come *“Materiali granulari poco addensati dei terrazzi fluviali e fluvioglaciali a tessitura prevalentemente ghiaioso e sabbiosa”* (GWfg). Tale definizione (secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” GW = ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie) è, dal punto di vista compositivo, in accordo con quanto evidenziato nei sondaggi geognostici riportati nella presente indagine.



Legenda

Terreni di copertura



Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie di deposito fluvio glaciale

Elementi geologici e idrogeologici



Presenza della falda in aree con sabbie e/o ghiaie

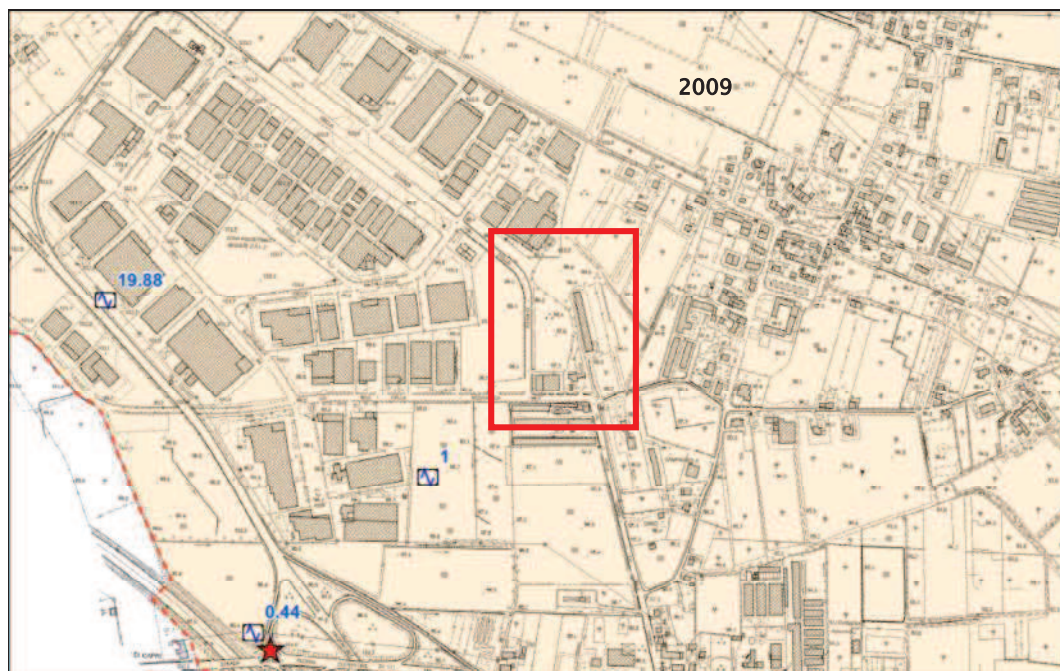


Area in studio

Figura 28: Estratto della Carta Geologico Tecnica (CGT) della MS di livello 3

12.4 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) viene realizzata sulla base degli elementi predisponenti alle amplificazioni e alle instabilità sismiche (già riportati nella CGT).



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zona 9 - GWfg - è formata dalla formazione dei depositi fluvioglaciali, dell'antico conoide depositato dall'Adige, che costituiscono la maggior parte della pianura veronese, costituito da materiali ghiaiosi e sabbiosi alternati a livelli sabbiosi e limosi con spessori anche superiori a 100 m.

Sono presenti diverse cave in ghiaia con fronti (orli di scarpata) piuttosto alti e con pendenze elevate. Non si esclude l'ipotesi di possibili fenomeni di amplificazione litostratigrafica, per contrasti di impedenza, e morfologica, per la presenza di orli di scarpata di cave e di terrazzi fluviali.

Punti di misura di rumore ambientale



Punto di misura ambientale con indicazione del valore F_0 ($F_0=0$ significa senza amplificazione per $H/V < 2$)



Modellazione numerica monodimensionale



Area in studio

Figura 29: Estratto della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) della MS di livello 3. In legenda viene riportata anche la colonna stratigrafica tipo della microzona 2009

L'area in oggetto è inserita all'interno della **microzona 2009**, rappresentata da "depositi fluvioglaciali, dell'antico conoide depositato dall'Adige,, costituito da

materiali ghiaiosi e sabbiosi alternati a livelli sabbiosi e limosi con spessori anche superiori a 100 m. Sono presenti diverse cave in ghiaia con fronti (orli di scarpata) piuttosto alti e con pendenze elevate. Non si esclude l'ipotesi di possibili fenomeni di amplificazione litostratigrafica, per contrasti di impedenza, e morfologica, per la presenza di orli di scarpata di cave e di terrazzi fluviali".

12.5 Analisi di livello 3

L'obiettivo generale dello studio di Livello 3 è di compensare le incertezze del Livello 1 con approfondimenti conoscitivi e di fornire quantificazioni numeriche della modificazione locale del moto sismico in superficie a causa di assetti tettonico-strutturali "complessi" e dei fenomeni di deformazione permanente.

Infatti, in virtù di quanto emerso dallo studio di microzonazione sismica di Livello 1, è possibile affermare che il territorio comunale è da considerarsi stabile suscettibile di amplificazione, poiché il moto sismico è modificabile rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante in tutto il territorio, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche locali.

Inoltre, per quanto riguarda le "Zone di attenzione per instabilità", nel Livello 1 di MS erano state evidenziate zone potenzialmente liquefacibili e sono state riportate diverse FAC – Faglie attive e capaci.

L'area in oggetto non è posta all'interno di nessuna "Zona di attenzione per instabilità", pertanto lo scenario di pericolosità che caratterizza l'area in studio è dato dall'amplificazione litostratigrafica.

Lo studio di MS di Livello 3 ha condotto un'analisi di risposta sismica locale per la quantificazione numerica dell'effetto amplificativo del moto sismico di base, stimando i fattori amplificativi FA (fattore di amplificazione in termini di accelerazione) negli intervalli 0.1-0.5s – 0.4-0.8s e 0.7-1.1s attraverso modellazioni numeriche rappresentative della reale condizione di amplificabilità del sito.

La tecnica di risoluzione numerica adoperata è quella alle differenze finite (FDM) implementata nel codice di calcolo FLAC 8.0 (Itasca, 2018).

I fattori amplificativi da applicare al sito in oggetto fanno riferimento alla modellazione monodimensionale ottenuta dalla media delle varie sismostratigrafie; la Carta delle MOPS (figura 29) riporta il punto baricentrale (indicato in Carta con una stella) dell'area sulla quale è stato costruito il modello numerico medio.

La tabella seguente schematizza i fattori di amplificazione (FA), per ciascun intervallo di periodo, rappresentativi dell'area in oggetto, così come riportati nella relazione del Dott. Collareda.

RSL monodimensionale n°5

Zona Mops	FA 0.1 - 0.5s	FA 0.4 - 0.8s	FA 0.7 - 1.1s
2009	1.2	1.4	1.3

Tabella 9: Fattori di amplificazione (FA) per intervallo di periodo per la microzona 2009

Le figure seguenti riportano gli estratti delle Carte di Micronazione Sismica di Livello 3 nelle quali sono mappati i suddetti fattori di amplificazione (FA).

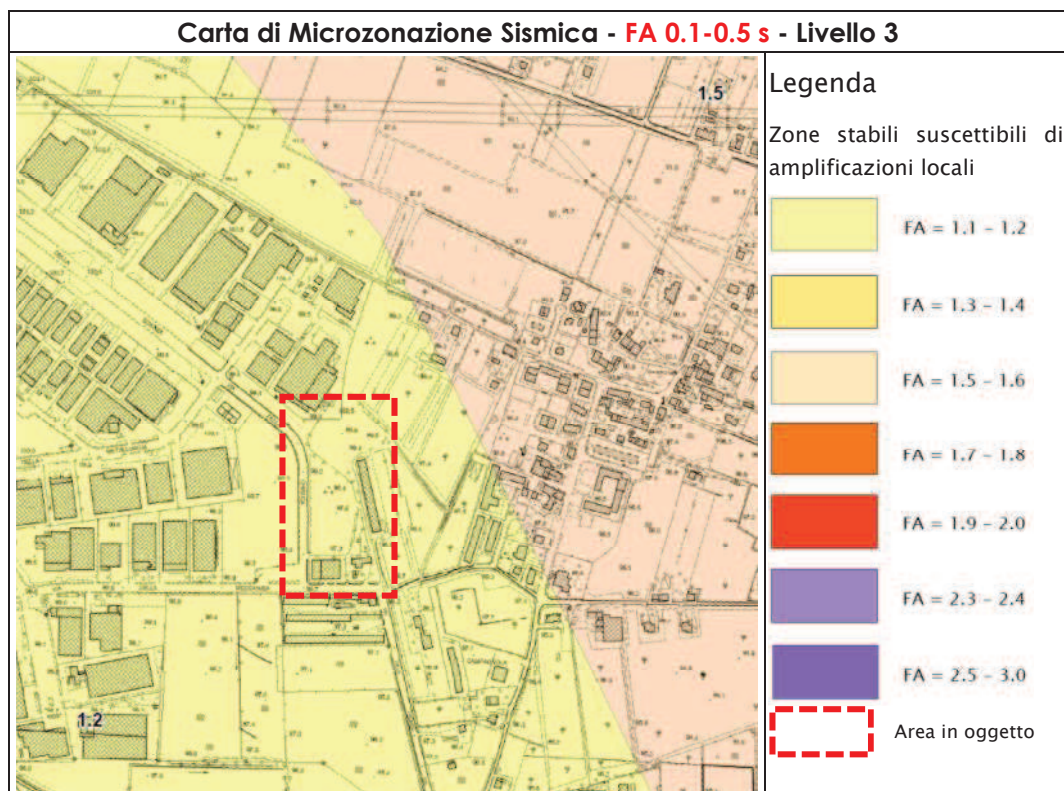


Figura 30: Estratto della Carta di microzonazione sismica - FA 0.1-0.5 s - Livello 3

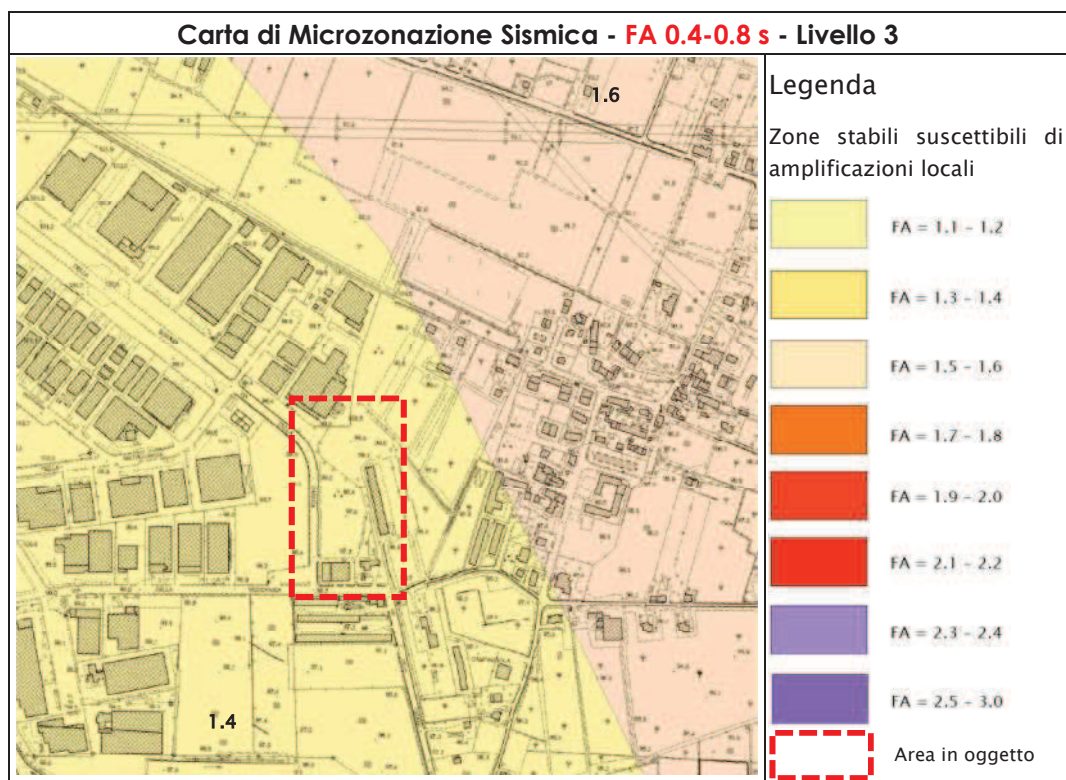


Figura 31: Estratto della Carta di microzonazione sismica - FA 0.4-0.8 s - Livello 3

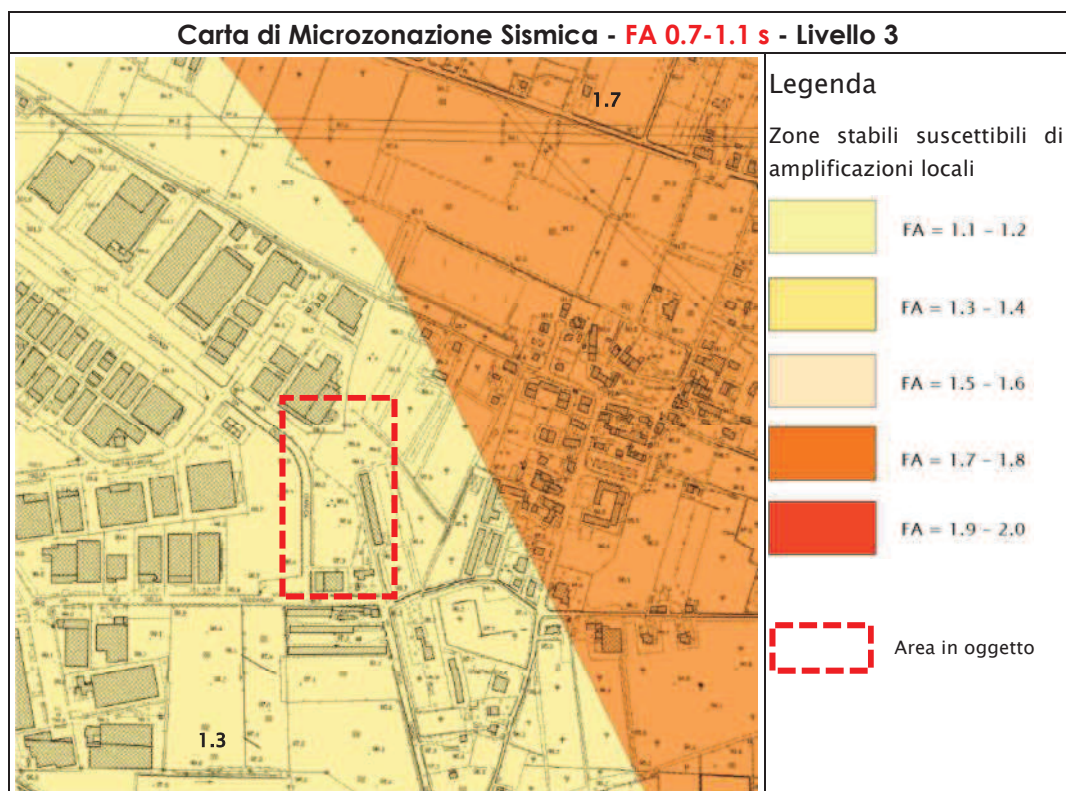


Figura 32: Estratto della Carta di microzonazione sismica - FA 0.7-1.1 s - Livello 3

13 OPERE IN PROGETTO

L'ambito territoriale di intervento, oggetto della “**Variante al P.I. - comparto di via della Chimica**”, ha una superficie di circa 22.685 m² ed è organizzato in un unico comparto, suddiviso in due lotti produttivi e un lotto per attività associative, oltre a parcheggi a standard di uso pubblico.

Nello specifico (cfr figura 33), i due lotti a destinazione produttiva, manifatturiera, artigianale e logistica sono pari a rispettivamente a m² 12.346 (lotto 1) e m² 5.223 (lotto 2). Inoltre è prevista la realizzazione delle aree a standard (parcheggi e verde), che verranno tutte cedute al Comune di Verona, e di un'opera per attività associative (lotto 3).

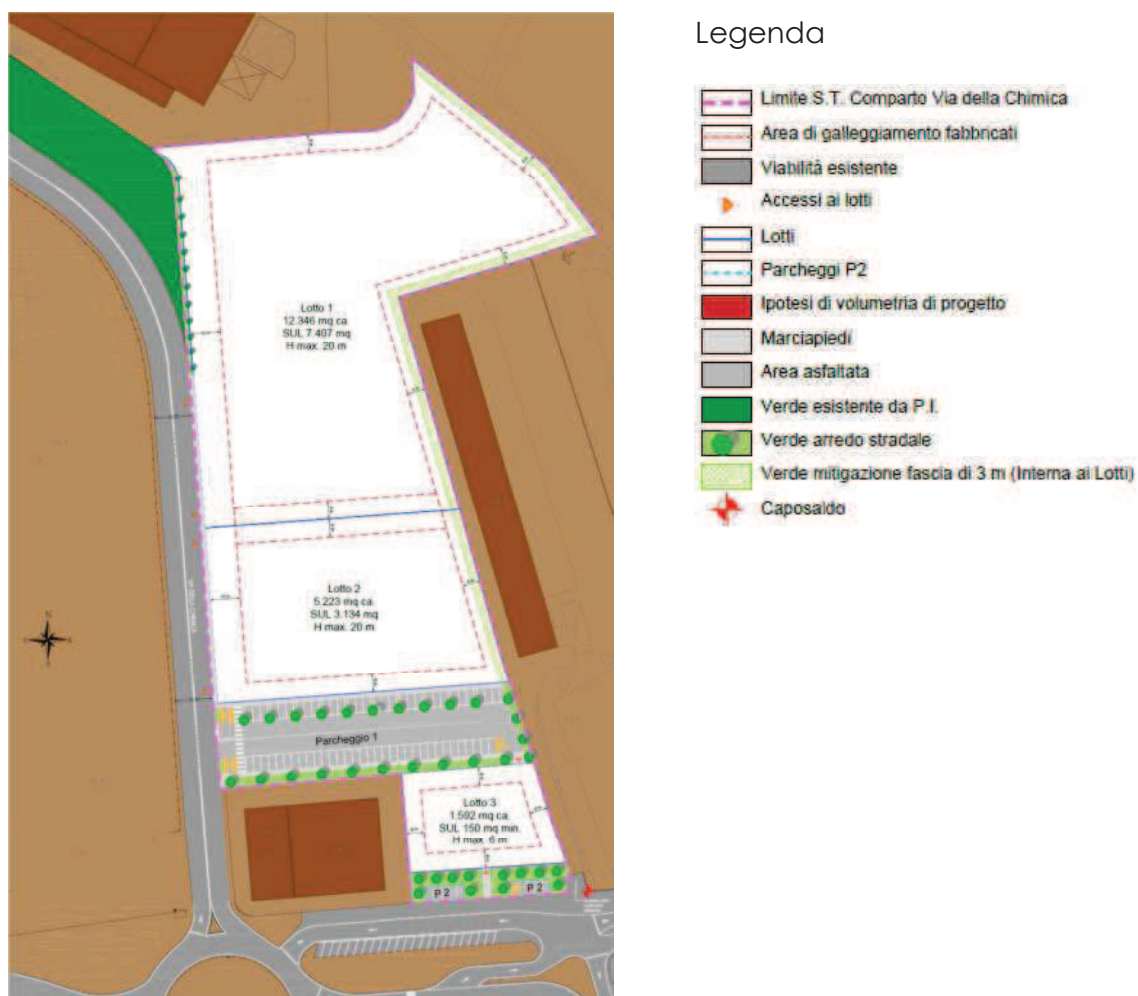


Figura 33: Planimetria area d'intervento

Il Consorzio ZAI provvederà alla esecuzione delle seguenti opere di urbanizzazione primaria mancanti:

- spazi di sosta e di parcheggio, marciapiedi con relativa segnaletica orizzontale e verticale;
- aree verdi;
- rete di pubblica illuminazione;
- sistema di smaltimento acque meteoriche.

14 CONCLUSIONI

Con riferimento agli interventi in progetto, alla luce delle notizie di ordine geologico disponibili ed illustrate nel presente documento, si ritiene di poter esprimere le seguenti considerazioni:

- i terreni su cui insiste il comparto in oggetto sono di natura alluvionale e fluvioglaciale costituiti da ghiaie con ciottoli e sabbie, dello spessore di diverse decine di metri;
- ai fini della caratterizzazione sismica il sito interessato dagli interventi in progetto appartiene ad una Categoria topografica **T1** e presenta un sottosuolo che è classificabile nella Categoria **"B"**;
- il valore dell'azione sismica, espressa come valore di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempi di ritorno pari a 475 anni), riferita a suoli rigidi, è pari a **0,160 g**;
- la falda freatica è posta a profondità tale da non interferire con gli interventi in progetto;
- le indagini eseguite dallo scrivente professionista in un sito limitrofo, confermano i risultati delle indagini sismiche allegati allo studio di **Microzonazione Sismica di Livello 1 e 3 del Comune di Verona**, le litologie e gli aspetti morfologici descritti dalla Carta Geologico Tecnica (CGT), lo scenario di pericolosità sismica stimato nella Carta di Pericolosità sismica locale (CPSL) e la colonna stratigrafica tipo della Microzona in oggetto (**microzona 2009**) definita dalla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS);

- i fattori amplificativi in termini di accelerazione (FA) negli intervalli di periodo calcolati per la microzona 2009 sono pari a **FA = 1,2** (0.1-0.5s), **FA = 1.4** (0.4-0.8s), e **FA = 1.3** (0.7-1.1s);
- non esistono particolari penalità ricadenti nell'area oggetto dell'intervento.

Valutate le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei luoghi, si può certamente affermare che gli interventi considerati nella presente relazione non alterano la stabilità dei luoghi né possono influire sull'assetto idrogeologico del territorio all'interno del quale esse sono inserite.

Sommacampagna, febbraio 2023

Dr. Geol. Claudio Leoncini



15 ALLEGATI

Allegato 1: stratigrafie sondaggi geognostici (2004)

Allegato 2: sismostratigrafie REMI e MASW (Studio MS di Livello 1 e 3 del Comune di Verona)

Allegato 3: attestazione che l'ambito dell'accordo di programma d'interesse rientra nelle aree oggetto della zonazione sismica di 3° livello.

ALLEGATO 1

Stratigrafie sondaggi geognostici (2004)

Consorzio ZAI

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Allegati
--	--	----------



INDAGINE GEOGNOSTICA DI SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DI
UN NUOVO COMPLESSO DIREZIONALE SITO IN LOCALITA' BASSONA -
VERONA

Comune

Zai - Bassona (Verona)

Committente

Unicredit Real Estate

Data:

08-giu-04

Tipo intervento: ESECUZIONE SONDAGGI

Oggetto:

Sondaggio:

A CAROTAGGIO CONTINUO

Log stratigrafico

S 01

Φ	Profondità progressiva	Profondità parziale	% carot.	Litologie	Descrizione del terreno	Pocket Penetr.	Vane Test	Prof.	S.P.T.		Campioni
	mm	m				(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	m	H (cm)	N	
127	0.0	0.4	0.4		Ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso-limosa						
101	6.4	6.4			Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa, colore bruno chiaro, molto addensata, a tratti leggermente cementata φ max ciottoli = 12 cm			6.0	SPT 1	40	-8,00 M. Prova Lefranc 1
									15	R	
									30	R	
									45	R	
								9.0	SPT 2	46	
									15	R	
									30	R	
									45	R	
								12.0	SPT 3	R	
									15	R	
									30	R	
									45	R	
								15.0	SPT 4	R	
									15	R	
									30	R	
									45	R	
								21.0	SPT 5	42	
									15	R	
									30	R	
									45	R	
								24.0	SPT 6	R	
									15	R	
									30	R	
									45	R	
								30.0	SPT 7	R	
									15	R	
									30	R	
									45	R	
								33.0	SPT 8	R	
									15	R	
									30	R	
									45	R	
	37.0										



INDAGINE GEOGNOSTICA DI SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DI UN NUOVO COMPLESSO DIREZIONALE SITO IN LOCALITA' BASSONA - VERONA

Comune**Zai - Bassona (Verona)****Committente****Unicredit Real Estate****Data:****03-giu-04****Tipo intervento:** ESECUZIONE SONDAGGI**Oggetto:**

Log stratigrafico

Sondaggio:**S 02**

Φ	Profondità progressiva	Profondità parziale	% carot.	Litologie	Descrizione del terreno	Pocket Penetr.	Vane Test	Prof.	S.P.T.		Falda
mm	m	m				(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	m	H (cm)	N	
127	0.0 0.4	0.4			Ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso-limosa						
101		7.1			Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa, colore bruno chiaro, molto addensata, a tratti leggermente cementata φ max ciottoli = 12 cm			6.0	SPT 1 15 30 45	R	S02 - C1 6,0-7,0 m
	7.5							9.0	SPT 2 15 30 45	39 R	-8,00 M. Prova Lefranc 2 S02 - C2 9,0-10,0 m
		9.2			Ghiaia e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa, leggermente limosa, colore bruno chiaro, addensata, φ max ciottoli = 8 cm			12.0	SPT 3 15 30 45	32 42 45	S02 - C3 14,0-15,0 m
	16.7 17.0	0.3			Ghiaia e ciottoli in matrice limosa			15.0	SPT 4 15 30 45	34 44 48	
		3.0			Ghiaia e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa, leggermente limosa, colore bruno chiaro, addensata, φ max ciottoli = 8 cm			18.0	SPT 5 15 30 45	R	S02 - C4 18,0 19,0 m
	20.0							20.0	SPT 6 15 30 45	40 R	



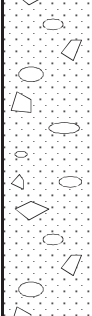
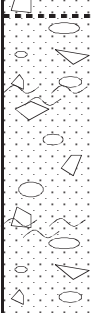
Zai - Bassona (Verona)

Unicredit Real Estate

03-giu-04

Sondaggio:

S 03

Φ	Profondità progressiva	Profondità parziale	% carot.	Litologie	Descrizione del terreno	Pocket Penetr.	Vane Test	Prof.	S.P.T.		Prove
	mm	m				m	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	m	H (cm)	
127	0.0	0.5			Ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso-limosa						
101	0.5	5.5			Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa, colore bruno chiaro, molto addensata, a tratti leggermente cementata φ max ciottoli = 12 cm						
	6.0							15	R		
	14.0				Ghiaia e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa, leggermente limosa, colore bruno chiaro, addensata, φ max ciottoli = 8 cm			9.0	SPT 2		
									15	R	
								12.0	SPT 3		
									15	R	
14.0						SPT 4					
	15	44									
16.0	SPT 5										
	15	R									
18.0	SPT 6										
	15	40									
20.0	SPT 7										
	15	40									

ALLEGATO 2

Sismostratigrafie REMI e MASW (Studio MS di Livello 1 e 3 del Comune di Verona)

Consorzio ZAI

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Allegati
--	--	----------

Sito lineare

Identificazione	Chiave primaria 84	Provincia 023	Comune 091	Identificazione sito 023091L84
Ubicazione	Longitudine del punto A 179157			Latitudine del punto A 5041007
	Longitudine del punto B 179148			Latitudine del punto B 5041042
	Modalità identificata per identificare il tracciato ALTRO			identificativo della modalità
Quota	Quota sul livello del mare del punto A (metri)		Quota sul livello del mare del punto B (metri)	
Varie	Data 2017-02-01	Note	Masw n.84	

Indagine lineare

Identificativo	Chiave primaria 84	Classe dell'indagine GF	Tipo d'indagine MASW
			Identificativo indagine 023091L84MASW84
Tracciabilità	Precedente identificativo Masw n.84	Nome precedente archivio	
	Note		
Varie	Data 2017-02-01	Pagina 232	Documento

Parametri lineari

Identificativo	Chiave primaria 433	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L84MASW84VS433
Quota/spessore	Profondità del top (m) 0.0	Profondità del bottom (m) 2.6	Spessore del livello (m) 2.6
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 278.0000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01

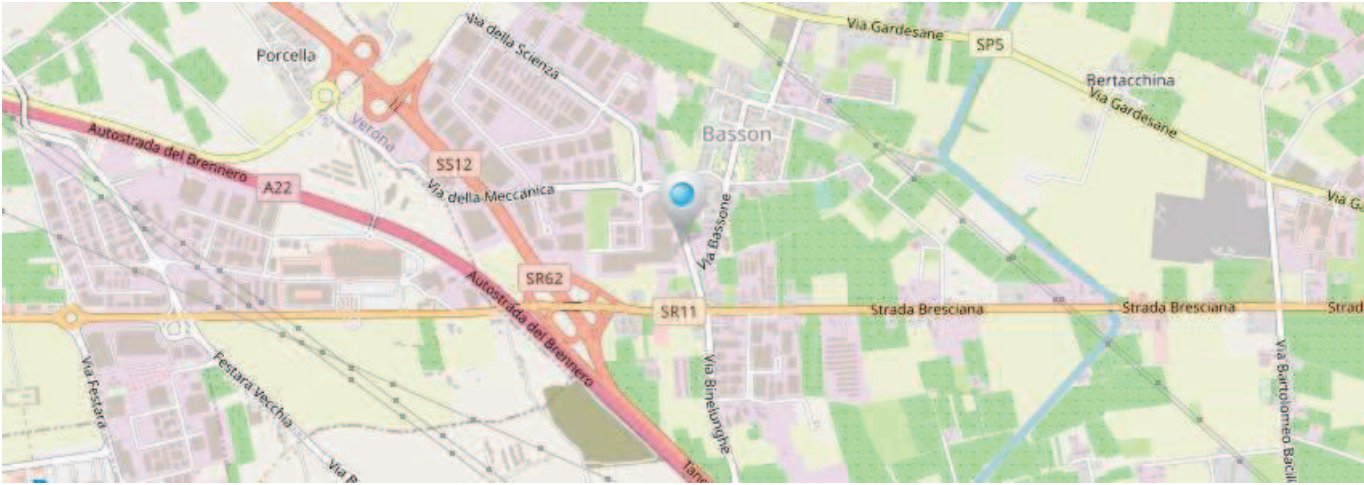
Identificativo	Chiave primaria 434	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L84MASW84VS434
Quota/spessore	Profondità del top (m) 2.6	Profondità del bottom (m) 6.7	Spessore del livello (m) 4.1
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 446.0000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01

Identificativo	Chiave primaria 435	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L84MASW84VS435
Quota/spessore	Profondità del top (m) 6.7	Profondità del bottom (m) 13.2	Spessore del livello (m) 6.5
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 589.0000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01

Identificativo	Chiave primaria 436	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L84MASW84VS436
Quota/spessore	Profondità del top (m) 13.2	Profondità del bottom (m) 23.2	Spessore del livello (m) 10.0
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 778.0000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01

Identificativo	Chiave primaria 437	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L84MASW84VS437
Quota/spessore	Profondità del top (m) 23.2	Profondità del bottom (m) 30.1	Spessore del livello (m) 6.9
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 859.0000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01

Identificativo	Chiave primaria 438	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L84MASW84VS438
Quota/spessore	Profondità del top (m) 30.1	Profondità del bottom (m) 35.7	Spessore del livello (m) 5.6
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 982.000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01



Sito lineare

Identificazione	Chiave primaria 85	Provincia 023	Comune 091	Identificazione sito 023091L85
Ubicazione	Longitudine del punto A 178754			Latitudine del punto A 5041676
	Longitudine del punto B 178725			Latitudine del punto B 5041697
	Modalità identificata per identificare il tracciato ALTRO			identificativo della modalità
Quota	Quota sul livello del mare del punto A (metri)			Quota sul livello del mare del punto B (metri)
Varie	Data 2017-02-01	Note	Masw n.85	

Indagine lineare

Identificativo	Chiave primaria 85	Classe dell'indagine GF	Tipo d'indagine MASW	
			Identificativo indagine 023091L85MASW85	
Tracciabilità	Precedente identificativo Masw n.85		Nome precedente archivio	
	Note			
Varie	Data 2017-02-01	Pagina 232	Documento	

Parametri lineari

Identificativo	Chiave primaria 439	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L85MASW85VS439	
Quota/spessore	Profondità del top (m) 0.0	Profondità del bottom (m) 2.7	Spessore del livello (m) 2.7	
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)		
Valore	Valore 262.000000000000	Attendibilità della misura 1		
Varie	Note		Data 2017-02-01	

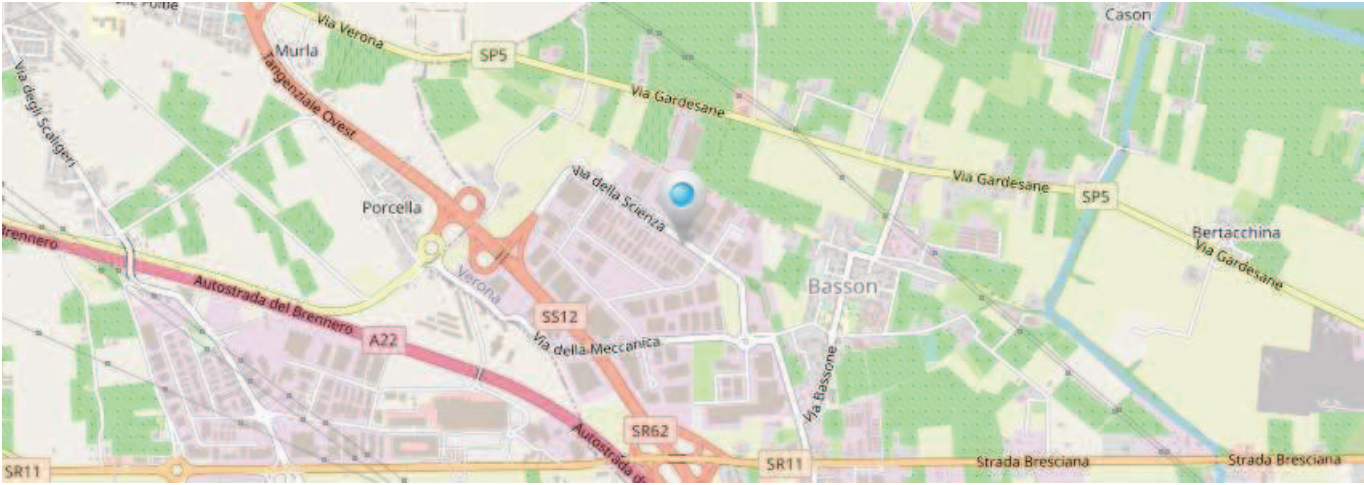
Identificativo	Chiave primaria 440	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L85MASW85VS440	
Quota/spessore	Profondità del top (m) 2.7	Profondità del bottom (m) 4.6	Spessore del livello (m) 1.9	
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)		
Valore	Valore 533.000000000000	Attendibilità della misura 1		
Varie	Note		Data 2017-02-01	

Identificativo	Chiave primaria 441	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L85MASW85VS441	
Quota/spessore	Profondità del top (m) 4.6	Profondità del bottom (m) 9.9	Spessore del livello (m) 5.3	
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)		
Valore	Valore 749.000000000000	Attendibilità della misura 1		
Varie	Note		Data 2017-02-01	

Identificativo	Chiave primaria 442	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L85MASW85VS442	
Quota/spessore	Profondità del top (m) 9.9	Profondità del bottom (m) 18.1	Spessore del livello (m) 8.2	
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)		
Valore	Valore 870.000000000000	Attendibilità della misura 1		
Varie	Note		Data 2017-02-01	

Identificativo	Chiave primaria 443	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L85MASW85VS443	
Quota/spessore	Profondità del top (m) 18.1	Profondità del bottom (m) 31.1	Spessore del livello (m) 13.0	
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)		
Valore	Valore 933.000000000000	Attendibilità della misura 1		
Varie	Note		Data 2017-02-01	

Identificativo	Chiave primaria 444	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L85MASW85VS444
Quota/spessore	Profondità del top (m) 31.1	Profondità del bottom (m) 35.8	Spessore del livello (m) 4.7
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 1022.000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01



Sito lineare

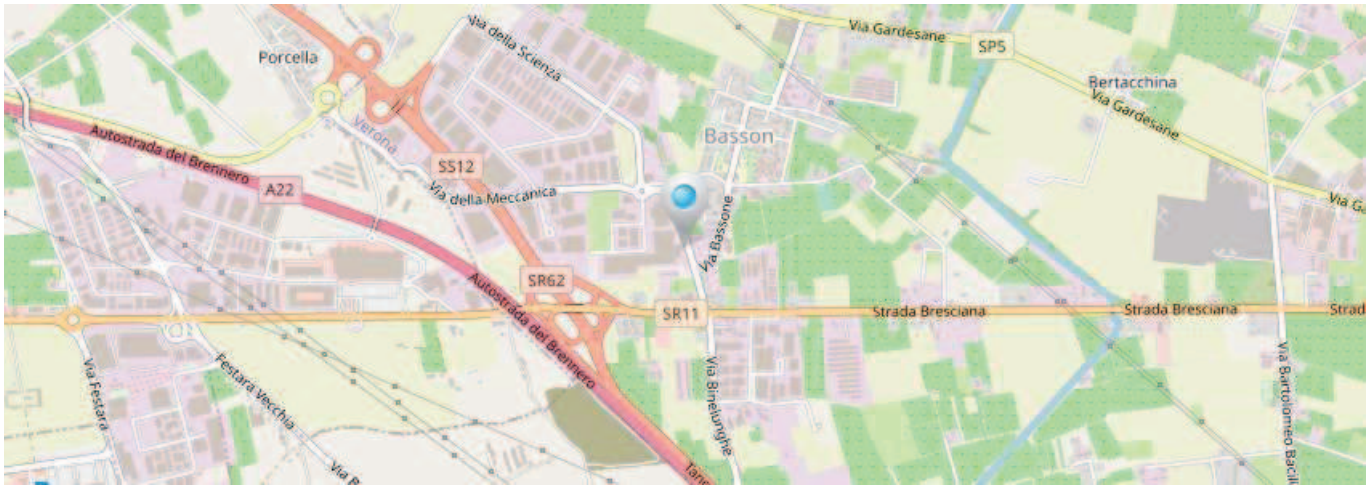
Identificazione	Chiave primaria 169	Provincia 023	Comune 091	Identificazione sito 023091L169
Ubicazione	Longitudine del punto A 179160			Latitudine del punto A 5041008
	Longitudine del punto B 179151			Latitudine del punto B 5041043
	Modalità identificata per identificare il tracciato ALTRO		identificativo della modalità	
Quota	Quota sul livello del mare del punto A (metri)		Quota sul livello del mare del punto B (metri)	
Varie	Data 2017-02-01	Note	ReMi n.84	

Indagine lineare

Identificativo	Chiave primaria 169	Classe dell'indagine GF	Tipo d'indagine REMI
			Identificativo indagine 023091L169REMI169
Tracciabilità	Precedente identificativo ReMi n.84	Nome precedente archivio	
	Note		
Varie	Data 2017-02-01	Pagina 229	Documento

Parametri lineari

Identificativo	Chiave primaria 845	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L169REMI169VS845
Quota/spessore	Profondità del top (m) 0.0	Profondità del bottom (m) 4.5	Spessore del livello (m) 4.5
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 308.000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01
Identificativo	Chiave primaria 846	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L169REMI169VS846
Quota/spessore	Profondità del top (m) 4.5	Profondità del bottom (m) 13.2	Spessore del livello (m) 8.7
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 563.000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01
Identificativo	Chiave primaria 847	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L169REMI169VS847
Quota/spessore	Profondità del top (m) 13.2	Profondità del bottom (m) 30.2	Spessore del livello (m) 17.0
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 796.000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01
Identificativo	Chiave primaria 848	Tipologia del parametro VS	Identificativo misura 023091L169REMI169VS848
Quota/spessore	Profondità del top (m) 30.2	Profondità del bottom (m) 35.8	Spessore del livello (m) 5.6
	Quota del top (m)	Quota del bottom (m)	
Valore	Valore 986.000000000000	Attendibilità della misura 1	
Varie	Note		Data 2017-02-01



Sito lineare

Identificazione	Chiave primaria	170	Provincia	023	Comune	091	Identificazione sito	023091L170
Ubicazione		Longitudine del punto A	178756				Latitudine del punto A	5041677
		Longitudine del punto B	178727				Latitudine del punto B	5041698
	Modalità identificata per identificare il tracciato						ALTRO	
							identificativo della modalità	
Quota	Quota sul livello del mare del punto A (metri)						Quota sul livello del mare del punto B (metri)	
Varie	Data	2017-02-01	Note	ReMi n.85				

Indagine lineare

Identificativo	Chiave primaria	170	Classe dell'indagine	GF	Tipo d'indagine	REMI
					Identificativo indagine 023091L170REMI170	
Tracciabilità	Precedente identificativo		ReMi n.85		Nome precedente archivio	
	Note					
Varie		Data	2017-02-01	Pagina	229	Documento

Parametri lineari

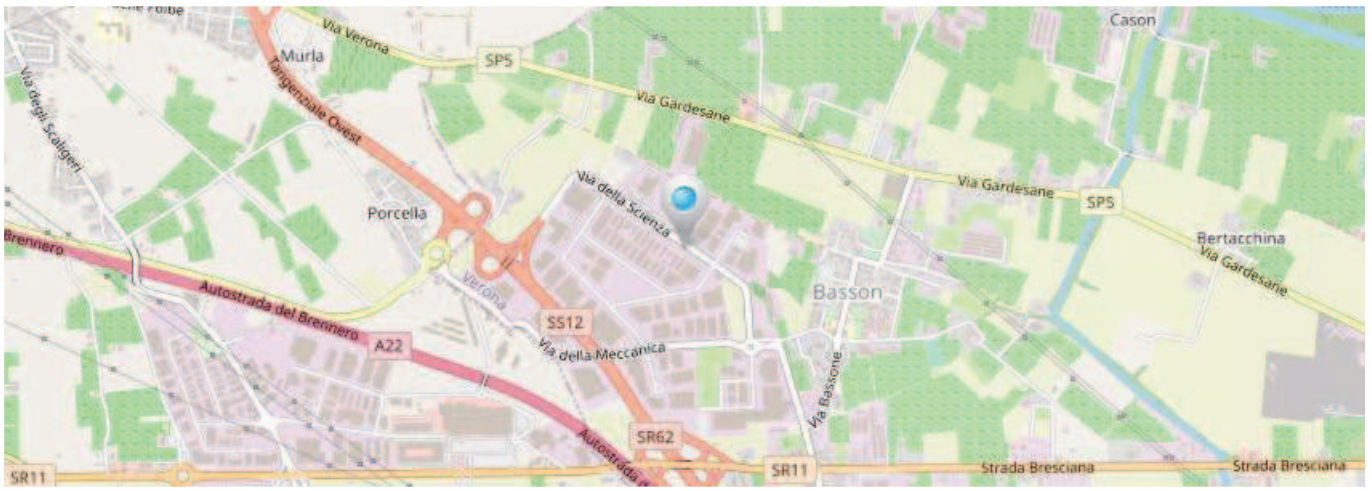
Identificativo	Chiave primaria	849	Tipologia del parametro	VS	Identificativo misura	023091L170REMI170VS849
Quota/spessore	Profondità del top (m)	0.0	Profondità del bottom (m)	2.6	Spessore del livello (m)	2.6
	Quota del top (m)		Quota del bottom (m)			
Valore	Valore	246.0000000000000	Attendibilità della misura	1		
Varie	Note				Data	2017-02-01

Identificativo	Chiave primaria	850	Tipologia del parametro	VS	Identificativo misura	023091L170REMI170VS850
Quota/spessore	Profondità del top (m)	2.6	Profondità del bottom (m)	4.4	Spessore del livello (m)	1.8
	Quota del top (m)		Quota del bottom (m)			
Valore	Valore	529.0000000000000	Attendibilità della misura	1		
Varie	Note				Data	2017-02-01

Identificativo	Chiave primaria	851	Tipologia del parametro	VS	Identificativo misura	023091L170REMI170VS851
Quota/spessore	Profondità del top (m)	4.4	Profondità del bottom (m)	9.6	Spessore del livello (m)	5.2
	Quota del top (m)		Quota del bottom (m)			
Valore	Valore	653.0000000000000	Attendibilità della misura	1		
Varie	Note				Data	2017-02-01

Identificativo	Chiave primaria	852	Tipologia del parametro	VS	Identificativo misura	023091L170REMI170VS852
Quota/spessore	Profondità del top (m)	9.6	Profondità del bottom (m)	17.6	Spessore del livello (m)	8.0
	Quota del top (m)		Quota del bottom (m)			
Valore	Valore	806.0000000000000	Attendibilità della misura	1		
Varie	Note				Data	2017-02-01

Identificativo	Chiave primaria	853	Tipologia del parametro	VS	Identificativo misura	023091L170REMI170VS853
Quota/spessore	Profondità del top (m)	17.6	Profondità del bottom (m)	35.6	Spessore del livello (m)	18.0
	Quota del top (m)		Quota del bottom (m)			
Valore	Valore	945.0000000000000	Attendibilità della misura	1		
Varie	Note				Data	2017-02-01





REGIONE VENETO

Provincia di Verona



Indagine geofisica con metodi Re.Mi. e H.V.S.R. per la caratterizzazione sismica dei terreni secondo la normativa vigente (N.T.C. - D.M. 17 gennaio 2018)

Via della Meccanica
Comune di Verona (VR)

Committente:
Dott. Geol. Giorgio Arzone

Data: agosto 2022



STUDIOSISMA SRL
SS. PASUBIO 10, COSTABISSARA (VI)
TEL. 0444212962 / 3490567455
info@studiosisma.com
CF/PIVA 03797510249 / SDI USAL8PV

INDICE

1.	PREMESSE	3
2.	CENNI TEORICI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
2.1	Indagine sismica di tipo passivo in array (Re.Mi.)	5
2.2	Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.)	7
3.	EVOLUZIONE NORMATIVA E CENNI DI INGEGNERIA SISMICA	8
4.	ANALISI SISMICA DI SITO E DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	10
4.1	Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate	10
4.2	Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta	10
4.3	Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)	11
4.4	Categoria di sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018	12

ALLEGATI

-  Indagine sismica Re.Mi. e H.V.S.R.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Responsabile di Progetto	Autori	Collaboratori
M. Collareda	E. Mammoliti	

1. PREMESSE

Il giorno 23 agosto 2022 è stata condotta la presente campagna d'indagine geofisica in Via della Meccanica, nel Comune di Verona (VR), su incarico del **Dott. Geol. Giorgio Arzone**. Al fine di caratterizzare, dal punto di vista sismico, il sottosuolo dell'area in esame sono state effettuate:

- **n°1 prospezione sismica con tecnica passiva Re.Mi. (Refraction Microtremor)** sviluppata in array lineare con n°16 geofoni a 4,5 Hz ad asse verticale per la ricostruzione sismo - stratigrafica del sottosuolo e per l'assegnazione della Categoria del sottosuolo di fondazione (V_s, eq) come espressamente richiesto dalla normativa vigente (*Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17/01/2018*);
- **n°1 registrazione di rumore sismico ambientale a stazione singola con elaborazione H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)** per individuare le frequenze di risonanza del terreno al fine di eseguire una corretta progettazione sismica delle strutture.

Nella figura a seguire viene evidenziata l'area in oggetto di studio (*Fig. n°1 - Estratto da Ortofoto*).



Fig. n°1 - Estratto da Ortofoto

Le coordinate, ottenute mediante un posizionatore GPS posto all'interno della strumentazione sismica, sono specificate nella tabella sottostante secondo il datum WGS 84. Nella figura seguente (*Fig. n°2 - Ubicazione prove in sito*) sono invece riportate, in dettaglio, le posizioni di ogni misura effettuata.

Latitudine	Longitudine
45.449979° N (WGS 84)	10.892404° E (WGS 84)

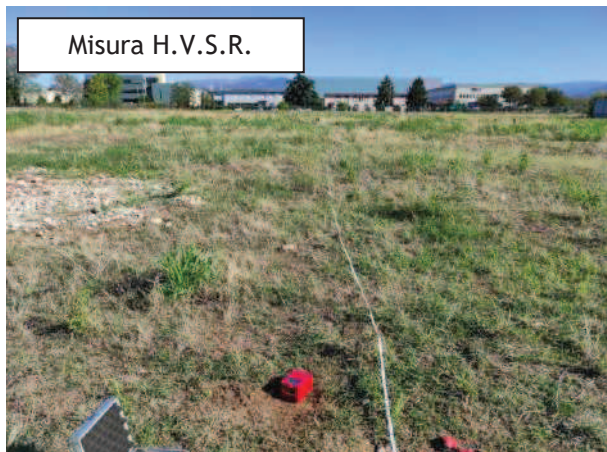


Fig. n° 2 - Ubicazione prove in sito

Legenda:

-  Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.)
-  Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)

2. CENNI TEORICI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

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

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

La procedura Re.Mi. è un metodo di prospezione sismica sviluppato presso l'Università di Reno in Nevada (Louie, 2001) e viene classificato come metodo passivo in quanto utilizza il rumore ambientale. I vantaggi promossi da questo metodo sono molteplici: è molto veloce e semplice da usare in fase di acquisizione, raggiunge una buona profondità e risoluzione d'indagine ma soprattutto permette di ottenere migliori risultati in ambienti particolarmente urbanizzati.

La fase di acquisizione deve essere effettuata con una serie di accorgimenti e precauzioni da prendere in sito e nella pianificazione della registrazione. Tutto è finalizzato alla registrazione di dati contenenti la miglior informazione possibile riguardo alla propagazione delle onde di Rayleigh con buon rapporto segnale - rumore.

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

I tempi di registrazione dei microtremori sono decisamente più elevati rispetto alle indagini di tipo attivo. La registrazione sarà analizzata in finestre temporali che variano dai 10 ai 30 secondi.

Sono da considerare la lunghezza dello stendimento L e la distanza intergeofonica Δx . Quest'ultima agisce sul segnale come una specie di filtro in frequenza. Supponendo, infatti, che il segnale arrivi da tutte le direzioni, maggiore è la spaziatura, minore sarà la frequenza del segnale utile campionabile e viceversa. Se la frequenza è più bassa aumenta la profondità d'indagine.

La fase più delicata è quella del *data processing*, che consiste nel trattamento dei dati acquisiti con l'obiettivo di stimare la velocità di fase delle onde di Rayleigh (V_r) che sono correlabili con le velocità V_s di propagazione delle onde S ($V_s \approx 1,1 V_r$).

Le varie tecniche di processing trasformano l'informazione registrata nel dominio $x - t$ (spazio tempo), in un dominio dove l'energia associata all'evento è funzione della frequenza e di altre variabili. Tutto questo allo scopo, attraverso lo spettro, di localizzare la densità di energia maggiore, alla quale sono di solito associate le onde di Rayleigh. Con procedura manuale vengono selezionati dei punti sullo spettro, che andranno a formare la curva di dispersione sperimentale. La scelta di questi valori, denominata *picking*, è condizionata da alcune indicazioni ma è imprescindibile dall'abilità e dall'esperienza dell'interprete anche in base ad altre conoscenze in merito al sito in esame.

Il *sampling rate* utilizzato è stato di 512 Hz in modo da ottenere un elevato dettaglio del segnale. La durata (lunghezza temporale) del segnale registrato è stato di circa 6 minuti. Il software utilizzato per l'analisi spettrale è [Grilla v.9.7 release 2021](#).

Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 10 Hz), sono stati utilizzati n° 16 geofoni verticali a 4,5 Hz uniti in un *array* lineare totalmente digitale (*SoilSpy Rosina*). Ogni geofono è munito di un digitalizzatore che converte il segnale e lo trasmette al sismografo tramite un'interfaccia USB. Tale sistema permette di avere elevati rapporti di rumore, un perfetto sincronismo e una estrema leggerezza. La spaziatura utilizzata tra i geofoni è stata di 3 m quindi la lunghezza complessiva del profilo è risultata essere di 45 m. Non sono presenti sostanziali variazioni di quota e quindi il sito può essere considerato orizzontale.



Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde Vs è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$\hat{v}_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}} \quad [2.1]$$

Vs = valore di velocità delle onde di taglio [m/s];
H = profondità alla quale si desidera stimare Vs [m] (30 m in caso di Vs30);
hi = spessore dello strato i - esimo [m];
vi = velocità delle onde Vs all'interno dello strato i - esimo [m/s].

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano i valori tabulati da Borchardt (1992; 1994) assieme a quelli ottenuti sperimentalmente in diversi ambienti sedimentari da altri autori (Budny, 1984; Ibs von Seht e Wohlenberg, 1999; Delgado et al., 2000 a, b; Parolai et al., 2002; Scherbaum et al., 2003; D'Amico et al., 2004, 2006; Hinzen et al., 2004).

TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a	100	150	200

molto tenere)

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

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

- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito (*free field*) e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio V_s** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la $V_{s,eq}$ e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018*;
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un *range* di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

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

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

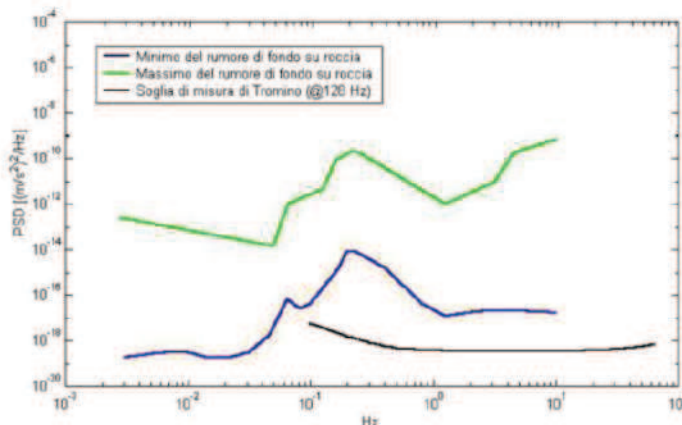
Possiamo scrivere questo come:

$$\text{segnale registrazione al sito } x = \text{sorgente} * \text{effetti di percorso} * \text{funzione trasferimento strumento}$$

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche *microtremore* poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi poiché il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione riguardante la sorgente è persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni concernenti il percorso del segnale e, in particolare, relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che

è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali del sottosuolo; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Moho S.r.l. modello "Tromino ENGY-PLUS" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra - leggeri e ultra - compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno una terna velocimetrica con i sensori ortogonali tra loro e con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. Nella figura a fianco si riporta la curva di rumore di "Tromino" a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.



3. EVOLUZIONE NORMATIVA E CENNI DI INGEGNERIA SISMICA

La storia della classificazione sismica Italiana comincia dopo il terribile terremoto di Reggio Calabria e Messina del 1908 (XI grado MCS) che provocò la morte di circa 80.000 persone. In seguito a questo evento ci fu un deciso impegno dello Stato a tradurre in legge le conoscenze scientifiche e tecniche sulle costruzioni sino ad allora maturate. Fu così emanato il Regio decreto n° 193 [1909] nel quale è contenuta la prima classificazione sismica del territorio Italiano. Negli anni a seguire si continuò ad aggiornare la normativa tecnica ampliando la classificazione in base alle zone colpite da eventi sismici. Nel 1962 fu pubblicata la Legge n° 1684, in seguito ai terremoti di Carnia (1956), Valle del Velino (1961) e Irpinia (1962) dove, per la prima volta, si prescrisse l'applicazione delle norme sismiche ai comuni "soggetti a intensi movimenti sismici" e non solo a quelli colpiti dal terremoto. In seguito ai terremoti dei Monti Nebroli (1967), della Valle del Belice (1968) e di Tuscania (1971), fu emanata la Legge n° 64 [1974], che costituisce una pietra miliare nel panorama della normativa sismica poiché stabilì che la classificazione sismica dovesse procedere sulla base di comprovate motivazioni tecniche scientifiche.

La promulgazione dell'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/3/2003 e successive modifiche ed integrazioni ha determinato sul panorama nazionale un grande rinnovamento sul fronte della normativa tecnica in zona sismica, rappresentata fino ad allora dai contenuti del D.M. 16 gennaio 1996. La principale novità introdotta dall'O.P.C.M. n° 3274 è l'abbandono del carattere puramente prescrittivo e convenzionale che caratterizzava le norme tecniche di vecchia concezione, come il D.M. 16/01/1996, per abbracciare un'impostazione puramente prestazionale, in cui gli obiettivi della progettazione e quindi il livello di sicurezza sono esplicitamente dichiarati, a seconda della risposta sismica attesa per la struttura e il sito di costruzione, per un prefissato livello di severità dell'azione sismica.

Le attuali norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. D.M. - 17 gennaio 2018) ereditano gran parte dei contenuti dell'O.P.C.M. n° 3274 in merito alla progettazione in zone sismiche; tuttavia rispetto a quest'ultimo documento sono anche stati apportati importanti cambiamenti, di cui forse il più rilevante riguarda la definizione dell'**azione sismica**.

Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di **risposta sismica locale**. Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) s'intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S). Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di

risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H / V = 1$) con quello effettivamente misurato in superficie.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze che corrispondono alle frequenze naturali f_n di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1 / T_n = (V_s * (2n - 1)) / (4 * H) \quad \text{con } n = 1, 2, \dots, \quad [3.1]$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H \quad [3.2]$$

E' quindi necessario porre estrema attenzione a fenomeni di “**doppia risonanza**”, cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero gravose.

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):

$$\text{freq. naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [3.3]$$

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. fondamentale di risonanza del sito} \quad [3.4]$$

ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

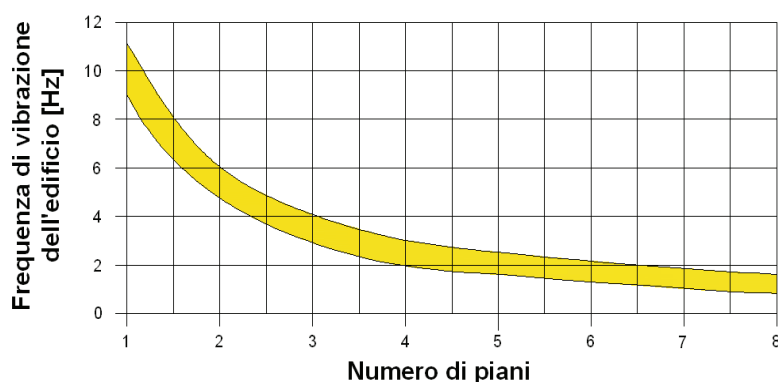


Figura - Frequenza di vibrazione degli edifici rapportata al numero di piani.

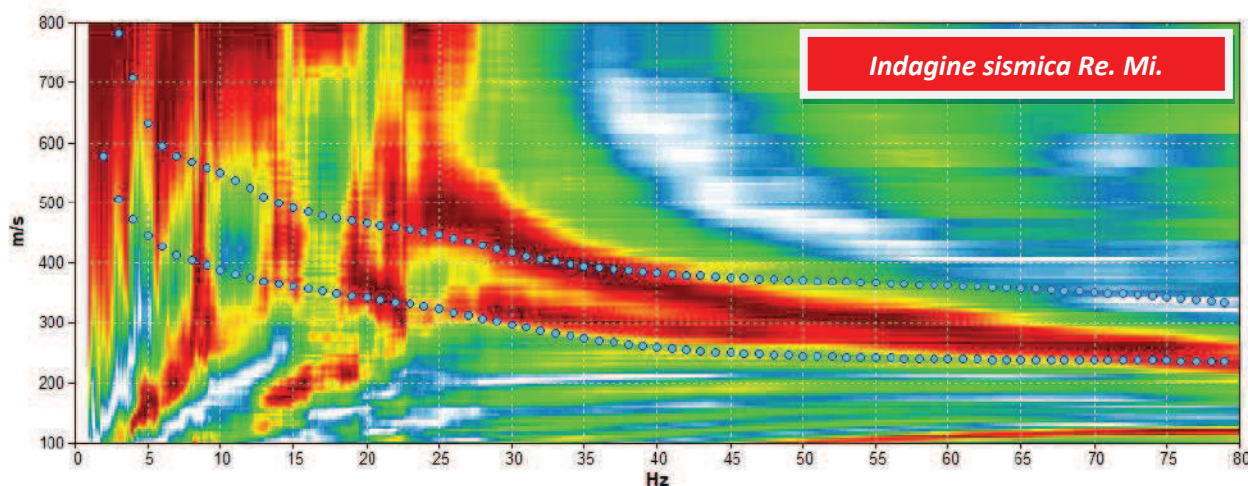
4. ANALISI SISMICA DI SITO E DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

4.1 Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate

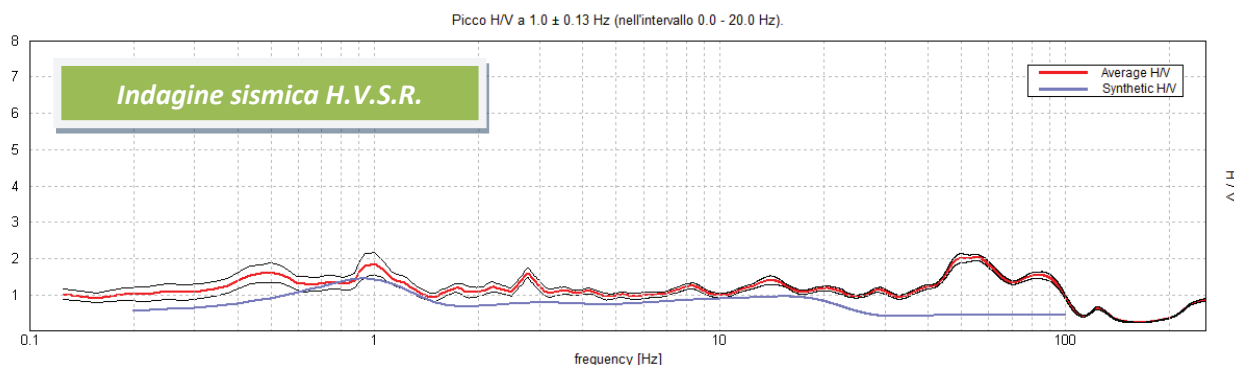
L'utilizzo incrociato delle due tecniche sismiche ha permesso di ottenere un modello sismo - stratigrafico del sottosuolo robusto e affidabile in corrispondenza della zona d'interesse. L'indagine Re.Mi. ha individuato le discontinuità sismiche superficiali e stimato le velocità di propagazione delle onde S mentre la prospezione passiva a stazione singola (H.V.S.R.), ha stimato il grado di rigidità del substrato di riferimento. Inoltre, la misura H.V.S.R. ha determinato le frequenze di risonanza di sito cioè i valori di frequenza attesi in superficie in occasione di evento sismico.

L'attendibilità del modello sismo-stratigrafico desunto è da considerarsi elevata poiché la coerenza del segnale è buona e lo spettro di velocità è ben definito nel modo fondamentale per quasi tutte le frequenze campionate. Il programma di elaborazione utilizzato permette di considerare non solo il modo fondamentale ma, una volta individuati, anche i modi superiori per vincolare con maggior attendibilità la ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo.

4.2 Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta



Spettro di velocità: il modo fondamentale è presente in quasi tutte le frequenze campionate. Il segnale si presenta con una buona coerenza. In blu la curva sintetica creata da una modellizzazione diretta delle onde S.

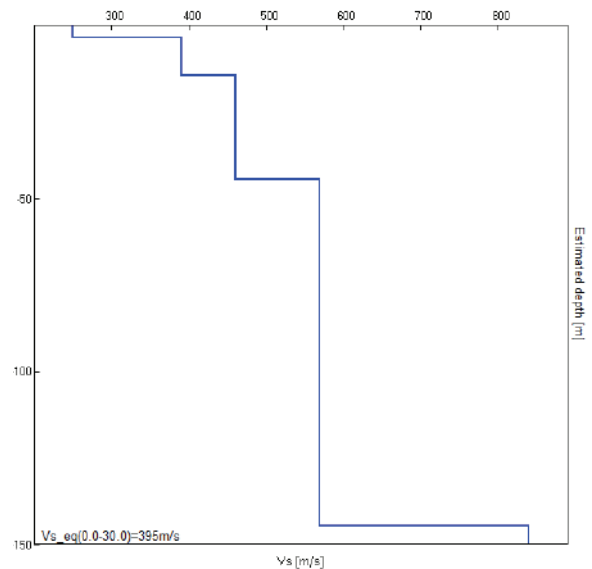


La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo

La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di un materiale mediamente addensato fino a circa 3,5 m dal p.c. locale caratterizzato da V_s di circa 250 m/s, mentre per valori di profondità maggiori il grado di rigidità diventa più elevato con le V_s che incrementano a valori di circa 390 m/s.

Un ulteriore incremento di rigidità si registra da circa 15 m dal p.c. locale, con le V_s che raggiungono valori di circa 460 - 570 m/s.

Il *bedrock* sismico ($V_s \approx 840$ m/s), inteso come quel mezzo caratterizzato da $V_s > 800$ m/s, è stato riconosciuto ad una profondità di circa 145 m dal p.c. locale.



Il rilievo nello specifico ha fornito i seguenti dati sismici (*modello sismo - stratigrafico interpretativo*):

Indagine sismica Re. Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	250	3,5	0,0 - 3,5
II SISMOSTRATO	390	11	3,5 - ≈ 15
III SISMOSTRATO	460	30	≈ 15 - ≈ 45
IV SISMOSTRATO	570	100	≈ 45 - ≈ 145
V SISMOSTRATO	840	Semisp.	≈ 145 - Semisp.

4.3 Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)

Nel caso specifico del sito in esame si è cercato di correlare i valori di picco, dello spettro di risposta HVSR, con le frequenze fondamentali di risonanza di sito.

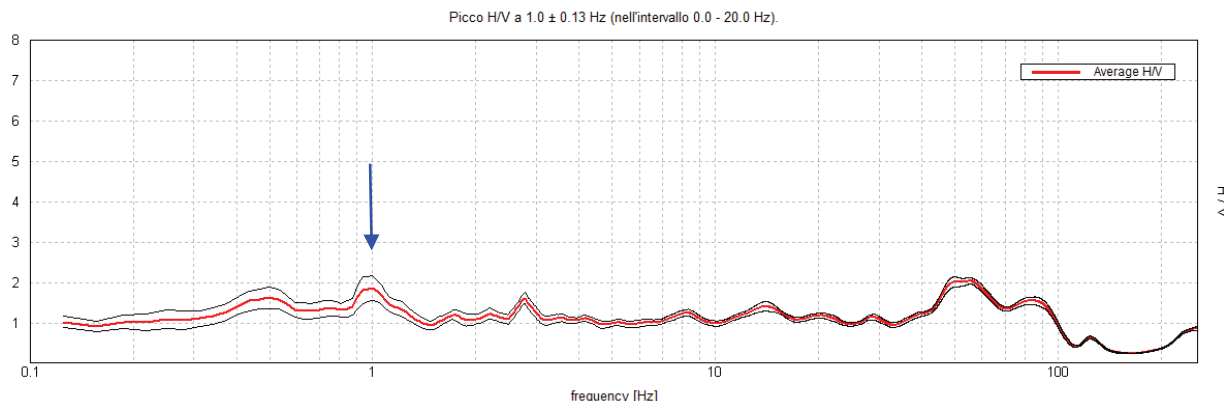
Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza di sito, generata dalla discontinuità sismica a più elevato rapporto spettrale ($H/V=2$) nell'intervallo di interesse ingegneristico-strutturale (0,0 - 20,0 Hz), è di circa 1.0 Hz.

Frequenza fondamentale di risonanza
1.0 ± 0.13 Hz

È ormai consolidata, sia a livello accademico sia professionale, l'ipotesi che le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella naturale dell'edificio.

Si dovrà quindi porre estrema attenzione nell'edificare strutture aventi lo stesso periodo di vibrazione naturale del terreno. Nel caso specifico il rapporto H/V calcolato è tale da ipotizzare un fattore di amplificazione del moto sismico in superficie.



Rapporto spettrale H/V misurato. In rosso è indicato l'HV medio mentre in nero l'intervallo di confidenza al 95%. In azzurro è riportata la curva sintetica ottenuta dalla modellazione.

4.4 Categoria di sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento.

Per definire le Categorie, il D.M. 17 gennaio 2018 prevede il calcolo del parametro $V_{s,eq}$, ovvero della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_s dei terreni posti al di sopra del substrato di riferimento ($V_{s,30}$ per depositi con profondità del substrato superiore a 30 m). La profondità del substrato è riferita al piano di posa delle fondazioni superficiali, alla testa dei pali per fondazioni indirette, al piano di imposta delle fondazioni per muri di sostegno di terrapieni o alla testa delle opere di sostegno di terreni naturali.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Dall'assetto sismo-stratigrafico desunto dalle indagini sismiche effettuate, è possibile constatare la presenza del *bedrock* geofisico (substrato di riferimento) a profondità superiori a 30 m.

Pertanto, come espressamente richiesto dalla normativa vigente (*Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17/01/2018*), si è calcolata la velocità media di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni ($V_{s,30}$), a partire da varie profondità dal piano campagna:

Profondità piano di posa delle fondazioni	$V_{s,30}$
0 m dal p.c.	$V_s (0 - 30) \approx 395 \text{ m/s}$
1 m dal p.c.	$V_s (1 - 31) \approx 405 \text{ m/s}$
2 m dal p.c.	$V_s (2 - 32) \approx 415 \text{ m/s}$
3 m dal p.c.	$V_s (3 - 33) \approx 426 \text{ m/s}$

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento del sito d'indagine nelle **Categorie di Sottosuolo denominata B**, così definita:

Categoria B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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. Infine, i profili di V_s ricavati con questa metodologia, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro.

Costabissara, agosto 2022

STUDIOSISMA SRL
SS. PASUBIO 10, COSTABISSARA (VI)
TEL 0444/212962 / 3490367455
info@studiosisma.com
CF/P.IVA 03797510249 / SDI USAL8PV

ALLEGATO

🚧 Indagine sismica Re.Mi. e H.V.S.R.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ✓ Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, p. 665 - 666.
- ✓ Arai H. e Tokimatsu K., 2004. S-Wave Velocity Profiling by Inversion of Microtremor H/V Spectrum, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 94, p. 53 - 63.
- ✓ Castellaro S., Mulargia F. Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *Geologia Tecnica Regionale*, vol. 3.
- ✓ D'Amico V., Picozzi M., Albarello D., Naso G. e Tropenscovino S., 2004. Quick estimates of soft sediments thicknesses from ambient noise horizontal to vertical spectral ratios: a case study in southern Italy, *J. Eartq. Eng.*, 8, p. 895 - 908.
- ✓ Dal Moro G., 2008b, Rapporto sulla campagna Vs30 in Friuli Venezia Giulia, Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine, Università di Trieste.
- ✓ Dal Moro G & Pipan M., 2007, Joint Inversion of Surface Wave Dispersion Curve and Reflection Travel Times via Multi-Objective Evolutionary Algorithms, *J. Appl. Geophysics*, 61, 56-81.
- ✓ Gallipoli R., La Penna V., Lorenzo P. et al., 2000. Comparison of geological and geophysical prospecting techniques in the study of a landslide in southern Italy, *European J. Environm. and Eng. Geophys.*, 4, p. 117 - 128.
- ✓ Ibs-von Seht M. e Wohlenberg J., 1999. Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments, *Bull. Seismol. Soc. America*, 89, p. 250 - 290.
- ✓ Ivanov, J., Miller, R.D., Xia, J., Steeples, D., and Parck, C.B., 2006, Joint Analysis of Refractions with Surface Waves. An Inverse Refraction-Traveltime Solution: *Geophysics*, 71, R131-R138.
- ✓ Mucciarelli M. e Gallipoli M.R., 2001. A critical review of 10 Years of microtremor HVSR technique, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 42, P. 255 - 266.
- ✓ Mucciarelli M. e Gallipoli M.R., 2006. Comparison between Vs30 and other estimates of site amplification in Italy, *Conf. Eartq. Eng. And Seismol.*, Ginevra, 3-8 Sept. no 270.
- ✓ Mulargia F., Castellaro S., Rossi P.L., 2007. Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica", *Il geologo - Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna*.
- ✓ Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTRI*, 30, p. 25 - 30.
- ✓ Roth M. & Holliger K- 1999. Inversion of Sourcegenerated noise in high-resolution seismic data. *The Leading Edge*, 18, 1402-1406.
- ✓ [SESAME Project](#): "Site Effects Assessment Using Ambient Excitations", 2005.

ALLEGATO 3

Attestazione che l'ambito dell'accordo di programma d'interesse rientra nelle aree oggetto della zonazione sismica di 3° livello

Consorzio ZAI

ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	Allegati
--	---	----------

Oggetto: ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI INTERVENTI
ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA

- ATTESTAZIONE

Il sottoscritto Claudio Leoncini nato a [REDACTED]

[REDACTED]
iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Veneto al n. 297, in qualità di
Presidente e Legale Rappresentante della società Progetti Servizi Verona S.r.l.
con sede legale in Verona (VR), Viale Cristoforo Colombo n. 131 e con sede
operativa in Sommacampagna (VR), Via Osteria Grande n. 61, C.F./P.IVA
03085450231, ed incaricato dal Consorzio ZAI per l'elaborazione della Relazione
Geologica, Geotecnica e Sismica, con la presente

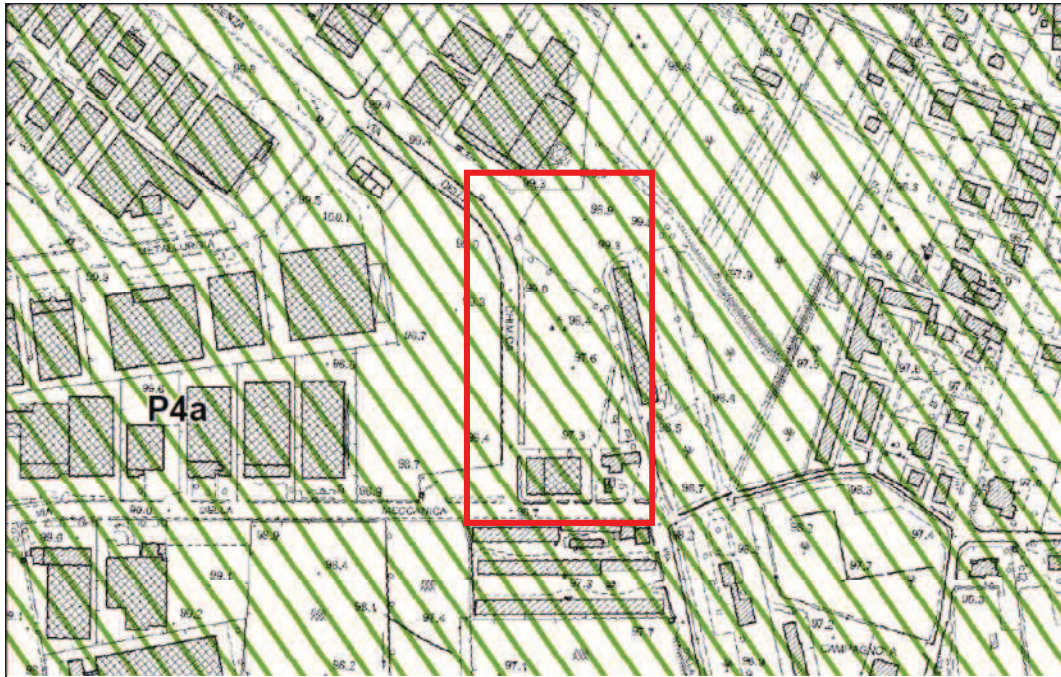
ATTESTA

che l'ambito dell'ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AL PIANO DEGLI
INTERVENTI ART. 109 – COMPARTO VIA DELLA CHIMICA **rientra all'interno delle
aree oggetto della zonazione sismica di Livello 3 del Comune di Verona.**

Di seguito si riportano gli estratti, con ubicazione dell'area in oggetto, di alcune
cartografie tematiche inserite nello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 3:

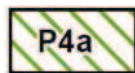
- Carta della Pericolosità Sismica Locale
- Carta Geologico Tecnica
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica
- Carta di Microzonazione Sismica di Livello 3 (FA 0.1-0.5 s)
- Carta di Microzonazione Sismica di Livello 3 (FA 0.4-0.8 s)
- Carta di Microzonazione Sismica di Livello 3 (FA 0.7-1.1 s)

Carta della Pericolosità Sismica Locale (CPSL)



Legenda

P4 : Zone suscettibili ad amplificazioni litologiche e geometriche

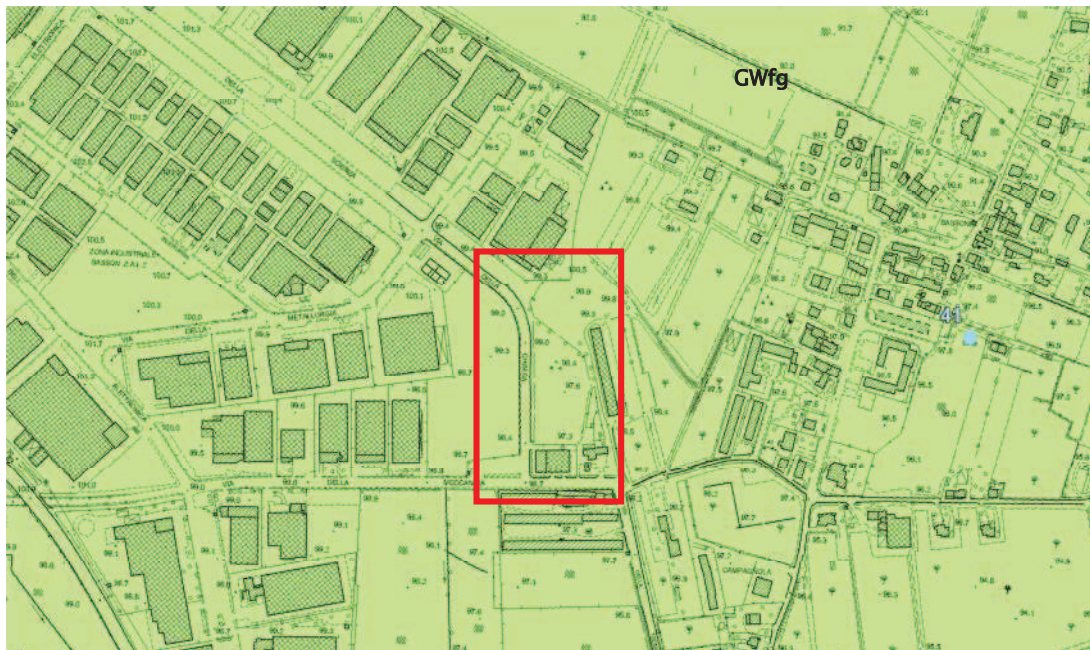


Zona di fondovalle ampie e di pianura con depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi



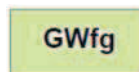
Area in studio

Carta Geologico Tecnica (CGT)



Legenda

Terreni di copertura



Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscea di ghiaia e sabbie di deposito fluvio glaciale

Elementi geologici e idrogeologici

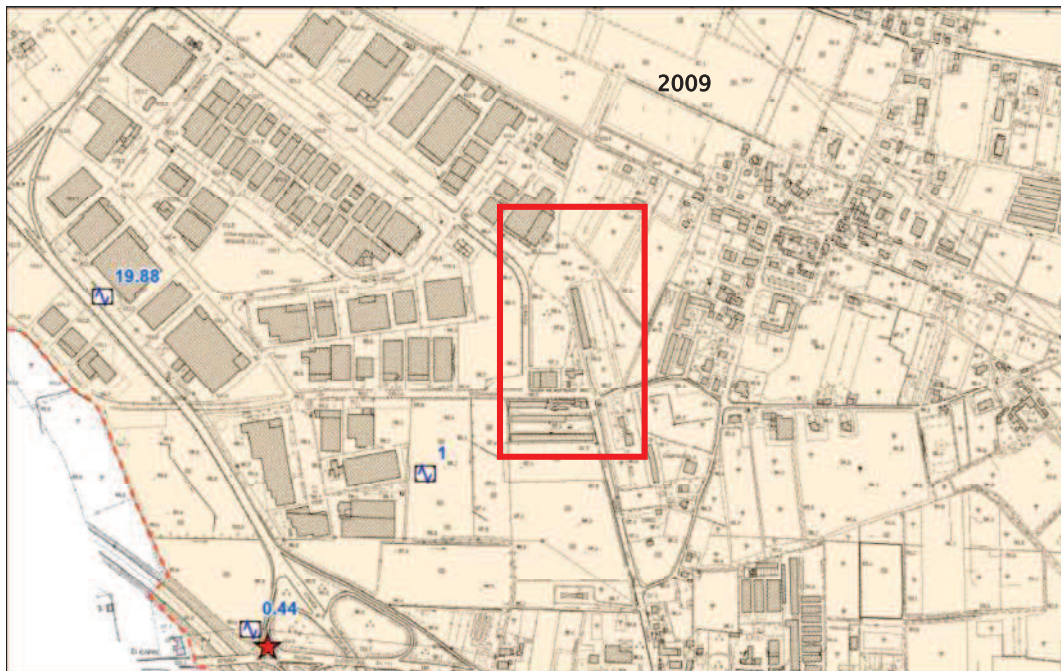


Presenza della falda in aree con sabbie e/o ghiaie



Area in studio

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zona 9 - GWfg - è formata dalla formazione dei depositi fluvioglaciali, dell'antico conoide depositato dall'Adige, che costituiscono la maggior parte della pianura veronese, costituito da materiali ghiaiosi e sabbiosi alternati a livelli sabbiosi e limosi con spessori anche superiori a 100 m.

Sono presenti diverse cave in ghiaia con fronti (orli di scarpata) piuttosto alti e con pendenze elevate. Non si esclude l'ipotesi di possibili fenomeni di amplificazione litostratigrafica, per contrasti di impedenza, e morfologica, per la presenza di orli di scarpata di cave e di terrazzi fluviali.

Punti di misura di rumore ambientale



Punto di misura ambientale con indicazione del valore F_0 ($F_0=0$ significa senza amplificazione per $H/V < 2$)

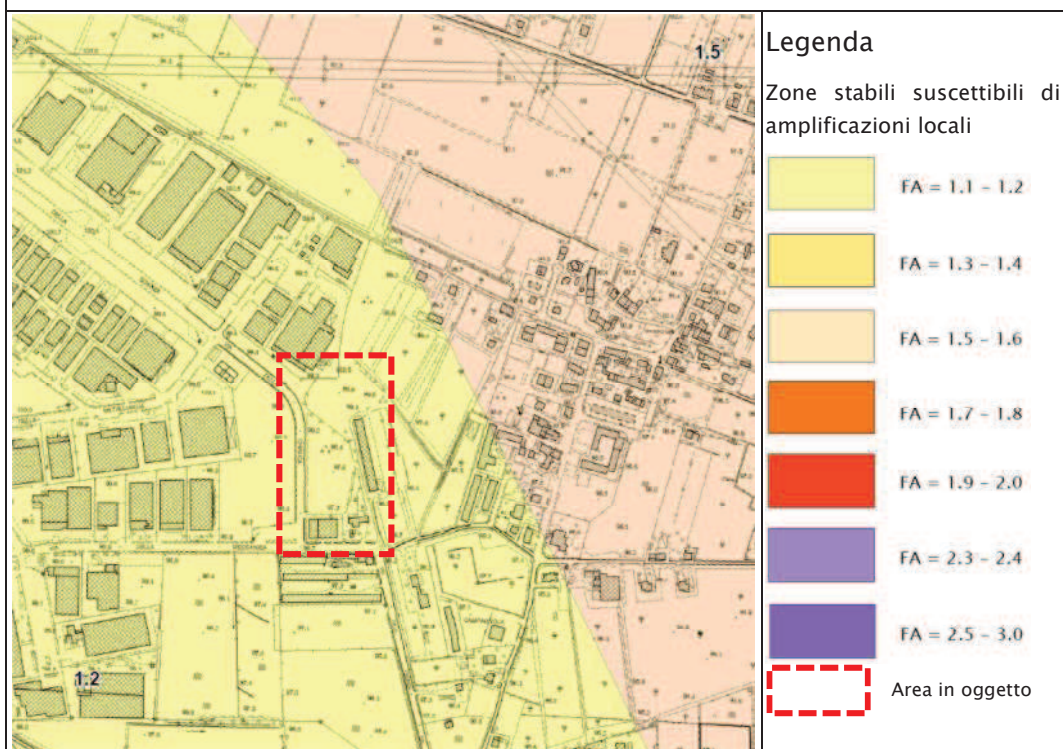


Modellazione numerica monodimensionale

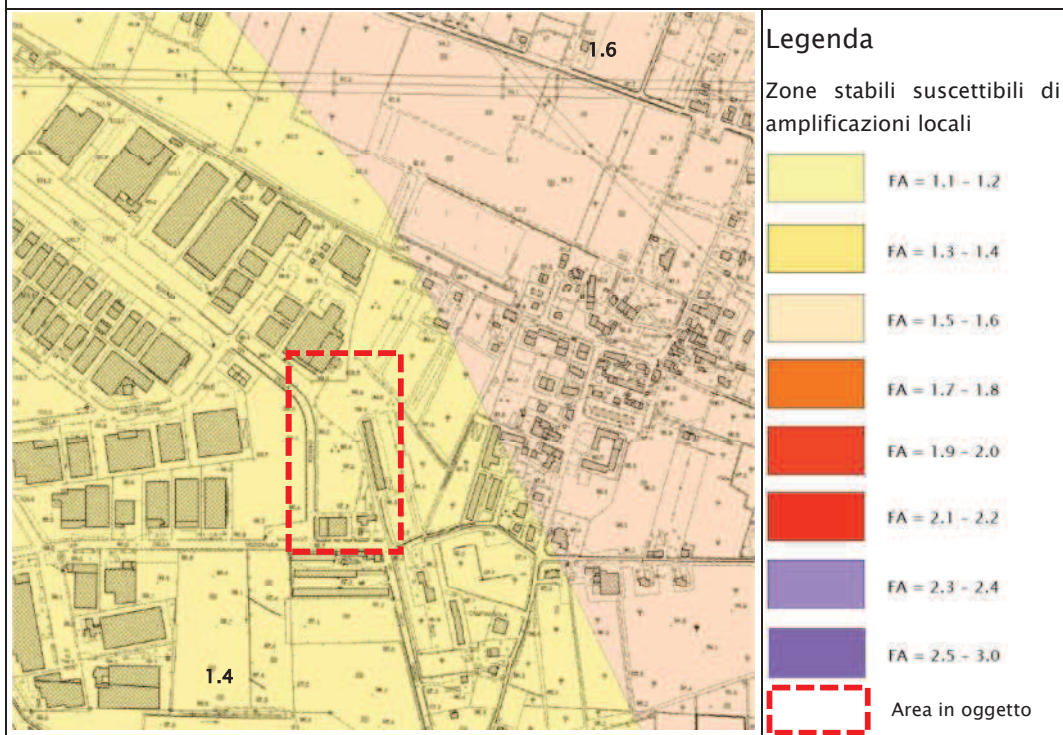


Area in studio

Carta di Microzonazione Sismica - FA 0.1-0.5 s - Livello 3



Carta di Microzonazione Sismica - FA 0.4-0.8 s - Livello 3



Carta di Microzonazione Sismica - FA 0.7-1.1 s - Livello 3

