

Abaribi srl

Via delle Moie 12,
25073 Bovezzo (BS)

Progetto: Costruzione Nuovo capannone

Cantiere: Via del Serpente n. 79 Loc. Fornaci – foglio 244 mappale 415 – a Brescia (BS)

RELAZIONE GEOLOGICA

D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e N.T.C. 2018 p.to 6.2.1

RELAZIONE GEOTECNICA

N.T.C. 2018 p.to 6.2.2



ecosphera s.r.l. - via Malogno, 2 - 25036 Palazzolo sull'Oglio (BS) - Tel. 030.7402007 – 030.7401749 - Fax 030.7402017 - www.ecosphera.net - [mail:info@ecosphera.net](mailto:info@ecosphera.net)



Data emissione	07/2019
Commessa	19/0656 e 0657
File	J:\Geotecnica\Prov_BS\BRESCHIA\2019\via serpente capannone Ing Bruschi\2019_07 DEFINITIVI\RelGeologica_Geotecnica via Serpente.docx
Referente	Dott. Carraro Marco

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. RELAZIONE GEOLOGICA	5
2.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	5
2.2. IDROGRAFIA.....	6
2.3. IDROGEOLOGIA	9
2.3.1. Idrogeologia generale della pianura bresciana	9
2.4. VINCOLI, SINTESI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA	13
2.5. APPROFONDIMENTO IDROGEOLOGICO APP-2	18
3. PERICOLOSITÀ SISMICA	20
3.1. MAPPA INTERATTIVA DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	20
3.2. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	21
3.3. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE	22
3.4. STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	24
3.5. INDAGINE SISMICA SITO-SPECIFICA	26
3.6. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE TOPOGRAFICA.....	27
3.7. PARAMETRI SISMICI DI SITO	29
4. RELAZIONE GEOTECNICA	30
4.1. ACQUISIZIONE DATI GEOGNOSTICI-GEOTECNICI SITO-SPECIFIC APP-4	30
4.2. VALORI CARATTERISTICI E DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI	32
4.3. CALCOLI AGLI STATI LIMITE.....	33
4.3.1. Dati geometri e azioni sulle fondazioni	33
4.3.2. Calcoli Stati Limite Ultimi (SLU)	33
4.3.3. Calcoli Stati Limite di Esercizio (SLE).....	36
5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE.....	37

ALLEGATI

- REPORT HVSR
- DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

1. PREMESSA

Su incarico della soc. **Abaribi srl** Via delle Moie 12, 25073 Bovezzo (BS) è stata redatta la presente **Relazione Geologica** ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e NTC/2018 6.2.1 ed **Relazione Geotecnica** NTC/2018 6.2.2 per la costruzione di un nuovo capannone da realizzare in via del Serpente n. 79 in Loc. Fornaci nel terreno catastalmente distinto al foglio 244 mappale 415 – a Brescia (BS).

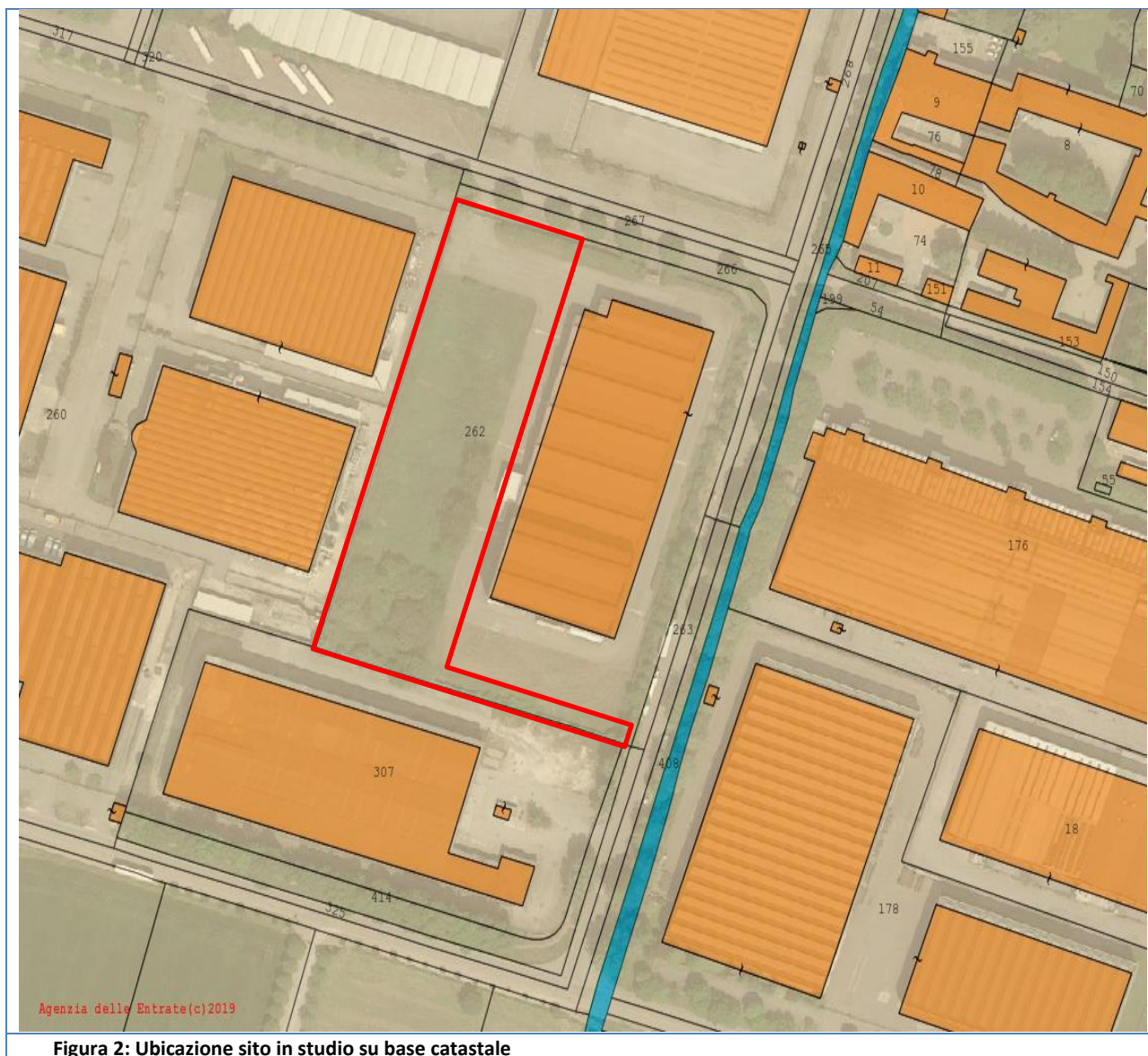


Figura 1: Ubicazione sito in studio su foto aerea

Il presente studio è stato condotto ai sensi del cap. 6 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 dove si legge che la caratterizzazione e modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio (par. 6.2.1 NTC 2018) e ai sensi della DGR IX/2616 del 30 novembre 2011.

L'analisi degli aspetti geologici del sito in esame è stata condotta utilizzando le informazioni rilevate durante i sopralluoghi effettuati ed integrate con le informazioni riportate nello studio geologico comunale redatto a supporto del PGT. In particolare sono stati effettuati n. 2 scavi geognostici, n. 2 prove penetrometriche dinamiche SCPT e un'indagine sismica HVSr di dettaglio finalizzati alla ricostruzione delle caratteristiche geognostiche, geotecniche e sismiche del sottosuolo interessato dall'interazione con le nuove opere.

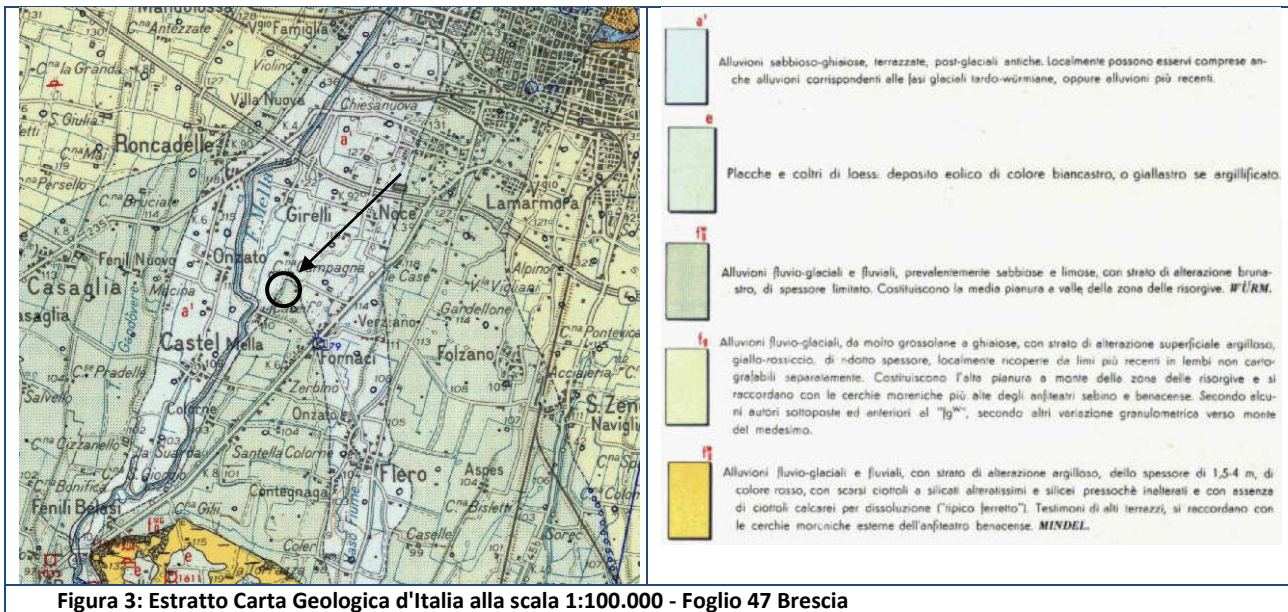
Trattandosi di indagini di tipo puntuale si premette che il sottoscritto resta disponibile per la verifica all'atto dell'esecuzione degli scavi (con la D.L. e l'impresa esecutrice dei lavori) che le condizioni del sottosuolo descritte nella presente indagine siano proprie di tutta l'area interessata dalla nuova edificazione. Eventuali difformità da quanto riportato nella presente indagine che venissero rilevate in fase di esecuzione lavori, andranno comunicate immediatamente allo scrivente.



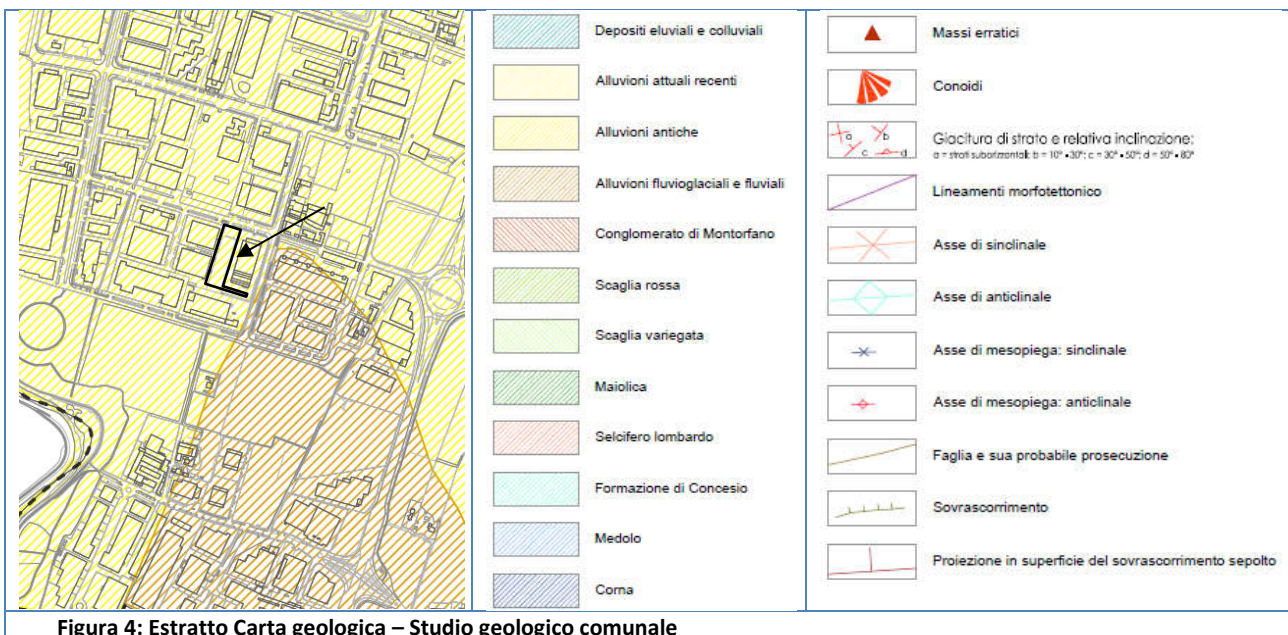
2. RELAZIONE GEOLOGICA

2.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Come si evince dalla Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, foglio 47 (Brescia), il sito è posto in un'area di contatto tra le alluvioni sabbioso-ghiaiose terrazzate postglaciali e antiche (a1) e le alluvioni fluvio-glaciali e fluviali che rappresentano l'Alta Pianura a monte della zona delle risorgive, costituite da depositi prevalentemente sabbioso limosi con strato di alterazione brunastro di spessore limitato (f^w_g).



Per quanto riguarda la componente geologica comunale, l'area in esame risulta caratterizzata da depositi alluvionali antichi.



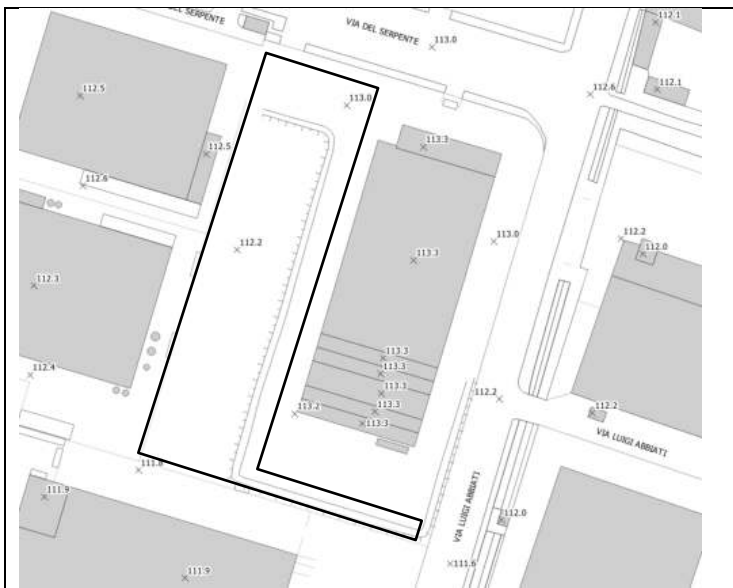


Figura 5: Estratto Cartografia DbT Lombardia

Dal punto di vista morfologico locale l'area si presenta sub-pianeggiante con andamento N→S, gradiente di circa 2 % e quota del p.c. in corrispondenza del sito fra 112,2-113,0 m s.l.m..

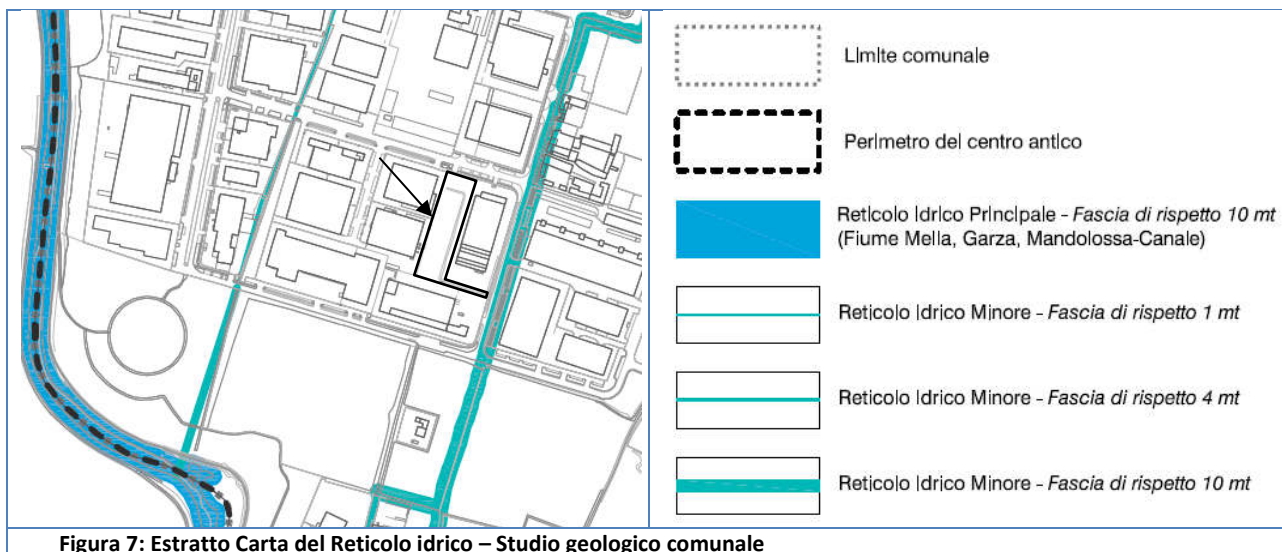
Lo studio geologico comunale classifica il sito come *“area sub pianeggiante o con blande ondulazioni del piano campagna coincidente con i ripiani dei depositi alluvionali e fluvioglaciali in cui è modellato il settore di pianura del territorio comunale e, parzialmente con la fascia esterna dei depositi eluvio- colluviali: stabile”*. Non si segnalano problemi di instabilità dei terreni nell'area oggetto di intervento.



Figura 6: Estratto Carta geomorfologica – Studio geologico comunale

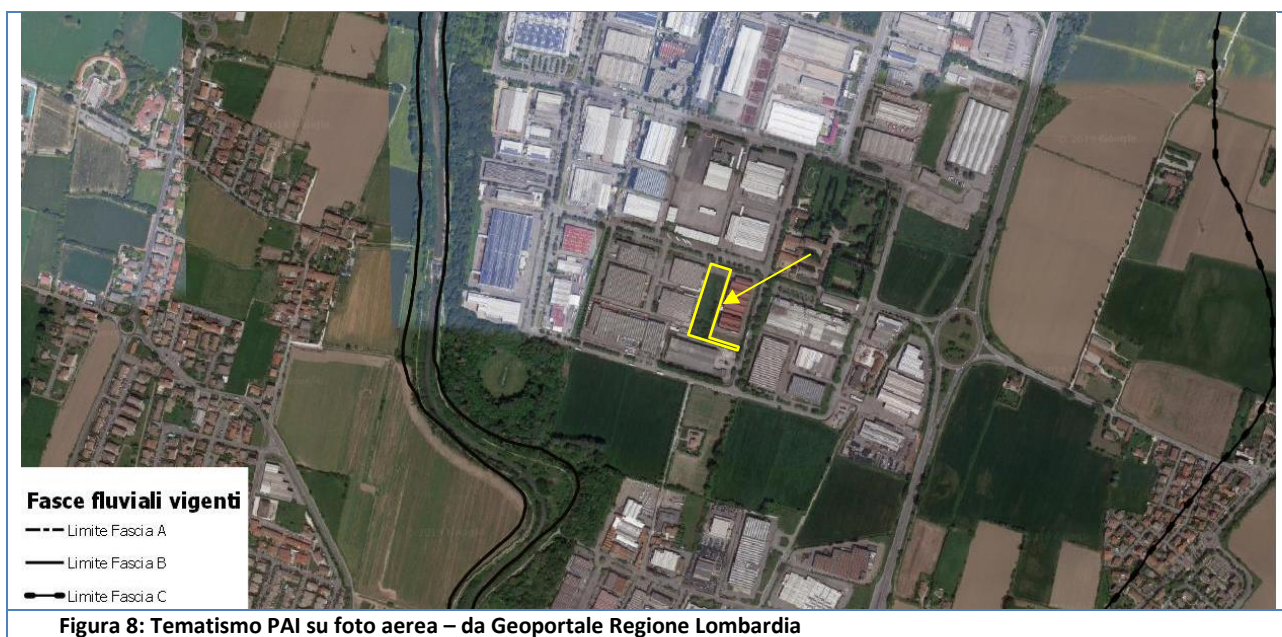
2.2. IDROGRAFIA

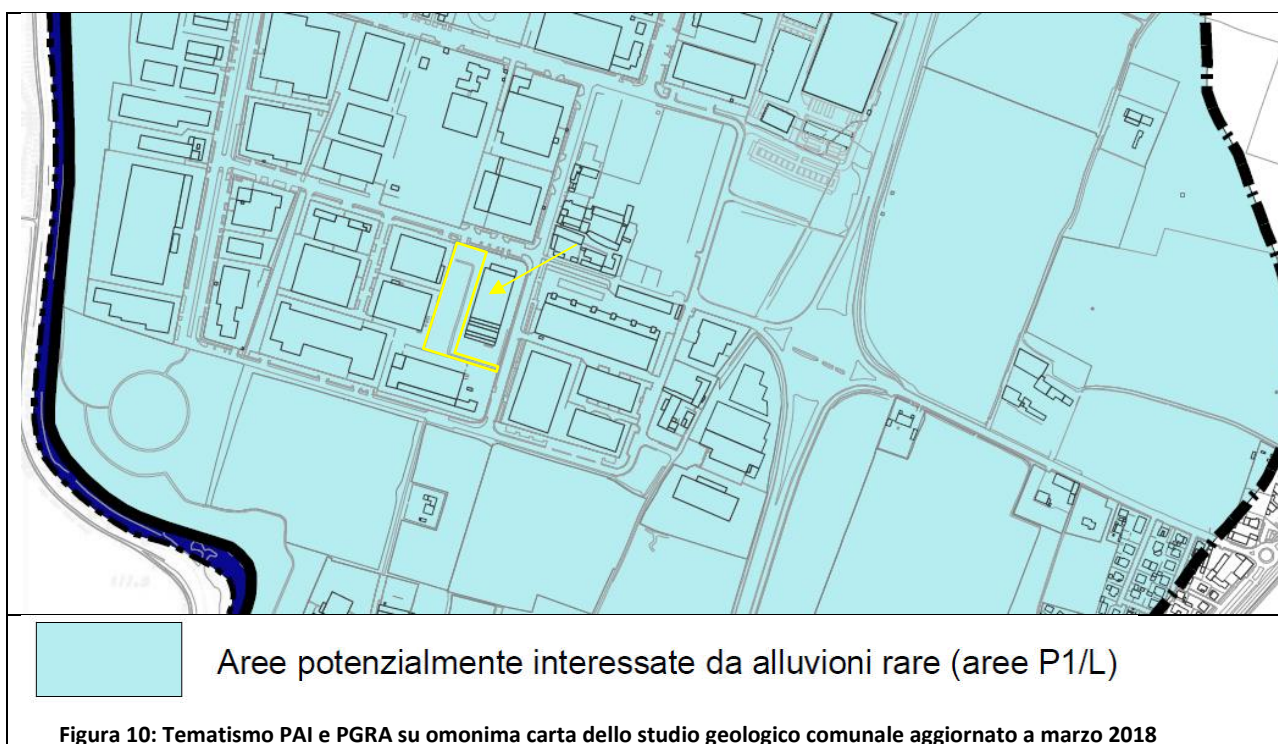
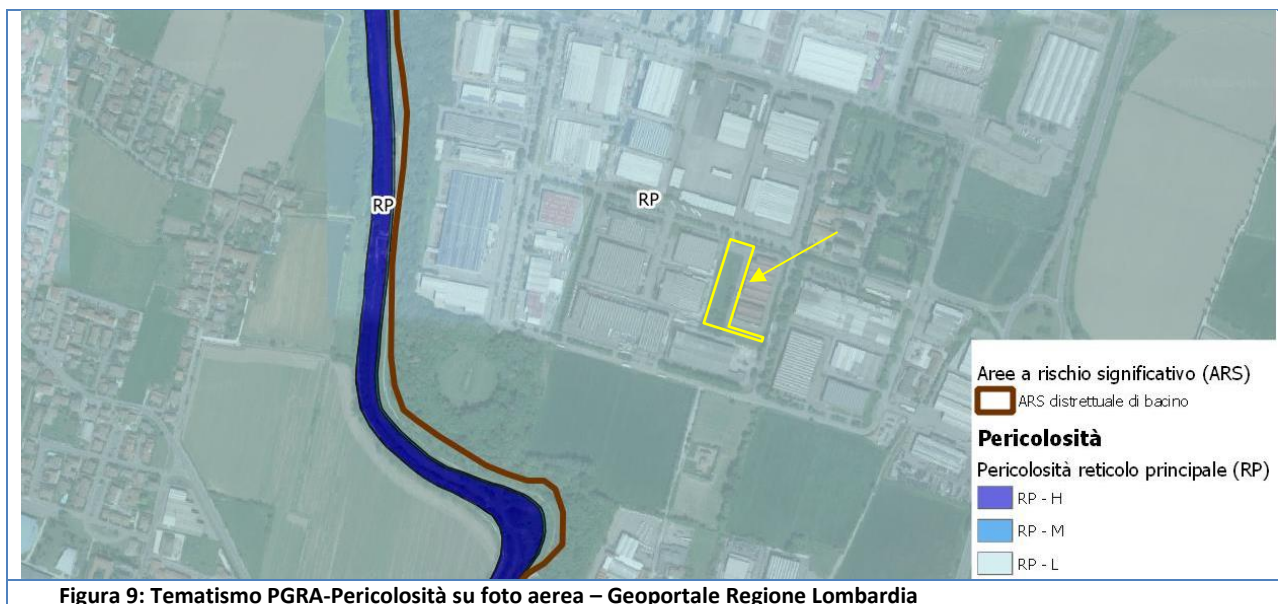
Dal punto di vista idrografico non si segnalano corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore o al reticolo principale interferenti con il sito.



Di seguito si riportano gli estratti delle cartografie PAI-Dissesti e del PGRA, dall'analisi dei quali il sito risulta inserito in:

- **PAI:** fascia C;
- **PGRA:** area potenzialmente interessata da alluvioni rare (P1) del Reticolo Principale (RP-L).





2.3. IDROGEOLOGIA

2.3.1. Idrogeologia generale della pianura bresciana

La struttura e le caratteristiche idrogeologiche sono state ricostruite mediante l'analisi delle stratigrafie dei pozzi esistenti nella zona (dati dell'archivio dell'ufficio pozzi della Provincia di Brescia).

Oltre ai dati tratti dall'archivio pozzi della provincia di Brescia si sono utilizzati anche i contenuti degli studi geologici dei comuni limitrofi, le pubblicazioni della Regione Lombardia (La geologia degli acquiferi padani e Acque sotterranee in Lombardia, gestione sostenibile di una risorsa strategica) e dalla Provincia di Brescia "Studio idrogeologico della pianura bresciana (Dott. Geol. D. Chiarini)". Le caratteristiche geologiche del sottosuolo, caratterizzate da notevoli variazioni laterali e verticali in funzione dei diversi eventi deposizionali e/o erosivi verificatisi nel Quaternario, condizionano anche le caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale. La serie idrogeologica che caratterizza il territorio a scala provinciale e regionale è riportata nella tabella seguente.

Sottounità	Unità idrogeologica		Caratteri idrogeologici	Spessore	
				Alta pianura	Bassa pianura
Alluvioni e fluvioglaciale recente	Acquifero superficiale e primo acquifero		Falde libere di elevata trasmissività nella parte alta della pianura	In media 40 m	Circa 10 m
Fluvioglaciale antico o "Diluvium medio"	Secondo acquifero	Acquifero tradizionale	Falde semiconfinate nell'alta pianura, confinate nella media e bassa pianura, trasmissività media	In media 80 m	In media 120 m
Fluvioglaciale antico o "Diluvium medio"					
Ceppo					
Acquifero sotto il ceppo					
Villafranchiano	Acquifero profondo o terzo acquifero		Falde confinate, trasmissività scarsa	Circa 150m	

Tabella 1: schema delle unità idrogeologiche della pianura (da: Acque sotterranee in Lombardia)

Nella parte settentrionale della pianura il primo e secondo acquifero sono praticamente in contatto senza che esistano elementi di disconnessione idraulica (litozone limoso argillose) significativi. Nel complesso si può quindi parlare di un unico complesso acquifero "monostrato". Spostandosi verso sud si osserva un incremento nella potenza delle litozone "impermeabili" che comportano una separazione dell'acquifero "monostrato" in un acquifero più superficiale "freatico" ed in un secondo acquifero più profondo (con presenza di falde in pressione). I carichi piezometrici fra la prima e la seconda falda si differenziano gradualmente dalla media alla bassa pianura, dove gli interscambi fra i due acquiferi diventano via via meno significativi.

In sintesi si parla di tre acquiferi principali definiti come: primo acquifero o "superficiale", secondo acquifero e terzo acquifero o "acquifero profondo". Il primo ed il secondo acquifero formano quello che viene normalmente identificato come "acquifero tradizionale".

Il primo acquifero ospita falde libere e semiconfinate. Le litologie dominanti sono rappresentate da depositi ghiaioso sabbiosi con modeste intercalazioni limoso argillose idrogeologicamente poco significative.

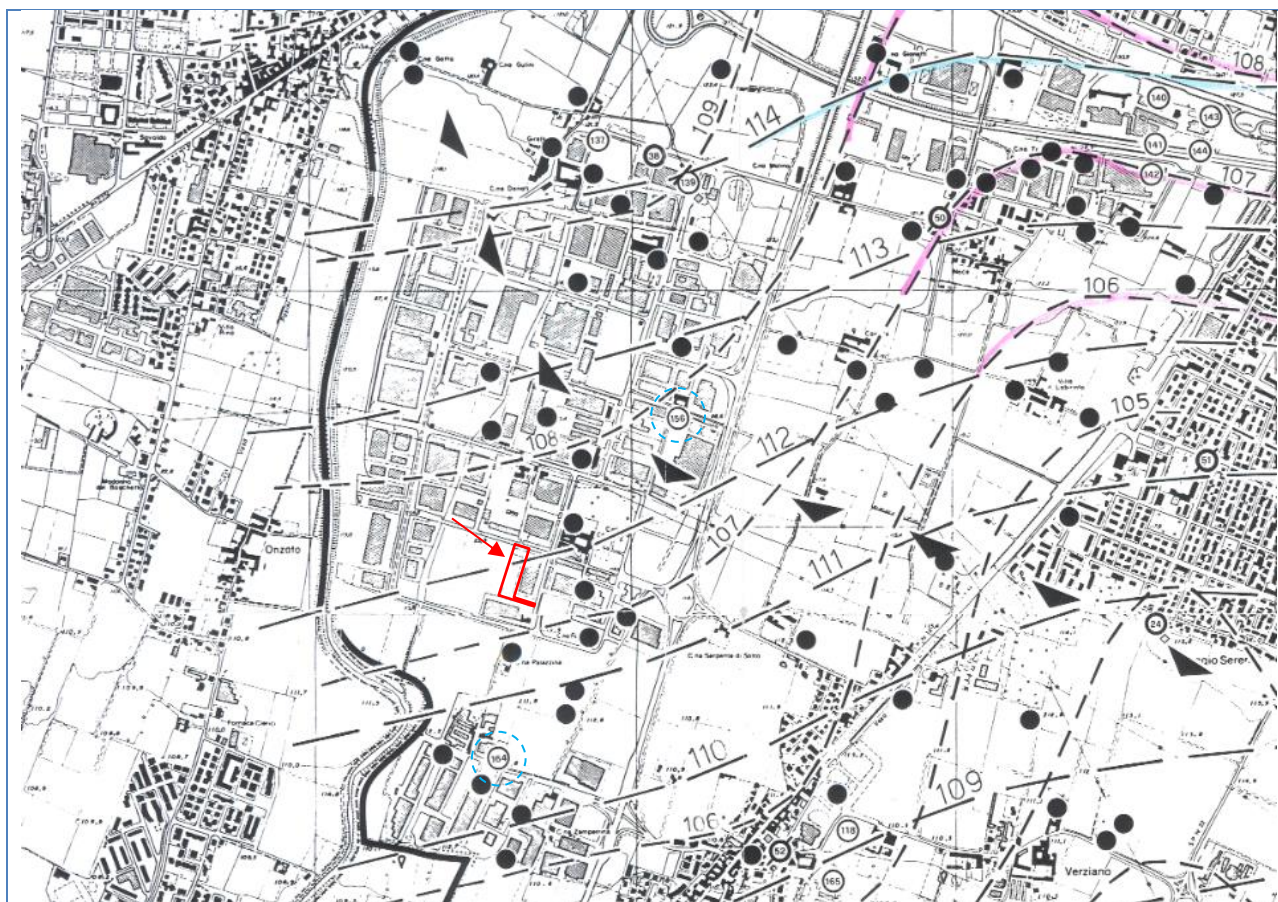
Il secondo acquifero aumenta di spessore verso sud (a scapito del primo acquifero che si riduce a poche decine di metri di spessore). È caratterizzato dall'alternanza fra depositi ghiaioso sabbiosi (sede di falde confinate a discreta produttività) e litozone argilloso- limose.

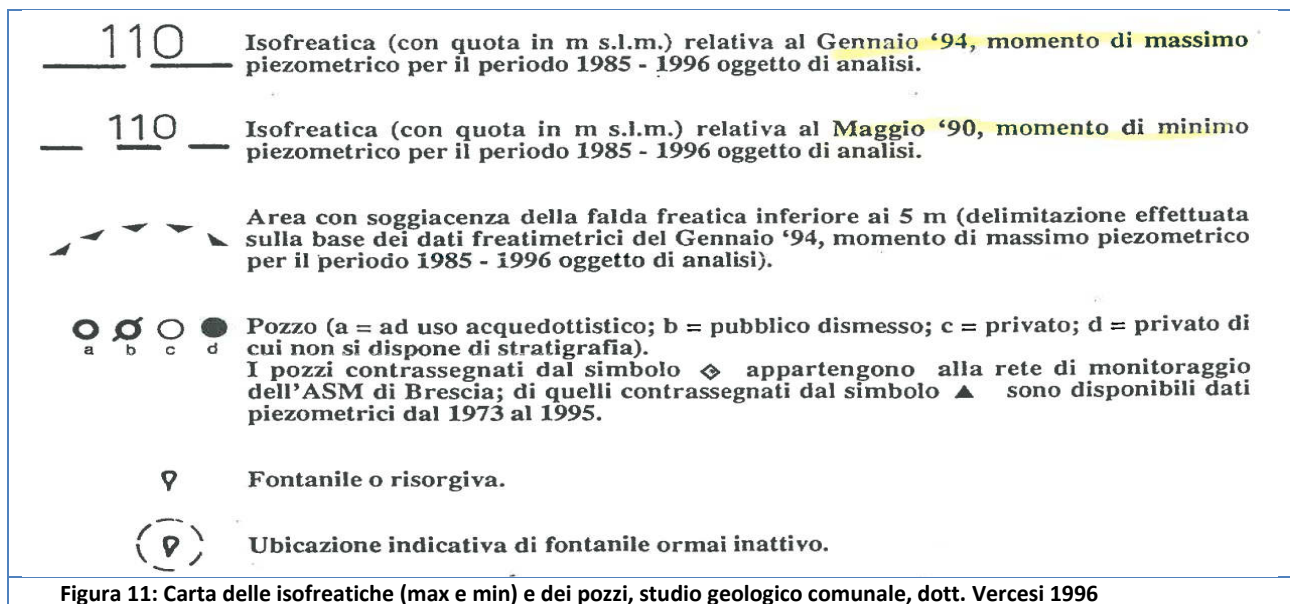
Il terzo acquifero è un tipico sistema multistrato essendo costituito da banchi argillosi di spessore considerevole ai quali si intercalano lenti e orizzonti ghiaioso sabbiosi sede di falde confinate caratterizzate generalmente da una bassa produttività (depositi Villafranchiani).

Il modello idrogeologico della pianura bresciana è quindi schematizzabile nelle seguenti unità idrogeologiche sovrapposte ma non sempre ben individuabili:

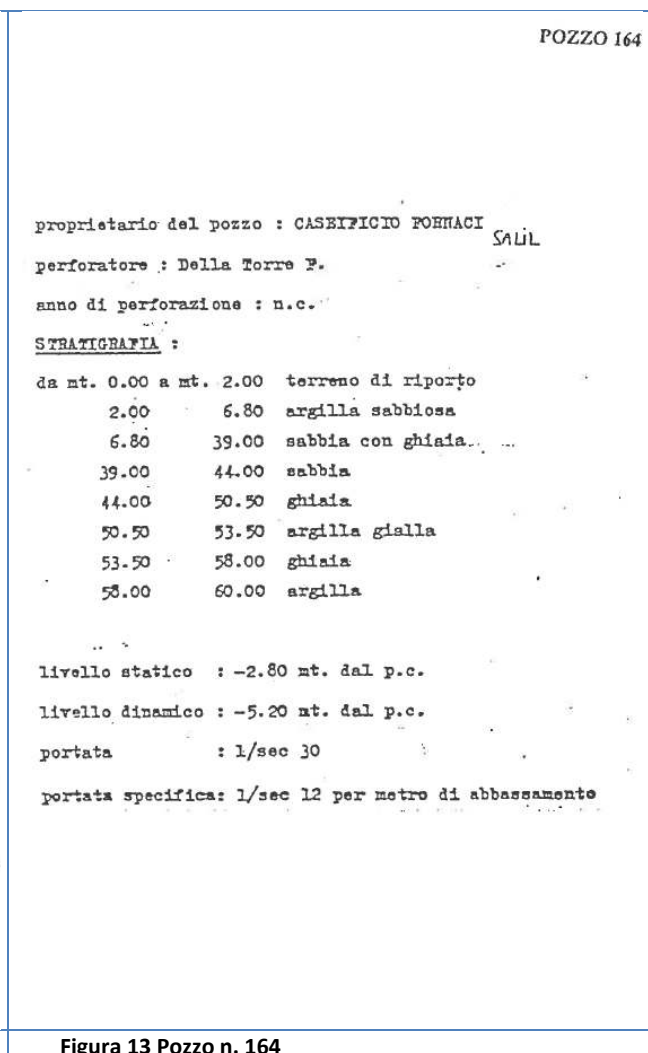
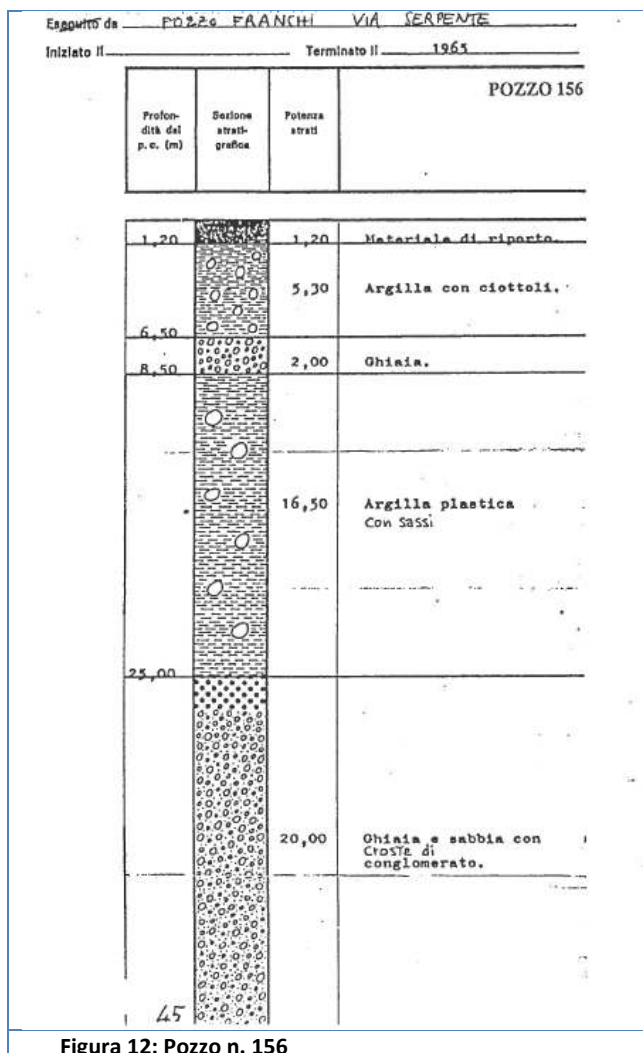
- Unità sabbioso ghiaiosa – è formata da ghiaie e ghiaie sabbiose dei sedimenti alluvionali recenti e da sedimenti fluvioglaciali wurmiani. Gli spessori sono limitati. È formata da sedimenti grossolani permeabili che mostrano una diminuzione di granulometria da nord (ghiaia – alta pianura) a sud (sabbie e ghiaie – media pianura).
- Unità a conglomerati e fluvioglaciale (Mindel- Riss). L'unità è costituita da una successione di conglomerati a ghiaie a diverso grado di cementazione, con scarse intercalazioni argillose. Da Nord a sud si osserva una graduale diminuzione degli orizzonti conglomeratitici, sostituiti da sabbie e ghiaie. L'unità può raggiungere spessori superiori ai 50 m ed è sede di falde a buona produttività.
- Unità Villafranchiana. Rappresenta il substrato poco permeabile degli acquiferi superficiali più produttivi; è costituita da depositi continentali formati da limi, limi sabbiosi e argillosi con intercalazioni di sabbie e rare ghiaie. E presente a profondità in genere elevate.

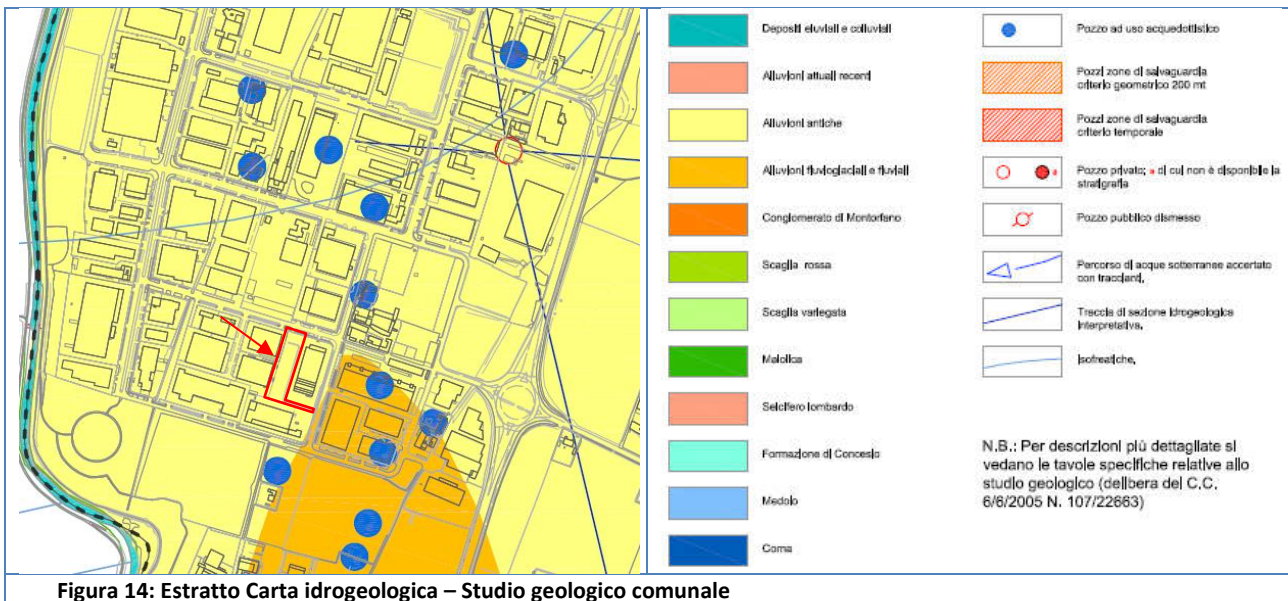
Dall'analisi della carta delle isofreatiche e dei pozzi dello Studio geologico comunale del 1996, la falda mostra un andamento locale circa NW→SE, con livello idrico (per quanto riguarda la falda principale) in corrispondenza del sito compreso 107-112 m s.l.m., a pochi metri di soggiacenza dal p.c.



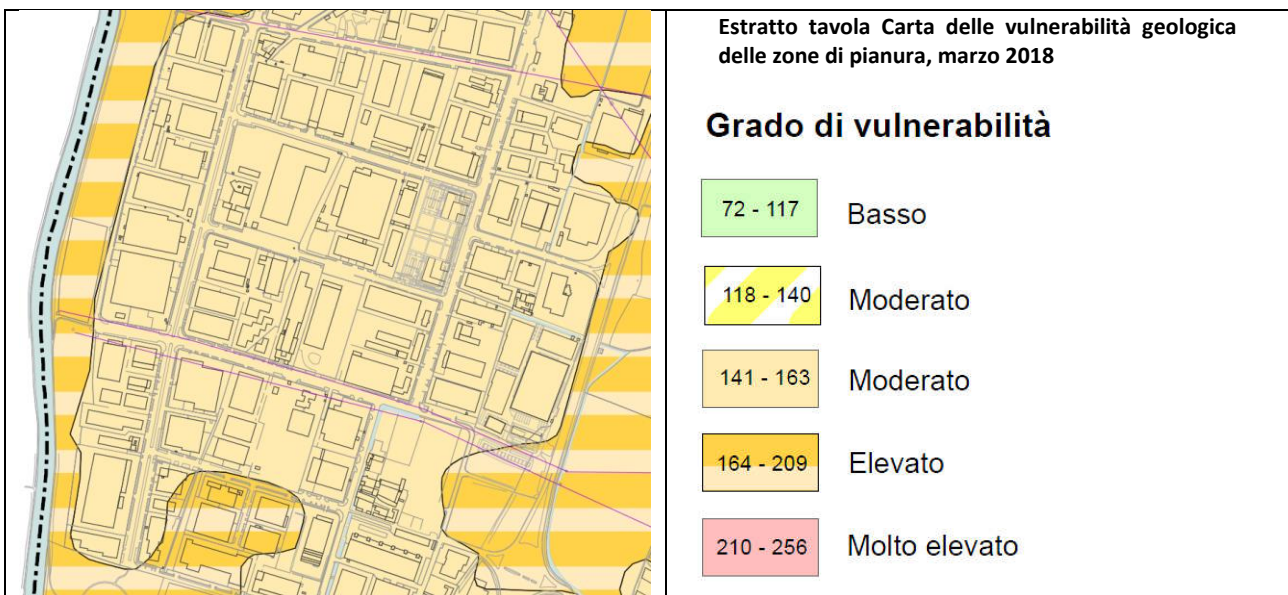


Nelle figure seguenti si riportano le stratigrafie dei pozzi presenti nell'intorno del sito, in territorio comunale di Brescia (pozzi n. 156 e 164 ubicazione in figura precedente).





Sulla base del recente studio geologico comunale aggiornato a marzo 2018 si riscontra che l'area ricade in classe di vulnerabilità moderata.



2.4. VINCOLI, SINTESI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Nel presente paragrafo si procede all'analisi degli elementi di sintesi, dei vincoli di natura geologica ed idrogeologica e della fattibilità dell'area, definiti nello studio geologico comunale redatto a supporto del P.G.T. Dall'osservazione di tali carte risulta che il sito non è interessato da:

- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile e sorgenti;
- fasce di rispetto dei corsi d'acqua.

Il sito risulta invece compreso nelle aree seguenti:

- sito inquinato Brescia-Caffaro – ordinanza sindacale e perimetro falda sottostante;
- area a bassa soggiacenza della falda.

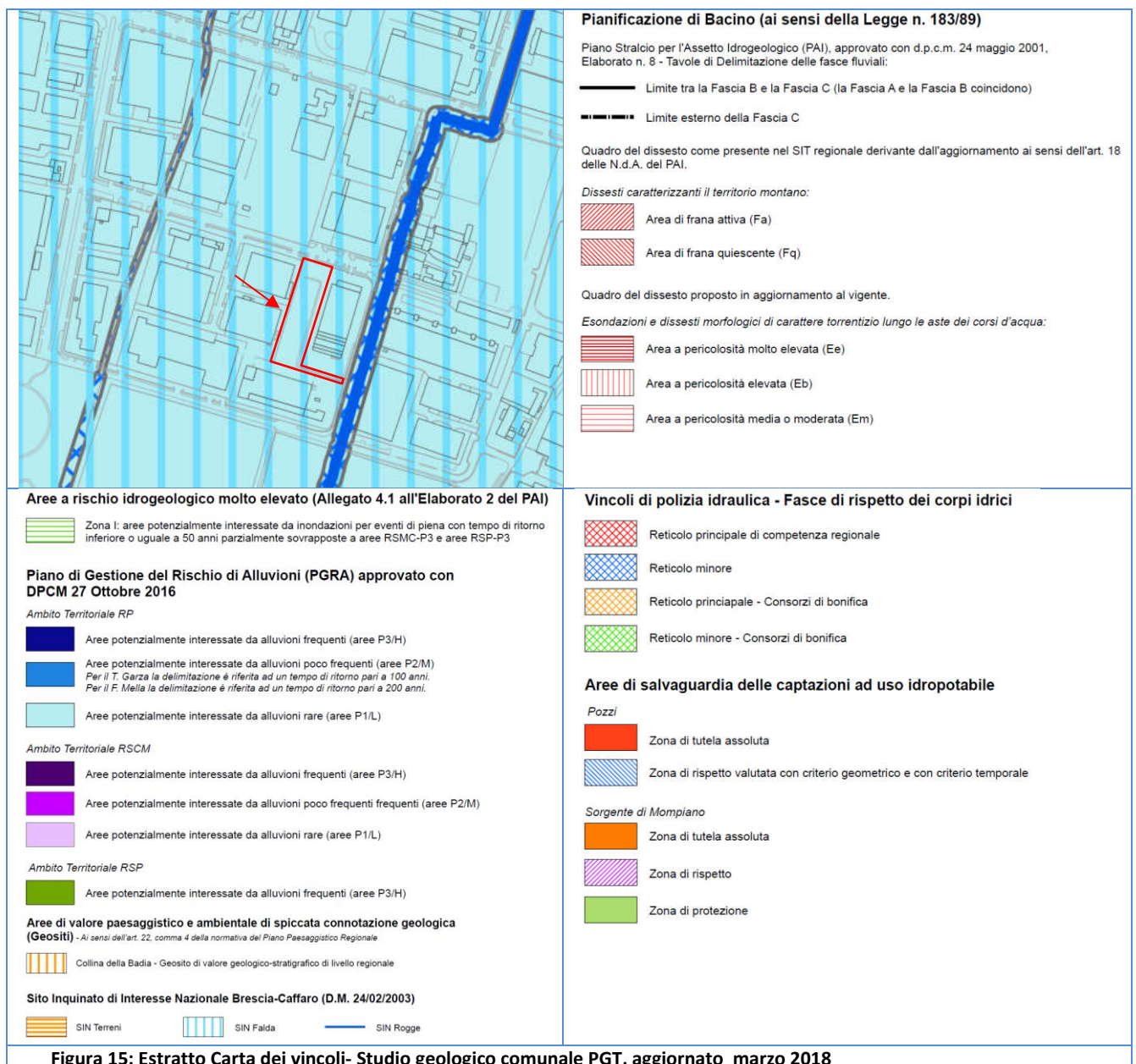
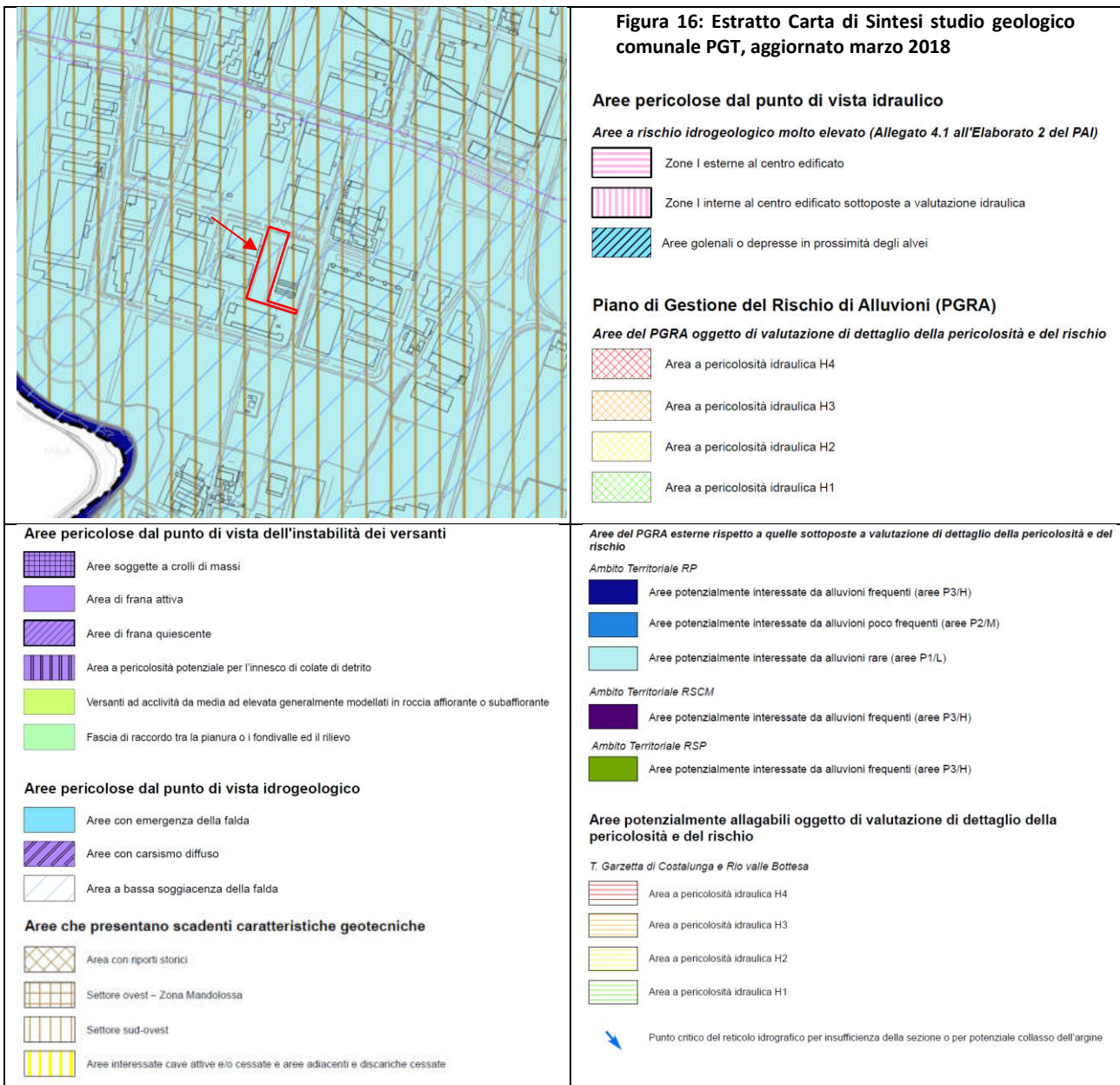


Figura 15: Estratto Carta dei vincoli- Studio geologico comunale PGT, aggiornato marzo 2018



Per quanto riguarda la fattibilità geologica, il sito ricade in classe con consistenti limitazioni (classe 3b) per vulnerabilità della falda.

Si riportano dallo studio geologico comunale le prescrizioni per la sottoclasse di fattibilità sopracitata.

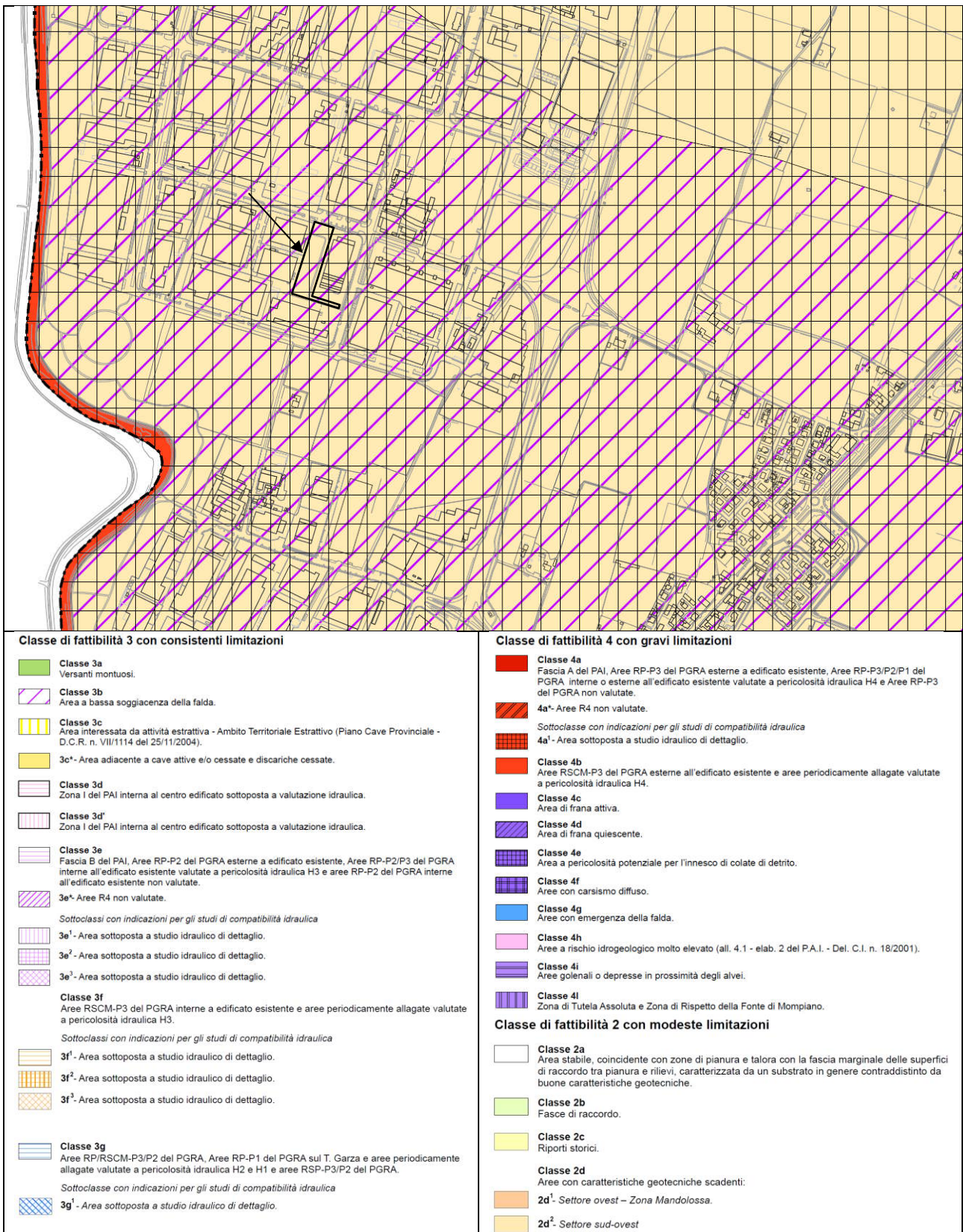


Figura 17: Estratto Carta di di fattibilità geologica - studio geologico comunale PGT, aggiornato marzo 2018

Di seguito si riporta estratto delle relative NTA della classe 3b.

Classe 3b – Area a bassa soggiacenza della falda

Area stabile, coincidente con zone di pianura caratterizzate da bassa soggiacenza della falda freatica (profondità della falda inferiore ai 5 m dal piano campagna).

Le indagini geologiche a supporto dei progetti edilizi devono essere accompagnate da studi idrogeologici sulle oscillazioni del livello di falda freatica.

Si sconsiglia la realizzazione di scantinati o locali seminterrati per evitare possibili dannose interferenze tra falda e costruzioni.

La zona è inserita anche in classe 2d2, di cui si riportano le relative NTA

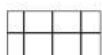
2d² – Settore sud-ovest

In quest'area si segnala la presenza in superficie di terreni fini limoso-sabbiosi con caratteristiche geotecniche da discrete a scadenti a causa della loro eterogeneità.

Si segnala la presenza di forti escursioni della falda acquifera potenzialmente in grado di interferire con piani interrati, fondazioni di edifici e sottopassi stradali o pedonali.

All'interno delle aree così classificate (2d¹ e 2d²) gli interventi di viabilità, nuova edificazione, ricostruzione, ampliamento e scavi, devono essere preceduti da indagini geologiche e geotecniche che valutino la compatibilità dell'intervento stesso con le caratteristiche geologiche, geotecniche e idrogeologiche del sito.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici dalla lettura della legenda della carta di fattibilità geologica riportata di seguito si riscontra che il sito ricade in zona:



Z4a - Categoria di sottosuolo identificata C: in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo D (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

SISMICITA' DEL TERRITORIO

Scenari per i quali è prevista, in fase di progettazione, l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione dei fenomeni di instabilità e di amplificazione topografica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.1 e 2.3.3).



Z1a - Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi.



Z1b - Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti.



Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana.



Z3b - Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo.

Scenari per i quali risulta un Fa maggiore del valore di soglia comunale per la categoria di sottosuolo individuata e al cui interno, in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi:



Z4a - Categoria di sottosuolo identificata B: in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo C (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).



Z4a - Categoria di sottosuolo identificata C: in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo D (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Z4b - Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale:



Z4b - Categorie di sottosuolo identificate C - D - E: in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, si dovrà procedere come segue:

- nel caso in cui l'indagine geologica-geotecnica prevista dalla normativa nazionale identifichi la presenza di terreni riferibili alle categorie di sottosuolo D o E sarà sufficiente utilizzare lo spettro di norma caratteristico della rispettiva categoria di sottosuolo (D.M. 14 gennaio 2008).
- nel caso in cui l'indagine geologica-geotecnica prevista dalla normativa nazionale identifichi la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo C è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo D (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.5 e 1.5 s lo spettro di norma (D.M. 14 gennaio 2008) della categoria individuata risulta sufficiente.

Si ritiene che su tutto il territorio, per le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici ed alle opere infrastrutturali di cui al D.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904 della Regione Lombardia (pubblicato sul B.U.R.L. n. 49 del 1 dicembre 2003), si debba procedere ad un approfondimento dell'analisi sismica per la valutazione di condizioni di amplificazione locale sulla base di dati sito-specifici.

Considerata la variabilità litologica e morfologica del territorio di Brescia, sarà facoltà del progettista, applicare nuovamente la procedura di 2° livello prevista dalla D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 (All. 5 - § 2.2.2) sulla base di indagini geofisiche sito-specifiche.

Figura 18: Estratto Legenda componente sismica della Carta di fattibilità geologica - studio geologico comunale PGT, aggiornato marzo 2018

2.5. APPROFONDIMENTO IDROGEOLOGICO APP-2

In riferimento alla DGR IX/2616 del 30 novembre 2011 vista la vulnerabilità idrogeologica evidenziata dallo studio geologico comunale con il presente paragrafo si intende approfondire tale problematica e fornire le indicazioni progettuali ai fini della mitigazione degli impatti dell'intervento sulla componente acque sotterranee (in applicazione di quanto previsto dalle NTA dello studio geologico comunale).

- ✓ Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi definite nell'ambito dello studio o nei piani di tutela di cui al d. lgs. 258/2000; l'acquifero da indagare é quello sfruttato ad uso idropotabile e quello superficiale nel caso di potenziale connessione o necessità di tutela;
- ✓ Aree con emergenze idriche (fontanili, sorgenti, aree precedentemente escavate);
- ✓ **Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese;**
- ✓ Aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline;
- ✓ Aree interessate da intensa fratturazione (faglie, famiglie di fratture, ...);

di seguito si riporta la cartografia dello studio geologico comunale aggiornato a marzo 2018 nella quale vengono riportate le piezometrie di maggio 1990 e gennaio 1994, dove si riscontra un'oscillazione dei livelli di falda fra 108 – 110 mslm.



Di seguito si riporta una piezometria recente realizzata dall'Arpa nell'ambito del monitoraggio delle acque sotterranee del Sito Caffaro.

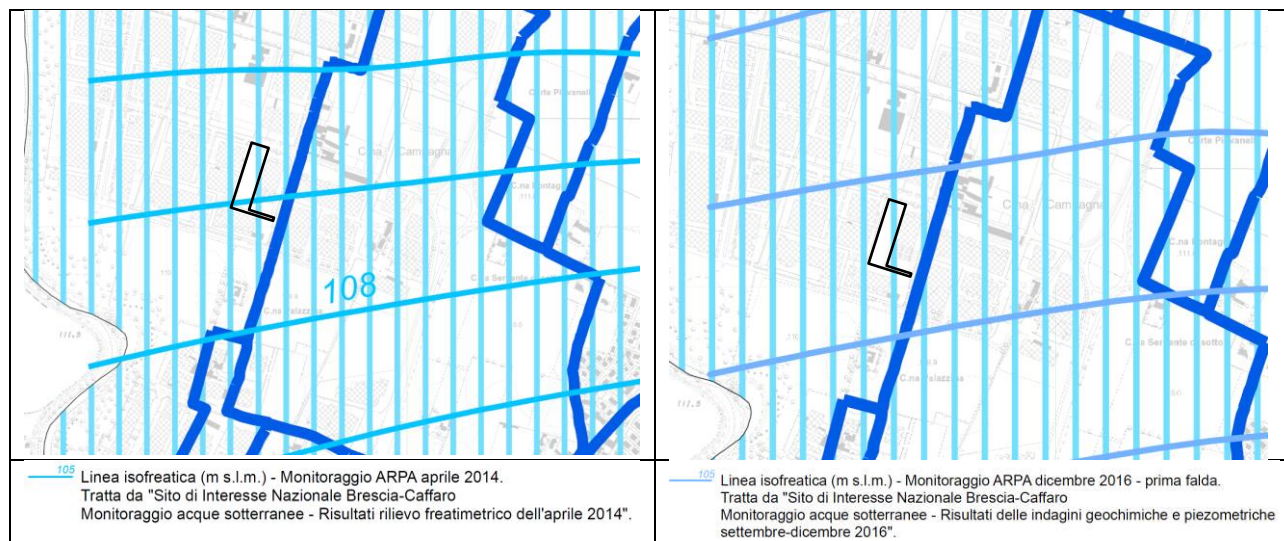


Figura 20- Fonte Arpa monitoraggio sito Caffaro: Carte Piezometriche aprile 2014 e dicembre 2016

Si noti il livello di falda in corrispondenza del sito fra 109 mslm (circa **3,50 m da pc**) in aprile 2014 a circa 108 mslm (circa **2,50 m da pc**) in dicembre 2016. Considerando quindi la bassa soggiacenza e quindi l'elevata vulnerabilità della falda, si ritiene l'intervento in progetto compatibile con il contesto idrogeologico previo il rispetto di quanto previsto da:

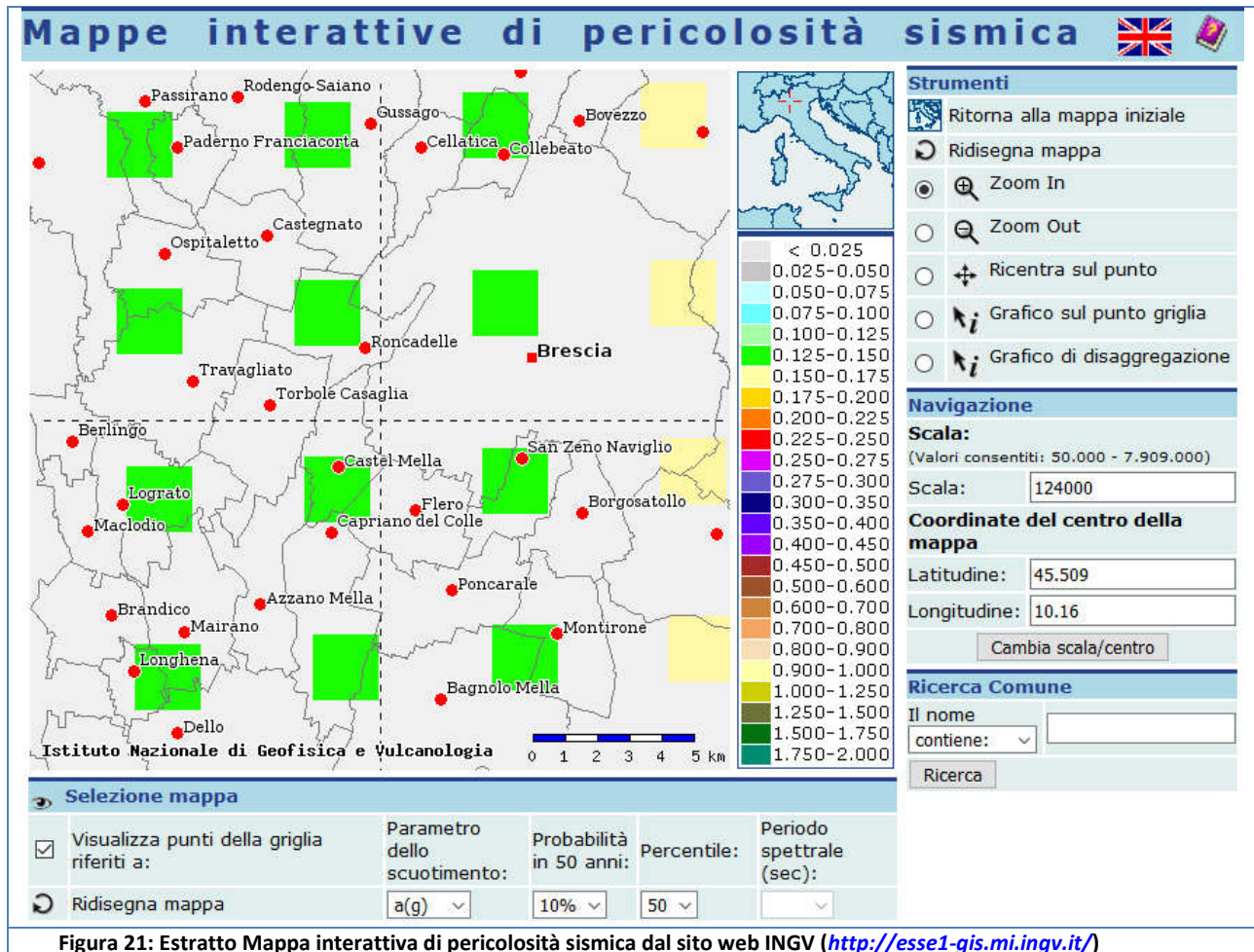
- Regolamenti regionali n. 2 – 3 - 4 del 24 Marzo 2006 e smi;
- Dgr n. 8/2318 del 5 Aprile 2006.
- Deliberazione CITAI n. 04.02.1977.
- D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Si ricorda inoltre che ai sensi dell'art. 113 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. è vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee. Opere di infiltrazione nel sottosuolo delle acque bianche non dovranno superare **i 2 m di profondità dal piano campagna.**

3. PERICOLOSITÀ SISMICA

3.1. MAPPA INTERATTIVA DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Si riporta di seguito un estratto della mappa interattiva di pericolosità sismica realizzata dall' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.



3.2. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In base alla classificazione sismica nazionale associata all'Ordinanza del PCM n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica) il comune di Brescia (Bs) è stato classificato in Zona 3 (con sismicità crescente da zona 4 a zona 1).

Nella tabella seguente si riportano i valori di accelerazione (a_g) previsti dalla sopra citata ordinanza per tale zona sismica.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Figura 22: Estratto Ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003

Tale classificazione è stata rivista con la DGR n. X/2129 del 11 Luglio 2014 che ha classificato il comune in zona sismica 2 (delibera di riclassificazione, pubblicata sul B.U.R.L. n. 29, S.O., del 16/7/2014).

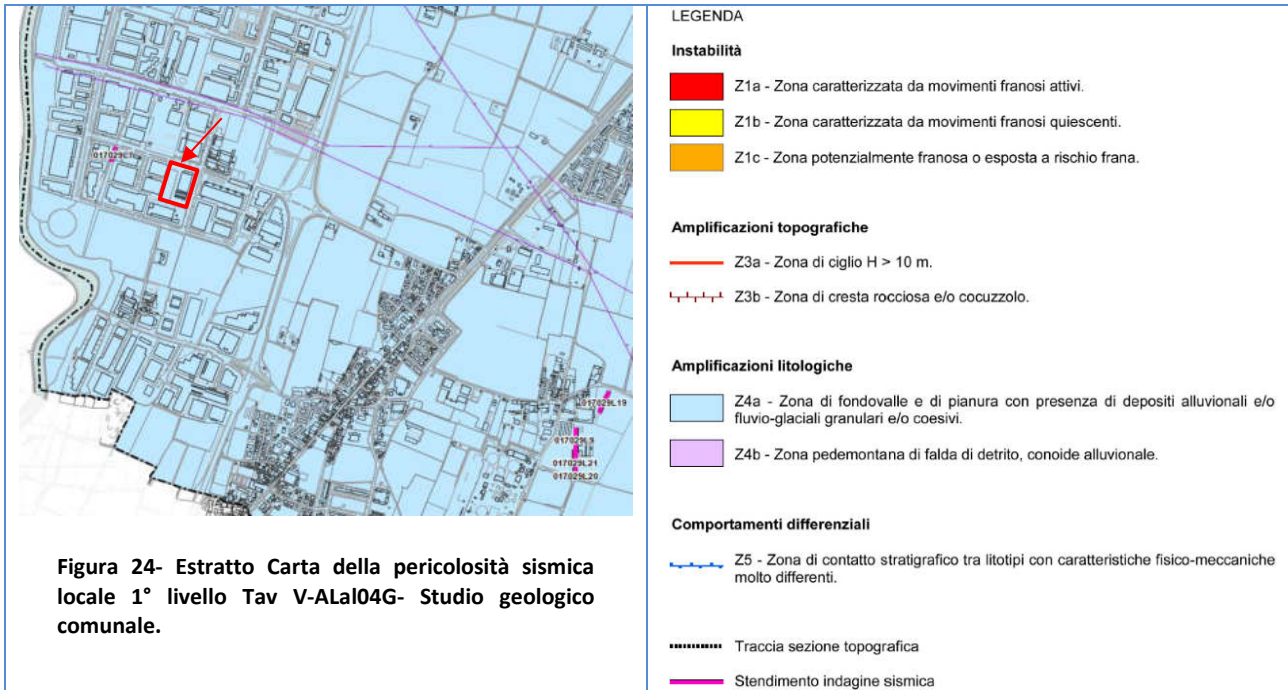
Nella tabella seguente si riportano i valori di accelerazione ($a_{g\ max}$) previsti dalla DGR X/2129/2014 per tale zona sismica.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03017029	BS	BRESCIA	2	0,154219

Figura 23: Estratto DGR n. X/2129/2014

3.3. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE

Nella carta della pericolosità sismica l'area in esame è inserita nello scenario Z4a: zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.



Si riportano i dati del II livello di approfondimento dallo studio geologico comunale, evidenziando i dati relativi alle indagini effettuate in zona Z4a prossime al sito e in contesto geologico-sismico comparabile.

Scenario PSL	Indagine	Periodo (T)	Fa di sito		Intervallo 0.1-0.5 s		Intervallo 0.5-1.5 s		
			Intervallo 0.1-0.5 s	Intervallo 0.5-1.5 s	Fa di sito	Fa di soglia	Fa di sito	Fa di soglia	
Z4a	L1MASW1	0.315	1.8	1.2	B	1.8	1.4	1.2	1.7
Z4a	L2MASW2	0.553	2.0	1.5	C	2.0	1.8	1.5	2.4
Z4b	L3MASW3	0.085	1.2	1.0	E	1.2	2.0	1.0	3.1
Z4b	L4MASW4	0.087	1.2	1.0	E	1.2	2.0	1.0	3.1
Z4a	L5MASW5	0.878	1.7	1.3	C	1.7	1.8	1.3	2.4
Z4a	L6MASW6	0.278	1.8	1.2	B	1.8	1.4	1.2	1.7
Z4a	L7MASW7	0.389	2.1	1.4	C	2.1	1.8	1.4	2.4
Z4a	L8MASW8	0.270	2.0	1.2	B	2.0	1.4	1.2	1.7
Z4a	L9MASW9	0.331	2.1	1.3	C	2.1	1.8	1.3	2.4
Z4a	L10MASW10	0.321	2.1	1.3	C	2.1	1.8	1.3	2.4
Z4a	L11MASW11	0.248	1.7	1.2	B	1.7	1.4	1.2	1.7
Z4a	L12MASW12	0.329	1.8	1.3	B	1.8	1.4	1.3	1.7
Z4a	L13MASW13	0.517	1.7	1.5	C	1.7	1.8	1.5	2.4
Z4b	L14MASW14	0.161	1.5	1.1	B	1.5	1.4	1.1	1.7
Z4a	L15SR15	0.418	2.1	1.4	C	2.1	1.8	1.4	2.4
Z4b	L18SR18	0.271	1.7	1.2	B	1.7	1.4	1.2	1.7
Z4a	L23MASW23	0.266	1.7	1.2	B	1.7	1.4	1.2	1.7
Z4a	L24MASW24	0.401	1.8	1.4	B	1.8	1.4	1.4	1.7
Z4a	L25MASW25	0.518	1.7	1.4	B	1.7	1.4	1.4	1.7
Z4a	L26MASW26	0.455	1.8	1.4	B	1.8	1.4	1.4	1.7
Z4a	L27MASW27	0.625	2.3	1.5	C	2.3	1.8	1.5	2.4
Z4a	L28MASW28	0.491	2.0	1.5	B	2.0	1.4	1.5	1.7
Z4a	L29MASW29	0.438	2.1	1.4	C	2.1	1.8	1.4	2.4
Z4a	L30MASW30	0.817	1.8	1.6	B	1.8	1.4	1.6	1.7

Figura 25: Stima fattore di amplificazione sismica FAC – Relazione Studio geologico comunale

► Z4b - Categorie di sottosuolo identificate C - D - E: in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, si dovrà procedere come segue:

- nel caso in cui l'indagine geologica-geotecnica prevista dalla normativa nazionale identifichi la presenza di terreni riferibili alle categorie di sottosuolo D o E sarà sufficiente utilizzare lo spettro di norma caratteristico della rispettiva categoria di sottosuolo (D.M. 14 gennaio 2008).

- nel caso in cui l'indagine geologica-geotecnica prevista dalla normativa nazionale identifichi la presenza di terreni riferibili alla categoria di sottosuolo C è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo D (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.5 e 1.5 s lo spettro di norma (D.M. 14 gennaio 2008) della categoria individuata risulta sufficiente.

Si sottolinea inoltre che nel territorio di Brescia non sono presenti terreni dotati di caratteristiche granulometriche tali da essere soggetti a fenomeni di liquefazione in occasione di eventi sismici.

Considerata la variabilità litologica e morfologica del territorio di Brescia, sarà facoltà del progettista, applicare nuovamente la procedura di 2° livello prevista dalla D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 (All. 5 - § 2.2.2) sulla base di indagini geofisiche sito-specifiche.

Si ritiene che su tutto il territorio, per le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici ed alle opere infrastrutturali di cui al D.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904 della Regione Lombardia (pubblicato sul B.U.R.L. n. 49 del 1 dicembre 2003), si debba procedere ad un approfondimento dell'analisi sismica per la valutazione di condizioni di amplificazione locale sulla base di dati sito-specifici.

Figura 26: Estratto relazione geologica comunale

3.4. STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

Si riportano di seguito gli estratti delle carte tematiche dello Studio di Microzonazione Sismica, realizzati tramite shape file forniti da Regione Lombardia.

Nella carta geologico-tecnica sottostante sono riportate le profondità dei sondaggi effettuati nella zona. A circa 150 n a nord-ovest del sito è presente un sondaggio profondo 60 m dal p.c. che non ha raggiunto il substrato geologico. Tale sondaggio è ubicato nel medesimo contesto geologico-geomorfologico dell'area oggetto della presente relazione.

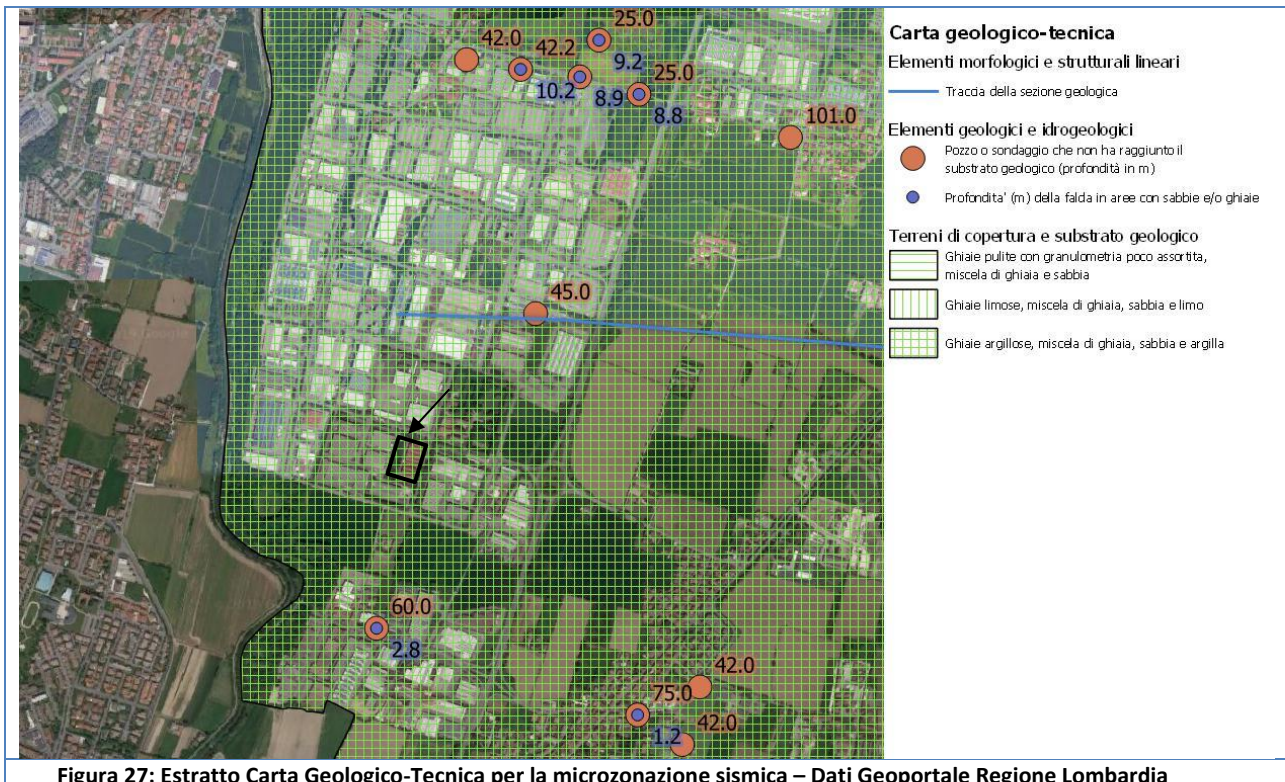
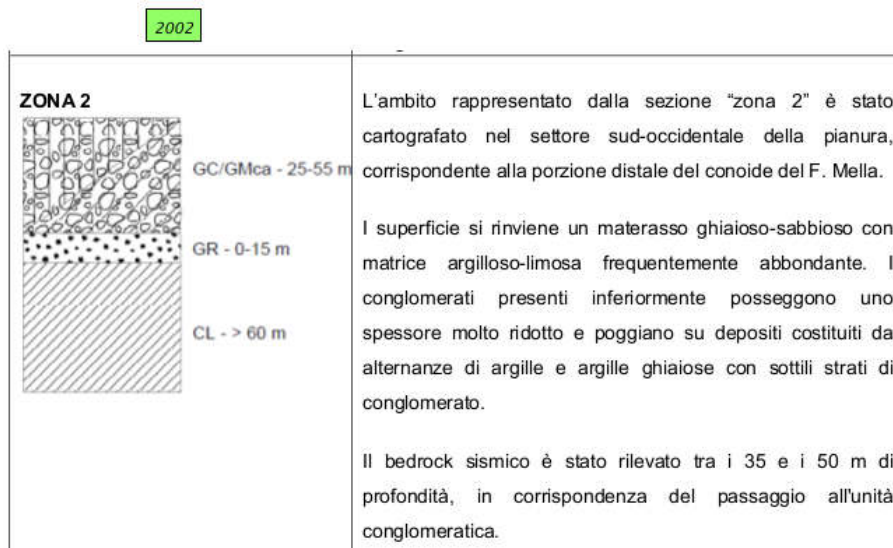


Figura 27: Estratto Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica – Dati Geoportale Regione Lombardia



Figura 28: Estratto Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – Dati Geoportale Regione Lombardia



3.5. INDAGINE SISMICA SITO-SPECIFICA

Per la valutazione della frequenza di risonanza di sito nell'area in questione si è proceduto all'esecuzione di n. 2 indagini sismiche superficiali tramite misura del rumore sismico ambientale con la metodologia HVSR, una per 20 minuti (HVSR20) e una per 10 minuti (HVSR10).

La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un sismografo a stazione singola in grado di registrare i microtremori (sismica passiva) lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga. Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di curva H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y mentre V è la componente verticale del moto in funzione della frequenza).

L'acquisizione nel sito di indagine è stata fatta con sismografo a tre componenti HOLI-3C da 2 Hz distribuito da Eliosoft, mentre l'elaborazione dei segnali registrati è stata effettuata tramite il software HoliSurface 2018.

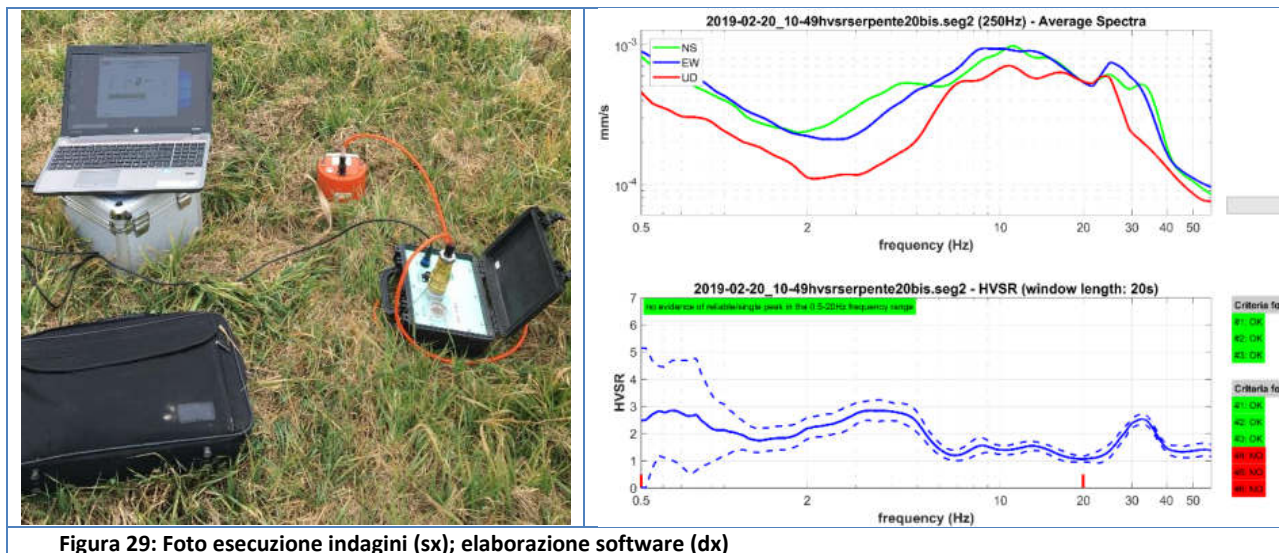


Figura 29: Foto esecuzione indagini (sx); elaborazione software (dx)

Sono state effettuate n. 2 registrazioni (una da 20 minuti e una da 10 minuti) in tempi diversi e ad una distanza di ca 10 m tra loro. I due segnali registrati sono stati elaborati singolarmente (vedere Report allegati).

Il segnale registrato non presenta picchi definiti. In allegato si forniscono i report delle indagini.

3.6. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE TOPOGRAFICA

Le NTC 2018 prevedono che la classificazione del sottosuolo si effettui in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:
 h_i spessore dell'i-esimo strato;
 $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 N numero di strati;
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Figura 30: Estratto NTC 2018

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Sulla base delle analisi precedenti ai fini progettuali risulta corretto applicare la **categoria di sottosuolo D**.

A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositati 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.</i>
D	<i>Depositati 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.</i>
E	<i>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.</i>

Tabella 2: Categoria di sottosuolo di fondazione- Estratto NCT 2018.

La categoria topografica definita in base al D.M. 17/01/2018 è **T1** (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <15°) cui corrisponde un valore di coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, 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 $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4


Tabella 3: Categorie topografiche- Estratto NCT 2018

3.7. PARAMETRI SISMICI DI SITO

L'allegato B alle norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018) espone i nuovi dati di pericolosità sismica per tutto il territorio nazionale che permettono di definire l'azione sismica. Di seguito si illustrano i parametri di calcolo:

Coordinate geografiche del sito	latitudine: 45,508	longitudine: 10,160
Stato Limite Ultimo scelto	S.L.V. Probabilità di superamento nel periodo di rif = 10%	
Stato Limite Esercizio scelto	S.L.D. Probabilità di superamento nel periodo di rif = 63%	
Vita nominale dell'opera	50 anni	
Classe d'uso	II	

Per il sito in studio si ottengono i seguenti valori (software Geostru - Parametri sismici):



Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: D
 Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,71
CC Coeff. funz categoria	2,71	2,59	2,38	2,34
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.019	0.063	0.077
kv	0.007	0.010	0.032	0.039
Amax [m/s²]	0.706	0.947	2.584	3.165
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Stati limite

Classe Edificio: II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F ₀	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.040	2.468	0.213
Danno (SLD)	50	0.054	2.428	0.233
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.146	2.420	0.277
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.189	2.448	0.285

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Figura 31: Parametri sismici del sito
<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>

4. RELAZIONE GEOTECNICA

4.1. ACQUISIZIONE DATI GEOGNOSTICI-GEOTECNICI SITO-SPECIFIC APP-4

Per la ricostruzione dell'assetto geologico e geotecnico dell'area sono state effettuate le seguenti indagini:

- n. 2 prove penetrometriche dinamiche SCPT;
- n. 2 scavi geognostici tramite escavatore meccanico.

I diagrammi Ncolpi/Prof sono allegati alla presente relazione.





STRATIGRAFIA – S1
 0,00-0,40 m terreno coltivo vegetale humico
 0,40-1,00 m argille limose rosse con poca ghiaia
 1,00-3,10 m sabbie limose debolmente argillose marroni
 3,10-4,00 m sabbie limose debolmente argillose grigie con venature ocra

Figura 33: Scavo S1



STRATIGRAFIA – S2
 0,00-0,40 m terreno coltivo vegetale humico
 0,40-1,40 m argille limose rosse con poca ghiaia
 1,40-2,20 m sabbie limose debolmente argillose marroni

Figura 34: Scavo S2

Negli scavi non è stata rinvenuta la presenza d'acqua.

4.2. VALORI CARATTERISTICI E DI PROGETTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato, partendo dalle penetrometrie acquisite correlate con le litologie riscontrate nelle trincee. Tali valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni sono stati ottenuti attraverso l'interpretazione dei dati acquisiti nella indagine geotecnica precedentemente esposta. I valori di progetto dei parametri geotecnici si ottengono dai valori caratteristici tenendo conto dei coefficienti parziali γ_M .

Sulla base delle litologie riscontrate il sottosuolo indagato viene schematicamente suddiviso in 2 litozone cui vengono attribuiti i seguenti parametri geotecnici valutati scegliendo il più cautelativo fra i vari metodi di correlazione esistenti (Metodo Road Bridge Specification; Metodo di Japanese National Railway – per l'Angolo di attrito; Metodo Gibbs & Holtz per la densità relativa; Metodo di Schmertmann, Metodo di Terzaghi e Metodo di Schultze e Menzebach per il Modulo di deformazione):

CORPO GEOLOGICO 1 – terreno vegetale ed eluviale limoso argilloso debolmente sabbioso soffice

Prof. 0,00-4,00 m

- Angolo di resistenza al taglio (ϕ'_k) = 27°
- Peso dell'unità di volume (γ) = 1.600 Kg/mc
- Modulo di deformazione (E_y): 50 Kg/cmq.
- Comportamento geotecnico: incoerente

CORPO GEOLOGICO 2 – sabbie limoso argillose con ciottoli (strato mediamente addensato)

Prof. > 4,00 m

- Angolo di resistenza al taglio (ϕ'_k) = 32°
- Peso dell'unità di volume (γ) = 1.800 Kg/mc
- Modulo di deformazione $E_{yk} = 180$ Kg/cmq
- Comportamento geotecnico: granulare

4.3. CALCOLI AGLI STATI LIMITE

4.3.1. Dati geometri e azioni sulle fondazioni

A titolo esemplificativo si riportano alcuni calcoli geotecnici effettuati considerando le seguenti condizioni e le seguenti geometrie delle fondazioni esemplificative:

- Criterio progettuale: Approccio 2 (NTC/2018).
- Fondazioni:
 - Travi rovesce: larghezze B = 1,80 / 2,00 / 3 m; prof. = incastro = 2,50 m da pc
 - Plinti (4,1x4,1 / 4,3x4,3 / 4,6x4,6 / 5,0x5,0) mq; prof. = incastro = 2,20 a 2,4 m da pc
- Carichi agenti sul terreno (vedi ing. strutturista).
- Categoria di sottosuolo: D
- Categoria topografica: T1 → St= 1.
- Falda: esterna all'orizzonte di interesse geotecnico

Il criterio progettuale dell'Approccio 2 prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti (A1+M1+R3) da adottare nelle verifiche geotecniche; di seguito si illustrano i coefficienti parziali da applicare ai parametri geotecnici relativi all'approccio scelto.

	APPROCCIO	2	A1+M1+R3		
M1	$\gamma_{\phi'}$	1	$\gamma_{c'}$	1	γ_{cu} 1
	cap. portante	scorrim.			
R3	2.3	1.1			

4.3.2. Calcoli Stati Limite Ultimi (SLU)

Condizione di verifica agli stati limite ultimi è la seguente disequazione:

$$Ed \leq Cd$$

Ed = componente della risultante delle forze in direzione normale al piano di posa

Rd = valore della forza normale al piano di posa cui corrisponde il raggiungimento del carico limite in terreni di fondazione

La formula trinomia per il calcolo del carico ultimo risulta la seguente (Hansen, 1970)

$$q_{lim} = c N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + \gamma_1 D N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q + 0.5 \gamma_2 B N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} \quad (\varphi > 0);$$

$$q_{lim} = 5.14 c_u (1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + \gamma_1 D \quad (\varphi = 0);$$

I calcoli geotecnici di seguito esposti sono stati fatti considerando le geometrie e le condizioni sopra esposte.

Le resistenze di progetto dovranno essere confrontate con le azioni calcolate dal progettista al fine di verificare la disequazione $Ed < Rd$.

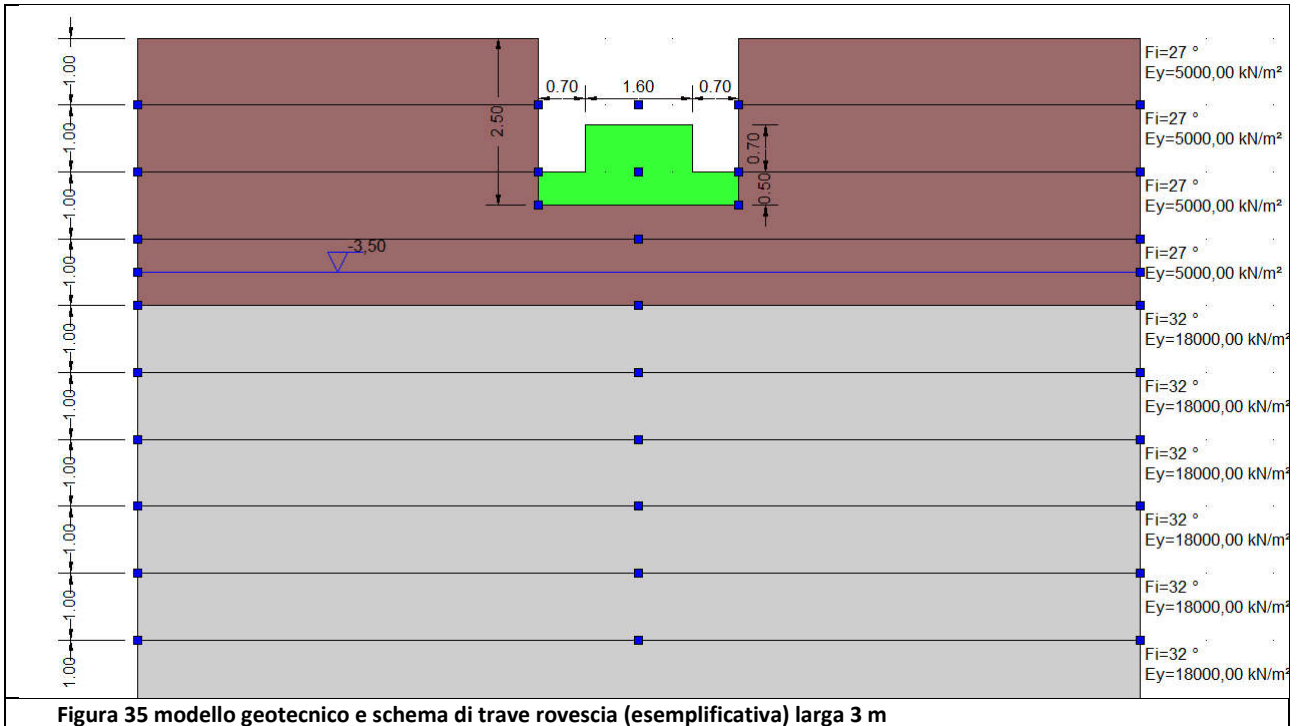


Figura 35 modello geotecnico e schema di trave rovescia (esemplificativa) larga 3 m

Figura 36 Calcoli resistenze del terreno		Risultati			
Travi rovesce larghezza B = 1,8 m; prof. = incastro = 2,50 m Resistenze di progetto Rd (SLU) = 302 KPa Resistenze di progetto Rd (SLV) = 276 KPa		Carico limite verticale Verifica a scorrimento			
		Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)
		A1+M1+R3			
			HANSEN (1970)	696,11	302,66
		Sisma			
		*	HANSEN (1970)	635,03	276,10

Figura 37 Calcoli resistenze del terreno		Risultati			
Travi rovesce larghezza B = 2 m; prof. = incastro = 2,50 m Resistenze di progetto Rd (SLU) = 325 KPa Resistenze di progetto Rd (SLV) = 294 KPa		Carico limite verticale Verifica a scorrimento			
		Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)
		A1+M1+R3			
			HANSEN (1970)	748,13	325,27
		Sisma			
		*	HANSEN (1970)	677,12	294,40

Figura 38 Calcoli resistenze del terreno		Risultati			
Travi rovesce larghezza B = 3 m; prof. = incastro = 2,50 m Resistenze di progetto Rd (SLU) = 436 KPa Resistenze di progetto Rd (SLV) = 382 KPa		Carico limite verticale Verifica a scorrimento			
		Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)
		A1+M1+R3			
			HANSEN (1970)	1002,96	436,07
		Sisma			
		*	HANSEN (1970)	880,19	382,69

<p>Figura 39 Calcoli resistenze del terreno</p> <p>PLINTI 4,1X4,1 ma prof. = incastro = 2,20 m</p> <p>Resistenze di progetto Rd (SLU) = 510 KPa Resistenze di progetto Rd (SLV) = 454 KPa</p>	<p>Risultati</p> <p>Carico limite verticale Verifica a scorrimento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nome combinazione</th> <th>Autore</th> <th>Carico limite [Qult] (kN/m²)</th> <th>Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A1+M1+R3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>HANSEN (1970)</td> <td>1173,23</td> <td>510,10</td> </tr> <tr> <td>Sisma</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>*</td> <td>HANSEN (1970)</td> <td>1045,14</td> <td>454,41</td> </tr> </tbody> </table>	Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m ²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m ²)	A1+M1+R3					HANSEN (1970)	1173,23	510,10	Sisma				*	HANSEN (1970)	1045,14	454,41
	Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m ²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m ²)																	
A1+M1+R3																					
	HANSEN (1970)	1173,23	510,10																		
Sisma																					
*	HANSEN (1970)	1045,14	454,41																		

<p>Figura 40 Calcoli resistenze del terreno</p> <p>PLINTI 4,3X4,3 mq; prof. = incastro = 2,20 m</p> <p>Resistenze di progetto Rd (SLU) = 522 KPa Resistenze di progetto Rd (SLV) = 63 KPa</p>	<p>Risultati</p> <p>Carico limite verticale Verifica a scorrimento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nome combinazione</th> <th>Autore</th> <th>Carico limite [Qult] (kN/m²)</th> <th>Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A1+M1+R3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>HANSEN (1970)</td> <td>1202,68</td> <td>522,91</td> </tr> <tr> <td>Sisma</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>*</td> <td>HANSEN (1970)</td> <td>1066,83</td> <td>463,84</td> </tr> </tbody> </table>	Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m ²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m ²)	A1+M1+R3					HANSEN (1970)	1202,68	522,91	Sisma				*	HANSEN (1970)	1066,83	463,84
	Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m ²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m ²)																	
A1+M1+R3																					
	HANSEN (1970)	1202,68	522,91																		
Sisma																					
*	HANSEN (1970)	1066,83	463,84																		

<p>Figura 41 Calcoli resistenze del terreno</p> <p>PLINTI 4,6X4,6 mq prof. = incastro = 2,40 m</p> <p>Resistenze di progetto Rd (SLU) = 596 KPa Resistenze di progetto Rd (SLV) = 535KPa</p>	<p>Risultati</p> <p>Carico limite verticale Verifica a scorrimento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nome combinazione</th> <th>Autore</th> <th>Carico limite [Qult] (kN/m²)</th> <th>Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A1+M1+R3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>HANSEN (1970)</td> <td>1372,73</td> <td>596,84</td> </tr> <tr> <td>Sisma</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>*</td> <td>HANSEN (1970)</td> <td>1232,32</td> <td>535,79</td> </tr> </tbody> </table>	Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m ²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m ²)	A1+M1+R3					HANSEN (1970)	1372,73	596,84	Sisma				*	HANSEN (1970)	1232,32	535,79
	Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m ²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m ²)																	
A1+M1+R3																					
	HANSEN (1970)	1372,73	596,84																		
Sisma																					
*	HANSEN (1970)	1232,32	535,79																		

<p>Figura 42 Calcoli resistenze del terreno</p> <p>PLINTI 5x5 mq prof. = incastro = 2,40 m</p> <p>Resistenze di progetto Rd (SLU) = 619 KPa Resistenze di progetto Rd (SLV) = 552 KPa</p>	<p>Risultati</p> <p>Carico limite verticale Verifica a scorrimento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nome combinazione</th> <th>Autore</th> <th>Carico limite [Qult] (kN/m²)</th> <th>Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A1+M1+R3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>HANSEN (1970)</td> <td>1424,75</td> <td>619,46</td> </tr> <tr> <td>Sisma</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>*</td> <td>HANSEN (1970)</td> <td>1270,27</td> <td>552,29</td> </tr> </tbody> </table>	Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m ²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m ²)	A1+M1+R3					HANSEN (1970)	1424,75	619,46	Sisma				*	HANSEN (1970)	1270,27	552,29
	Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m ²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m ²)																	
A1+M1+R3																					
	HANSEN (1970)	1424,75	619,46																		
Sisma																					
*	HANSEN (1970)	1270,27	552,29																		

4.3.3. Calcoli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Nell'ambito delle verifiche geotecniche delle strutture si riporta quella relativa ai cedimenti, nel rispetto dei requisiti prestazionali della struttura, rispettando la condizione:

$$Ed \leq Cd$$

Ed = valore di progetto dell'effetto delle azioni (cedimento calcolato)

Cd = prescritto valore limite dell'effetto delle azioni (cedimento ammissibile)

E' stata eseguita la stima dei cedimenti di fondazione Ed (cm) considerando pressioni medie ripartite sul terreno dai valori di Qmax contenuti nella relazione strutturale mediante il metodo di Schmertmann ottenendo, per le medesime combinazioni di fondazioni riportate nel paragrafo precedente, i seguenti valori:

Fondazioni continue (m)	Combinazione azioni	Pressione (KPa)	Cedimento assoluto calcolato Ed (cm) (Schmertmann)
B=1,8m; Prof.=2,5m	SLE	150	2,14
B=2m; Prof.=2,5m	SLE	150	2,2
B=3m; Prof.=2,5m	SLE	150	2,3

Figura 43 Calcolo cedimenti travi rovesce

Fondazioni continue (m)	Combinazione azioni	Pressione (KPa)	Cedimento assoluto calcolato Ed (cm) (Schmertmann)
4,1x4,1mq; prof. 2,2m	SLE	130	2,4
4,3x4,3mq; prof. 2,2m	SLE	130	2,5
4,6x4,6 mq; prof,2,4m	SLE	140	2,5
5x5 mq; prof,2,4m	SLE	135	2,5

Figura 44 Calcolo cedimenti plinti

NB: Si precisa che la valutazione finale se i cedimenti risultino tollerabili dalle strutture in progetto dovrà essere fatta dall'ingegnere strutturale.

Per quanto riguarda la costante di sottofondo si riporta una tabella secondo Pozzati con evidenziato il range nel riquadro "rosso" relativo ai terreni presenti a contatto con le fondazioni.

MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER]		Figura 45 Tabella riepilogativa K di Winkler
NATURA DEL TERRENO	K (Kg/cm3)	
torba leggera.....	0.6 ~ 1.2	Natura dei terreni a contatto con le fondazioni in oggetto
torba pesante.....	1.2 ~ 1.8	
terra vegetale.....	1.0 ~ 1.5	
depositi recenti.....	1.0 ~ 2.0	
sabbia di mare, fina.....	1.5 ~ 2.0	
sabbia poco coerente.....	2.0 ~ 4.0	
terra molto umida.....	2.0 ~ 3.5	
terra poco umida.....	3.0 ~ 6.0	
terra secca.....	5.0 ~ 10.0	
argilla con sabbia.....	8.0 ~ 10.0	
argilla grassa.....	10.0 ~ 12.0	
sabbia compatta.....	8.0 ~ 15.0	
ghiaia con sabbia.....	10.0 ~ 25.0	
ghiaia compatta.....	20.0 ~ 30.0	

(Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI)

5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

La verifica a liquefazione è stata eseguita utilizzando il metodo di Seed e Idriss 1982 partendo dai dati dalle prove penetrometriche dinamiche sito-specifiche (con riduzione cautelativa dei valori) considerando una falda posta cautelativamente a partire da 2,50 m da pc, un valore di $a_{max}/g = 0,26$ e magnitudo $M = 5,5$.

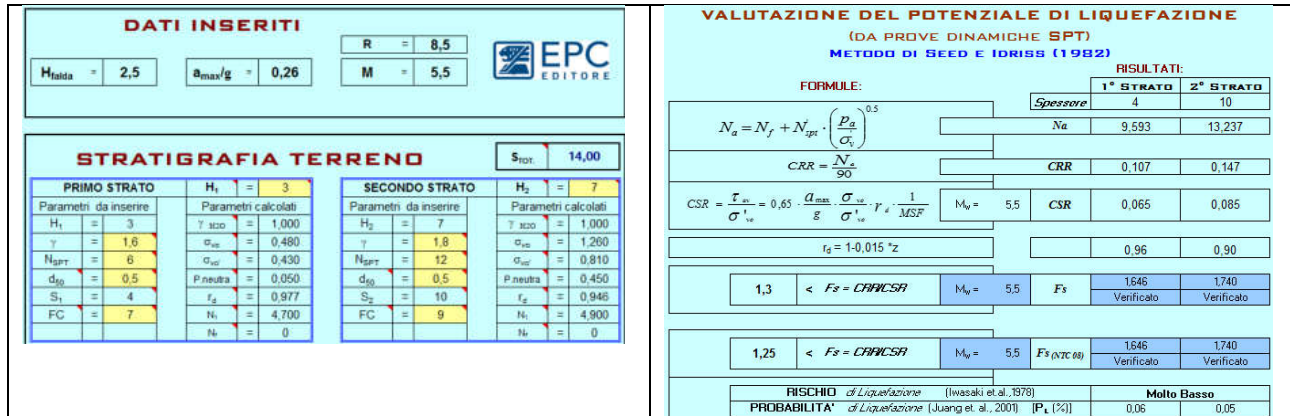


Figura 46 Verifica alla liquefazione

Palazzolo s/O, luglio 2019

Dott. geol. Marco Carraro
 n. 701 O.G.L



winMASW & HoliSurface: Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: 2019-02-20_10-27hvsrserpente20.seg2

DATA ACQUISITION

Date and time:

DATA PROCESSING

Date: 27 2 2019

Time: 15 5

Sampling frequency (Hz): 250

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.5 (± 1.6)

Peak HVSR value: 3.7 (± 4.2)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. [$f_0 > 10/Lw$]: $0.488 < 0.5$ (NO)

#2. [$nc > 200$]: $1143 > 200$ (OK)

#3. [$f_0 < 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. [exists f_- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: (NO)

#2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 0.9Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: $3.7 > 2$ (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)

#5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$]: $1.611 > 0.098$ (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $133.676 < 2.5$ (NO)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.

show data reset

step1 (optional) - declimate
 64 Hz new frequency resample

step2 - HV computation
 remove events both Rad. & clean axes
 20 window length (s) 5 tapering (%) 10 amplitude threshold 1.9 HVSr threshold test removal
 15% spectral smoothing (triangular window) 2 detrending order HOU3C-2 Hz
 Particle motion, all HVSr's, time lapse and video full output compute

continuity

3D motion
 save video show 3D motion

directivity analysis
 frequencies to highlight: 1.0 5.0 10.0 Hz compute

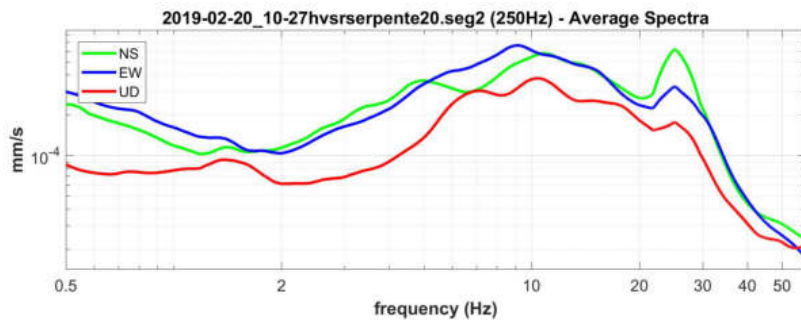
save-option#1: save HVSr as it is
 save HV from 0.5 to 60 Hz save HV curve (as it is)

picking HV or amplitude spectra
 HVSr pick data
 save picked HV compute

quick analysis (H-Vs/4H)
 200 average Vs (m/s) (from surface to bedrock)
 20 depth of the bedrock
 1000 Vs of the bedrock
 clean compute

highlight a frequency
 draw/highlight 10 Hz

directivity over time
 directivity in time time 120 s



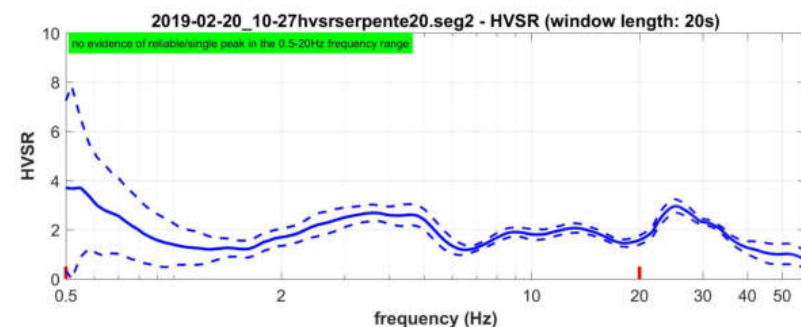
open working folder

show location

load notes

your comments

default axes



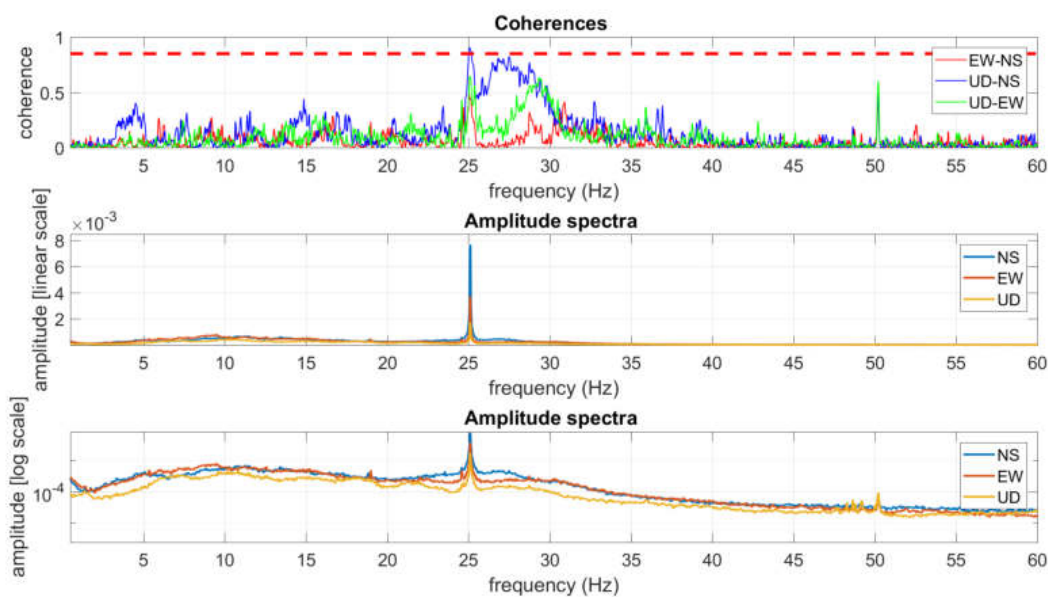
Criteria for a reliable HV curve

R1: NO
 R2: OK
 R3: OK

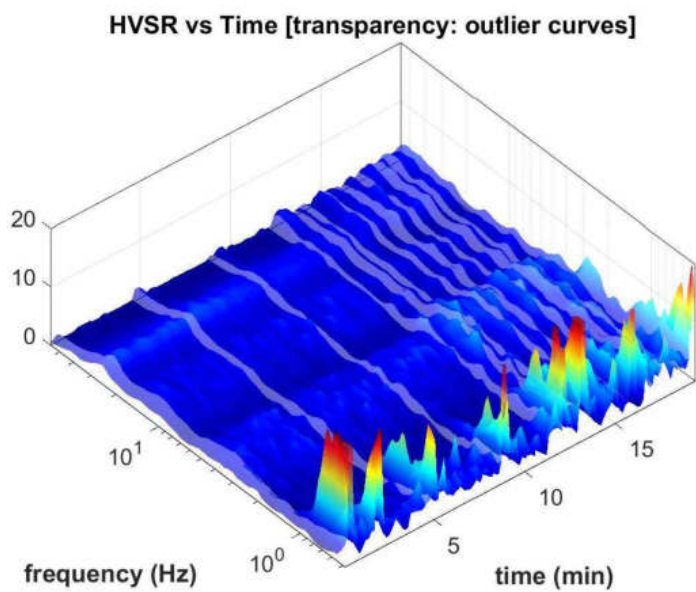
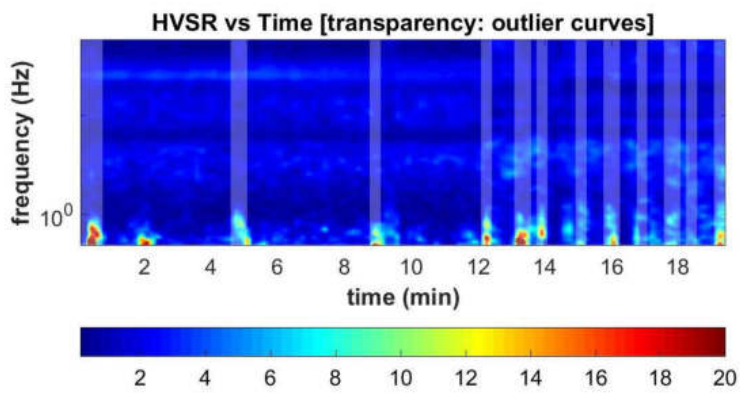
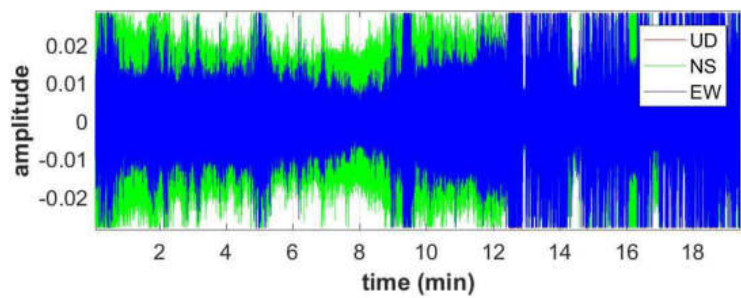
Criteria for a clear HV peak [0.488 Hz]

R4: NO
 R5: NO
 R6: NO

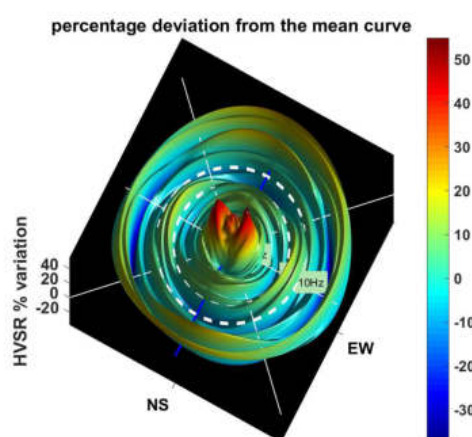
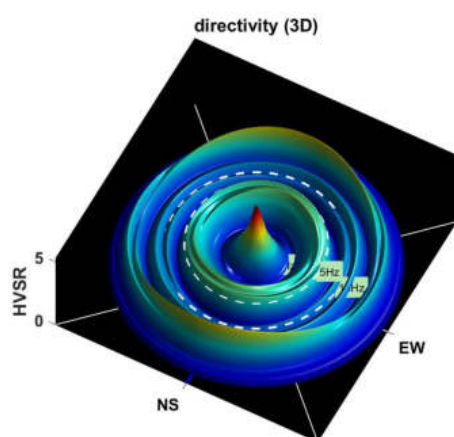
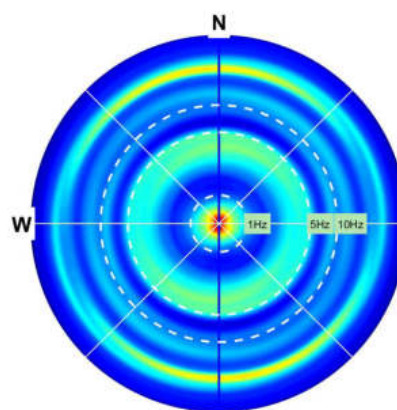
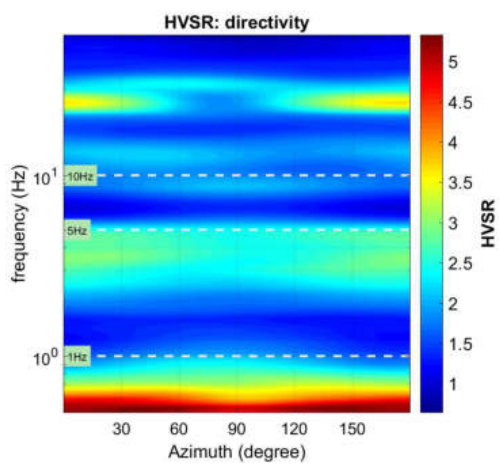
To model the HVSr (also jointly with MASW or ReMI/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve



Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio



Directivity of the H/V Spectral Ratio



winMASW & HoliSurface - Surface Waves and Beyond

www.winmasw.com

winMASW & HoliSurface: Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: 2019-02-20_10-49hvsrserpente20bis.seg2

DATA ACQUISITION

Date and time:

DATA PROCESSING

Date: 27 2 2019

Time: 15 15

Sampling frequency (Hz): 250

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.6 (± 1.5)

Peak HVSR value: 2.8 (± 1.9)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. [$f_0 > 10/Lw$]: $0.641 > 0.5$ (OK)

#2. [$n_c > 200$]: $1500 > 200$ (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. [exists f_- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.2Hz (OK)

#2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: $2.8 > 2$ (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)

#5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$]: $1.450 > 0.096$ (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $6.593 < 2$ (NO)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.

show data

step1 (optional) - declimate
 64 Hz

step2 - HV computation
 remove events:
 20 window length (s)
 5 tapering (%)
 10
 1.9
 15%
 2 HOU3C-2 Hz
 Particle motion, all HVSr's, time lapse and video
 full output

3D motion
 save video

directivity analysis
 frequencies to highlight: 1.0 5.0 10.0 Hz

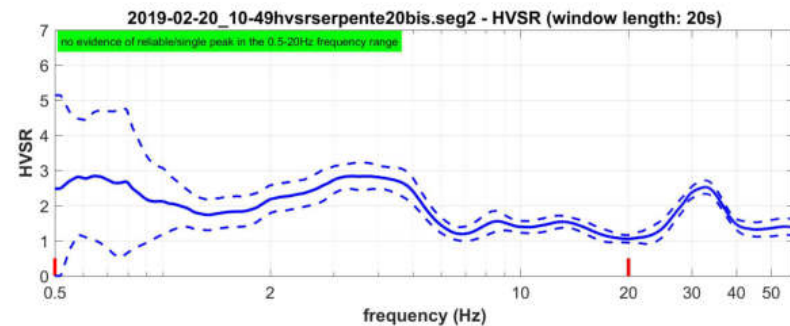
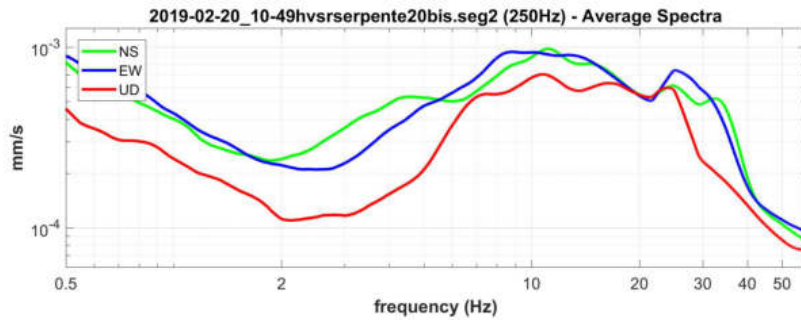
save-option#1: save HVSr as it is
 save HV from 0.5 to 60 Hz

picking HV or amplitude spectra
 HVSr

quick analysis (H-Vs/4H)
 200 average Vs (m/s) (from surface to bedrock)
 20 depth of the bedrock
 1000 Vs of the bedrock

highlight a frequency
 10 Hz

directivity over time
 time 120 s



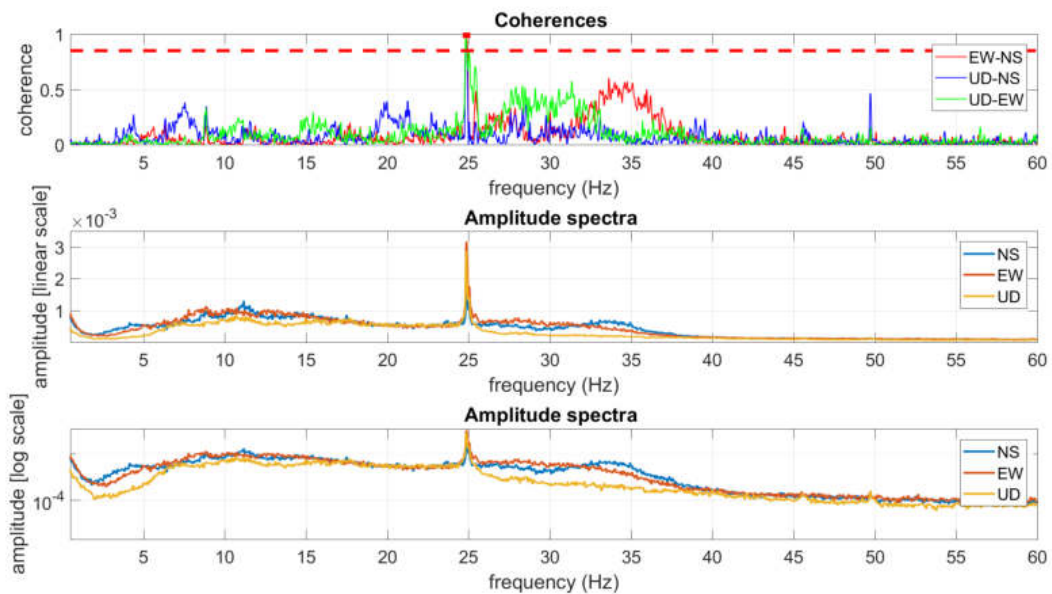
Criteria for a reliable HV curve

#1: OK
 #2: OK
 #3: OK

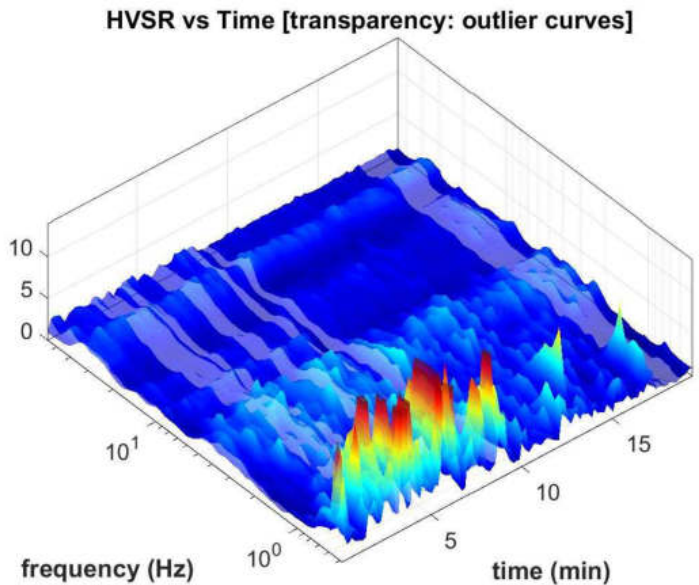
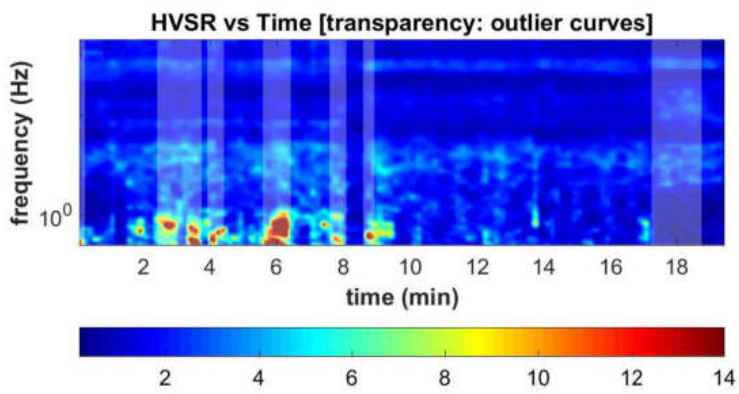
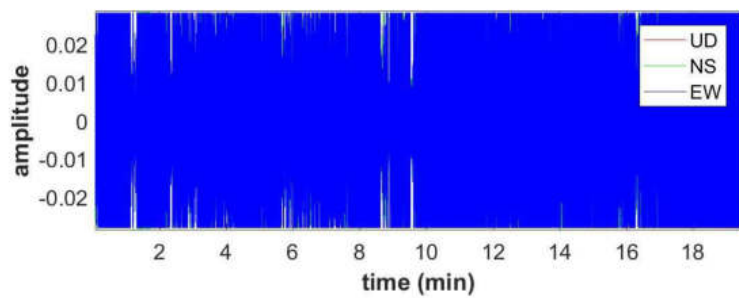
Criteria for a clear HV peak [0.641 Hz]

#1: OK
 #2: OK
 #3: OK
 #4: NO
 #5: NO
 #6: NO

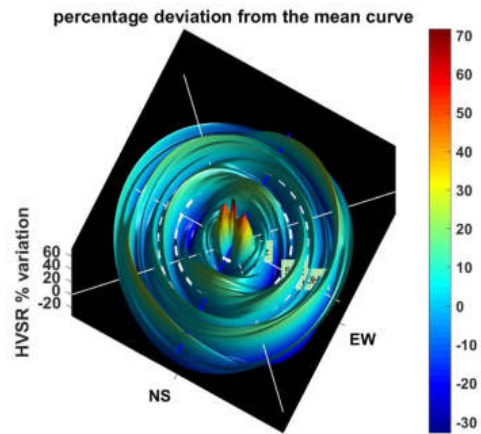
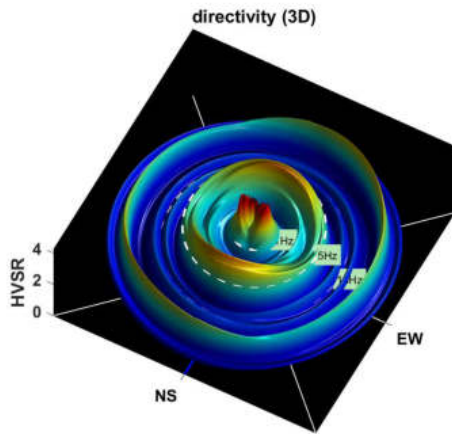
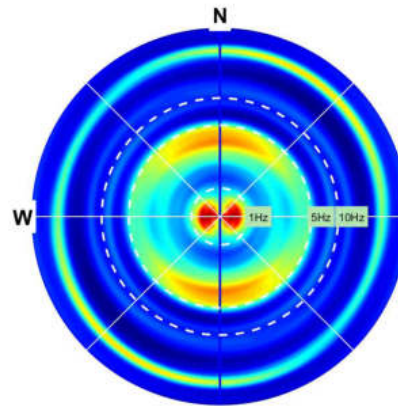
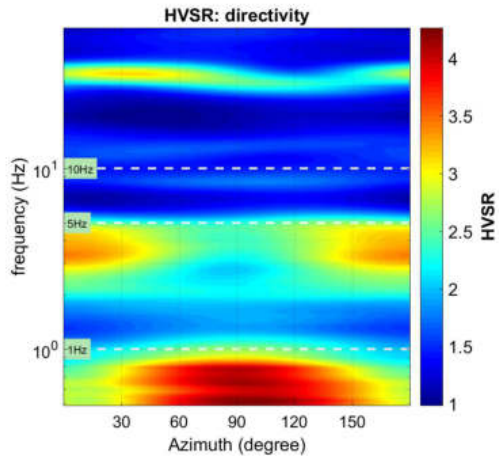
To model the HVSr (also jointly with MASW or ReMI/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve



Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio



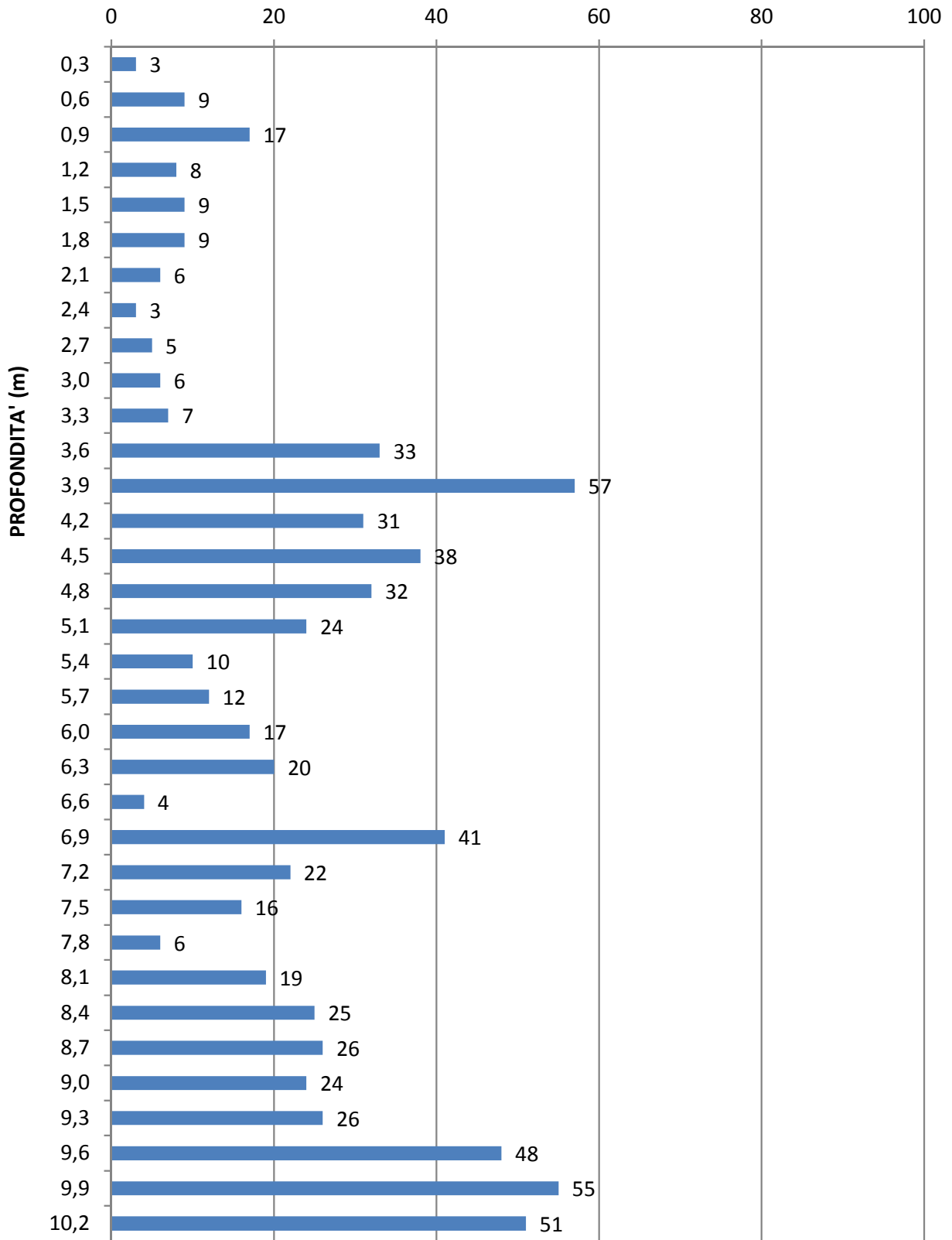
Directivity of the H/V Spectral Ratio



winMASW & HoliSurface - Surface Waves and Beyond

www.winmasw.com

P1 NR. COLPI



P2 NR. COLPI

