



Città
di Lucca

COMUNE DI LUCCA

Settore 5 Lavori Pubblici e Urbanistica
U.O.5.3 Strade – Progettazione

"REALIZZAZIONE DEL NUOVO ASSE SUBURBANO TRA LA ROTATORIA DI VIA DELL'ACQUACALDA E LA ROTATORIA DI VIALE CASTRACANI". CIG PADRE 85342004A1 CIG DERIVATO Z672F91228

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

PROGETTAZIONE: STUDIO ING. PAOLO EDOARDO GIUSTI

IL PROGETTISTA: Ing. Paolo Edoardo Giusti		RELAZIONI SPECIALISTICHE		
Collaborazione scientifica Prof. Ing. Antonio Pratelli		Relazione Geologica e Geotecnica: Geol. Alessandro Paoli		
Collaboratore Tecnico Ing. Michele Baldiati		Relazione impatto acustico Ing. Francesco Borchì - Vie en.ro.se. Ingegneria		
		Verifica assoggettabilità a VAS: Arch. Riccardo Luca Breschi		
PRIME INDICAZIONI PER I PIANI DI SICUREZZA: Ing. Paolo Edoardo Giusti				
VISTO: IL RUP Ing. Andrea Biggi		PROTOCOLLO	DATA: MARZO 2021	
STUDIO GENERALE GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO, SISMICO				
RELAZIONE GEOLOGICA A SUPPORTO DELLA VARIANTE AL RU				
CODICE ELABORATO SF_G_GE_3		NOME FILE SF_G_GE_3_REV5_Rel azione Geologica a supporto della Variante RU.pdf	REVISIONE 5	SCALA -
5	Integrazioni validazione progetto	02/09/2021		
4	Modificata intestazione progetto	08/07/2021		
3	Modificata classificazione strada	05/06/2021		
2	Modifiche non sostanziali	03/05/2021		
1	Modificata classificazione strada	07/04/2021		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO

Comune di Lucca

*Settore 05 – Lavori Pubblici, Urbanistica e Traffico
U.O. 5.4. Strumenti Urbanistici*



VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO

ai sensi dell'art.34 della LR 65/2014

*per il completamento dell'Asse Suburbano tra la rotatoria di Via
dell'Acquacalda e la rotatoria di Viale Castracani*



Relazione geologica	Elaborato
ai sensi dell'art.34 della LR 65/2014 (Varianti mediante approvazione del progetto)	4

Il Geologo

Dott. Alessandro Paoli



CITTA' DI LUCCA

RELAZIONE GEOLOGICA A SUPPORTO DELLA VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO VIGENTE PER IL COMPLETAMENTO NUOVO ASSE SUBURBANO TRA LA ROTATORIA DI VIA DELL'ACQUACALDA E LA ROTATORIA DI VIALE CASTRACANI

Relazione Tecnica

Luglio 2021

INDICE

1. - <i>PREMESSA E DATI DI PROGETTO</i>	3
2. - <i>OGGETTO DELLA VARIANTE</i>	4
3. - <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO</i>	6
3.1 – Inquadramento generale.....	6
3.2 – Inquadramento geologico e tettonico.....	7
3.3 – Lineamenti idrogeologici.....	8
4. - <i>RICOSTRUZIONE DEL MODELLO LITOSTRATIGRAFICO, GEOTECNICO E SISMICO DEI TERRENI</i>	8
5. - <i>VALUTAZIONI SISMICHE</i>	11
5.1 – Classificazione sismica del territorio comunale.....	11
5.2 – Categoria del suolo di fondazione.....	13
6. - <i>QUADRO CONOSCITIVO ESISTENTE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA</i>	13
6.1 – Pericolosità geologica-geomorfologica.....	13
6.2 – Pericolosità idraulica.....	14
6.3 – Pericolosità sismica.....	15
7. - <i>VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO</i>	18
8. - <i>FATTIBILITÀ DELLE OPERE</i>	21
8.1 – Criteri generali di fattibilità per gli aspetti geologici.....	21
8.2 – Criteri generali di fattibilità per gli aspetti idraulici.....	21
8.3 – Criteri generali di fattibilità per gli aspetti sismici.....	22

ALLEGATI

All. 1 : TABULATI E DIAGRAMMI DELLE INDAGINI DI RIFERIMENTO

FIGURE

<i>Fig. 1 – COROGRAFIA</i>	<i>(Scala 1 : 25000)</i>
<i>Fig. 2 – CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO</i>	<i>(Scala 1 : 10000)</i>
<i>Fig. 3 – PLANIMETRIA DELL'AREA E UBICAZIONE DELLE INDAGINI DI RIFERIMENTO</i>	<i>(Scala 1 : 6000)</i>
<i>Fig. 4 – SEZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</i>	<i>(Scala lunghezza 1:2000)</i>
	<i>(Scala altezza 1:200)</i>
<i>Fig. 5 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA</i>	<i>(Scala 1 : 5000)</i>
<i>Fig. 6 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA</i>	<i>(Scala 1 : 5000)</i>
<i>Fig. 7 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA</i>	<i>(Scala 1 : 5000)</i>

1. - PREMESSA E DATI DI PROGETTO

La seguente relazione geologico tecnica è stata redatta a supporto della variante al Regolamento Urbanistico vigente necessaria per la realizzazione dei lavori relativi al Completamento dell'Asse Suburbano compreso tra la rotatoria di via dell'Acquacalda e via Castracani.

In dettaglio suddetto rapporto tecnico viene redatto in ottemperanza della seguente disciplina attinente sia alle normative e vincoli presenti sul territorio, nonché alle normative in tema di pianificazione:

- Regolamento Urbanistico approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 19 del 15 marzo 2012;
- Piano Strutturale Comunale approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 39 del 24/04/2017;
- Decreto Ministeriale 17/01/2018 Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018” - Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019;
- D.P.G.R.T 9 luglio 2009, n. 36/R;
- Legge Regionale n. 41 del 24/07/2018 – Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla L.R. 80/2015 e alla L.R. 65/2014 e succ. modifiche e integrazioni;
- Piano Assetto Idrogeologico (PAI) “dissesti geomorfologici”, adottato con delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n. 20 del 20 dicembre 2019;
- Variante generale funzionale all'adeguamento del PAI del Fiume Serchio al Piano di gestione del rischio alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale” per la parte relativa alla pericolosità idraulica correlate misure di salvaguardia, ai sensi dell'art. 65 comma 7 del D.Lgs. 152/2006, adottata con Delibera n. 14 del 18 novembre 2019 dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di Bacino dell'Appennino settentrionale (adozione ai sensi dell'art. 66 e 68 del D.Lgs. 152/2006).
- L.R. 10 novembre 2014, n. 65 (Norme di Governo del Territorio);
- DPGR 30/01/2020 n. 5/R "Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche, pubblicato sul BURT Parte Prima n. 6 del 05/02/2020";
- Delibera di Giunta della Regione Toscana n. 31 del 20/01/2020 "Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche".

Nella presente relazione tecnica sono stati analizzati gli atti di pianificazione comunale vigenti conformandoli ai criteri dettati dal DPRG del 30 gennaio 2020 n. 5/R "Regolamento di attuazione dell'articolo 10 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche", sia in termini di pericolosità che di fattibilità.

In particolare per la definizione del quadro conoscitivo sono state analizzate le cartografie geologiche, idrogeologiche e sismiche degli strumenti urbanistici comunali.

2. - OGGETTO DELLA VARIANTE

Gli interventi in progetto hanno come obiettivo generale la riqualificazione, l'adeguamento e miglioramento prestazionale della viabilità e dei percorsi esistenti nella piana lucchese, al fine di perseguire il miglioramento dell'accessibilità alla città, ai servizi e alle attrezzature dei quartieri.

In particolare il progetto prevede la realizzazione di due nuovi tratti stradali che andranno a "ricucire" l'attuale viabilità esistente, completando un asse sub-urbano che interesserà una porzione est del territorio comunale, che consentirà di collegare gli assi viari in uscita dal centro cittadino in direzione Est con l'asse rappresentato dalla SS12 del Brennero e da qui proseguirà nella zona dell'Oltreserchio, grazie al progetto del nuovo Ponte sul F. Serchio già in fase di progettazione esecutiva da parte della Provincia di Lucca.

In dettaglio quindi la variante risulta necessaria al fine di completare l'asse sub-urbano, il cui progetto si comporrà di due tratti distinti:

- **Tratto A:** dalla rotatoria di Via dell'Acquacalda fino a Via SS. Annunziata attraverso la linea ferroviaria Lucca-Aulla mediante la realizzazione di un viadotto a quattro campate;
- **Tratto B:** dalla Via Vecchia Pesciatina fino alla rotatoria di Via Castracani.

Inoltre il progetto prevedrà la realizzazione anche di n. 2 rotatorie, di cui la prima all'intersezione con la Via S.S. Annunziata e via Martiri delle Foibe, mentre la seconda in corrispondenza della Via Vecchia Pesciatina.

Per maggiori dettagli circa il progetto in esame si rimanda agli elaborati progettuali e rapporti tecnici predisposti dai progettisti dell'opera (Ing. Paolo Edoardo Giusti, Prof. Ing. Antonio Pratelli e Ing. Michele Baldiati).

Nell'immagine di seguito riportata sono individuati i due tratti A e B di completamento dell'Asse sub-urbano con riferimento anche al complessivo sistema viario in cui questi si vanno ad innestare.



Imm. 1 – Individuazione su foto aerea dei tratti esistenti e di progetto dell'Asse Suburbano

La presente variante si è resa necessaria poiché per effetto delle limitazioni al Regolamento Urbanistico imposte dall'Art. 55, commi 5 e 6, della LR 01/2005, a far data dal 02/05/2017 sono decaduti i vincoli preordinati all'esproprio nonché la previsione stessa dell'asse suburbano non essendo stato approvato il progetto esecutivo dell'opera pubblica. La presente variante puntuale al R.U. riconferma pertanto la previsione decaduta e reitera i vincoli espropriativi, adattando e modificando in ampliamento, la dove necessario, la fascia di rispetto, in correlazione con l'effettivo sviluppo del tracciato stradale in progetto, il tutto finalizzato alla realizzazione dei tratti mancanti.

Dunque, premesso quanto sopra esposto, si evidenzia che la tipologia di variante non rientra nell'ambito di applicazione dell'Art. 3 comma 2 del DPGR 5R/2020; risulta pertanto necessario effettuare nuove “indagini” sotto il profilo geologico, i cui contenuti dovranno essere conformi a quanto indicato nell'Art. 2 del suddetto regolamento.

3. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.1 – Inquadramento generale

Le aree oggetto di variante ricadono nella porzione centro settentrionale della piana di Lucca, ed in particolare si collocano ad una distanza compresa tra circa 1,5-2,5 Km a nord-est rispetto al centro storico (v. FIG. 1 – COROGRAFIA).

La città di Lucca è situata nella porzione occidentale della stessa piana, la quale è solcata dal Fiume Serchio, ed è delimitata a nord dai monti denominati “Pizzorne”, costituenti i primi rilievi dell'Appennino Tosco-Emiliano. Sul lato nord-ovest ed ovest la piana di Lucca è delimitata dai “Monti di Oltreserchio”, che la separano dalla pianura costiera di Massaciuccoli, Torre del Lago, Viareggio, mentre a sud è delimitata dai Monti Pisani, che la separano dal Valdarno e dalla pianura pisana. Ad est la piana di Lucca è delimitata dai rilievi collinari di Porcari – Montecarlo e dalle colline delle Cerbaie, oltre la cittadina di Altopascio, che la separano dalla pianura del sistema Pescia – Nievole e dal Padule di Fucecchio. Nel settore di territorio compreso tra Altopascio ed i rilievi dei Monti Pisani è presente una zona pianeggiante che costituiva anticamente l'alveo del “Lago di Bientina”, attualmente bonificato. Attraverso quest'ultima pianura scorrono canali che drenano una parte delle acque della Piana di Lucca verso il Valdarno, sfociando poi nel Fiume Arno.

Il Fiume Serchio scorre all'interno di un alveo arginato e pensile nella porzione occidentale della pianura, sfociando nella zona di Migliarino – Marina di Vecchiano, dopo essere passato fra i Monti Pisani ed i Monti di Oltreserchio attraverso la soglia di Ripafratta – Filettole. La Città di Lucca, così come la zona oggetto di intervento, sono situate sulla sinistra idrografica del F. Serchio.

L'attuale conformazione geografica è rimasta sostanzialmente immutata nel corso del tempo a partire dal Pleistocene superiore (circa 126.000 anni) ad oggi, anche se si deve considerare che il corso del F. Serchio, anticamente non arginato e discretamente

ramificato nella piana alluvionale, ha subito molte modifiche per effetto dell'azione dell'uomo in epoca storica, così come l'antico "Lago di Bientina" e le zone palustri ad esso collegate, che sono state bonificate a più riprese nel corso del tempo.

3.2 – Inquadramento geologico e tettonico

Dal punto di vista geologico le aree interessate dalla presente variante si collocano nella piana costituita dall'affioramento di sedimenti alluvionali recenti ed attuali a composizione prevalente di limi sabbiosi (FIG. 2 – CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO).

L'attuale assetto del bacino del F. Serchio è il risultato di una tettonica polifasata, comprendente più fasi deformative di tipo compressivo, responsabili dell'impilamento delle unità tettoniche e del loro assetto strutturale, nonché di tipo distensivo che hanno determinato il formarsi di alti e bassi strutturali, di cui la depressione della Garfagnana, delimitata a est dalla dorsale appenninica e dal massiccio apuano ad ovest, è l'espressione più evidente.

Relativamente alla fase tettonica distensiva la maggior evidenza è rappresentata dalla stessa valle del F. Serchio, nel tratto a nord della confluenza del T. Lima fino circa all'altezza della Pania di Corfino che corrisponde, come è noto, alla zona più ribassata di una stretta depressione tettonica allungata in direzione NO-SE. Infatti un sistema di faglie appenniniche, fra loro parallele, immerge verso est e caratterizza il lato occidentale della depressione (costituendo anche il versante della valle stessa), mentre, sul lato orientale, si allinea con la stessa direzione una serie di faglie immergenti verso occidente. Tale depressione, interposta tra le strutture tettonicamente più sollevate dell'area apuana a ovest e della dorsale appenninica a oriente, fu descritta come una "*Graben*", impostato su una struttura sinclinale del substrato. La zona più ribassata della depressione, che in diverse porzioni contiene sedimenti del ciclo lacustre, appare confinata entro due fasci principali di faglie ad opposta immersione.

Pertanto l'origine della Pianura di Lucca, costituente un bacino intermontano, è da ricollegarsi allo sviluppo delle depressioni tettoniche che cominciarono a delinearsi nella struttura dell'Appennino Settentrionale a partire dal Miocene superiore. Tale depressione, corrispondente ad un'area tettonicamente subsidente, fu sede di sedimentazioni a partire dal Pliocene / Pleistocene inferiore, e costituisce il prolungamento verso SE del suddetto "*Graben*" del Serchio.

Dal punto di vista geologico stratigrafico la Piana di Lucca è caratterizzata dalla presenza di un orizzonte di ciottoli, ghiaie e sabbie di considerevole spessore, sede di una ricca falda idrica, depositato dal Fiume Serchio al disopra di più antichi sedimenti lacustri prevalentemente argillosi e argilloso-sabbiosi (Depositi del Ciclo Lacustre di Montecarlo – Villafranchiano) che affiorano e costituiscono a Nord i rilievi collinari di Monte San Quirico. Al disopra del livello prevalentemente ciottoloso vi è, in tutta la piana, una copertura di depositi alluvionali fini (sabbie, limi, argille) di spessore variabile ma generalmente crescente da nord verso sud. La granulometrica di tali depositi decresce

invece allontanandosi dall'asta del Serchio con aree prevalentemente limo sabbiose nella parte centro settentrionale della Piana ("Bellettone") e limo argillose con depositi d'ambiente palustre (torbe) nella zona centro meridionale (area del Bientina).

Per quanto attiene alle caratteristiche morfometriche la Pianura di Lucca è contraddistinta da un andamento pressoché pianeggiante (pendenza media pari allo 0.24%) con quote variabili fra 40 metri slm di Ponte a Moriano e i 10 metri delle aree più depresse. In dettaglio il lotto esaminato è pianeggiante e non interessato da fenomeni d'instabilità gravitativi potenziali o in atto.

In particolare il tracciato stradale nel tratto da via dell'Acquacalda a via S.S. Annunziata si sviluppa tra le quote di circa 22,0 metri e 19,8 metri, mentre nel tratto tra via Vecchia Pesciatina e via Castracani le quote sono comprese tra circa 17,9 metri e 17,2 metri.

3.3 – Lineamenti idrogeologici

La Piana di Lucca è sede di un importante acquifero che si localizza in corrispondenza dell'orizzonte ghiaioso-sabbioso, posto al disotto dell'orizzonte di copertura superficiale composto prevalentemente da limi, argille e sabbie prevalenti ("bellettone").

Sulla base dei dati ricavati dalla Relazione Geologica redatta dalla Dott.ssa Geol. Ilaria Nardi (ottobre 2014) si fa presente che nell'area l'acquifero principale è compreso fra circa 14-19 metri (porzione nord del tracciato) ad oltre 30 metri (porzione sud del tracciato) di profondità dal piano di campagna. Tale acquifero presenta le seguenti caratteristiche:

- Elevata permeabilità $K_{media} = 10^{-3} / 10^{-4} \text{ m/sec}$
- Elevata trasmissività $K_{media} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}_2/\text{sec}$

Sono comunque riscontrabili circolazioni idriche, anche se con minore rilevanza ed importanza, anche negli orizzonti più superficiali, soprattutto in corrispondenza dei livelli più permeabili (sabbie, sabbie-limose). A tale proposito le misure piezometriche ricavate da dati bibliografici a disposizione indicano delle soggiacenze di massima comprese tra circa 2,50-3,00 metri in corrispondenza del tratto del tracciato a nord e di 2,50-2,00 metri nel tratto a sud.

4. - RICOSTRUZIONE DEL MODELLO LITOSTRATIGRAFICO, GEOTECNICO E SISMICO DEI TERRENI

La ricostruzione del modello litostratigrafico del sottosuolo e la relativa parametrizzazione geomeccanica, nonché le caratteristiche sismostratigrafiche del sottosuolo, sono state desunte da dati ottenuti da indagini geognostiche e sismiche effettuate in occasione degli studi di Microzonazione Sismica di livello 1 a supporto del

Piano Strutturale Comunale e sulla base dei dati reperiti nella Relazione Geologica del 2004 redatta dal Dott. Geol. Ilaria Nardi.

In dettaglio per tale ricostruzione sono state analizzate le seguenti indagini a disposizione, la cui ubicazione è riportata nella FIG. 3 – PLANIMETRIA DELL'AREA E UBICAZIONE DELLE INDAGINI DI RIFERIMENTO costituite da:

- n. 6 pozzi a stratigrafia nota;
- n. 11 prove penetrometriche con modalità di avanzamento sia statico (CPT) che dinamico (SPT);
- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo;
- n. 5 misure di rumore (HVSr);
- n. 2 stese sismiche a rifrazione.

Nella FIG. 4 – SEZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA è riportato l'andamento litostratigrafico e i relativi rapporti geometrici dei veri orizzonti di terreno lungo lo sviluppo del tracciato.

Le elaborazioni delle indagini di riferimento hanno evidenziato che l'area di interesse può essere sostanzialmente rappresentata dalla sovrapposizione di tre orizzonti litotecnici composti da:

Un primo orizzonte più superficiale costituito da limi, limi argillosi e limi sabbiosi, comunemente denominato “bellettone”, che si caratterizza con profondità variabili lungo l'asse del tracciato stradale, passando da spessori di circa 1,0 metro (pozzo 178) a circa 8,0 metri (pozzo 139).

Un secondo orizzonte costituito da sabbie e sabbie ghiaiose presente dalla profondità di circa 1,0 metro (pozzo 178) sino ad oltre 30 metri (pozzo 330). Come evidenziato nella Fig. 4 il tetto di tale orizzonte si trova, lungo il tracciato, a profondità variabili; difatti in corrispondenza del tratto stradale da via dell'Acquacalda fino alla S.S. Annunziata il tetto dell'orizzonte è presente a profondità comprese tra 2,0 e 4,3 metri (le profondità maggiori si riscontrano in corrispondenza della zona dove verrà realizzato il cavalcavia circa 4,0-4,3 metri), mentre nel tratto compreso tra la via Vecchia Pesciatina e via Castracani la profondità del tetto è compresa tra circa 6,0-7,0 metri. Relativamente alla base dell'orizzonte si evidenzia che questa si approfondisce in modo relativamente regolare procedendo da nord verso sud.

Un terzo orizzonte che costituisce il substrato di argille limose talvolta debolmente sabbiose sovraconsolidate, di colore grigio azzurro, il cui tetto è rinvenuto dalla profondità di circa 13,2 metri fino ad oltre 30 metri (zona sud del tracciato stradale in progetto).

Relativamente alle caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'area di interesse questa è stata ricostruita sulla base di n. 5 misure di rumore HVSr a stazione singola, consistente nel calcolo del rapporto (indicato con H/V) della media delle componenti orizzontali

rispetto alla componente verticale dello spettro di Fourier del rumore ambientale; oltre a queste sono state considerate n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione con onde P e onde di taglio SH. Quest'ultima tecnica si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P o SH) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi posizionati in superficie lungo un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. I tempi di primo arrivo, correlati alle diverse distanze sorgente-ricevitore, permettono il calcolo delle geometrie del sottosuolo e delle velocità di propagazione delle onde sismiche.

In dettaglio, analizzando ed elaborando i dati, si evidenzia che in corrispondenza del tratto nord del tracciato si hanno le seguenti velocità delle onde sismiche di taglio SH distinte per i tre orizzonti sopra descritti:

Orizzonte 1	$V_s = 220-260$ m/s
Orizzonte 2	$V_s = 440-460$ m/s
Orizzonte 3	$V_s = 700-730$ m/s

Mentre nella porzione sud del tracciato si sono riscontrati i seguenti “range” di velocità delle onde sismiche:

Orizzonte 1	$V_s = 330-410$ m/s
Orizzonte 2	$V_s = 440-490$ m/s
Orizzonte 3	$V_s = 600$ m/s

Riassumendo la stratigrafia media riscontrata, comprensiva dei parametri geomeccanici medi nonché delle caratteristiche sismo-stratigrafiche desunte dalle indagini di riferimento, può essere riassunta e schematizzata così come riportato nella tabella sottostante:

DESCRIZIONE	PROFONDITÀ (m)	ϕ (°)	Cu (Kg/cm ²)	γ (t/m ³)	mv (cm ² /Kg)	Vs m/s
Limi, limi sabbiosi debolmente argillosi caratterizzati da uno stato di addensamento e consistenza da basso a medio	0,0 a 1,0-8,0	25-31	0,25-0,70	1,80	0,009 0,031	220-410
Ghiaie in matrice limoso sabbiosa prevalente con grado di addensamento da medio ad elevato	1,0-8,0 a 13,2 ad oltre 30,0	31-37	0,70-1,00	1,90	0,003 0,009	440-490
Argille limose talvolta debolmente sabbiose fortemente sovraconsolidate, di colore grigio-azzurro e grado di consistenza duro, con elevata resistenza a rottura, bassissima compressibilità, praticamente impermeabili	13,2 ad oltre 30,0 in poi	-	>3,0	2,20	<0,002	600-730

Dove:

ϕ è il valore medio dell'angolo di attrito medio espresso in gradi;

C_u è il valore medio della coesione non drenata espressa in Kg/cm²;

γ è il valore medio del peso di volume espresso in t/m³;

mv è il valore medio del coefficiente di compressibilità volumetrica espresso in cm²/Kg;

V_s è il valore medio della velocità sismica delle onde di taglio espressa in m/s.

5. - VALUTAZIONI SISMICHE

5.1 – Classificazione sismica del territorio comunale

Considerata la riclassificazione del territorio regionale approvata recentemente dal D.G.R. n. 421 del 2014 in sostituzione della DGR n. 878 del 08.10.2012 e a sua volta dalla D.G.R. n. 431 del 16.06.2006, il Comune di Lucca è stato riconfermato come sismico e in “zona 3”.

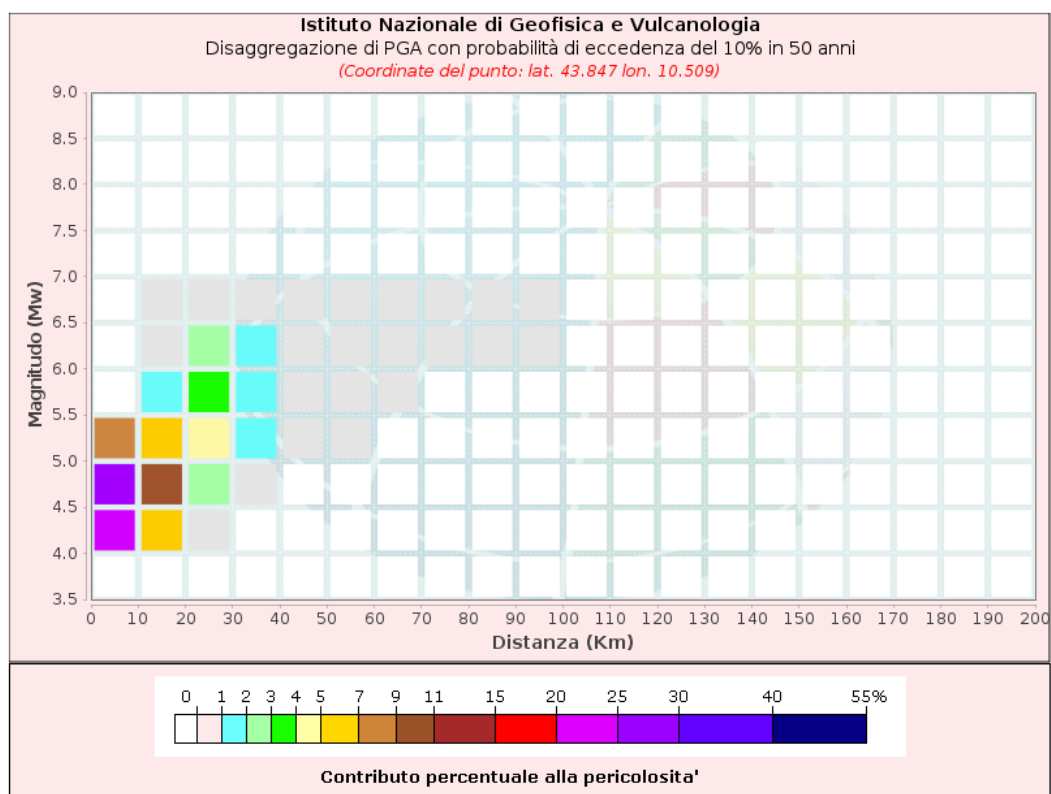
In conformità con il D.M 17 gennaio 2018 le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base, la quale è correlata alle caratteristiche del terreno di fondazione (categoria di suolo / risposta sismica locale), dalla tipologia dell'intervento e dalla localizzazione del sito.

In dettaglio la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita mediante un approccio “sito dipendente”: nello specifico, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra quattro punti della griglia di accelerazioni, e, tramite una media pesata, ad esso competerà uno specifico valore di accelerazione, il quale sarà funzione della tipologia della costruzione (vita di riferimento V_r) e dal tipo di verifica progettuale [Stati limite di Esercizio SLO (stato limite di operatività) e LSD (stato limite di danno) e Stati limite Ultimi SLV (stato limite di salvaguardia della vita) e SLC (stato limite di collasso)].

La mappa di pericolosità sismica per il territorio nazionale indica, con diversi colori, il valore di scuotimento (PGA – Peak Ground Acceleration – accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (Classe A, $V_{s30} > 800$ m/s) e pianeggiante.

Analizzando nel dettaglio il grafico di *disaggregazione della pericolosità sismica* che rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, questo permette di individuare, attraverso i parametri M (magnitudo) e R (distanza dell'epicentro), il sisma che contribuisce maggiormente alla pericolosità del sito.

Dal sito dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) si ottengono i seguenti dati relativi alla disaggregazione della pericolosità per l'area oggetto della presente variante:



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.847 lon. 10.509)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	21.4000	26.4000	8.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	5.2900	10.7000	6.5700	1.6100	0.9870	0.1310	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.3000	2.6600	4.0600	3.1000	2.2100	0.3360	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0731	1.0400	1.5400	1.3700	0.2430	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0917	0.5470	0.6610	0.1340	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.1240	0.2160	0.0511	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	0.0756	0.0226	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0227	0.0107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0043	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.9	12.1	1.09

Imm. 2 – Modello di pericolosità sismica - Disaggregazione

Dall'analisi del grafico si evidenzia che il contributo massimo alla pericolosità sismica per un tempo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza in 50 anni pari al 10%) deriva dall'accoppiamento magnitudo $M=4,5-5,0$ e distanza epicentrale $R=0,0-10,0$ Km, che corrisponde ad una percentuale del 26,4%. I valori medi indicano eventi con magnitudo $M=4,900$ e distanza epicentrale di 12,10 Km.

5.2 – Categoria del suolo di fondazione

Nel caso in esame la categoria di sottosuolo è stata ottenuta sulla base degli studi redatti in occasione della formazione del Piano Operativo Comunale, ed in particolare si è fatto riferimento alla Tav. QG 10 Centro – Carta delle categorie di sottosuolo, dalla quale si evidenzia che il tracciato risulta ricompreso nelle “**Aree con categoria di sottosuolo B** accertato tramite indagine sismica e presunto da dati stratigrafici”.

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.

6. – QUADRO CONOSCITIVO ESISTENTE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA

Il quadro di pericolosità geologica, idraulica e sismica che caratterizza le aree oggetto della presente variante viene determinato sulla base delle cartografie del Nuovo Piano Strutturale, approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 39 del 24/04/2017. A tal fine si è fatto riferimento anche alle condizioni di pericolosità geologica e idraulica riportate nella “Variante Straordinaria di Salvaguardia al Piano Strutturale”, approvata con Delibera del Consiglio Comunale n. 19 del 15 marzo 2012, mentre per le condizioni di pericolosità sismica si è fatto riferimento alla “Variante al RU per l'adeguamento alle norme della pericolosità Sismica ai sensi dell'art. 17 della L.R. n. 1/2005”, approvata con Delibera del Commissario Straordinario n. 69 del 15/05/2007.

6.1 – Pericolosità geologica-geomorfologica

Le aree oggetto di trasformazione (“Tratto A” e “Tratto B”) nella cartografia del Regolamento Urbanistico vigente ricadono in classe di Pericolosità 2l, definita come:

Pericolosità geologica: Classe 2l – Bassa. Corrisponde ad una situazione geologico-tecnica apparentemente stabile sulla quale tuttavia permangono alcuni dubbi, prevalentemente a carattere geotecnico in relazione alle opere edilizie che potranno essere realizzate nell'area stessa, che comunque potranno essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia, svolta anche in riferimento a fenomeni di ritiro e gonfiamento dei terreni superficiali a prevalente componente argillosa.

Il Nuovo Piano Strutturale classifica tali aree in Pericolosità G.1, definita come:

Pericolosità Geomorfologica G.1 – BASSA: Aree i cui processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

Con richiamo al Progetto di Piano – PAI “dissesti geomorfologici”, adottato con Delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n. 20 del 20 dicembre 2019, si evidenzia che le aree oggetto di intervento sono classificate come **P1 – Pericolosità geomorfologica bassa**. Nelle aree P1 sono da privilegiare le tipologie di intervento previste negli strumenti di governo del territorio che non determinano condizioni di instabilità e non modificano negativamente le condizioni e i processi geomorfologici dell'area e nelle zone potenzialmente interessate dagli interventi e dalle loro pertinenze (Art. 12 delle NTA del PAI).

In sintesi i fenomeni che possono influenzare la stabilità dell'opera sono nel caso specifico da ricollegarsi con la natura litologica, stratigrafica e con le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni di imposta delle fondazioni e dei rilevati stradali, che si può tradurre con una Classe di Pericolosità geologica G.1 in ottemperanza delle definizioni contenute nel DPGRT 5/R/2020 (vedi Fig. 5 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA):

Pericolosità geologica bassa (G.1): *aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.*

6.2 – Pericolosità idraulica

Le aree oggetto di trasformazione (“Tratto A” e Tratto B”) nella cartografia del Regolamento Urbanistico vigente ricadono in classe di Pericolosità 2i, definita come:

Pericolosità idraulica: Classe 2i – Bassa. Aree di pianura – prive di notizie storiche di precedenti inondazioni; con notizie storiche di ristagni con frequenza ricorrente o inferiore di classe I.

Il Nuovo Piano Strutturale classifica tali aree in Pericolosità I.2, definita come:

Pericolosità Idraulica I.2 – MEDIA: Aree a pericolosità idraulica moderata e Tr>200 anni.

Inoltre con riferimento alla Variante PAI Idraulica – Bacino del Serchio, (adottata con Delibera n. 14 del 18 novembre 2019 ai sensi dell'art. 66 e 68 del D.Lgs 152/2006 (“*Variante generale funzionale all'adeguamento del PAI del fiume Serchio al Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale*”) sono state introdotte per la parte idraulica le misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 65 comma 7 del D.Lgs 152/2006.

Nel dettaglio specifico si evidenzia che gli interventi si localizzano in aree caratterizzate da **Pericolosità da alluvione bassa – P1**, nelle quali sono consentiti gli

interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio idraulico (Art. 11 delle NTA del PGRA).

Pertanto in conformità con le condizioni di pericolosità idraulica che caratterizzano le aree oggetto di intervento, riassunte nel quadro conoscitivo sopra riportato, a tali aree di variante si può attribuire una Classe Pericolosità idraulica P1 in ottemperanza delle definizioni contenute nel DPGRT 5/R/2020 (vedi Fig. 6 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA):

Aree a pericolosità da alluvione rare o di estrema intensità (P1), come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.Lgs. 49/2020.

6.3 – Pericolosità sismica

Le aree oggetto di variante (“Tratto A” e Tratto B”) nella cartografia del Regolamento Urbanistico vigente ricadono in classe di Pericolosità 3t, definita come:

Pericolosità sismica: Classe 3t- MEDIA: “Aree non interessate da fenomeni attivi, suscettibili, per costituzione geologico-stratigrafica e/o morfologica (creste, cucuzzoli, bordi di terrazzo, zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse etc.), di subire fenomeni di moderata amplificazione della sollecitazione sismica di base, senza deformazioni permanenti del suolo, salvo modesti cedimenti differenziali al contatto tra litotipi di caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. Coefficiente amplificativo $S = 1.25$ (o superiore, in funzione della morfologia del sito e/o di valutazioni affinate degli effetti locali) secondo D.M. 14/09/05, Coefficiente di fondazione $\epsilon = 1.15$ per le categorie B,C, $\epsilon = 1.3$ solo per la categoria E (o superiori, in funzione della morfologia del sito e/o di valutazioni affinate degli effetti locali) secondo D.M. 16/01/96”.

Il Nuovo Piano Strutturale classifica tali aree in Pericolosità S2, definita come:

Pericolosità Sismica S2 – Bassa: Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).

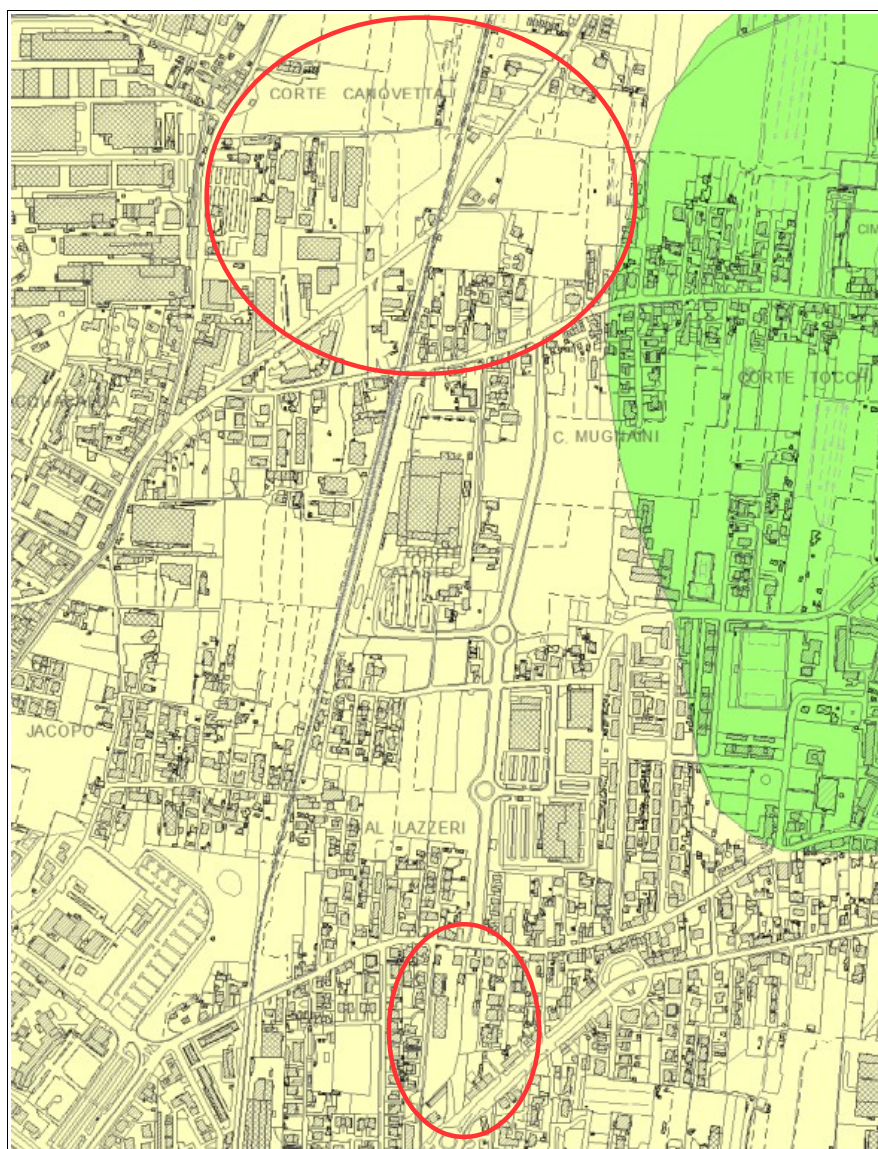
Il Piano Strutturale del Comune di Lucca è dotato di studi di microzonazione sismica di Livello 1, tra i cui elaborati prevede la realizzazione di una specifica cartografia delle “Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica” (MOPS).

In dettaglio tale carta differenzia il territorio nelle seguenti zone:

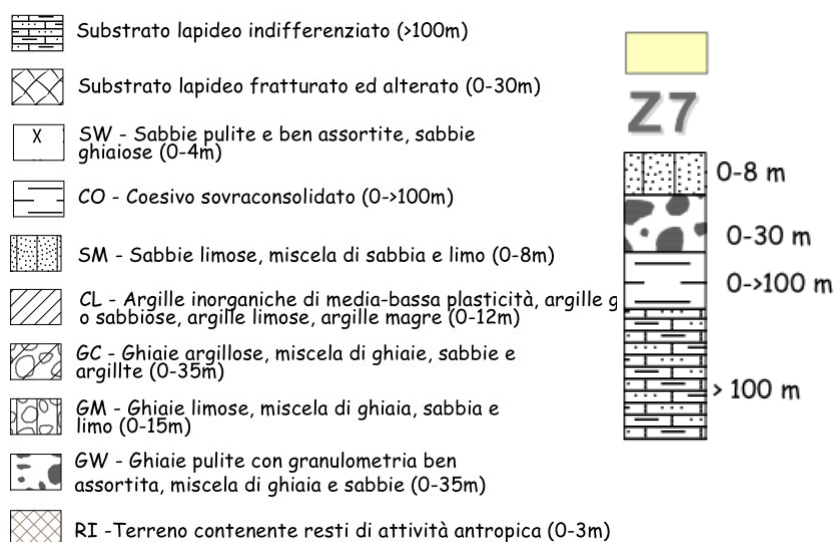
- Le zone stabili: zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;

- Le zone suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- Le zone suscettibili di instabilità: zone suscettibili di attivazione di fenomeni di deformazione permanente de territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

In dettaglio le aree oggetto di variante si collocano in una porzione di territorio classificato come “**zone stabili suscettibili di amplificazione stratigrafica**”. Di seguito si riporta un estratto della suddetta cartografia.



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA



Imm. 3 - Carta delle MOPS (Estratto PS) – fuori scala

Pertanto, in conformità con il quadro conoscitivo di cui sopra, alle aree di variante si può attribuire una Classe di Pericolosità sismica S.2 in ottemperanza alle definizioni contenute nel DPGRT 5/R/2020 (vedi Fig. 7 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA):

Pericolosità sismica locale media (S.2):

- *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz;*
- *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3.*

Si specifica che, per “alto contrasto di impedenza sismica”, sono da intendersi situazioni caratterizzate da rapporti tra le velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) del substrato sismico di riferimento e delle coperture sovrastanti – oppure all'interno delle coperture stesse – almeno pari a 2 metri, come stimato dalle indagini sismiche. In alternativa, la medesima situazione è individuabile mediante il valore relativo all'ampiezza di picco di frequenza fondamentale delle misure passive di rumore ambientale a stazione singola, che deve essere almeno pari a 3.

Si fa presente inoltre che, per “alcune decine di metri”, sono da intendersi spessori indicativamente intorno a 40 metri.

7. – VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Il **rischio sismico (R)** rappresenta la probabilità che si verifichino danni da un terremoto in un dato intervallo temporale, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle opere in progetto e della natura dei beni.

Per la valutazione della **pericolosità sismica (P)**, si è fatto riferimento alla pericolosità sismica di base di ciascuna area omogenea e agli studi di microzonazione sismica realizzati in occasione della redazione del Piano Strutturale.

Per la valutazione della **vulnerabilità sismica (V – propensione al danno dell'edificio)** e dell'**esposizione sismica (E – importanza degli elementi sul territorio)** si fa riferimento alle informazioni di natura statistica relative alle singole aree omogenee. Tali informazioni possono essere approfondite anche mediante specifici e ulteriori studi e censimenti che andranno ad integrare le conoscenze disponibili.

Per la valutazione dei parametri sopra specificati si è fatto riferimento all'Allegato A (Delibera n. 31 del 20/01/2020) del DPGRT 5/R/2020 “Criteri per la valutazione dei fattori di rischio sismico”.

In ottemperanza all'Allegato di cui sopra la **Classe di Pericolosità sismica** è ottenuta dalla combinazione della combinazione della Classe di Pericolosità di base (P) e l'Indice di Pericolosità Locale (I_{ploc}).

Per Classe Pericolosità di base (P) si intende l'accelerazione orizzontale massima del terreno in condizioni di suolo rigido pianeggiante (A_g), per tempo di ritorno pari a 475 anni, così come riportato nel paragrafo 3.2 delle NTA di cui al DM 14/01/2018. Sono state individuate 4 Classi di Pericolosità di Base in funzione di A_g significativi che individuano a partire dal valore di 0,150 g zone con pericolosità medio alta e medio bassa. In presenza di accelerazioni molto superiori ($>0,200$ g) o molto inferiori ($<0,125$ g) sono state individuate zone a pericolosità alta o bassa, come indicato nella Tab 1, riportata di seguito:

Tabella 1

Pericolosità sismica di base	Valori di A_g	Classe di Pericolosità (P)
alta	Superiori a 0,200g	4
medio-alta	Superiori a 0,150g e inferiori a 0,200g	3
medio-bassa	Superiori a 0,125g e inferiori o uguali a 0,150g	2
bassa	Inferiori o uguali a 0,125g	1

Nel caso specifico abbiamo una $A_{g475} = 0,132g$, pertanto si ricade in Pericolosità sismica di base medio bassa a cui corrisponde **P=2**.

L'Indice di Pericolosità Locale (I_{ploc}) viene definito sulla base degli studi di Microzonazione sismica, individuando 4 Indici di riferimento al tipo di effetto locale descritto, come indicato nella Tab. 2, riportata di seguito:

Tabella 2

Pericolosità sismica locale	Tipo di effetto locale	Indice di Pericolosità locale (I_{ploc})
molto elevata	Zone instabili (classe S4)	4
elevata	Zone stabili suscettibili di amplificazione con alto contrasto di impedenza sismica e altre tipologie di terreni (classe S3)	3
media	Zone stabili suscettibili di amplificazione (classe S2)	2
bassa	Zone stabili (classe S1)	1

Nel caso in esame, sulla base degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1, alle aree oggetto di variante è attribuita una classe di pericolosità S2 – Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S3), da cui ne consegue un Indice di Pericolosità sismica locale $I_{ploc} = 2$.

La **Classe di Pericolosità sismica (P)** assume valori compresi tra 1 e 4 ed è ottenuta dalla combinazione tra la Classe di Pericolosità di base (Tab. 1) e l'Indice di Pericolosità locale (Tab. 2), secondo le relazioni e la Tab. 3 sotto riportati:

$$IP = P + I_{ploc}$$

Tabella 3

Pericolosità sismica	Valore di IP	Classe di pericolosità (P_2)
alta	$IP \geq 6$	4
medio	$IP = 5$	3
medio-bassa	$IP = 4$	2
bassa	$IP \leq 3$	1

Pertanto applicando l'equazione di cui sopra si ottiene un $IP = 4$ da cui si ottiene, in base alla Tab. 3 la **Classe di Pericolosità sismica $P_2 = 2$** .

La **Classe di Vulnerabilità sismica (V)** assume valori compresi tra 1 e 4, derivanti dalla somma degli Indici dei vari fattori di vulnerabilità. Valori superiori a 4 sono da considerarsi equivalenti a 4. Nella Tab. 4 viene riportato lo schema per la determinazione delle varie Classi di Vulnerabilità sismica:

Tabella 4

Vulnerabilità sismica	Valore di I_v	Classe di Vulnerabilità (V)
alta	$I_v \geq 4$	4
medio	$I_v = 3$	3
medio-bassa	$I_v = 2$	2
bassa	$I_v \leq 1$	1

L'Indice di Vulnerabilità (I_v) viene determinato mediante la seguente equazione:

$$I_v = I_e + (I_t + I_a + I_u + I_s + I_c)$$

I_v = indice di vulnerabilità;

I_e = indice di epoca di costruzione;

I_t = indice di tipologia strutturale;

I_a = indice di altezza;

I_u = indice di vulnerabilità urbana;

I_s = indice di tipologia specialistica;

I_c = indice di classificazione sismica.

Tralasciando nel dettaglio le tabelle relative agli indici di cui sopra, che sono elaborate per determinare la vulnerabilità degli edifici, pur trattandosi di una infrastruttura stradale (rilevati stradali e cavalcavia) è stata comunque utilizzata la relazione di cui sopra, ricavando i seguenti valori: $I_e = 1$, $I_t = -1$, $I_a = 1$, $I_u = 0$, $I_s = 0$, $I_c = 0$. Pertanto si ottiene un $I_v = 1$, da cui si ricava secondo la Tab. 4, sopra riportata, la **Classe di Vulnerabilità sismica V=1**.

Per quanto attiene all'**Esposizione sismica (E)** questa è connessa con la natura, qualità e quantità dei beni esposti e esprime la possibilità di subire un danno economico e sociale, sia in termini di vite umane che in termini di beni esposti. A tale proposito, è stato ritenuto di dover attribuire un valore massimo, considerata l'importanza che assumerà tale viabilità. Pertanto è stato assunto **E = 4**.

Il **Rischio Sismico** si ricava dalla seguente espressione **IR = P + V + E**.

Pertanto sulla base delle elaborazioni e considerazioni di cui sopra avremo **IR = 2 + 1 + 4 = 7** e, in applicazione della Tab. 5, che viene riportata di seguito, otterremo una **Classe di Rischio Sismico pari a 2**.

Tabella 5

Vulnerabilità sismica	Valore di IR	Classe di Rischio
alta	$IR \geq 10$	4
medio-alta	$8 \leq IR < 10$	3
medio-bassa	$6 \leq IR < 8$	2
bassa	$IR < 6$	1

8. - FATTIBILITA' DELLE OPERE

Le condizioni di fattibilità delle opere in progetto è stata definita in ottemperanza del Regolamento Regionale 5/R/2020 e della relativa Deliberazione n. 31 del 20/01/2020 – Allegato – A, considerando le specifiche condizioni di pericolosità che caratterizzano le aree, così come riportato nel paragrafo § 6.

8.1 – Criteri generali di fattibilità per gli aspetti geologici

Ai sensi del paragrafo 3.2 (*Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici*) delle Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche di cui alla suddetta Deliberazione n. 31/2020, per la pericolosità geologica attribuita alle aree, sono individuate le seguenti condizioni e prescrizioni:

Pericolosità	Condizioni di attuazione	Approfondimenti geologici
G.1	Non è necessario dettare condizioni di attuazione dovute a limitazioni di carattere geologico	Sono richieste indagini geologiche e geotecniche da condursi ai sensi della normativa tecnica vigente (regolamento 36R/2009 e s.s.m.m.i.i.) sia nel caso di intervento diretto che di Piano Attuativo e di Piano Complesso di intervento, al fine di ricostruire il modello geotecnico del terreno, necessario alle verifiche richieste ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17.01.2018 e s.s.m.m.i.i.).

8.2 – Criteri generali di fattibilità per gli aspetti idraulici

Ai sensi del paragrafo 3.3 (*Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni*) delle Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche di cui alla suddetta Deliberazione n. 31/2020, l'attribuzione della fattibilità degli interventi è perseguita secondo quanto disposto dalla L.R. 41/2018, oltre quanto previsto dalla pianificazione di bacino.

Pericolosità	Condizioni di attuazione	Approfondimenti idraulici
P.1	La fattibilità degli interventi non è condizionata dalla L.R. 41/2018 alla realizzazione delle opere di cui all'art. 8, comma 1, ma comunque si prevede che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali, la gestione del rischio può essere perseguita attraverso misure da individuarsi secondo criteri di appropriatezza, coniugando benefici di natura economica, sociale ed ambientale, unitamente ai costi ed ai benefici.	Non sono richiesti specifici approfondimenti idraulici sulle aree di intervento. Si fa presente comunque che l'intero tracciato stradale dovrà essere progettato e realizzato in maniera tale da non interrompere la rete idraulica e colatoria esistente.

8.3 – Criteri generali di fattibilità per gli aspetti sismici

Ai sensi del paragrafo 3.6 (*Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici*) delle Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche di cui alla suddetta Deliberazione n. 31/2020, per la pericolosità sismica dell'area, sono individuate le seguenti condizioni e prescrizioni:

Pericolosità	Condizioni di attuazione	Approfondimenti sismici
S.2	Non è necessario indicare condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi. Limitatamente a quelle connesse con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1 herz, la fattibilità degli interventi tiene conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura.	Deve essere effettuata una specifica campagna di indagini geofisiche (quali, ad esempio, profili sismici a riflessione o rifrazione, prove sismiche in foro (downhole) e ove risultino significativi, profili MASW) in accordo con il DPGR 36R/2009, opportunamente tarate attraverso indagini dirette (prove penetrometriche o sondaggi geognostici da scegliere in funzione all'importanza dell'intervento da realizzare). Considerata l'importanza dell'opera, che prevede la realizzazione di un cavalcavia ferroviario, si suggerisce di condurre in fase di progettazione definitiva / esecutiva specifiche analisi di Risposta Sismica Locale (SRL).

Lucca, 08 luglio 2021

Ordine dei Geologi della Toscana n. 877
Dott. Geol. Alessandro Paoli

TABULATI E DIAGRAMMI DELLE INDAGINI DI RIFERIMENTO

record	80	Frazione	Località	Foglio CTR:
Tipo	Penetrometria	SS. Annunziata		261 110
Rif.	SL566	Gauss Boaga EST: 1 622 850	Gauss Boaga NORD: 4 857 430	Quota: p.c. 20.40
	Ditta esecutrice: Geoprobe	Anno di esecuzione: 1993	Profondità: 2.40	

Stratigrafia e parametri geotecnici									
da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	e	φ	γ	NSPT	mv
0.00	0.40	Terreno vegetale							
0.40	2.00	Limo argilloso	10		0.25	25			0.031
2.00	2.40	Ghiaie, sabbie e ciottoli	150			35			

Misure della falda dal p.c.

Note

Altri parametri	
Proprietario:	
Esecuzione:	
Uso:	
diámetro (mm):	
Copertura (m):	
Acquifero (m):	
T:	
S:	
K:	

record
Tipo
Rif.

103	Frazione	Località	Foglio CTR:
Pozzo	Acquacalda	c/o ditta Fleurlux	261 110
SL870	Gauss Boaga EST: 1 622 250	Gauss Boaga NORD: 4 857 670	Quota: p.c. 22.32
Ditta esecutrice: Palmiro Scardigli	Anno di esecuzione: 1994	Profondità: 22.00	

Stratigrafia e parametri geotecnici

da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	c	φ	γ	NSPT	mv
0.00	2.00	Terreno vegetale							
2.00	5.20	Limi sabbiosi ed argillosi con ciottoli							
5.20	7.50	Sabbie grossolane con ciottoli							
7.50	13.50	Ghiaie e ciottoli con sabbia							
13.50	17.50	Ghiaie e sabbie in matrice argillosa							
17.50	22.00	Argille azzurre							

Misure della falda dal p.c.

08/08/95	5.41	Off
03/10/95	6.27	Off

Note

Altri parametri

Proprietario:	Avvisare Sig. Cocchi
Esecuzione:	Percussione
Uso:	Industriale
diámetro (mm):	273
Copertura (m):	5.00
Acquifero (m):	18.00
T:	9.20E-02
S:	
K:	1.90E-03

record
Tipo
Rif.

101	Frazione	Località	Foglio CTR:
Pozzo	Acquacalda	c/o ditta SASE	261 110
SL844	Gauss Boaga EST: 1 622 500	Gauss Boaga NORD: 4 857 895	Quota: p.c. 21.60
Ditta esecutrice:		Anno di esecuzione:	Profondità: 18.00

Stratigrafia e parametri geotecnici

da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	e	ϕ	γ	NSPT	mv
0.00	0.70	Materiale di riporto							
0.70	3.50	Limi sabbiosi							
3.50	17.00	Sabbie, ghiaie e ciottoli							
17.00	18.00	Argille azzurre							

Misure della falda dal p.c.

Note

Altri parametri

Proprietario:	SASE
Esecuzione:	Percussione
Uso:	Industriale
diámetro (mm):	275
Copertura (m):	4.00
Acquifero (m):	17.00
T:	1.00E-02
S:	
K:	

record
Tipo
Rif.

489	Frazione	Località	Foglio CTR:
Penetrometria	S. Marco	Corte Natta	261 110
C 173 Pt	Gauss Boaga EST: 1 622 460	Gauss Boaga NORD: 4 857 095	Quota: p.c. 19.10
Ditta esecutrice:	Geoprobe	Anno di esecuzione: 1996	Profondità: 2.60

Stratigrafia e parametri geotecnici

da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	c	φ	γ	NSPT	mv
0.00	0.40	Terreno vegetale limo argilloso	12						
0.40	1.00	Limi argillosi	27			27		0.009	
1.00	2.40	Limi argillosi con orizzonti sabbiosi limosi	16		0.76	26		0.016	
2.40	2.60	Ghiaie e sabbie	250			35		0.004	

Misure della falda dal p.c.

25/05/96	4.10	Off
----------	------	-----

Note

Altri parametri

Proprietario:	
Esecuzione:	
Uso:	
diámetro (mm):	
Copertura (m):	
Acquifero (m):	
T:	
S:	
K:	

record
Tipo
Rif.

178	Frazione	Località	Foglio CTR:
Pozzo	S. Marco	Via del Brennero	281 110
N 721	Gauss Boaga EST: 1 622 070	Gauss Boaga NORD: 4 857 850	Quota: p.c. 21.67
Ditta esecutrice:		Anno di esecuzione:	Profondità: 17.00

Stratigrafia e parametri geotecnici

da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	c	φ	γ	NSPT	mw
0.00	1.00	Terreno agrario e/o di riporto							
1.00	13.20	Ghiaia e sabbia							
13.20	17.00	Argilla grigia compatta							

Misure della falda dal p.c.

15/11/84	4.80	Off
15/02/89	6.60	Off
15/05/89	5.80	Off
04/01/91	3.60	Off
05/03/91	4.34	Off
07/05/91	3.93	Off
30/07/91	4.86	Off
07/11/91	3.38	Off
03/10/95	4.50	Off
15/02/96	3.29	Off
05/09/96	4.75	Off
19/02/97	3.70	Off

Note

Altri parametri

Proprietario:	Tipografia Buccella
Esecuzione:	Percussione
Uso:	Sconosciuto
diámetro (mm):	400
Copertura (m):	1.00
Acquifero (m):	13.00
T:	8.45E-02

record
Tipo
Rif.

504	Frazione	Località	Foglio CTR:
Penetrometria	SS. Annunziata	Via delle SS. Annunziata	251 110
Bartolini 1	Gauss Boaga EST: 1 622 915	Gauss Boaga NORD: 4 857 350	Quota: p.c. 20.70
Ditta esecutrice:	Giammattei & Rossi	Anno di esecuzione: 1994	Profondità: 2.00

Stratigrafia e parametri geotecnici

da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	e	φ	γ	NSPT	mv
0.00	1.00	Limi e limi argillosi di media consistenza	10		0.45		1.85		0.026
1.00	1.80	Sabbie e ghiaie mediamente addensate con rare intercalazioni di sabbie limo	40				29	1.85	0.008
1.80	2.00	Ghiaie e sabbie fortemente adensate	205				35	1.85	0.001

Misure della falda dal p.c.

24/11/94	2.20	Off
----------	------	-----

Note

Altri parametri

Proprietario:	
Esecuzione:	
Uso:	
diámetro (mm):	
Copertura (m):	
Acquifero (m):	
T:	
S:	
K:	

record
Tipo
Rif.

73	Frazione	Località	Foglio CTR:
Penetrometria	S. Marco	Via dell'Acquacalda	261 110
SL485	Gauss Boaga EST: 1 622 170	Gauss Boaga NORD: 4 857 160	Quota: p.c. 20.90
Ditta esecutrice: Geoprobe	Anno di esecuzione: 1992	Profondità: 2.80	

Stratigrafia e parametri geotecnici

da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	e	φ	γ	NSPT	mv
0.00	0.40	Terreno vegetale							
0.40	1.00	Limi e limi sabbiosi							
1.00	2.20	Sabbie e sabbie limose	9		0.45				0.031
2.20	2.50	Sabbie addensate	17			30			0.025
2.50	2.80	Ghiaie e ciottoli	78			32			0.009
			170			38			0.004

Misure della falda dal p.c.

Note

Altri parametri

Proprietario:	
Esecuzione:	
Uso:	
diámetro (mm):	
Copertura (m):	
Acquifero (m):	
T:	
S:	
K:	

record
Tipo
Rif.

74	Frazione	Località	Foglio CTR:
Penetrometria	S. Pietro a Vico	Cianciano	261 110
SL491	Gauss Boaga EST: 1 622 835	Gauss Boaga NORD: 4 858 125	Quota: p.c. 21.90
Ditta esecutrice: Geoprobe		Anno di esecuzione: 1992	Profondità: 4.20

Stratigrafia e parametri geotecnici

ds:	a:	descrizione:	Rp	Rd	c	ϕ	γ	NSPT	mv
0.00	0.60	Terreno vegetale limoso argilloso sabbioso							
0.60	4.00	Limi, limi argilloso sabbiosi con sottili livelli di sabbie e sabbie limose	10		0.3	26			0.027
4.00	4.20	Sabbie, ghiaie e ciottoli	280			35			0.004

Misure della falda dal p.c.

Note

Altri parametri

Proprietario:	
Esecuzione:	
Uso:	
diámetro (mm):	
Copertura (m):	
Acquifero (m):	
T:	
S:	
K:	

record
Tipo
Ril.

79	Frazione	Località	Foglio CTR:
Penetrometria	SS. Annunziata		251 110
SL565	Gauss Boaga EST: 1 623 305	Gauss Boaga NORD: 4 857 345	Quota: p.c. 19.50
Ditta esecutrice: Geoprobe	Anno di esecuzione: 1993	Profondità: 2.60	

Stratigrafia e parametri geotecnici									
da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	e	ϕ	γ	NSPT	mv
0.00	0.40	Terreno vegetale							
0.40	2.20	Limo argilloso							
2.20	2.60	Ghiaie sabbie e ciottoli	17	0.7					0.015
			220	37					0.004

Misure della falda dal p.c.

Note

Altri parametri	
Proprietario:	
Esecuzione:	
Uso:	
diametro (mm):	
Copertura (m):	
Acquifero (m):	
T:	
S:	
IC:	

record
Tipo
Rif.

131	Frazione	Località	Foglio CTR:
Pazzo	S. Vito	Viale Corsica	261 110
N 327	Gauss Boaga EST: 1 622 840	Gauss Boaga NORD: 4 856 780	Quota: p.c. 19.00
Ditta esecutrice:		Anno di esecuzione:	Profondità: 21.00

Stratigrafia e parametri geotecnici

da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	e	q	γ	NSPT	mv
0.00	3.00	Limi e limi sabbiosi							
3.00	6.00	Argille limose							
6.00	7.00	Ghiaie e sabbie							
7.00	10.00	Limi sabbiosi e sabbie limosa							
10.00	19.00	Ghiaie e sabbie							
19.00	21.00	Limi sabbiose e sabbie limose							

Misure della falda dal p.c.

15/11/75	2.78	Off
15/11/84	1.48	Off
18/09/87	3.13	Off
09/10/87	2.81	Off
24/01/89	5.26	Off
09/02/89	5.24	Off
07/05/89	3.91	Off
21/11/89	4.00	Off
12/04/90	5.45	Off
02/05/90	4.31	Off
23/05/90	3.60	Off
23/11/90	4.14	Off
26/11/90	3.24	Off
14/06/91	3.24	Off
15/11/91	1.74	Off
22/04/92	3.85	Off
30/12/92	2.18	Off
13/08/93	5.06	Off
03/01/94	3.28	Off
28/08/94	5.91	On
07/01/95	3.27	Off
06/09/95	3.33	Off
06/09/95	4.07	On
15/02/96	1.63	Off
15/02/96	2.26	On
12/09/96	4.35	On
19/02/97	2.11	Off
19/02/97	2.76	On

Note

Attenzione: la misura viene effettuata da un tubicino di ispezione che cambia di volta in volta; riportare pertanto il dato al punto di riferimento e cioè la bocca del pozzo.

Altri parametri

Proprietario:	GEAL
Esecuzione:	Percussione
Uso:	Idropotabile
diametro (mm):	250
Copertura (m):	6.00
Acquifero (m):	
T:	2.00E-02

record
Tipo
Rif.

139	Frazione	Località	Foglio CTR:
Pazzo	S. Vito	Via Giorgini	261 110
N 371	Gauss Boaga EST: 1 623 165	Gauss Boaga NORD: 4 856 750	Quota: p.c. 19.00
Ditta esecutrice:		Anno di esecuzione:	Profondità: 26.00

Stratigrafia e parametri geotecnici

da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	e	φ	γ	NSPT	mv
0.00	8.00	Argille limose e limi argillosi con lenti di sabbie limose							
8.00	11.00	Ghiaia e sabbia							
11.00	12.00	Sabbie limose e limi sabbiosi							
12.00	14.00	Ghiaia e sabbia							
14.00	15.00	Sabbie limose e limi sabbiosi							
15.00	17.00	Argille limose							
17.00	20.00	Ghiaia e sabbia							
20.00	23.00	Limi sabbiosi e sabbie limose							
23.00	26.00	Ghiaia e sabbia							

Misure della falda dal p.c.

15/11/84	1.40	Off
21/09/87	3.62	Off
10/10/87	3.70	Off

Note

Altri parametri

Proprietario:	GEAL
Esecuzione:	Percussione
Uso:	Idropotabile
diámetro (mm):	
Copertura (m):	8.00
Acquifero (m):	
T:	5.54E-02
S:	
K:	

record
Tipo
Rif.

512	Frazione	Località	Foglio CTR:
Penetrometria	SS. Annunziata	Via della SS. Annunziata	261 110
Blerna 7	Gauss Boaga EST: 1 622 920	Gauss Boaga NORD: 4 857 320	Quota: p.c. 20.20
Ditta esecutrice:	Giammattei & Rossi	Anno di esecuzione: 1994	Profondità: 4.80

Stratigrafia e parametri geotecnici

da:	a:	descrizione:	Rp	Rd	c	ϕ	γ	NSPT	mv
0.00	1.20	Argille limoso sabbiose di media consistenza							
1.20	1.80	Sabbie limo argillose e sabbie sciolte	10		0.5		1.85		0.022
1.80	2.20	Argille e limi di media consistenza	12				26 1.85		0.026
2.20	2.60	Sabbie e sabbie ghiaiose con intercalazioni di limi sabbiosi	15		0.67		0.94		0.02
2.60	3.00	Limi sabbiosi	70			32	1		0.04
3.00	4.80	Sabbie sabbie ghiaiose addensate	16		0.7		0.9		0.019
			30			30	0.9		0.01

Misure della falda dal p.c.

24/11/94	2.00	Off

Note

Altri parametri

Proprietario:	
Esecuzione:	
Uso:	
diametro (mm):	
Copertura (m):	
Acquifero (m):	
T:	
S:	
K:	

Sistema di foro: **Carotaggio continuo**

Quota: **22 m s.l.m.**Ditta esecutrice: **Ichnogeo**

Sondatore: **Sig. Angelo Biagio**

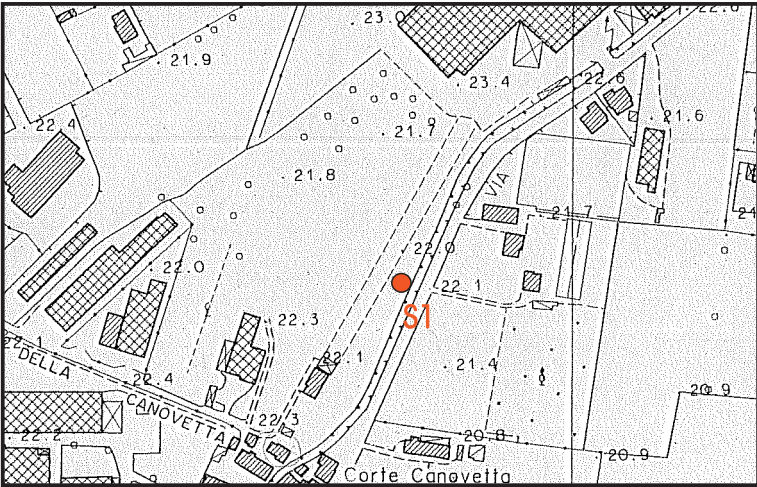
Geologo di cantiere: **Dr. G. Matraia**

Diametro foro (mm)	Carotiere	Velocità di avanzamento	Rivestimento	Manovre	CAROTAGGIO % recupero	Campioni	Quota campioni (m)	Quota assoluta	Profondità dal p.c. (m)	Spessore strato m)	Scala riferimento (m)	STRATIGRAFIA	Falda acquifera	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	PROVE IN SITU	RQD	Scala riferimento (m)			
															Profondità dal p.c.	Pocket penetrometer (Kg/cm²)	Vane test (Kg/cm²)	Numero colpi S.P.T.	RQD	Scala riferimento (m)
101	Semplice	A-C		1.5		C1	2.5			3.8	1			Sabbia limosa/con limo nocciola.				1		
				2.5			3.1	2		2		2								
			3.0	3.1	3			3		3										
		B-D	3.8	4.5	4.5			18.2	3.8		4				4.0 P.C.	21/24/30		4		
				6.0	6.0					5				5						
				7.5	7.5					6				6						
				8.0						7				7.5 P.C.	Rx13cm		7			
				9.0	9.0					8				8						
				10.0						9				9						
				10.5	10.5			10.5		10				10.5 P.C.	45/Rx7cm		10			
										11				11						
				12.0	12.0					12				12						
				13.5	13.5					13					39/Rx5cm		13			
										14				13.5 P.C.			14			
							15.0				7.0	15.0		15			Sabbia limosa nocciola e ghiaia. La ghiaia è sia arrotondata che angolare prevalentemente arenacea.			

CAMPIONI INDISTURBATI:		Velocità di avanzamento:
Shelby	Denison	B = bassa
		M = media
Osterberg	Percussione	A = alta
		C = continua
Mazier	Disturbato	D = discontinua
		Carotiere:
		S = semplice
		WL=Wire Line
		T6=Carotiere doppio
		T6S=Carotiere doppio
		Corona:
		D = diamante
		V = vidia

MISURA FALDA ACQUIFERA (m. dal p.c.)			
Data	Prof. foro	Quota rivest.	Liv. acqua
01/07/10			- 3.70

- Piezometro 14 m



Committente : Comune di Lucca
Località: S. Pietro a Vico - LU

Data: 6/5/2010
File: ps1005061

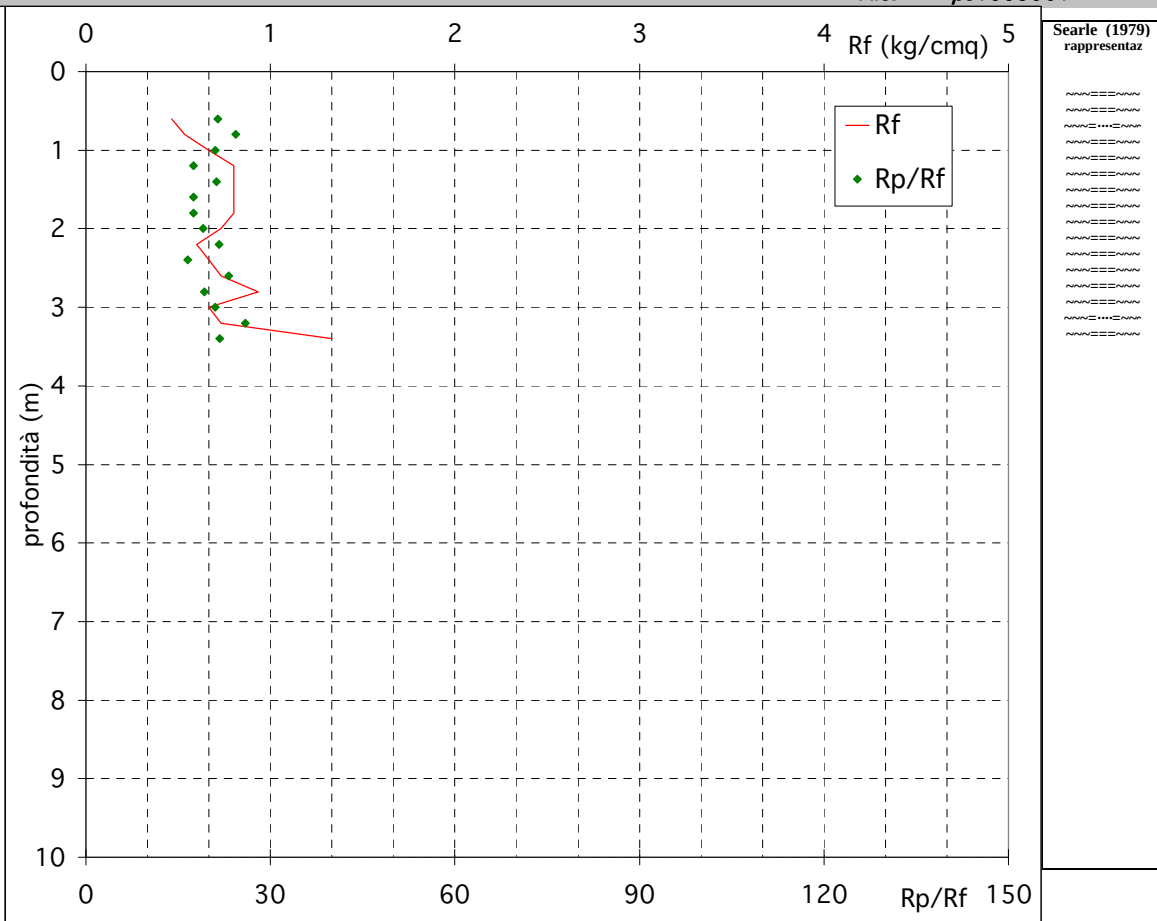
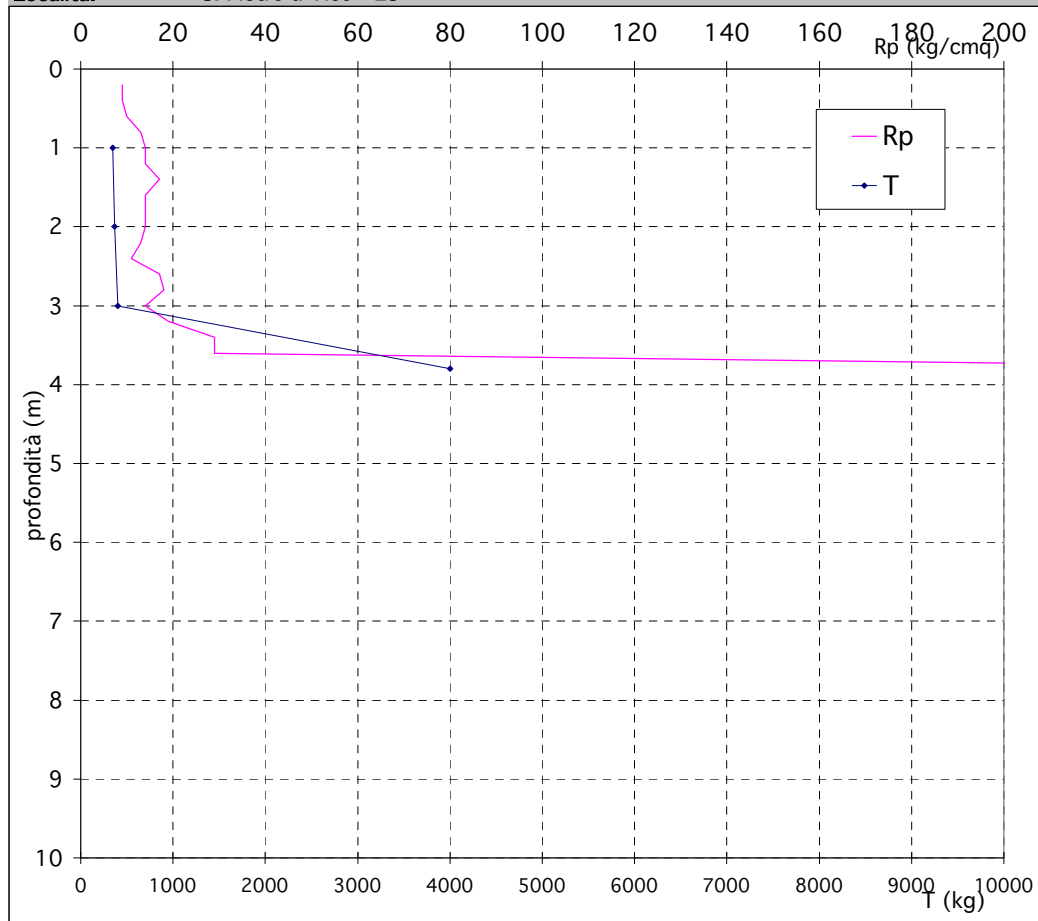
Quota:	p.c.	Livello della falda:					Parametri meccanici del terreno							
Letture di campagna				Valori derivati			(Searle 1979)				(Begemann 1968)			
profond.	A	B	T	Rp	Rf	Rp/Rf	φ	Dr	Cu	mv	φ	Dr	Cu	mv
0.2	90			9										
0.4	90			9	0.4	22.5	--	--	0.4	0.028	--	--	0.5	0.028
0.6	100	160		10	0.5	21.4	--	--	0.4	0.025	--	--	0.5	0.025
0.8	130	200		13	0.5	24.4	25.7	30%	--	0.019	--	--	0.7	0.019
1	140	220	350	14	0.7	21.0	--	--	0.6	0.018	--	--	0.7	0.018
1.2	140	240		14	0.8	17.5	--	--	0.6	0.018	--	--	0.7	0.018
1.4	170	290		17	0.8	21.3	--	--	0.7	0.015	--	--	0.9	0.015
1.6	140	260		14	0.8	17.5	--	--	0.6	0.018	--	--	0.7	0.018
1.8	140	260		14	0.8	17.5	--	--	0.6	0.018	--	--	0.7	0.018
2	140	260	370	14	0.7	19.1	--	--	0.6	0.018	--	--	0.7	0.018
2.2	130	240		13	0.6	21.7	--	--	0.5	0.019	--	--	0.7	0.019
2.4	110	200		11	0.7	16.5	--	--	0.4	0.023	--	--	0.6	0.023
2.6	170	270		17	0.7	23.2	--	--	0.7	0.015	--	--	0.9	0.015
2.8	180	290		18	0.9	19.3	--	--	0.7	0.014	--	--	0.9	0.014
3	140	280	400	14	0.7	21.0	--	--	0.6	0.018	--	--	0.7	0.018
3.2	190	290		19	0.7	25.9	25.9	39%	--	0.013	--	--	0.8	0.013
3.4	290	400		29	1.3	21.8	--	--	1.2	0.011	--	--	1.5	0.011
3.6	290	490		29										
3.8	3000		4000	300										

Prova approfondita con penetrometro dinamico pesante tipo DPSH

GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Committente : Comune di Lucca
Località: S. Pietro a Vico - LU

Data: 6/5/2010
File: ps1005061



Searle (1979)
rappresentaz

Committente : Comune di Lucca
Località: S. Pietro a Vico - LU

Data: 6/5/2010
File: ps1005062

Piezometro -3.00 m sotto p.c.

Quota:	p.c.	Livello della falda: assente					Parametri meccanici del terreno							
Letture di campagna				Valori derivati			(Searle 1979)				(Begemann 1968)			
profond.	A	B	T	Rp	Rf	Rp/Rf	φ	Dr	Cu	mv	φ	Dr	Cu	mv
0.2	90			9										
0.4	90			9	0.3	27.0	25.6	24%	--	0.028	--	--	0.4	0.028
0.6	90	140		9	0.3	27.0	25.6	24%	--	0.028	--	--	0.4	0.028
0.8	110	160		11	0.5	23.6	25.5	27%	--	0.023	--	--	0.6	0.023
1	110	180	290	11	0.5	20.6	--	--	0.4	0.023	--	--	0.6	0.023
1.2	100	180		10	0.3	30.0	26.2	25%	--	0.025	25.5	25%	--	0.025
1.4	160	210		16	0.7	21.8	--	--	0.6	0.016	--	--	0.8	0.016
1.6	150	260		15	0.8	18.8	--	--	0.6	0.017	--	--	0.8	0.017
1.8	170	290		17	0.7	25.5	25.9	36%	--	0.015	--	--	0.7	0.015
2	120	220	520	12	0.9	12.9	--	--	0.6	0.024	--	--	0.8	0.024
2.2	140	280		14	0.6	23.3	--	--	0.6	0.018	--	--	0.7	0.018
2.4	150	240		15	0.8	18.8	--	--	0.6	0.017	--	--	0.8	0.017
2.6	190	310		19	0.9	21.9	--	--	0.8	0.013	--	--	1.0	0.013
2.8	250	380		25	1.1	23.4	--	--	1.0	0.013	--	--	1.3	0.013
3	360	520	830	36										
3.2	800			80										

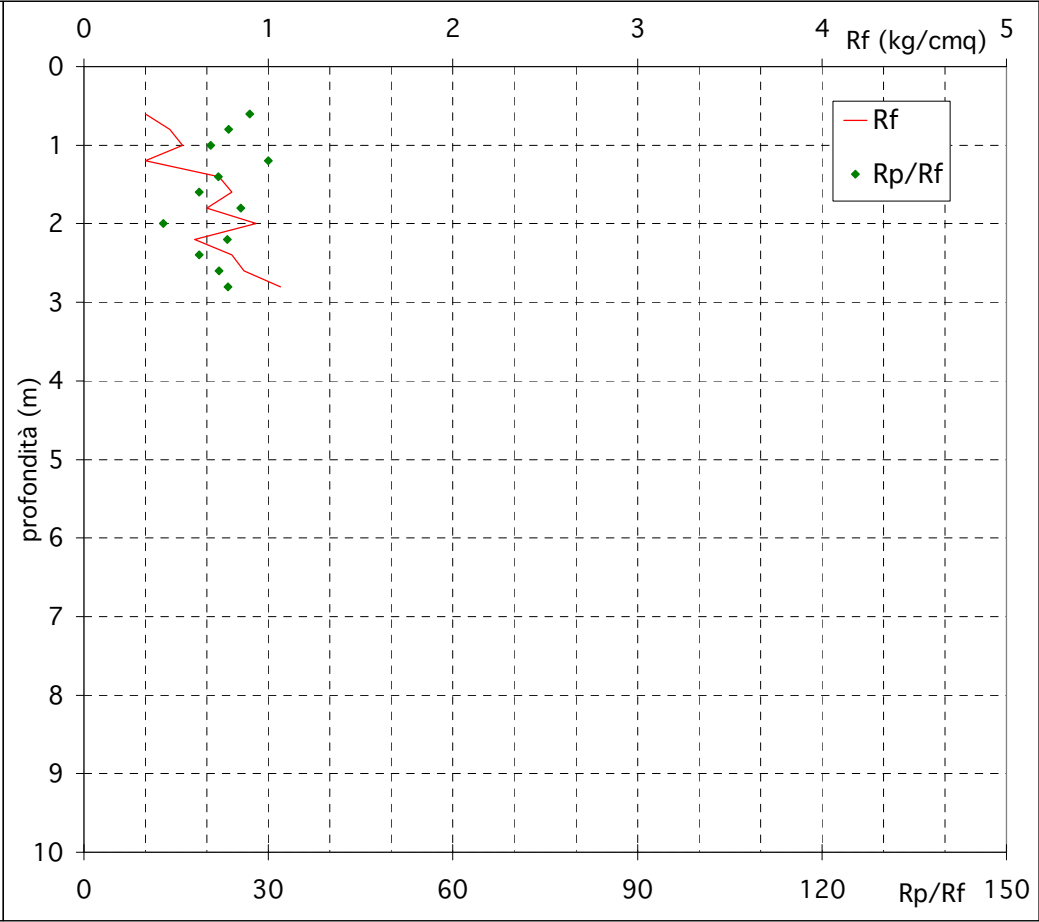
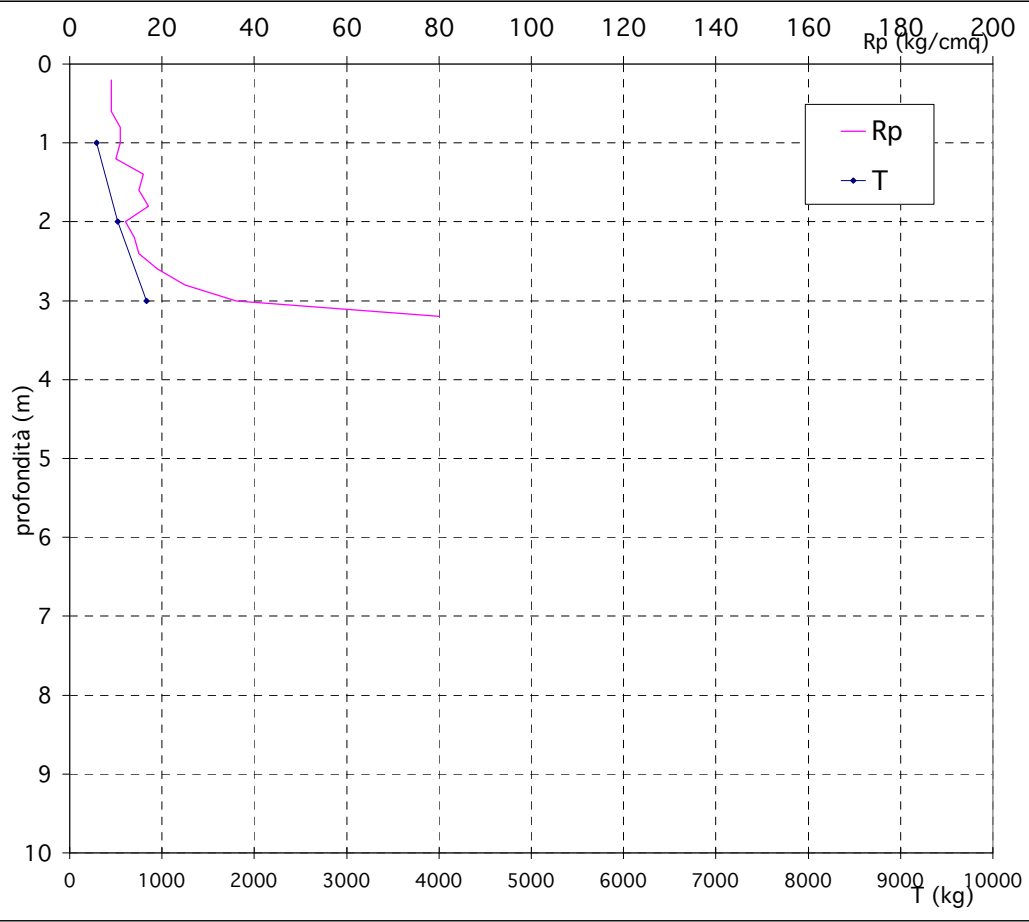
Prova approfondita con penetrometro dinamico pesante tipo DPSH

Committente : Comune di Lucca

Località: S. Pietro a Vico - LU

Data: 6/5/2010

File: ps1005062



Searle (1979) rappresentaz

Prova penetrometrica N° 1

Committente : Comune di Lucca Data: 05/06/09
 Località: Stadio comunale Porta Elisa

Quota: p.c.

Livello della falda:

Letture di camp.			Valori derivati				
profond.	N ₂₀	N _{riv}	R _d	N ₂₀ *	R _d *	β	N _{spt}
0,2	13		139,91	13	139,91	2,12	27
0,4	3		32,29	3	32,29	2,12	6
0,6	1		10,76	1	10,76	2,12	2
0,8	7		75,34	7	75,34	2,12	14
1	4		39,53	4	39,53	2,12	8
1,2	3		29,65	3	29,65	2,12	6
1,4	2		19,77	2	19,77	2,12	4
1,6	1		9,88	1	9,88	2,12	2
1,8	1		9,88	1	9,88	2,12	2
2	2		18,27	2	18,27	2,12	4
2,2	1,5		13,70	2	13,70	2,12	3
2,4	1,5		13,70	2	13,70	2,12	3
2,6	1		9,14	1	9,14	2,12	2
2,8	1		9,14	1	9,14	2,12	2
3	2		16,99	2	16,99	2,12	4
3,2	4		33,98	4	33,98	2,12	8
3,4	3		25,48	3	25,48	2,12	6
3,6	12		101,94	12	101,94	2,12	25
3,8	19		161,40	19	161,40	2,12	40
4	16		127,00	16	127,00	2,12	33
4,2	13		103,19	13	103,19	2,12	27
4,4	9		71,44	9	71,44	2,12	19
4,6	13		103,19	13	103,19	2,12	27
4,8	18		142,88	18	142,88	2,12	38
5	18		134,08	18	134,08	2,12	38
5,2	14		104,28	14	104,28	2,12	29
5,4	13		96,83	13	96,83	2,12	27
5,6	7		52,14	7	52,14	2,12	14
5,8	8		59,59	8	59,59	2,12	16
6	7		49,12	7	49,12	2,12	14
6,2	8		56,13	8	56,13	2,12	16
6,4	6		42,10	6	42,10	2,12	12
6,6	5		35,08	5	35,08	2,12	10
6,8	5		35,08	5	35,08	2,12	10
7	4		26,53	4	26,53	2,12	8
7,2	11		72,95	11	72,95	2,12	23
7,4	10		66,32	10	66,32	2,12	21
7,6	11		72,95	11	72,95	2,12	23
7,8	13		86,22	13	86,22	2,12	27
8	14		88,02	14	88,02	2,12	29
8,2	15		94,31	15	94,31	2,12	31
8,4	14		88,02	14	88,02	2,12	29
8,6	17		106,88	17	106,88	2,12	36
8,8	18		113,17	18	113,17	2,12	38
9	18		107,58	18	107,58	2,12	38
9,2	18		107,58	18	107,58	2,12	38
9,4	21		125,51	21	125,51	2,12	44
9,6	17		101,60	17	101,60	2,12	36
9,8	19		113,56	19	113,56	2,12	40
10	16		91,12	16	91,12	2,12	33

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geo. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 1

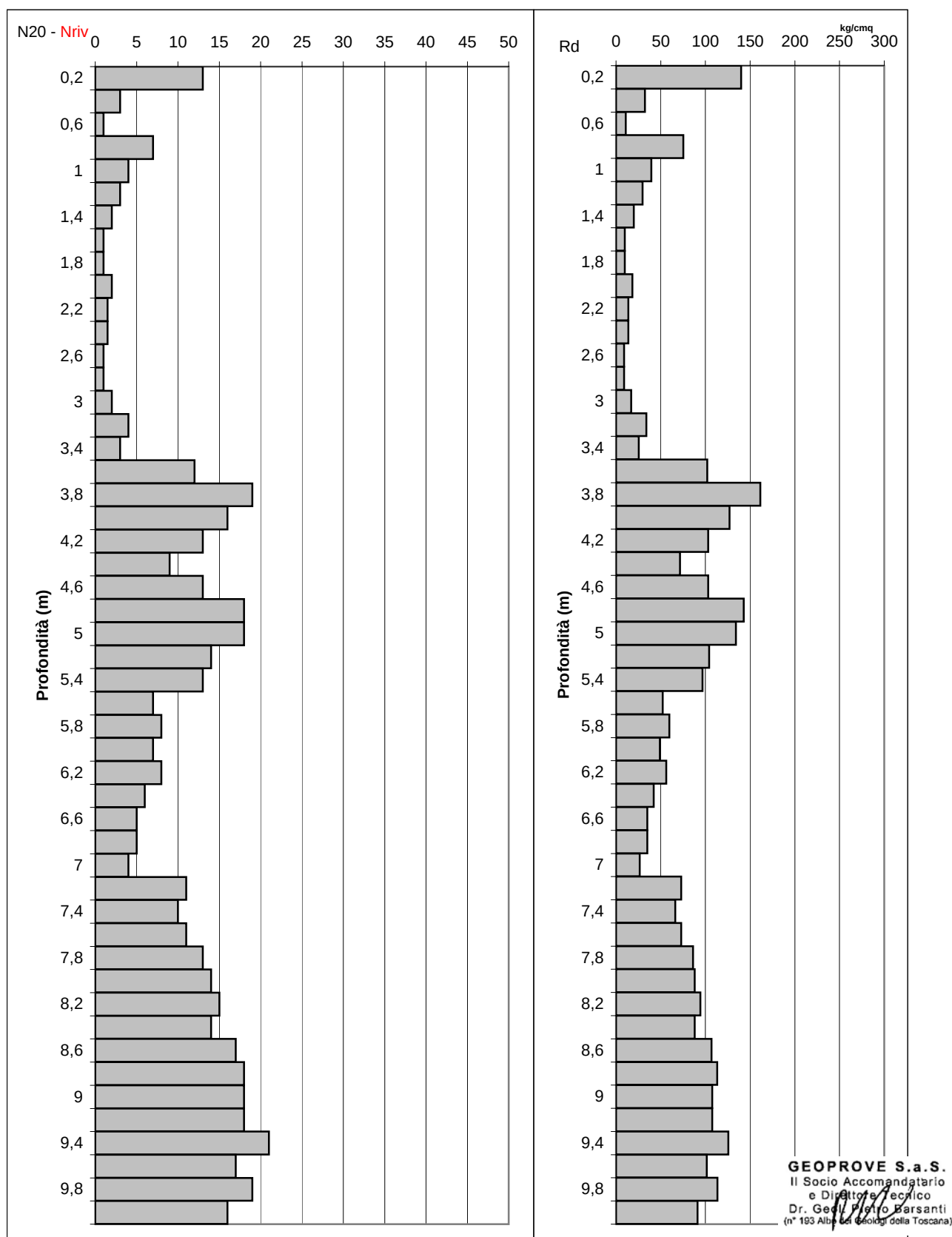
Committente : Comune di Lucca Data: 05/06/09
Località: Stadio comunale Porta Elisa

Letture di camp.		Valori derivati					
profond.	N ₂₀	Nriv	Rd	N ₂₀ *	Rd*	β	Nspt
10,2	14		79,73	14	79,73	2,12	29
10,4	12		68,34	12	68,34	2,12	25
10,6	12		68,34	12	68,34	2,12	25
10,8	12		68,34	12	68,34	2,12	25
11	10		54,39	10	54,39	2,12	21
11,2	13		70,71	13	70,71	2,12	27
11,4	6		32,64	6	32,64	2,12	12
11,6	32		174,05	32	174,05	2,12	67
11,8	36		195,81	36	195,81	2,12	76
12	34		176,97	0	0,00	2,12	0

GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Gedi Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 1

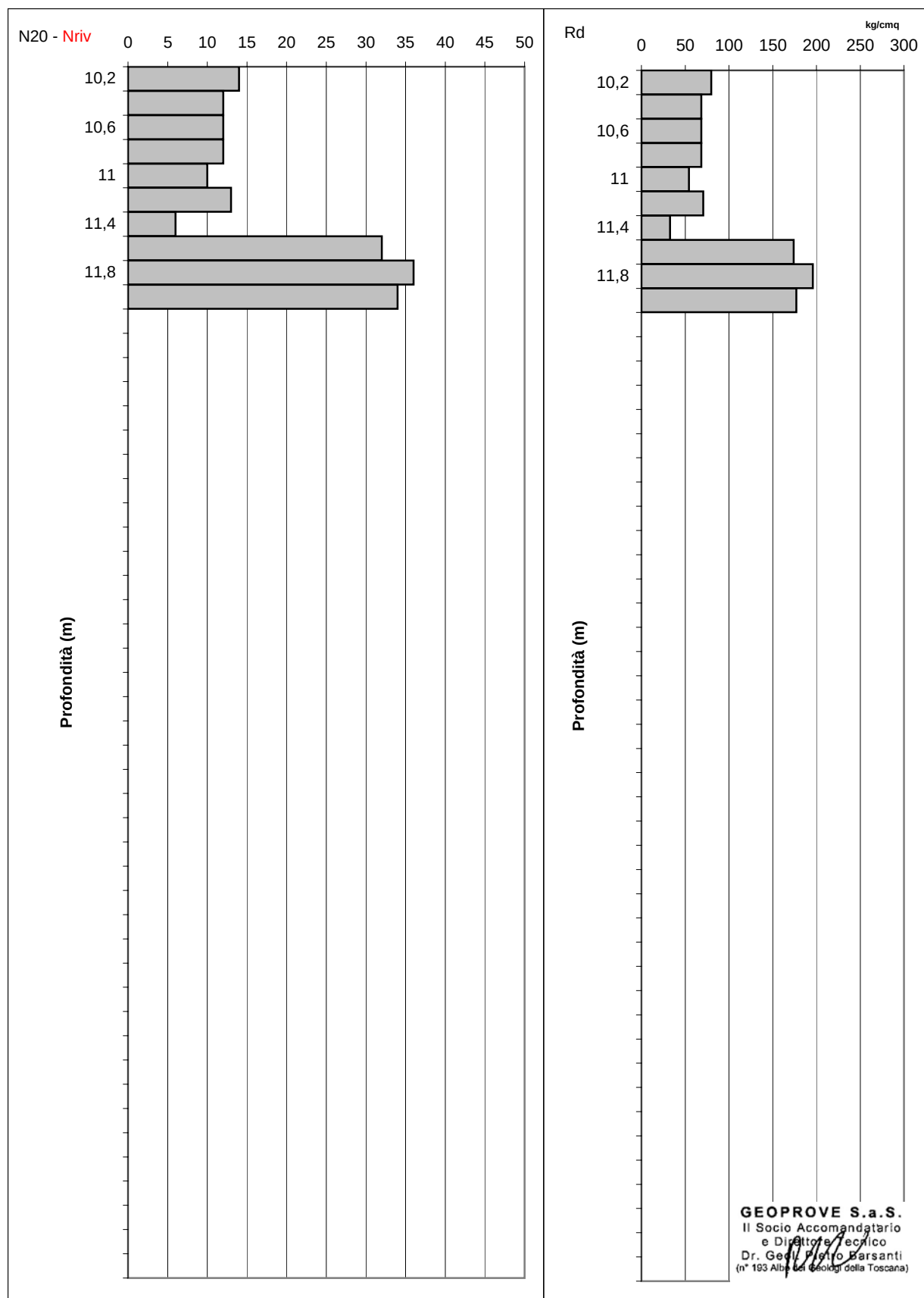
Committente :	Comune di Lucca	Data:	05/06/2009
Località:	Stadio comunale Porta Elisa	File:	pdp090605



Prova penetrometrica N° 1

Committente : Comune di Lucca
Località: Stadio comunale Porta Elisa

Data: 05/06/2009
File: pdp090605



Prova n. : 1D
 Località : Lucca - Stadio Comunale
 q.ta inizio (m) : p.c.

Data: 29/09/99
 riferimento: ComLu990929
 quota falda d.p.c. (m) :

letture di campagna		elaborazione		
(m)	N _{r20}	Rd	β	N _{SPR}
0,2	6	64,57	2,12	13
0,4	10	107,62	2,12	21
0,6	9	96,86	2,12	19
0,8	7	75,34	2,12	15
1	18	193,72	2,12	38
1,2	20	215,24	2,12	42
1,4	4	43,05	2,12	8
1,6	5	53,81	2,12	11
1,8	5	53,81	2,12	11
2	5	49,41	2,12	11
2,2	5	49,41	2,12	11
2,4	4	39,57	2,12	8
2,6	3	29,65	2,12	6
2,8	4	39,53	2,12	8
3	25	247,07	2,12	53
3,2	38	375,55	2,12	81
3,4	47	464,50	2,12	100
3,6	40	395,32	2,12	85
3,8	35	345,90	2,12	74
4	33	301,51	2,12	70
4,2	18	164,46	2,12	38
4,4	27	246,69	2,12	57
4,6	11	100,50	2,12	23
4,8	15	137,05	2,12	32
5	13	118,77	2,12	28
5,2	8	73,09	2,12	17
5,4	6	54,82	2,12	13
5,6	5	45,68	2,12	11
5,8	4	36,55	2,12	8
6	6	50,97	2,12	13
6,2	10	84,95	2,12	21
6,4	9	76,45	2,12	19
6,6	9	76,45	2,12	19
6,8	11	93,44	2,12	23
7	17	144,41	2,12	36
7,2	21	178,39	2,12	45
7,4	28	237,86	2,12	59
7,6	30	254,85	2,12	64
7,8	27	229,36	2,12	57
8	21	166,69	2,12	45
8,2	18	142,88	2,12	38

Prova n. : **ID**
 Località : **Lucca - Stadio Comunale**
 q.ta inizio (m) : **p.c.**

Data: **29/09/99**
 riferimento: **ComLu990929**
 quota falda d.p.c. (m) :



Dati generali

Dati generali

Scheda n° 158

Tipo: Comune:
 Frazione: Località:
 Esecutore: Anno:

Riferimenti geografici

Est: Nord: Quota:

☒ vecchio
☒ nuovo

Note:

Le misure di falda (vedi altri dati) sono riferite
 al Pozzo (Dati Nolledi)

- ☐ ☒ Archivio Barsanti, Sani & Sani
☐ ☒ Archivio Nolledi
☐ ☐ Altri
☐ ☐ Geoprove
☐ ☐ Geoser
☐ ☐ Rapporti Fiume Falda
☐ ☐ Velocità di flusso

cancellare: ☐rivedere: ☐

Rif. Profondità:

Stratigrafia

Profondità	Descrizione
0.0	1.0 Riporto
1.0	3.0 Limi, limi argillosi più o meno sabbiosi
3.0	3.4 Argille limose più o meno sabbiose con rari ci
3.4	4.3 Ghiaie in abbondante matrice sabbiosa
4.3	13.2 Ciottoli ghiaie e sabbie con intercalazioni sabb

Valori riferiti al p.c.

Lit. sup.

Filtri

☐ Sond ☐ Pen ☐ Pozzi ☐ Piez ☐ Perm ☐ Gran ☐ Idrom

per tipo

☐ Alt ☐ Cap ☐ Lucca ☐ Mbn ☐ Por

per Comune

Annulla Filtri

Altri dati

☐ Vai a menù principale

Record: di 575

Dati generali

Dati generali

Scheda n° 254

Tipo: Comune:
 Frazione: Località:
 Esecutore: Anno:

Riferimenti geografici

Est: Nord: Quota:

☐ vecchio
☒ nuovo

Note:

Pozzo eseguito per il disinquinamento della falda in seguito a sversamento di percloroetilene

- ☐ ☐ Archivio Barsanti, Sani & Sani
☐ ☒ Archivio Nollodi
☐ ☐ Altri
☐ ☐ Geoprobe
☐ ☐ Geoser
☐ ☐ Rapporti Fiume Falda
☐ ☐ Velocità di flusso

cancellare: ☐rivedere: ☐

Rif. Profondità:

Stratigrafia

Profondità	Descrizione
0.0	0.5 Riporto
0.5	1.0 Sabbia limoso argillosa marrone
1.0	2.0 Sabbia limosa marrone
2.0	3.2 Ghiaia in matrice limoso sabbiosa
3.2	4.0 Sabbia grossolana con ghiaia
4.0	5.0 Ghiaia e sabbia grossolana
5.0	8.0 Ghiaia grossolana con matrice sabbioso ghiaia
8.0	11.0 Ghiaia grossolana con matrice sabbioso limoso
11.0	13.0 Ghiaia grossolana con sabbia
13.0	15.0 Ghiaia grossolana
15.0	19.0 Ghiaia media e grossolana in matrice sabbiosa
19.0	21.0 Ghiaia grossolana e sabbia
21.0	21.6 Ghiaia in matrice sabbioso-limosa

Valori riferiti al p.c.

Lit. sup.

Filtri

Gond Pen Pozzi Piez Perm Gran Idrom



per Comune



Annulla Filtri

Altri dati

Vai a menù principale

Record: di 575

Dati generali

Dati generali

Scheda n° 255

Tipo: Comune:
 Frazione: Località:
 Esecutore: Anno:

Riferimenti geografici

Est: Nord: Quota:

☐ vecchio
☒ nuovo

Note:

Prelevati campioni ogni 50 cm

- ☐ ☐ Archivio Barsanti, Sani & Sani
☐ ☒ Archivio Nollodi
☐ ☐ Altri
☐ ☐ Geoprobe
☐ ☐ Geoser
☐ ☐ Rapporti Fiume Falda
☐ ☒ Velocità di flusso

cancellare: ☐rivedere: ☐Rif. Profondità:

Stratigrafia

Profondità		Descrizione
0.0	1.6	Limo sabbioso e sabbia limosa debolmente ar
1.6	2.0	Ghiaietta con sabbia in matrice limosa
2.0	2.8	Sabbie grossolane prevalenti con rari ciottoliet
2.8	3.8	Ghiaietta con sabbia in matrice limosa
3.8	6.0	Ghiaie prevalenti con sabbia e scarsa matrice

Valori riferiti al p.c.

Lit. sup.

Filtri

per tipo

Sond. Pen. Pozzi. Piez. Perm. Gran. Idrom.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

per Comune

Alt. Cap. Lucca. Mbn. Por.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Annulla Filtri

Altri dati

Vai a menù principale

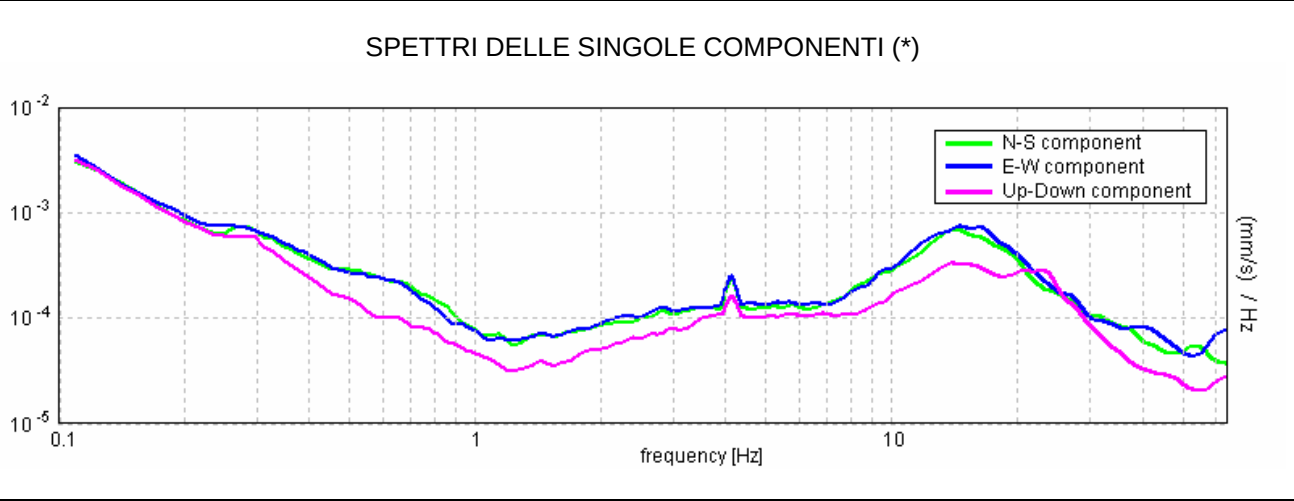
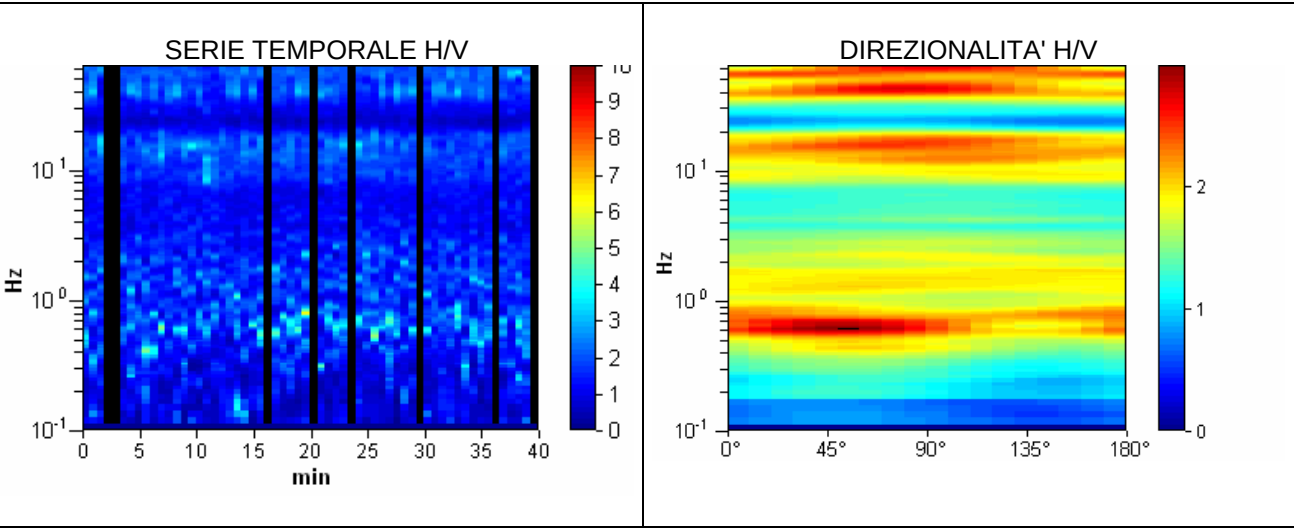
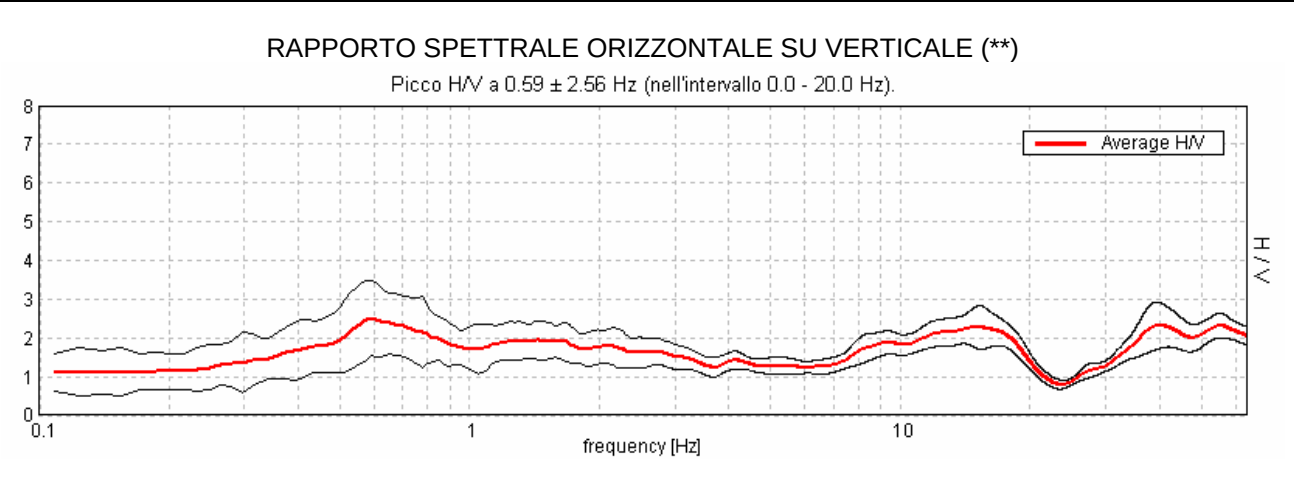
Record: di 575

LUCCA COMUNE, S.MARCO
Coordinate (WGS84): N 43,85063°; E 10,52038°

TR085

Strumento: TRZ-0101/01-10
Inizio registrazione: 29/07/14 09:21:56
Fine registrazione: 29/07/14 10:01:56

Durata registrazione: 0h40'00".
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 40 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 5% (*) e 10% (**)
Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)
Condizioni meteo: nuvoloso, brezza leggera
Tipo di superficie: terreno naturale
Disturbi:alcuni transienti e rari artefatti



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 0.59 ± 2.56 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).			
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.59 > 0.25	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1235.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 58	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.50 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12386 < 0.15$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.26104 < 0.28906$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4838 < 2.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V ^{(2) (3)}

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)
1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.
Eccezione: nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

Classe B (H/V da "interpretare": *va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine*)
Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: *non va utilizzata*)
1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:
Tipo 1: H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)
Tipo 2: H/V senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: *assenza di risonanza*)

NOTE
Possibilità di risonanza del sottosuolo anche a circa 15 Hz

(1)- SESAME Project (2004) - *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation*, WP12, deliverable no. D23.12
(2)- Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2011): *The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the April 6, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake*. Boll. Geofis.Teor. Appl., 52 (3), 513-538.
(3) – Albarello D. & Castellaro S. (2011) - *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. Supplemento alla rivista *Ingegneria sismica* Anno XXVIII, n. 2-2011.

LUCCA COMUNE, SAN MARCO

Coordinate (WGS84): N 43,85601°; E 10,51949°

TR102

Strumento: TRZ-0101/01-10

Inizio registrazione: 27/11/14 15:23:55

Fine registrazione: 27/11/14 16:03:56

Durata registrazione: 0h40'00".

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 55 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 5% (*) e 10% (**)

Analizzato 84% tracciato (selezione manuale)

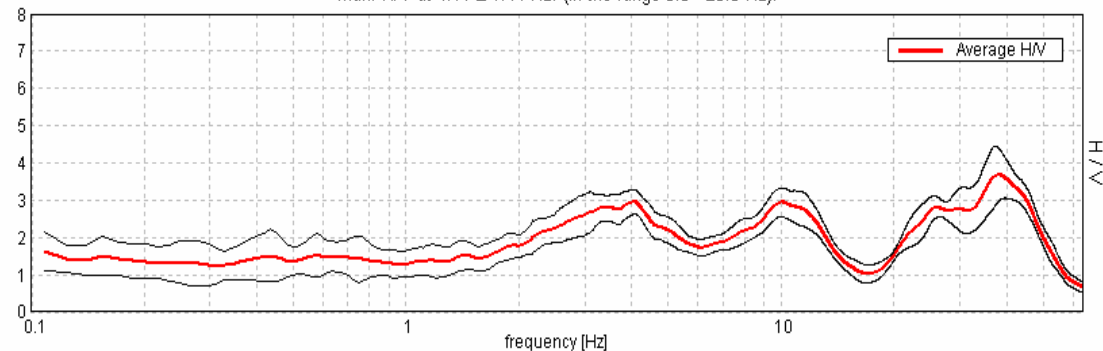
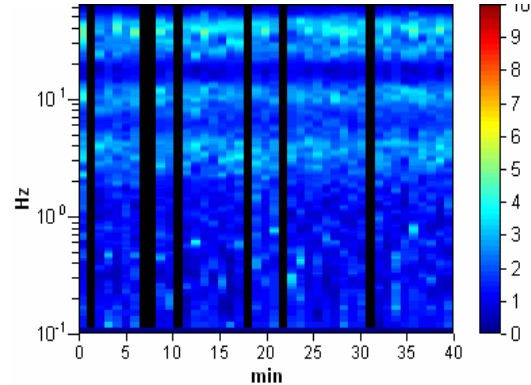
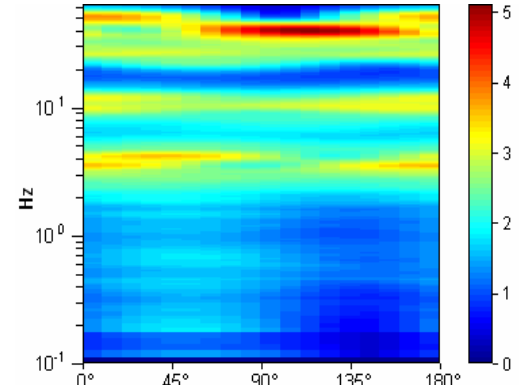
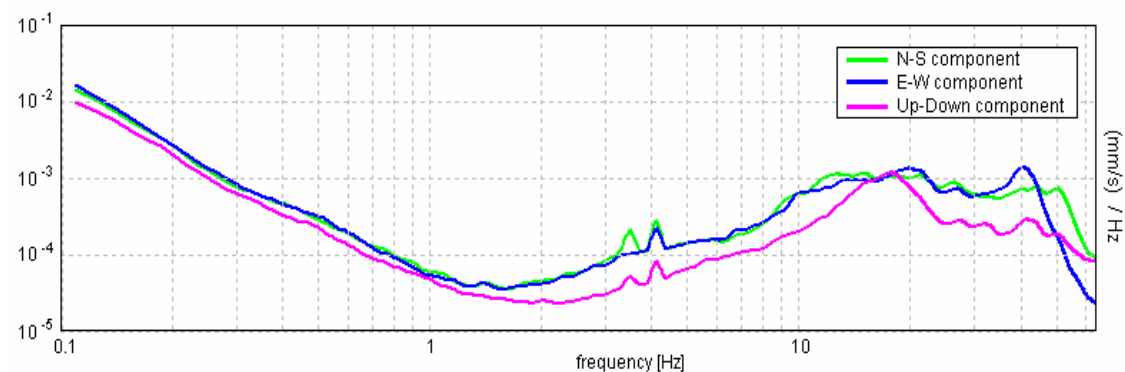
Condizioni meteo: poco nuvoloso, calma di vento

Tipo di superficie: terreno naturale

Disturbi: alcuni transienti e rari artefatti

**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE (**)**

Max. H/V at 4.11 ± 1.44 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).

**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V****SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (*)****CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾**

Picco H/V a 4.11 ± 1.44 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	4.11 > 0.18	OK	
$n_c(f_0) > 200$	8136.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 396	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	1.625 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	14.328 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.95 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0697 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.19736 < 0.20547	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1534 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V ^{(2) (3)}

CLASSE	B
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.

Eccezione: nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

Classe B (H/V da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)

1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

Tipo 1: H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)**Tipo 2:** H/V senza picchi "chiari" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: *assenza di risonanza*)**NOTE**

Risonanza del sottosuolo anche alla frequenza di circa 10Hz.

(1) - SESAME Project (2004) - *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation*, WP12, deliverable no. D23.12

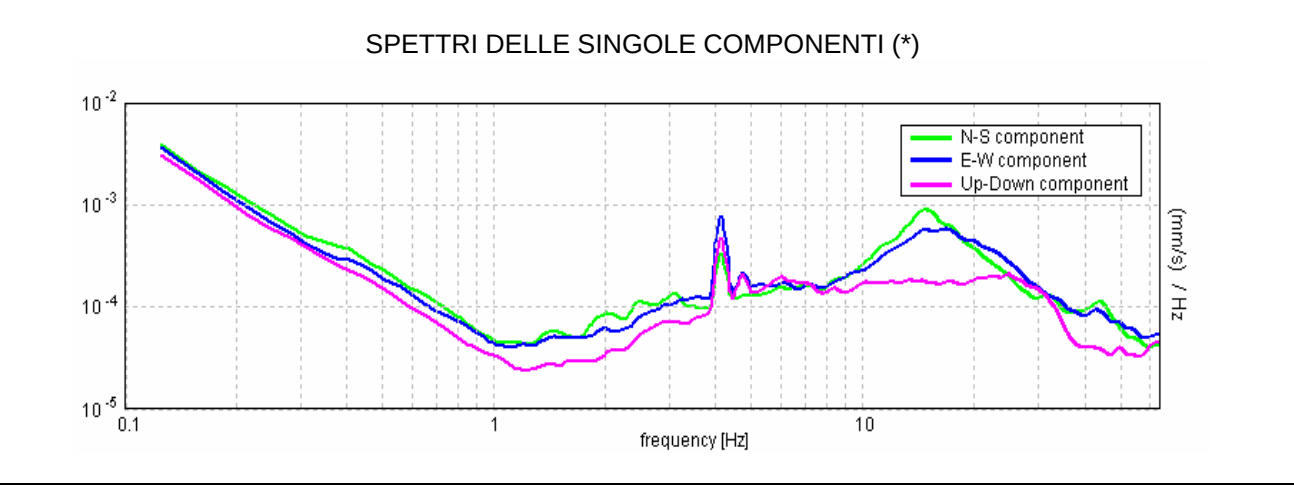
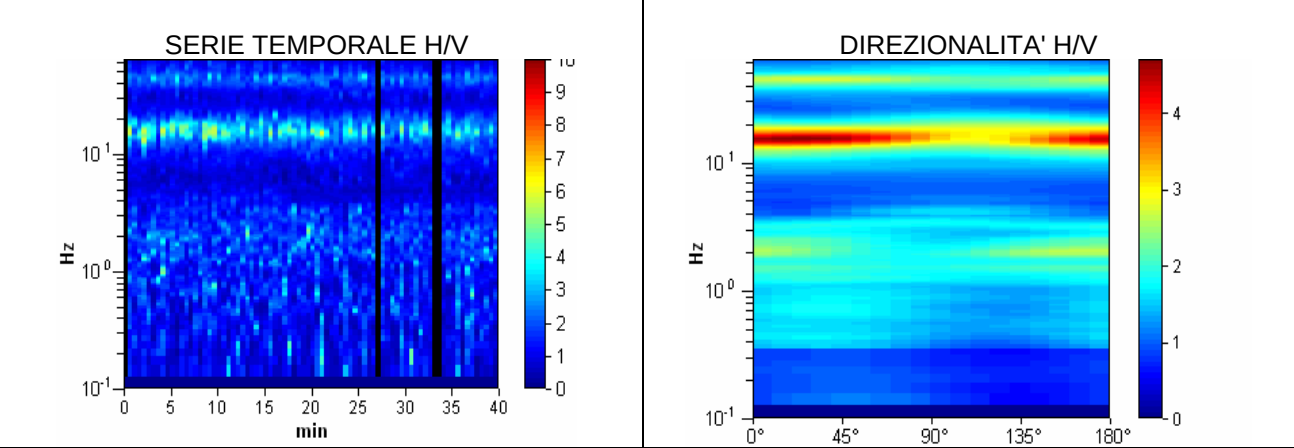
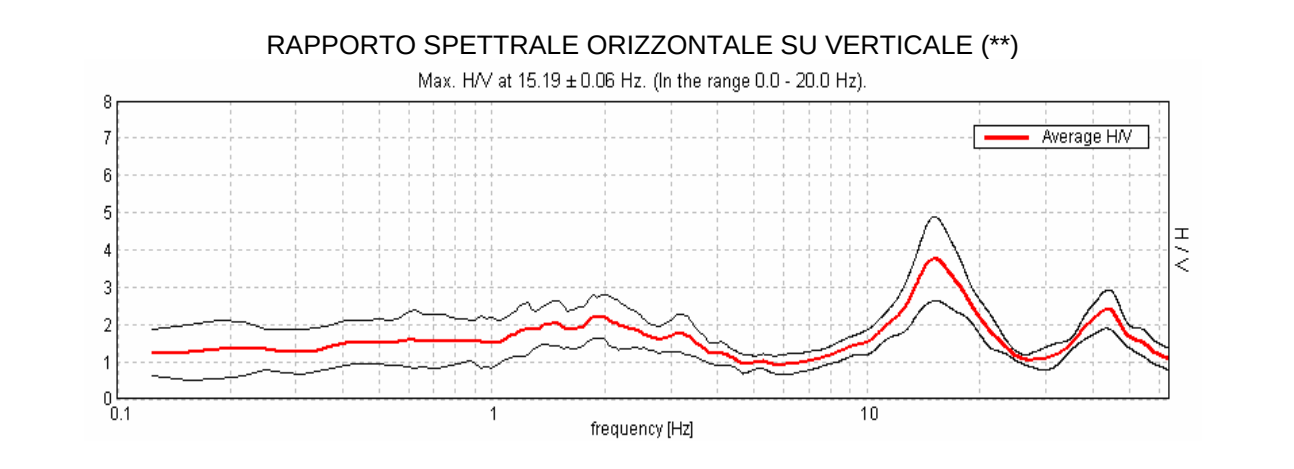
(2) - Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2011): *The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the April 6, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake*. Boll. Geofis. Teor. Appl., 52 (3), 513-538.

(3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. Supplemento alla rivista *Ingegneria sismica* Anno XXVIII, n. 2-2011.

LUCCA COMUNE, SAN PIETRO A VICO **TR103**
Coordinate (WGS84): N 43,86280°; E 10,52312°

Strumento: TRZ-0101/01-10
Inizio registrazione: 27/11/14 16:08:38
Fine registrazione: 27/11/14 16:48:39

Durata registrazione: 0h40'00".
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 30 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 5% (*) e 10% (**)
Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)
Condizioni meteo: poco nuvoloso, calma di vento
Tipo di superficie: terreno naturale
Disturbi: rari transienti ed artefatti



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 15.19 ± 0.06 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	15.19 > 0.33	OK	
$n_c(f_0) > 200$	34627.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 730	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	11.0 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	21.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.76 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00204 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.031 < 0.75938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5626 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V ^{(2) (3)}

CLASSE	A
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

- Classe A** (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)
1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.
Eccezione: nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).
- Classe B** (H/V da "interpretare": **va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine**)
Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)
- Classe C** (H/V scadente e di difficile interpretazione: **non va utilizzata**)
1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.
- Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:
Tipo 1: H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)
Tipo 2: H/V senza picchi "chiari" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: *assenza di risonanza*)

NOTE
Possibilità di risonanza del sottosuolo alla frequenza di circa 2Hz.

(1) - SESAME Project (2004) - *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation*, WP12, deliverable no. D23.12
(2) - Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2011): *The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the April 6, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake*. Boll. Geofis.Teor. Appl., 52 (3), 513-538.
(3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. Supplemento alla rivista *Ingegneria sismica* Anno XXVIII, n. 2-2011.

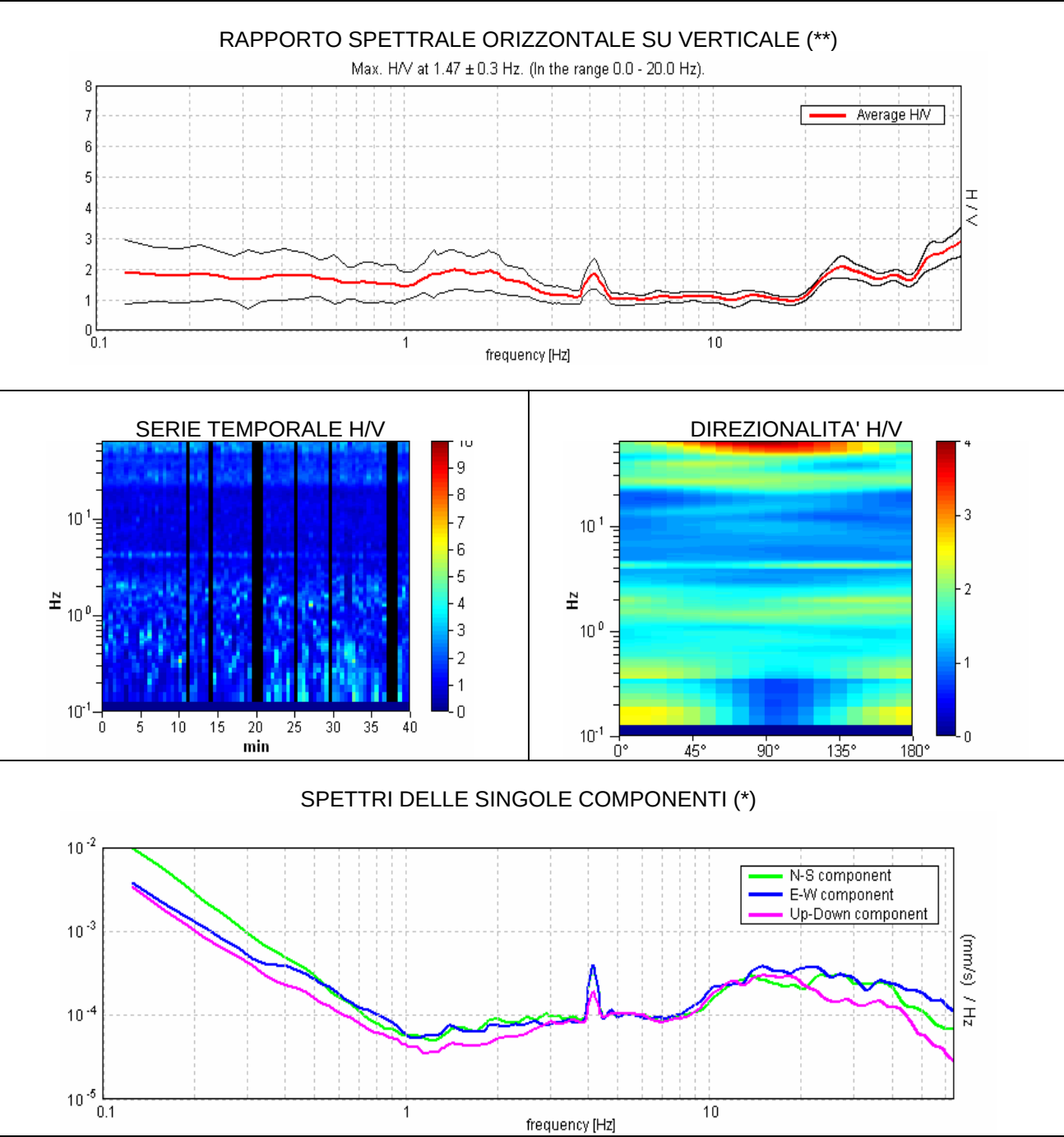
LUCCA COMUNE, SS ANNUNZIATA
Coordinate (WGS84): N 43,85941°; E 10,53186°

TR104



Strumento: TRZ-0101/01-10
Inizio registrazione: 27/11/14 16:57:36
Fine registrazione: 27/11/14 17:37:37

Durata registrazione: 0h40'00".
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 30 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 5% (*) e 10% (**)
Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
Condizioni meteo: nuvoloso, calma di vento
Tipo di superficie: terreno in aiuola
Disturbi: diversi transienti ed alcuni artefatti



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 1.47 ± 0.3 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).			
--	--	--	--

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.47 > 0.33	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3084.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 72	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^+ in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^- in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.98 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10124 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.14869 < 0.14688$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3092 < 1.78$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V ^{(2) (3)}

CLASSE	B
TIPO	2

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)
1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.
Eccezione: nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

Classe B (H/V da "interpretare": **va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine**)
Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: **non va utilizzata**)
1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:
Tipo 1: H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)
Tipo 2: H/V senza picchi "chiari" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: *assenza di risonanza*)

NOTE

(1) - SESAME Project (2004) - *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation*, WP12, deliverable no. D23.12
(2)- Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2011): *The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the April 6, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake*. Boll. Geofis.Teor. Appl., 52 (3), 513-538.
(3) – Albarello D. & Castellaro S. (2011) - *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. Supplemento alla rivista *Ingegneria sismica* Anno XXVIII, n. 2-2011.

LUCCA COMUNE, S.VITO **TR105**
Coordinate (WGS84): N 43,85109°; E 10,52801°

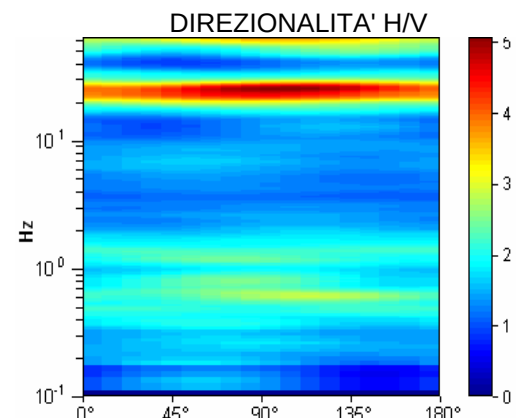
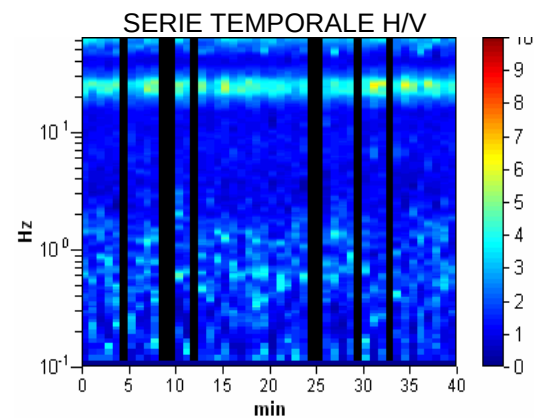
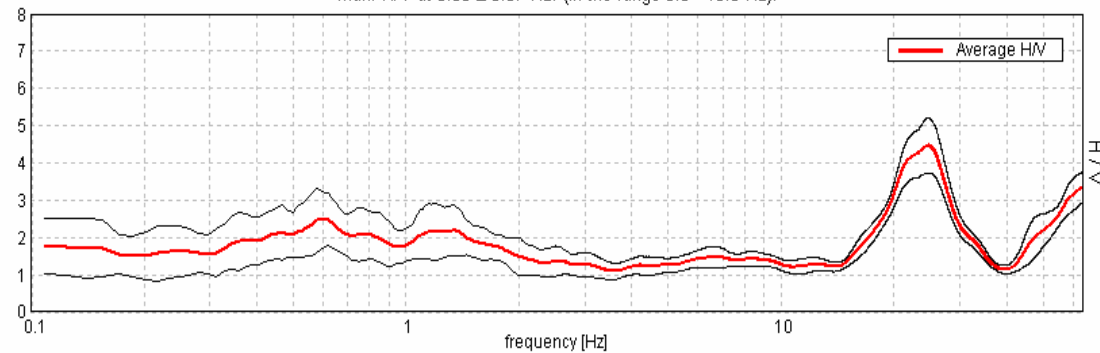
Strumento: TRZ-0101/01-10
Inizio registrazione: 09/12/14 10:26:19
Fine registrazione: 09/12/14 11:06:20

Durata registrazione: 0h40'00".
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 50 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 5% (*) e 10% (**)
Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)
Condizioni meteo: nuvoloso, vento
Tipo di superficie: terreno naturale
Disturbi: alcuni transienti (traffico veicolare), vento

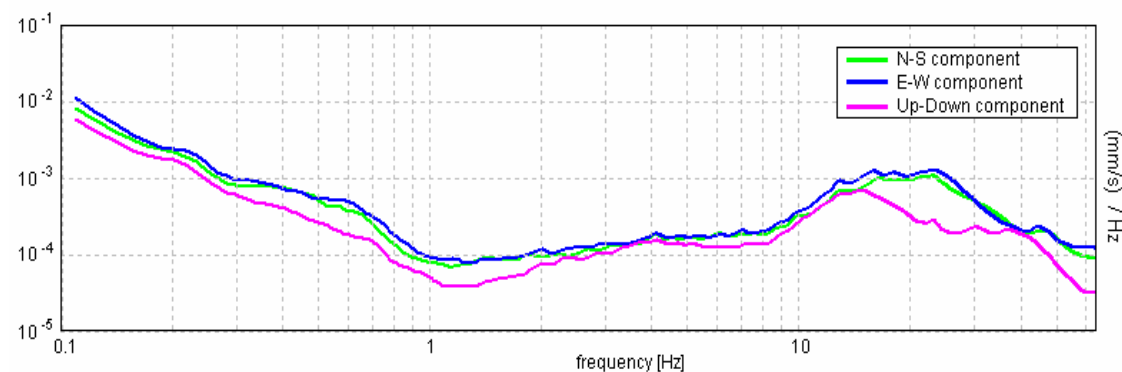


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE (**)

Max. H/V at 0.63 ± 0.07 Hz. (In the range 0.0 - 18.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (*)



CRITERI SESAME (2004) ⁽¹⁾

Picco H/V a 0.63 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 18.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.20$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1250.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 61	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	$2.48 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04448 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03405 < 0.09375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3462 < 2.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^*	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE DELLA CURVA H/V ^{(2) (3)}

CLASSE	B
TIPO	1

La classificazione delle curve H/V prevede le seguenti tre classi di qualità:

Classe A (H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)

1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.

Eccezione: nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5) non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).

Classe B (H/V da "interpretare": **va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine**)

Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)

Classe C (H/V scadente e di difficile interpretazione: **non va utilizzata**)

1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.

Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:

Tipo 1: H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (*possibile risonanza*)

Tipo 2: H/V senza picchi "chiari" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: *assenza di risonanza*)

NOTE

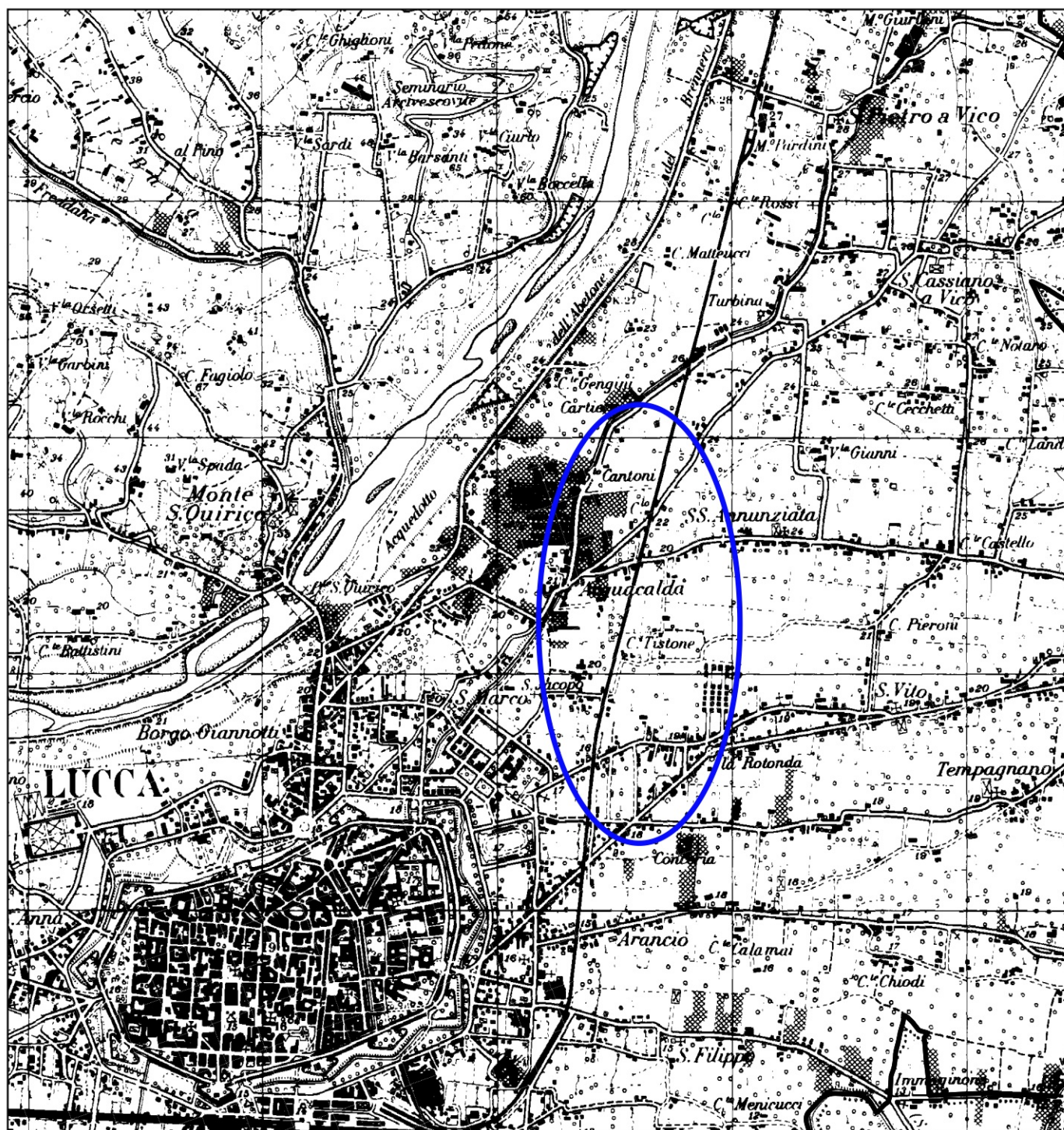
Possibilità di debole risonanza del sottosuolo anche alla frequenza di circa 1.3Hz.

(1) - SESAME Project (2004) - *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation*, WP12, deliverable no. D23.12

(2) - Albarello D., Cesi C., Eulilli V. et alii (2011): *The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the April 6, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake*. Boll. Geofis. Teor. Appl., 52 (3), 513-538.

(3) - Albarello D. & Castellaro S. (2011) - *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. Supplemento alla rivista *Ingegneria sismica* Anno XXVIII, n. 2-2011.

FIG. 1 - COROGRAFIA

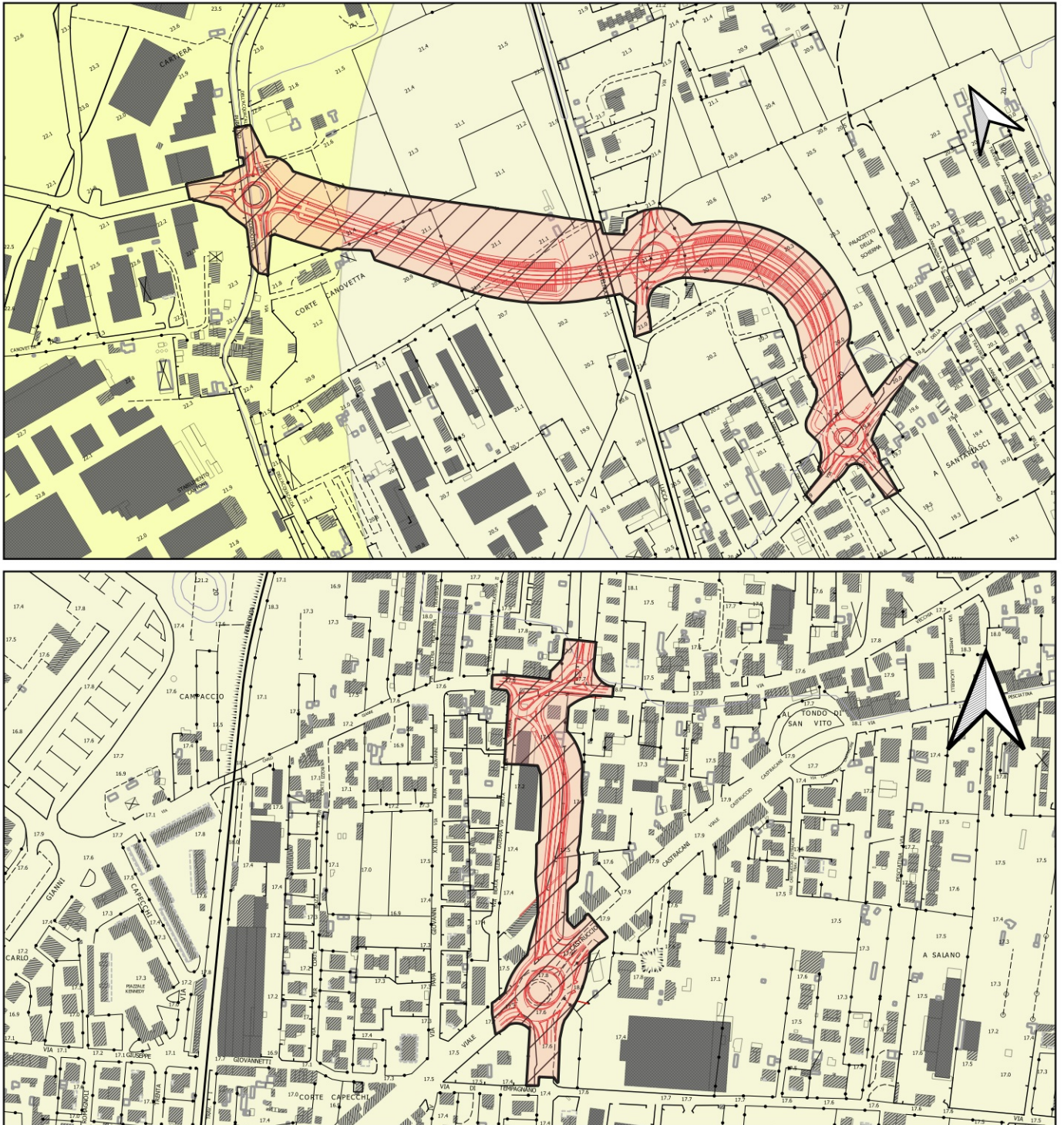


Scala 1:25.000



- Area di indagine

FIG. 2 - CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO



Scala 1:5.000

-  Depositi prevalentemente limo sabbiosi
-  Paleoalvei impostati su i depositi prevalentemente limo sabbiosi
-  Aree di variante

FIG. 3 - PLANIMETRIA DELL'AREA E UBICAZIONE DELLE INDAGINI DI RIFERIMENTO

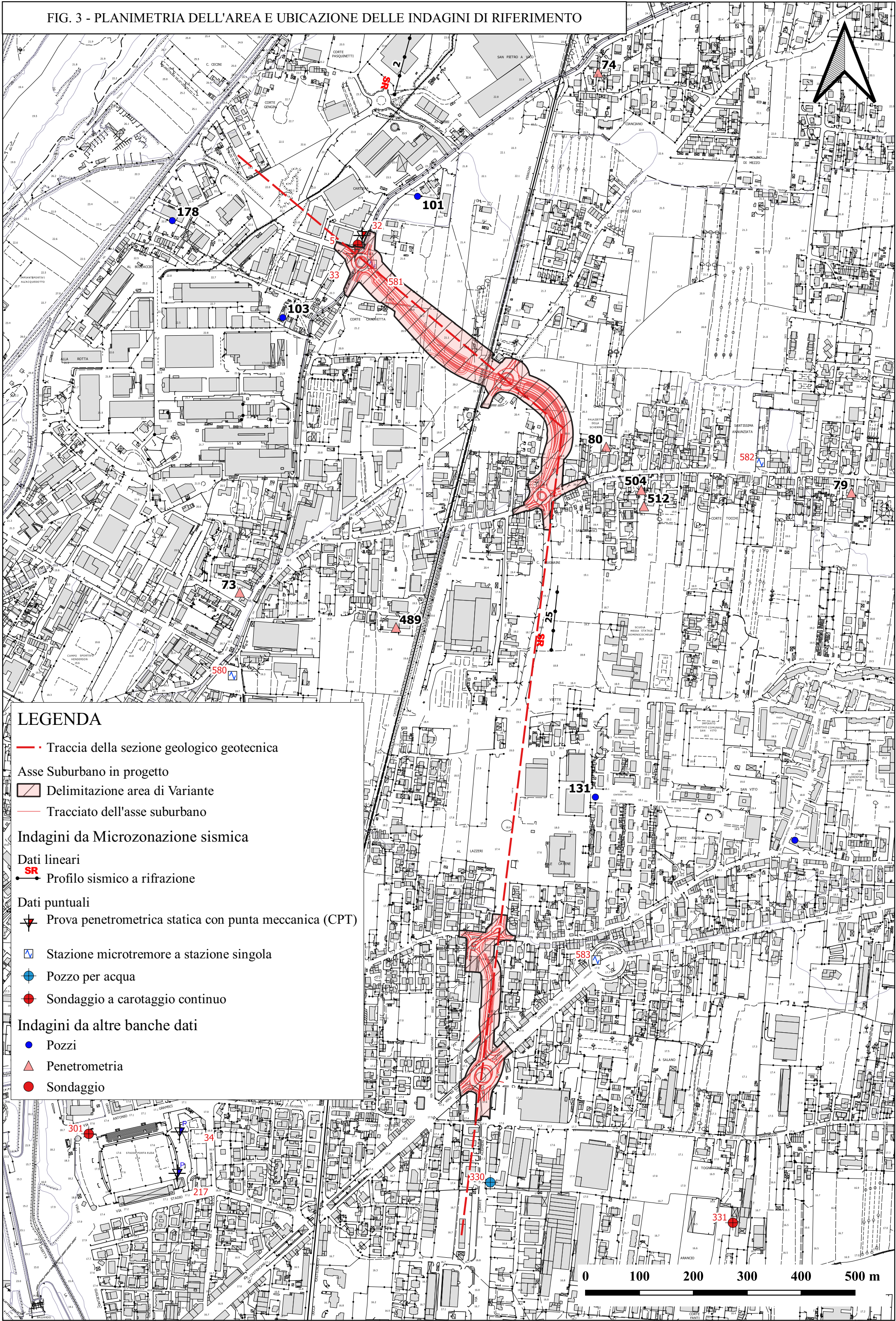
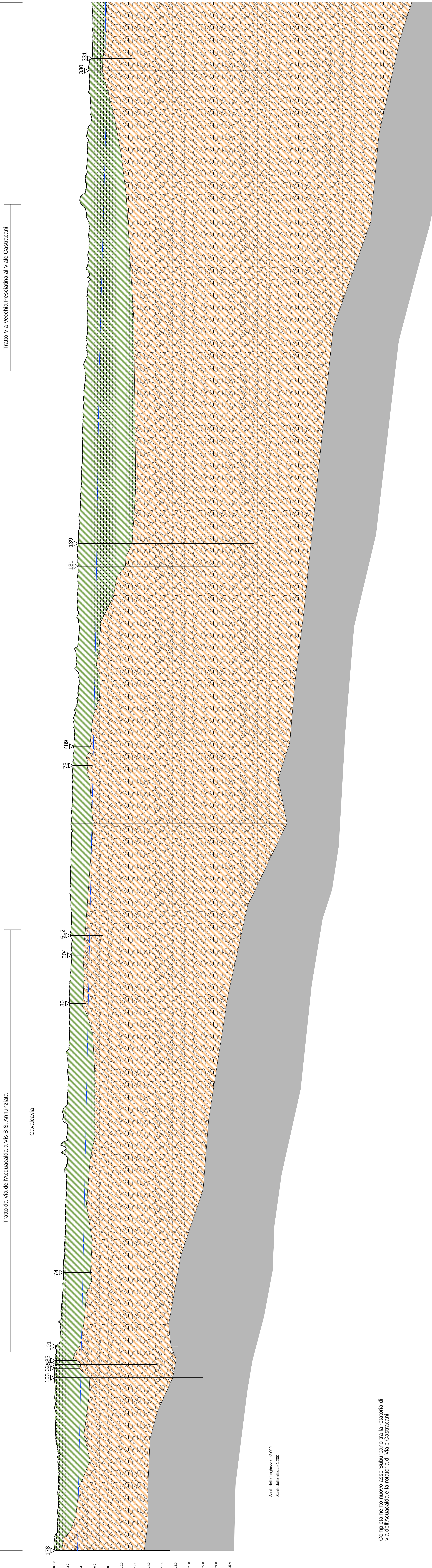


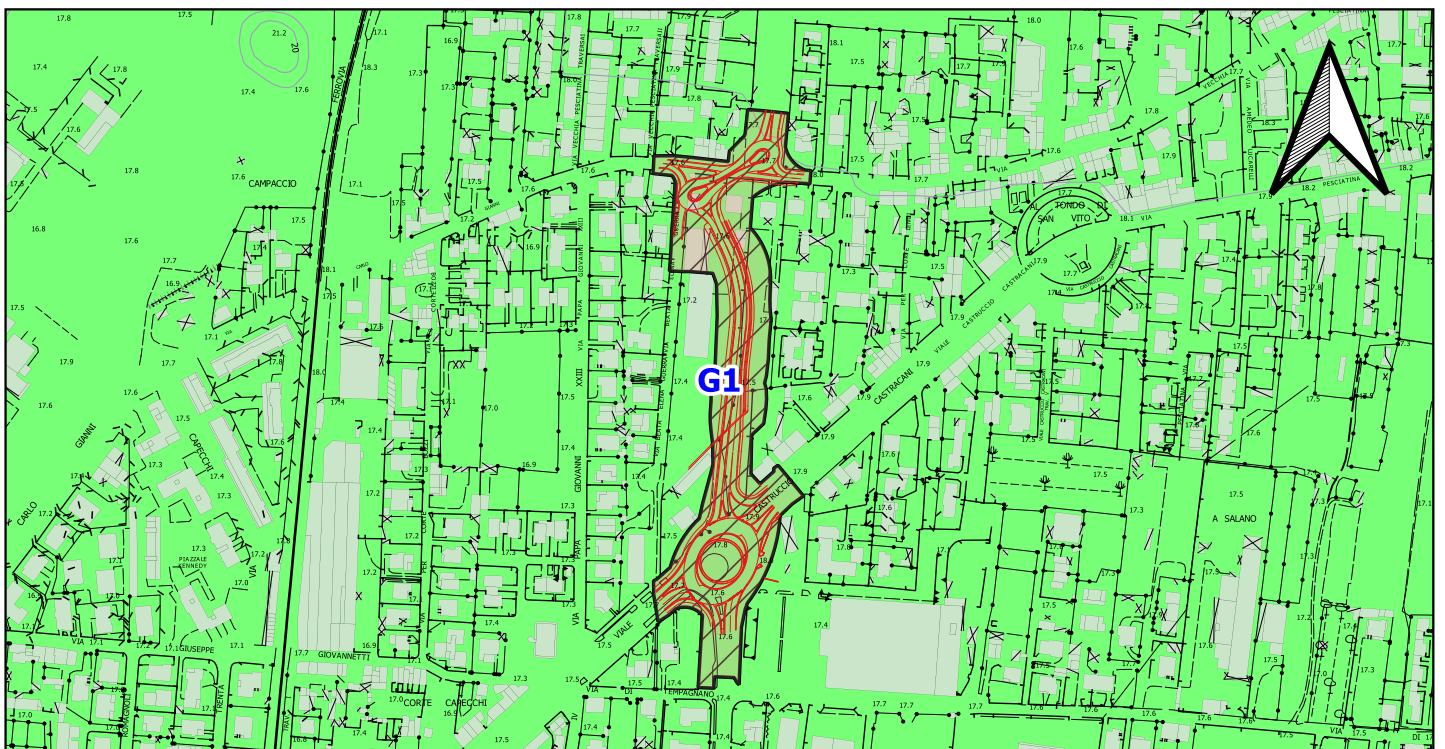
FIG. 4 - SEZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

- Limi, limi sabbiosi talvolta debolmente argillosi
- Ghiaie in matrice limoso sabbiosa prevalente
- Argille limose talvolta debolmente sabbiose sovraconsolidate
- Livello di falda

Nord

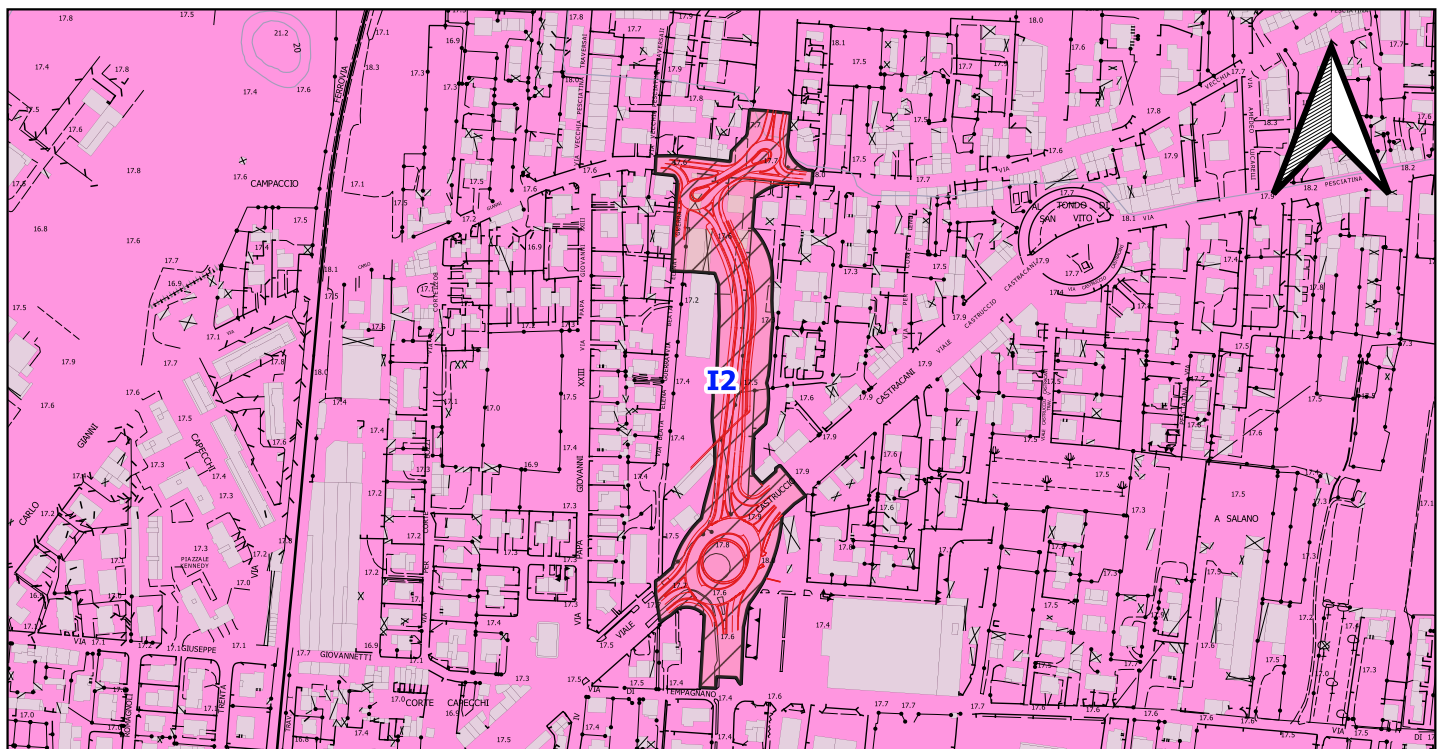
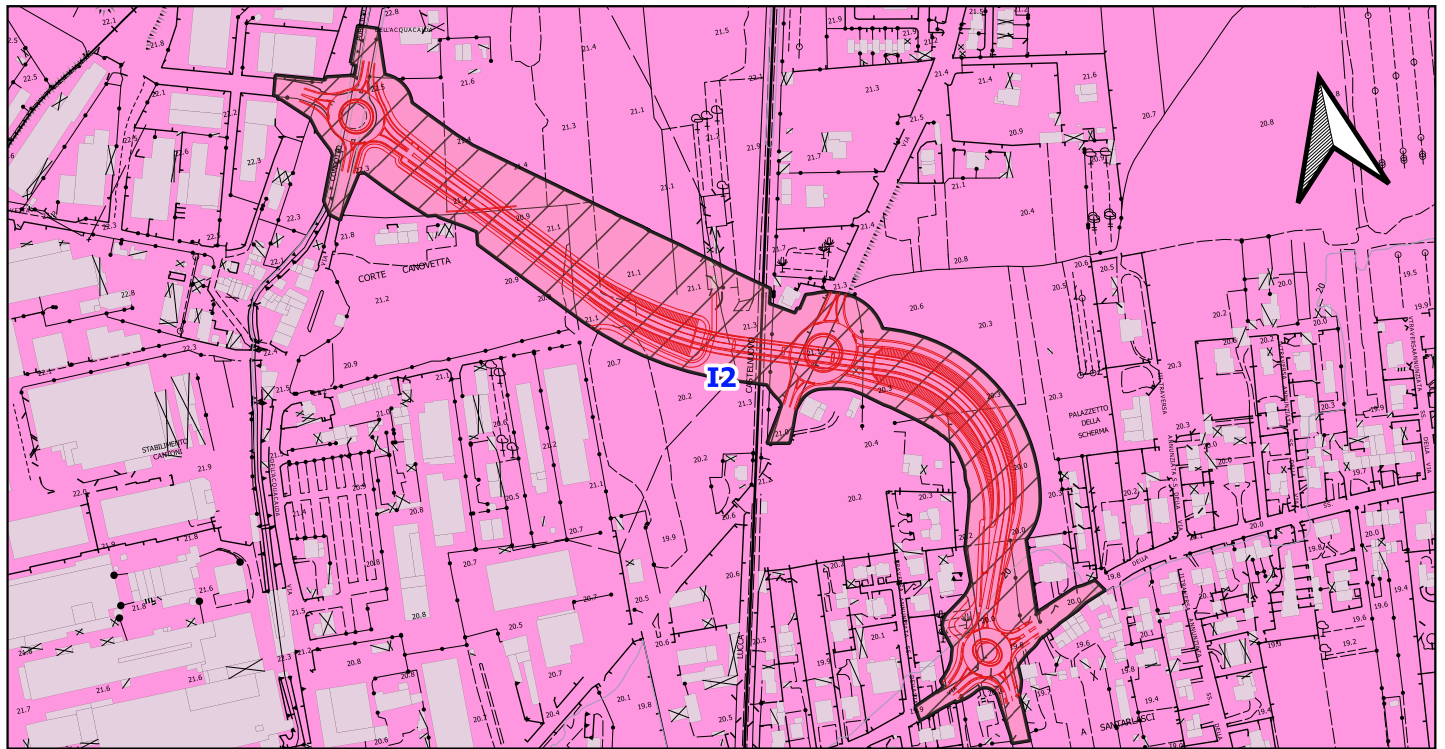
Sud





 Classe G1 - Pericolosità bassa - Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfologici

FIG. 6 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
(Estratto da: Piano Strutturale)



Scala 1:5.000

Aree di Variante

— Asse suburbano in progetto

▨ Perimetrazione dell'area di variante

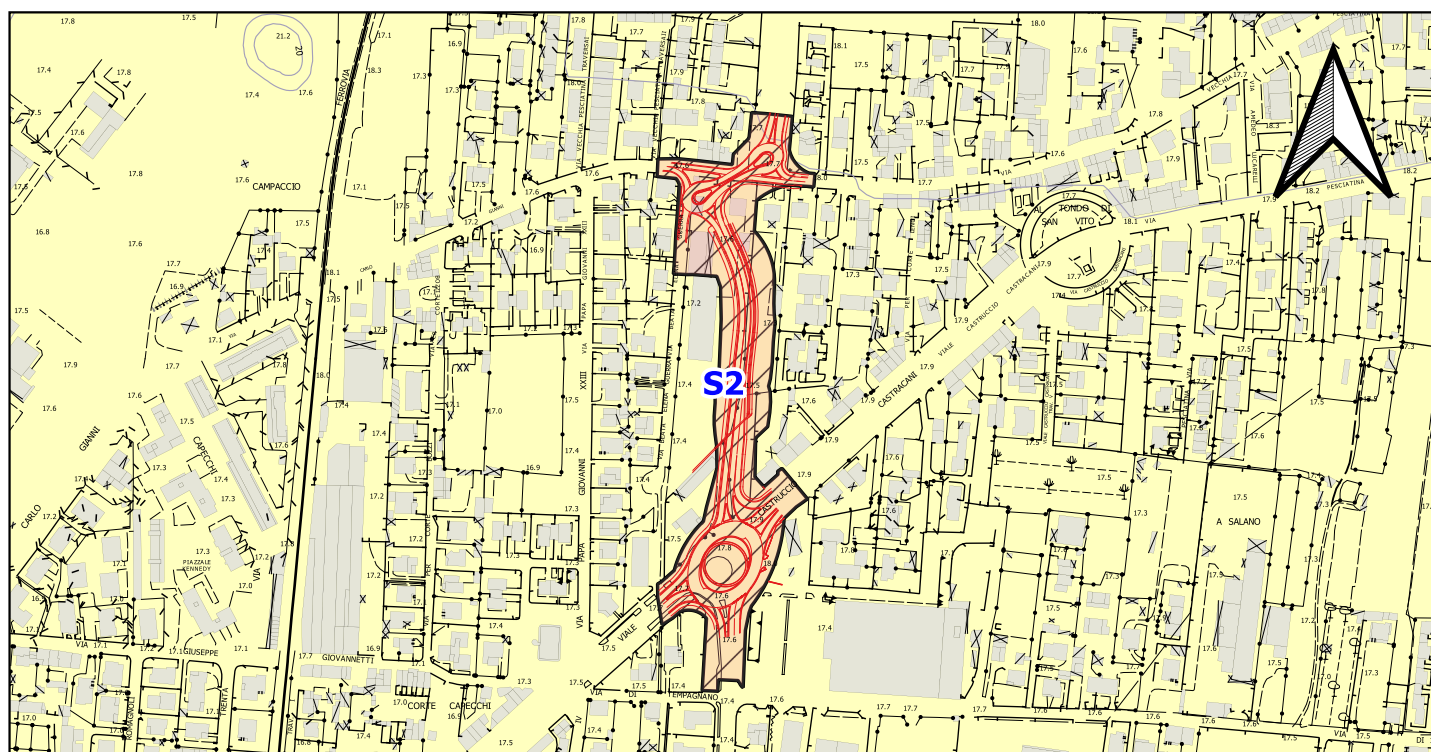
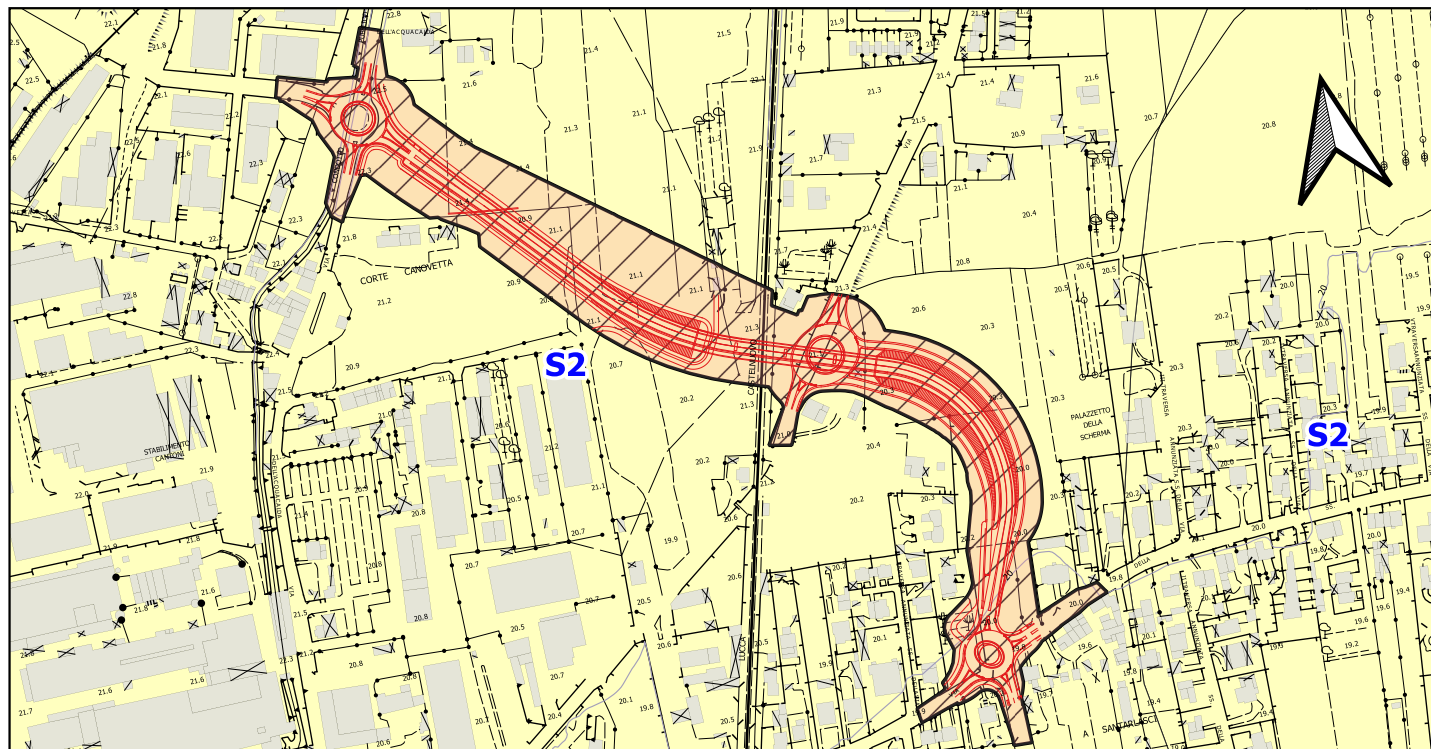
Pericolosità idraulica (Classificazione Regolamento 53/R)

▨ Pericolosità I2 - Media - Aree a pericolosità idraulica moderata e $Tr > 200$

Classificazione Regolamento 5/R/2020

Aree a pericolosità per alluvioni rare o di estrema intensità (P1), come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.Lgs 49/2010

FIG. 7 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA
(Estratto da: Piano Strutturale)



Scala 1:5.000

Aree di Variante

— Asse suburbano in progetto

Perimetrazione dell'area di variante

Pericolosità sismica (Classificazione Regolamento 53/R)

Classe S2 - Media - Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S3)

Pericolosità sismica locale media S2 (Classificazione Regolamento 5/R/2020)

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S3