



COMUNE di Castiglione del Lago

AREA URBANISTICA E SUAPE

località : SCOPETTI

Frazione Pozzuolo

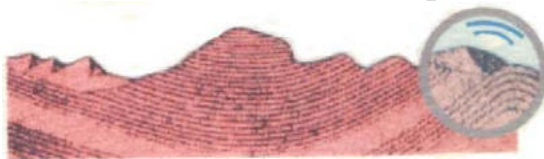
Data:
Dicembre 2025

Stato della progettazione:
✓ Variante Urbanistica

RELAZIONE GEOLOGICA:

variante urbanistica dell'area "SCOPETTI" in
frazione Pozzuolo per la realizzazione del nuovo
centro di addestramento della G.d.F.

Dott. Geol. Miriano Scorpioni



☒ Via Marcantoni, 26 (06061) Castiglione del Lago (PG)
tel. 075/ 953367 0348/5104859 cell ☎ e-mail miriano.geo@libero.it
pec. mirianoscorpioni@epap.sicurezza postale.it

Iscritto all' Ordine Nazionale dei Geologi
Il/08.03.1991 n° 8076

All' Albo della Regione Umbria n° 119

c.f. **SCRMRN61L05Z110L p.iva 0188737054**

Timbro APC



Firma e timbro:

Official circular stamp of the Ordine dei Geologi Umbria, Dott. Geologo SCORPIONI MIRIANO, ALBO 119, with a handwritten signature over it.

Questo documento è di proprietà esclusiva. E' proibita la riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza preventiva autorizzazione dello scrivente. Tariffario ONG art.9 "malgrado l'avvenuto pagamento della specifica, e salvo gli eventuali accordi speciali fra le parti per la proprietà dei lavori originali, dei disegni, dei progetti e di quanto altro rappresenta l'opera del geologo, restano sempre riservati a quest'ultimo i diritti d'autore conformemente alle leggi".



Indice

1. PREMESSA	2
1.1 <i>Oggetto della variante e quadro normativo</i>	2
1.2 <i>Acquisizione dei dati di base</i>	4
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARTOGRAFICO	5
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	6
3.1 <i>Elementi Geomorfologici</i>	6
3.2 <i>Elementi Geologici Stratigrafici</i>	8
3.3 <i>Elementi Idrogeologici</i>	10
3.4 <i>Elementi Idraulici</i>	12
4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA	14
4.1 <i>Sismicità storica</i>	14
4.2 <i>Classificazione sismica e Pericolosità di Base</i>	17
4.3 <i>Acquisizione dati geofisici tramite indagini</i>	20
4.4 <i>Modello del Sottosuolo (CGT MOPS)</i>	25
4.5 <i>Carte di Microzonazione Sismica</i>	27
5. CONCLUSIONI	30

CARTOGRAFIE DELLE AREE OGGETTO DI VARIANTE

APPENDICE INDAGINI





1. PREMESSA

1.1 Oggetto della variante e quadro normativo

Il presente studio geologico è finalizzato all'approvazione di una variante parziale allo strumento urbanistico comunale per la realizzazione di un'area servizi, l'incarico è stato affidato dal Comune di Castiglione del Lago con D.D. n. 1046 del 12.11.2025, questo integra i contenuti di variante lo studio Geologico esistente a realizzato a supporto del quadro conoscitivo del Piano Strutturale approvato con D.C.C. N. 39 del 09/06/2016 e del Piano operativo approvato con D.C.C. N. 27 del 09-08-2018 ai sensi dell' art. 31 L.R. 01/2015, in ottemperanza a quanto disposto dalle Norme Tecniche di Attuazione ed dalle Direttive e raccomandazioni del PUT della Regione Umbria, del P.T.C.P. della provincia di Perugia, compresi i dispositivi normativi di leggi regionali e nazionali vigenti:

Riferimenti normativi

- Legge 3 febbraio 1963, n. 112 "Tutela del titolo e della professione di geologo"
- Decreto del Presidente della Repubblica, 18 novembre 1965, n. 1403 "Regolamento di esecuzione della legge 3 febbraio 1963, n. 112, contenente disposizioni per la tutela del titolo e della professione di geologo"
- Decreto del Presidente della Repubblica - 3 novembre 1982, n. 981 "Approvazione del regolamento per gli esami di Stato di abilitazione all'esercizio della professione di geologo"
- Legge 25 luglio 1966, n. 616 "Norme integrative per l'applicazione della legge 3 febbraio 1963, n. 112, contenente norme per la tutela del titolo e della professione di geologo."
- Decreto del Presidente della Repubblica 17 aprile 1985, n. 399 "Integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 3 novembre 1982, n. 981, relativo all'approvazione del regolamento per gli esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di geologo"
- Legge 12 novembre 1990, n. 339 "Leggi della Professione del Geologo"
- Decreto 12 aprile 1991 Ministero di Grazia e Giustizia "Istituzione dei Consigli degli Ordini Regionali dei geologi" (Decentramento dell'Ordine Nazionale dei Geologi)
- Decreto del Presidente della Repubblica 5 giugno 2001, n. 328 "Modifiche ed integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove per l'esercizio di talune professioni, nonché della disciplina dei relativi ordinamenti"

AMBIENTE

- L. 9 dicembre 1998, n.426 Nuovi interventi in campo ambientale
- Legge 23 mar 2001 n. 93 "Disposizioni in campo ambientale" (GURI Mer, 4 apr 2001 n. 79)
- DLeg 03.03.2006 n.152 & Allegati "Norme in materia di Ambiente" Pubblicato su supplemento 96/L alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 Decreti attuativi
- DLeg 8 novembre 2006, n.284 Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale. (GU n. 274 del 24-11-2006)
- DLeg 16 gennaio 2008, n.4 Ulteriori disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale.

EDILIZIA

- DPR 6 giugno 2001, n.380 " Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia."(Testo A). (Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 245 del 20 ottobre 2001 - S.O. n. 239)

- DECRETO 14 gennaio 2008 Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni. (GU n. 29 del 4-2-2008- Suppl. Ordinario n.30)

GEOTECNICA

- DM 11.03.1988 Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 24 Settembre 1988 -*Testo coordinato*
- Circolare 14.12.1999 n. 346 /STC Legge 5 novembre 1971 n.1086, art.20 - Concessione ai laboratori per prove sui materiali da costruzione, pubblicata G.U. 23/03/2000 n. 69 - Serie Generale
- Circolare 16.12.1999 n. 349/STC D.P.R. n. 246 del 21.4.93, art. 8 comma 6 Concessione ai laboratori per lo svolgimento delle prove geotecniche sui terreni e sulle rocce ed il rilascio dei relativi certificati ufficiali. pubblicata G.U. 23/03/2000 n. 69 - Serie Generale
- D.M. 17/01/2018, pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20.02.2018 ed in vigore dal 22.03.2018
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.I.L.L.P.P. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni»

METODOLOGIE E TECNICHE

- DM 21 marzo 2005 Metodi ufficiali di analisi mineralogica del suolo
- Decreto Legislativo 27 gennaio 1992 n.115 "Attuazione della direttiva n. 89/48/CEE relativa ad un sistema generale di riconoscimento dei diplomi di istruzione superiore che sanzionano formazioni professionali di una durata minima di 3 anni"
- DM 4 aprile 2001 Corrispettivi per le attività di progettazione e delle altre attività ai sensi dell'articolo 17, comma 14bis, della legge 11 febbraio 1994 n. 109 e successive modifiche ed integrazioni
- DECRETO 30 maggio 2002 Adeguamento dei compensi spettanti ai periti, consulenti tecnici, interpreti e traduttori per le operazioni eseguite su disposizione dell'autorità giudiziaria in materia civile e penale
- Decreto 8 luglio 2003 n.277 "Attuazione della direttiva 2001/19/CE che modifica le direttive del Consiglio relative al sistema generale di riconoscimento delle qualifiche professionali e le direttive del Consiglio concernenti le professioni di infermiere professionale, dentista, veterinario, ostetrica, architetto, farmacista e medico.
- Decreto 14 novembre 2005 n.268 "Regolamento di cui all'articolo 9 del decreto legislativo 17 gennaio 1992, n. 115 in materia di misure compensative per l'esercizio della professione di geologo"
- Decreto Legge 4 luglio 2006 n. 223 (G.U. 4 luglio 2006 n. 153) Disposizioni urgenti per il rilancio economico e sociale, per il





contenimento e la razionalizzazione della spesa pubblica, nonché interventi in materia di entrate e di contrasto all'evasione fiscale. (Decreto Bersani)

- Legge 4 agosto 2006 n. 248 (G.U. 11 agosto 2006 n. 186 - S.O. n. 183) Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4 luglio 2006, n. 223, recante disposizioni urgenti per il rilancio economico e sociale, per il contenimento e la razionalizzazione della spesa pubblica, nonché interventi in materia di entrate e di contrasto all'evasione fiscale. (Decreto Bersani) Testo Coordinato Decreto Legge 4 luglio 2006 n. 223

SICUREZZA

- Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 - "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" - pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 101 del 30 aprile 2008 - Supplemento Ordinario n. 108

SISMICA

- Ord.P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274 Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. (Gazzetta n. 105 del 8-5-2003)
- Ord.P.C.M. del 2 ottobre 2003 n. 3316 Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003
- Ord.P.C.M. del 3 maggio 2005 n. 3431 Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 Allegati
- Ordinanze Ministeriali in materia di classificazione sismica
- Ord.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G. U. 11 maggio 2006 n. 108) ALLEGATO
- D.P.C.M. del 12 ottobre 2007 "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni" (G. U. 29 gennaio 2007 n. 24)

TUTELA AMBIENTALE

- L. 10 maggio 1976, n. 319 Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento
- L. 8 luglio 1986, n. 349 Istituzione del Ministero dell' ambiente e norme in materia di danno ambientale.
- L. 5 gennaio 1994, n. 37 Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche
- L. 17 agosto 1999, n. 290 Proroga di termini nel settore agricolo

URBANISTICA

- L. 28/02/85, n. 47: Norme in materia di controllo dell'attività urbanistico-edilizia, sanzioni, recupero e sanatoria delle opere edilizie.
- DL 22 gennaio 2005, n.42 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002 n.37

NORME REGIONALI

- Delib. G.R. 19 marzo 2007, n. 420: Disciplina interventi recupero patrimonio edilizio esistente, art. 45, comma 1, lettera b), L.R. n. 1/2004 con il Repertorio dei tipi e elementi ricorrenti nell'edilizia tradizionale
- Delib. G.R. 30 marzo 2005, n. 572: L. 24 novembre 2003, n. 326 e art. 25 della L.R. 3 novembre 2004, n. 21. Modalità per le richieste di rimborso delle quote versate in relazione al condono edilizio Legge Regionale n. 11 del 22-02-2005: «Norme in materia di

governo del territorio: pianificazione urbanistica comunale». (B.U.R. Umbria n. 11 del 9.3.2005 - S.O. n. 1)

- Legge Regionale n. 21 del 3-11-2004: «Norme sulla vigilanza, responsabilità, sanzioni e sanatoria in materia edilizia». (B.U.R. n. 47 S. dell'8.11.2004)
- L.R. 18 febbraio 2004, n. 1: Norme per l'attività edilizia Reg. 15 luglio 2003, n. 9: Norme regolamentari di attuazione dell'art. 5 della legge regionale 23 ottobre 2002, n. 18 - Norme in materia di prevenzione sismica del patrimonio edilizio.
- Legge Regionale n. 13 del 23-07-2003: "Disciplina della rete distributiva dei carburanti per autotrazione". (B.U.R. Umbria n. 32 del 6 agosto 2003)
- Legge Regionale n. 11 del 22.02.2005 "Norme in materia di Governo del Territorio: pianificazione urbanistica Comunale"
- Legge Regionale n. 1 del 21.01.2015 "Testo unico Governo del Territorio e materie correlate"
- Delib. G.R. 18 giugno 2003, n. 852: Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria Legge del 23.10.2002 n. 19: "Contributi regionali per l'eliminazione e il superamento delle barriere architettoniche negli edifici privati". (Bollettino Ufficiale della Regione Umbria n. 48 del 6 novembre 2002)
- Legge del 23.10.2002 n. 18: "Norme in materia di prevenzione sismica del patrimonio edilizio". (Bollettino Ufficiale della Regione Umbria n. 48 del 6 novembre 2002)
- Legge n. 38 del 20/12/2000: Agevolazioni nel calcolo dei parametri urbanistici per il miglioramento del comfort ambientale e del risparmio energetico negli edifici.
- Legge del 30/08/2000 n. 34: Ulteriori modificazioni ed integrazioni della l.r. 21 ottobre 1997, n. 31 - Disciplina della pianificazione urbanistica comunale e norme di modificazione delle leggi regionali 2.9.1974, n. 53, 18.4.1989, n. 26, 17.4.1991, n. 6 e 10.4.1995, n. 28.
- Legge n. 27 del 24/03/2000: Piano urbanistico territoriale. B.U.R.U. n.31 del 31 maggio 2000 supplemento straordinario
- L.R. 6 marzo 1998, n. 8: Interventi per il ripristino degli edifici distrutti o gravemente danneggiati dal sisma del 12 maggio 1997
- Legge n. 13 del 11/04/1997: Norme in materia di riqualificazione urbana. B.U.R.U. n.19 del 16 aprile 1997
- Legge n. 1 del 07/01/1997: Prime norme di urbanistica commerciale. B.U.R.U. n.3 del 8 gennaio 1997
- Legge n. 16 del 12/07/1996: Abrogazione dell' art. 26 della l.r. 10 aprile 1995, n. 28 - Norme in materia di strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica. B.U.R.U. n.33 del 17 luglio 1996
- Legge n. 28 del 10/04/1995: Norme in materia di strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica. B.U.R.U. n.21 del 19 aprile 1995 supplemento ordinario n. 1 del 19 aprile 1995
- L.R. 18 dicembre 1987, n. 55: Attuazione degli articoli 8 e 25 della legge 28 febbraio 1985, n. 47. Determinazioni delle variazioni essenziali e disciplina delle destinazioni d'uso degli immobili
- L.R. 20 maggio 1986, n. 19: Disciplina per la programmazione e l'esecuzione delle opere pubbliche

L.R. 26 aprile 1985, n. 23: Applicazione dell'art. 37 della legge 28 febbraio

Nell'ambito del presente studio e limitatamente alle aree oggetto di variante sono stati approfonditi alcuni aspetti di natura geologica, geomorfologica ed idrogeologica già valutate in fase di quadro conoscitivo redatto per la variante generale, questi consentono di eseguire una microzonazione sismica di I-II° Livello seguendo le indicazioni del volume "Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome".





1.2 Acquisizione dei dati di base

Lo studio come accennato va ad integrare il quadro conoscitivo generale esistente per poi approfondire le tematiche geologico-tecniche dell'area di variante soprattutto in riferimento agli studi di microzonazione sismica, con l'esecuzione di indagini sito specifiche ad integrazione di quelle preesistenti che si possono rinvenire (rappresentate in un fascicolo delle indagini con cartografia specifica), tramite queste e le informazioni geologiche esistenti sono state redatte le cartografie in scala 1:5.000 relative alle MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica) per ogni singola area.

La ricerca di dati pregressi è stata eseguita essenzialmente sui seguenti archivi:

- Archivio lavori pubblici e privati - Comune di Castiglione del Lago, Servizio Urbanistica e Servizio Lavori Pubblici;
- Informazioni allegate e consultate per la redazione dello Strumento Urbanistico Comunale (Piano strutturale) di Castiglione del Lago.
- Banca dati cartografia del rischio geomorfologico e idraulico del PAI -Autorità di Bacino del F. Tevere;
- Banca dati Cartografia geologica, geomorfologica, idrogeologica e di pericolosità sismica - Regione Umbria, Servizio Geologico e Sismico;
- Banca dati Progetto IFFI – ISPRA;
- Database Macrosismico Italiano DBMI11 – INGV;
- Faglie capaci (progetto ITHACA) – Servizio Geologico d'Italia/ISPRA.





2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARTOGRAFICO

La variante urbanistica comprende un'area comprende una zona per la quale si intende effettuare un'estensione dell'area destinata ad attrezzature e spazi pubblici di interesse comunale con la trasformazione di aree agricole, la finalità è quella di realizzarvi il nuovo centro di addestramento della G.D.F. attualmente presente nel capoluogo.

L'Area oggetto di studio ha un'estensione di circa 12 Ha, mentre quella da variare è di poco superiore ai 6 ettari ed è posta a ridosso dell'area di Scopeti (ex ippodromo) nei pressi della frazione di Pozzuolo, , distinta geograficamente:

- Foglio 122 Perugia alla tavoletta III NW Castiglione del Lago (edito IGM scala 1:25.000);
- Mappa Catastale del Comune di Castiglione del Lago al Foglio n. 40 (attuale particella 732)
- Carta Tecnica Regionale dell' Umbria al Foglio 309-080 (edita in scala 1:10.000)
- Coordinate WGS84 (punto centrale dell'area Lat. 43,127887 - Long. 11,981056)

Aree oggetto di variante	Riferimenti catastali		Coordinate ED 50		Superficie Ha
	Foglio	Particelle	Latitudine	Longitudine	
SCOPETI	40	732	43,127887	11,981056	~ 6





3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Elementi Geomorfologici

Le caratteristiche generali dell' area oggetto di variante sono valutate sulla base delle nuove previsioni in riferimento allo studio geomorfologico del quadro conoscitivo allegato al P. S., redatto in scala 1:10.000 in sede di variante generale.

Le principali informazioni si derivano da interpretazioni aerofotogrammetriche delle foto aeree consultate presso gli Uffici del PUT della Regione dell'Umbria, utilizzando le riprese aeree del 1992 (AR24) in B.N. a scala 1:13.000, in parte integrate ove necessario da rilievi di campagna.

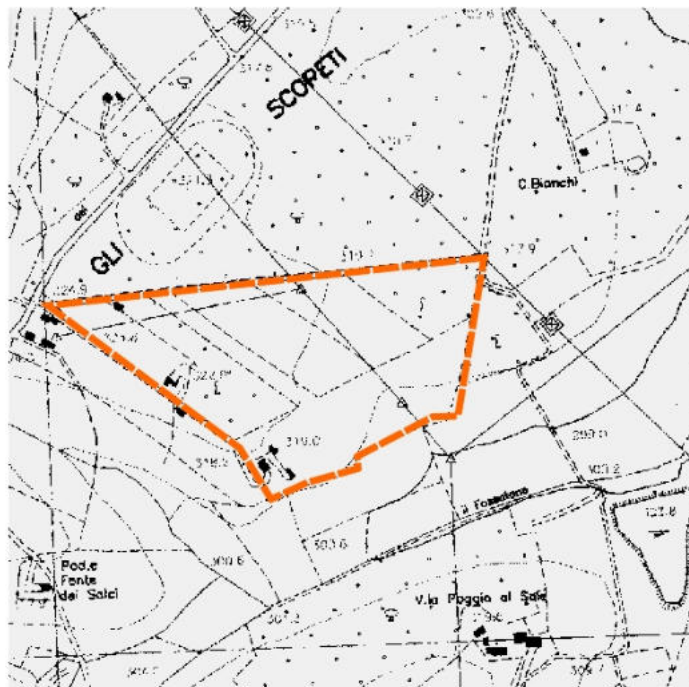
La classificazione dei dissesti oltre che dagli elementi raccolti nel rilevamento di campagna è stata integrata dalle fonti bibliografiche, facendo riferimento alla "Carta Inventario dei Movimenti Franosì" della Regione Umbria ed Aree Limitrofe – C.N.R.- G.N.D.C.I." e della carta del Rischio del Suolo del P.T.C.P. oltre alle specifiche cartografie del P.A.I. (Autorità di Bacino dell'Appennino Centrale), nonché dalla cartografia prodotta dal Progetto I.F.F.I.

L'area in esame consiste in un appezzamento di terreno con forma regolare, posto ad una quota assoluta di circa 320 m. slm., che degrada leggermente con pendenze nell'ordine del 1-2 % verso S-SE, che si smorza sul corso d'acqua "Il Fossatone" che scorre in direzione W-E per poi confluire al Rio Pescia immissario del Lago Trasimeno.

Nell'area non sono evidenti dall'osservazione in posto forme di dissesto attive o quiescenti, non se ne rinvencono inoltre nelle specifiche cartografie consultate, tra queste le nuove cartografie disponibili on-line del PAI Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale (AUBAC), mentre l'area nel quadro conoscitivo redatto a supporto della variante generale è classificata nella Carta dei Vincoli Geologici-Morfologici e instabilità limitata – zona ad instabilità media (Zona A3), di seguito si riporta lo stralcio cartografico menzionato e vigente.



Autorità di bacino distrettuale dell' Appennino Centrale
Progetto PAI "Distrettuale Frane" Carta della Pericolosità



Area in esame

Pericolosità da Frana



P4 - Molto Elevata



P3 - Elevata



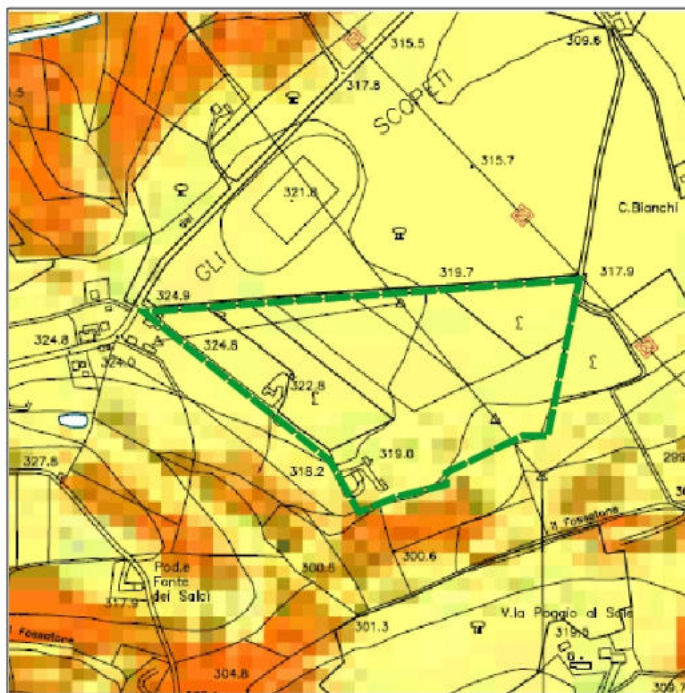
P2 - Media



P1 - Bassa

0 0.25 0.50Km

Piano Regolatore Generale - Parte Strutturale
Carta dei Vincoli Geologici e Morfologici Tavola G.4. 02 Zona Centro



Zona A1 Instabilità Massima



Zona A2 Instabilità Forte



Zona A3 Instabilità Media



Zona A4 Instabilità Limitata



Zona A5 situazione stabile

FRANE ED AREE INSTABILI



Frane perimetrate sovraordinate



Perimetrazioni aree instabili da PRG



Area in Esame

0 0.25 0.50Km

il profilo morfologico non sono pertanto rilevati elementi geomorfologici ostativi alla trasformazione delle previsioni urbanistiche dell'area.

3.2 Elementi Geologici Stratigrafici

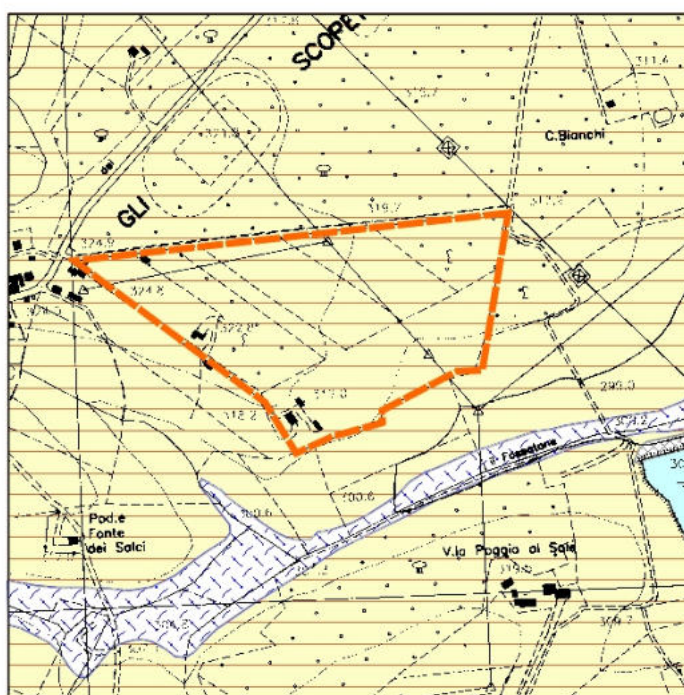
L'area collinare castiglioneese è interessata prevalentemente da terreni e rocce di genesi sedimentaria post-orogenetica, seguendo un criterio cronologico si fa riferimento alle distinzioni della nuova cartografia geologica regionale (alla quale si rimanda per completezza – Note illustrative Foglio 309-080).

Per le aree oggetto di variante come si evidenzia nello stralcio cartografico di dettaglio rieditato dallo scrivente e riportato di seguito si osservano le seguenti caratteristiche :

> Sedimenti Eluvio – Colluviali riferibili al disfacimento in posto o con modestissimo trasporto di sedimenti in posto collocati nel fondo valle per fenomeni di ruscellamento delle acque superficiali (olocenici).

>Sedimenti riferibili ai bacini sedimentari post-orogenetici, riferibili al Sintema Sanfatucchio (Unità di Gioiella Pleistocene inf.), solo quest'ultimi interessano l'area oggetto di variante.

Carta Geologico - Litostratigrafica
(Località Scopeti base CTR Sez 309-080 scala 1:10.000)



- Area oggetto di Variante
 - Unità Stratigrafiche Quaternarie
 - (h) Depositi antropici (Olocene)
 - (b2) Coltri Eluvio - Colluviali di fondo valle, depositi clastici fini "Pleistocene-Olocene"
 - UNITA' SINTEMICHE
SUPERSINTEMA VALDICHIANA
Sintema Sanfatucchio (SFA)
(SFAe) Unità di Gioiella
Sabbie da medie a grossolane con variazioni più argillose a luoghi, di genesi fluvio-lacustre "Pleistocene inf.."
 -
- 0 0.25 0.50Km

Si riportano le descrizioni e le indicazioni bibliografici delle formazioni interessate dalle aree di studio evidenziate



> UNITÀ STRATIGRAFICHE QUATERNARIE

✓ DEPOSITI ANTROPICI (h)

Generalmente materiale di riporto per sistemazioni antropiche, nello specifico un argine di un vaso artificiale per usi irrigui.

✓ COLTRI ELUVIO – COLLUVIALI (b2)

Depositi derivanti dal disfacimento dei sedimenti autoctoni o in posto (eluvium) o lungo i versanti per trasporto di massa e/o ruscellamento diffuso, generalmente si tratta di sedimenti clastici fini, che comunque non interessano l'area di variante.

> SUCCESSIONI DEI BACINI SEDIMENTARI PLIO-PLEISTOCENICI

Ciclo sedimentario del Plio-pleistocene (Nel progetto CARG denominato Supersintema della Val di Chiana)

✓ SINTEMA DI SANFATUCCHIO (SFA)

Caratterizza le fasi finali dell'evoluzione della Val di Chiana, antecedenti all'impostazione del Trasimeno. E' rappresentato in prevalenza da depositi di ambiente continentale, ad eccezione dell'angolo sud-occidentale del foglio, dove sono documentati alcuni affioramenti, di modesta estensione, di depositi di ambiente salmastro. E' delimitato alla base dal contatto discordante con il substrato litoide pre-pliocenico.

Le aree di Pozzuolo e Gioiella sono interessate dalla presenza della *UNITA' DI GIOIELLA (SFAe)*, questa si rinviene nei rilievi collinari ad ovest del Trasimeno, che si estendono in direzione NW-SE circa dall'abitato di Sanfatucchio fino ad uscire dall'area del foglio in prossimità della periferia di Pozzuolo. I depositi sono rappresentati da sabbie medie-grossolane prevalenti, organizzate in corpi di spessore metrico a geometria canalizzata, con stratificazioni e laminazioni incrociate a *set* concavi, intercalate ad argille e limi argillosi. Localmente sono presenti ciottoli carbonatici con fori di litodomi e rari fossili di ambiente salmastro (*Cerastoderma edule*).

Lo spessore è compreso tra 80 e 150 m. Come per l'unità di Moiano, l'unità di Gioiella ha un'inclinazione di pochi gradi (mediamente inferiore a 10°) verso E o NE e scompare al di sotto del sintema del Trasimeno (subsintema di Macchie); il contatto, per cause sia morfologiche che litologiche, è quasi ovunque mascherato da uno spessore variabile di coltre eluvio-colluviale, prodotta al contatto tra tipi litologici diversi. Tale contatto continua tuttavia al di sotto del Lago Trasimeno, secondo una superficie di discordanza debolmente inclinata (tra 4° e 2°), immergente verso NNE. In base all'età dei depositi e all'assetto complessivo, l'unità di Gioiella è in rapporti di eteropia laterale sia con l'unità di Panicale che con la parte finale dell'unità di Moiano.



<i>Piano regolatore generale del comune di Castiglione del Lago</i>	<i>Variante parziale</i>		Comune di Castiglione del Lago (PG) Pag.10 di 30
---	--------------------------	--	--

3.3 Elementi Idrogeologici

Le informazioni sulle conoscenze idrogeologiche del territorio di Castiglione del Lago sono riportate nello studio della strumentazione urbanistica comunale (Carta della Vulnerabilità Geologica degli acquiferi Tavola G.5), e vengono qui riproposte per le due aree oggetto di variante.

Per acquisire le necessarie conoscenze delle caratteristiche idrogeologiche del territorio il lavoro menzionato tiene conto di:

- Censimento delle autorizzazioni dei pozzi privati, risalendo con i dati ottenuti dall'ufficio tecnico comunale, delle gli anni compresi nell'intervallo di tempo 1999-2004, alla posizione geografica, tipo di falda e livello piezometrico presunti.
- Ricerche bibliografiche e cartografiche su pozzi e sorgenti esistenti, dall'analisi dei documenti ufficiali, di queste il più importante è rappresentato dallo studio a più fasi per la realizzazioni di pozzi per rifornire la rete acquedottistica, tale studio è stato iniziato nel 1970 e proseguito a più fasi fino al 1986.
- Ubicazione dei pozzi che alimentano il pubblico acquedotto (non presenti nel comune).

Dal punto di vista idrogeologico si osserva la presenza nel sottosuolo di una falda idrica permeante per porosità primaria per i sedimenti sabbioso-ghiaiosi e limo-sabbiosi e per fratturazione la parte più superficiale del basamento roccioso.

Questa presenta una superficie piezometrica che si approfondisce di pochi metri rispetto a quella topografica con una quota di reperimento variabile da “prossima al p.c.” nelle fasce più depresse, ad alcune decine di metri nei punti più alti.

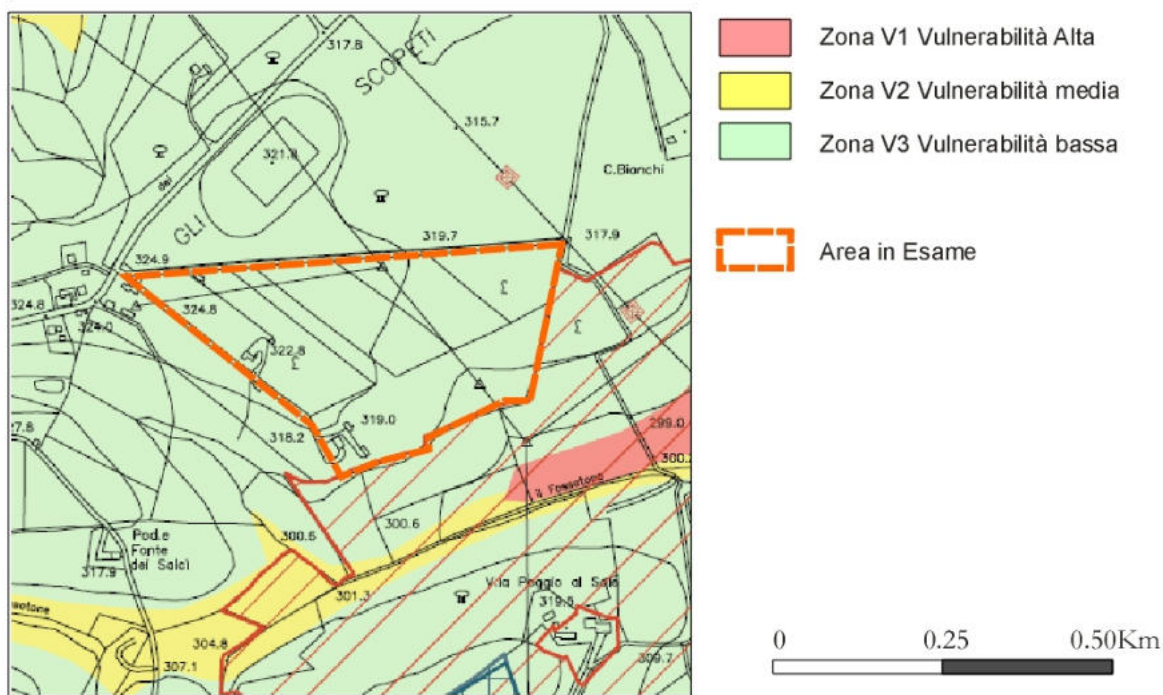
Le condizioni litologico-stratigrafiche caratterizzate da una elevata variabilità dei materiali e quindi degli aspetti geotecnici ed idrogeologici, si prestano alla costituzione di più falde sovrapposte con caratteristiche idrauliche ed importanza diverse, ma che in alcune zone potrebbero essere fra loro collegate (sistemi idrogeologici multifalda).



Località SCOPETI

La vulnerabilità degli acquiferi su scala Comunale per l'area in oggetto è individuata come bassa, non sono presenti saturazioni superficiali, una prima falda utile si rinviene oltre i 30-50 m. dal p.c.

Piano Regolatore Generale - Parte Strutturale Carta della Vulnerabilità Geologica degli Acquiferi Tavola G.5. 02 Zona Centro

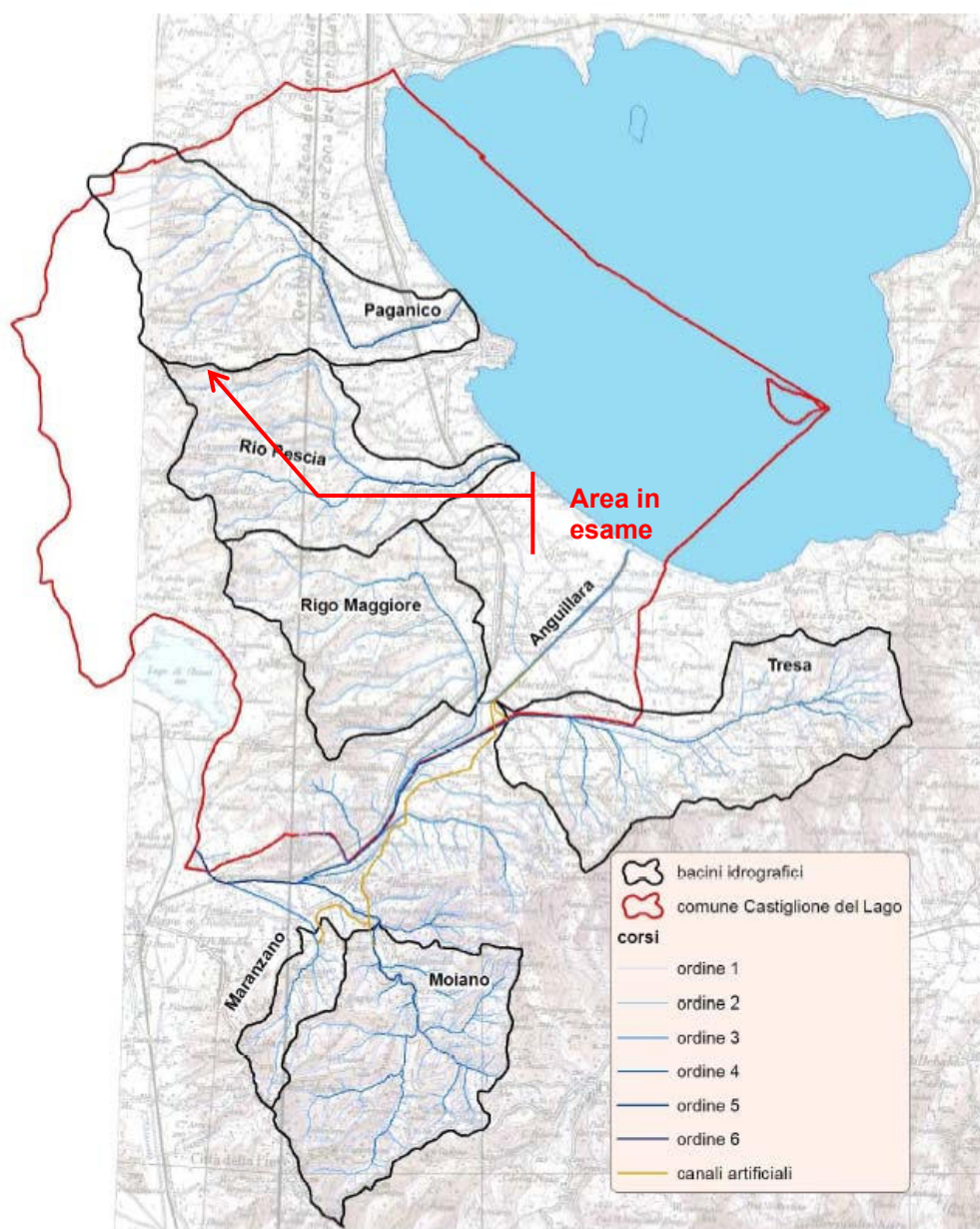


Valgono le indicazioni riportate nella variante generale.



3.4 Elementi Idraulici

Nel Territorio Comunale sono presenti alcuni bacini di corsi d'acqua afferenti al lago Trasimeno oltre alcuni canali artificiali realizzati al fine di ampliare il bacino del lago, e sono oggetto di studi di approfondimento e sono i seguenti bacini: F.so Paganico, Rio Pescia, Rigo Maggiore, T. Tresa, F.sso Moiano e F.sso Maranzano, gli ultimi quattro sono collegati a canali di derivazione artificiali regolati da paratoie manovrabili che li collegano al canale centrale artificiale dell'Anguillara, l'area oggetto di variante è posta al limite tra i primi due, ma di pertinenza del Rio Pescia nella sua area di testata.

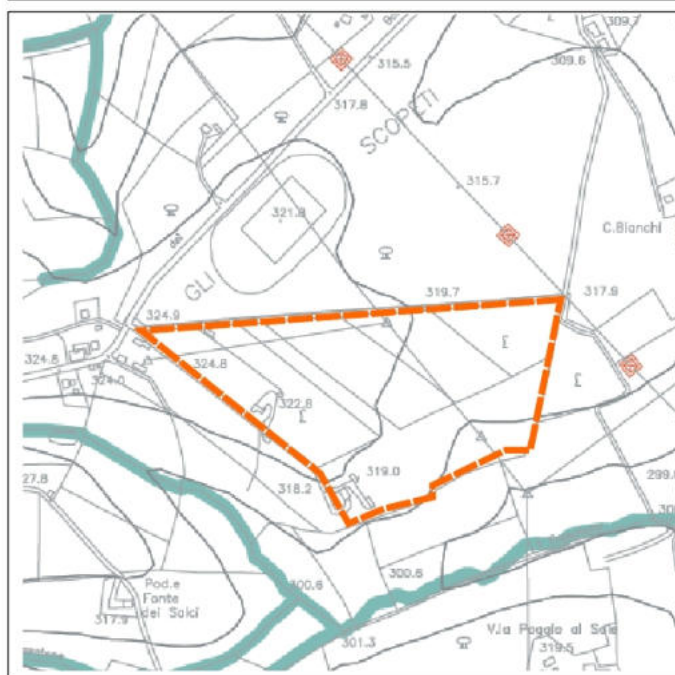


Località SCOPETI

Come accennato nella descrizione delle caratteristiche morfologiche l'area viene drenata dal F.so Fossatone che contribuisce a formare il bacino del Rio Pescia, le portate del fosso ed il dislivello da questo (circa 20 metri) consente di affermare che la sedime non è interessata da pericolosità idraulica, sarà tuttalpiù necessario prevedere attenta regimazione delle acque per impedire fenomeni di ristagno o di difficoltà di smaltimento delle acque in occasione di piogge copiose, come si evince dalla tavola G.5bis.02 di cui si riporta di seguito uno stralcio l'area non rientra tra le zone allegabili o da sottoporre ad indagini idrauliche.

Piano Regolatore Generale - Parte Strutturale

Carta della Vulnerabilità idraulica superficiale Tavola G.5bis 02 Centro



Reticolo idrografico

-  Fossi e corsi d'acqua
-  Invasi artificiali

Aree allagabili

-  Aree allagabili Tr 50
-  Aree allagabili Tr 200
-  Aree allagabili Tr 500

Indagini idrauliche

-  Ambiti lineari da assoggettare ad indagini idrauliche
-  Bacini artificiali da assoggettare ad indagini idrauliche

Uso del suolo

-  Aree di insediamento
-  Zone agricole utilizzabili per nuovi insediamenti (ex LR 11/05 art. 3 comma g) - primo impianto

 Area in esame

0 0.25 0.50Km



4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

4.1 Sismicità storica

La sismicità storica dell'Umbria, con particolare riferimento all'Appennino Umbro Marchigiano, presenta caratteristiche ben conosciute, anche sulla base di ricerche condotte sin dall'inizio del secolo e dai dati del Catalogo dei Terremoti, dalle ricerche sulla zonazione sismogenetica, dagli studi delle relazioni di attenuazione del moto del suolo e dalle valutazioni di a_{max} (accelerazione massima) attesa con determinati tempi di ritorno.

La zonazione sismogenetica del territorio nazionale (Zonazione Sismogenetica ZS9 – INGV, 2004), assegnata al territorio comunale è la 920 (Val di Chiana-Ciociaria), nella zona 920 (Appennino Umbro), sono previste magnitudo (MW [Magnitudo momento sismico]), massime attese (cautelative), pari a 6.14.

La massima intensità sismica osservata è di intensità pari al 10° grado della Scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), mentre la massima magnitudo (M_s) Richter mai registrata, è oltre a circa 6.5, con una frequenza di terremoti al di sopra del 7° grado MCS maggiore od uguale a 20 eventi per secolo negli ultimi tre secoli e, complessivamente per tale periodo, con 15 sismi di intensità maggiore od uguale all'8° grado MCS.

Si tratta prevalentemente di un'attività sismica concentrata nei settori orientali e nord-orientali della regione, entro la crosta terrestre, con il 95% degli eventi con profondità epicentrale inferiore ai 15 Km.

La distribuzione dei sismi è conseguente alla disposizione delle zone sismogenetiche ed alle loro caratteristiche geologico-strutturali.

In linea generale si può affermare che la zona ad Est dell'allineamento F. Tevere-Valle Umbra risente di una sismicità medio-alta ed alta mentre, quella ad Ovest, nel quale è compresa l'area del comune di Castiglione del Lago, è interessata da un più modesto grado di sismicità da medio-basso a medio.

Dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) dell'INGV (M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi - Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>), è consultabile la storia sismica del comune di Castiglione del Lago, nella quale sono riassunti 27 eventi a partire dall'anno 1832.

Storia sismica di Castiglione del Lago (DBMI15 – INGV)





Storia Sismica di Castiglione del Lago [43.126, 12.051]

Numero di eventi: 27

Effetti

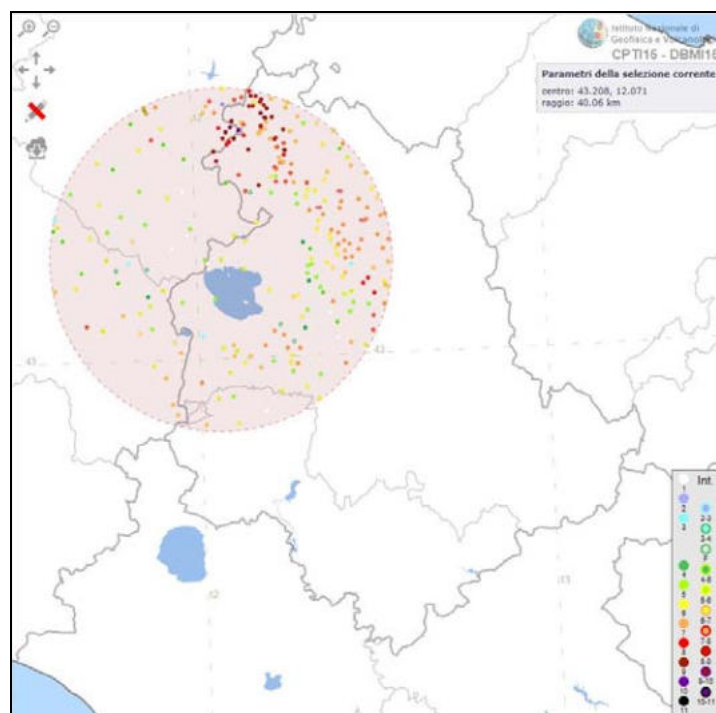
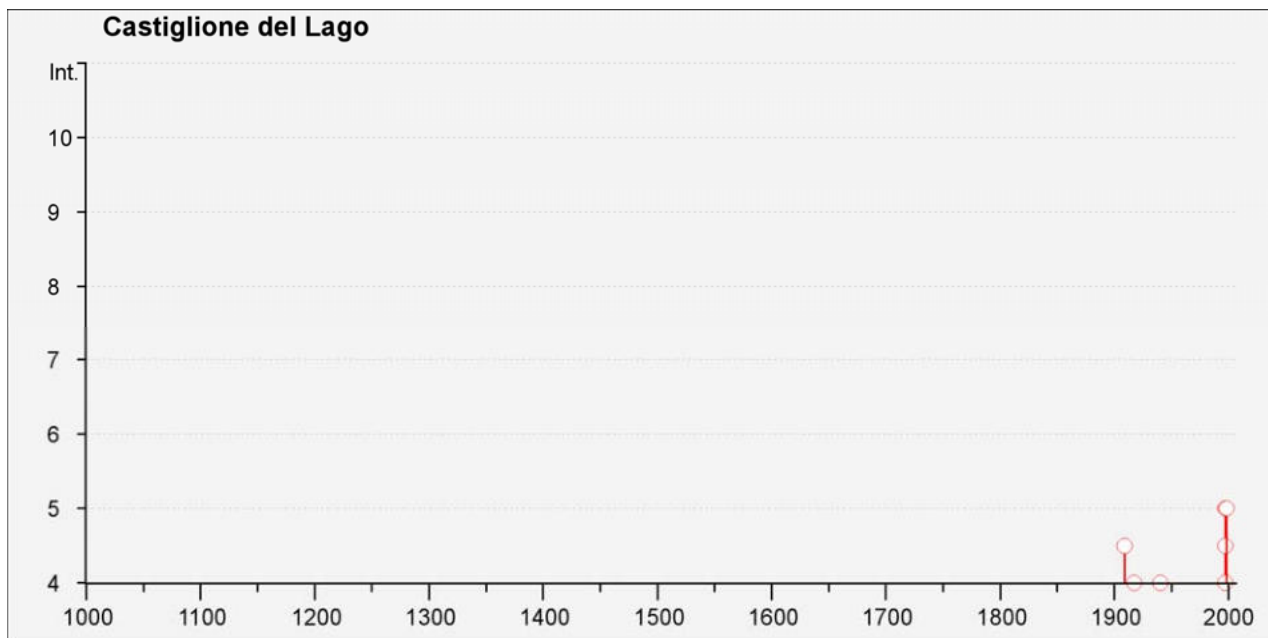
In occasione del terremoto del:

I (MCS)	Data	Località	Np	I0	Mw
NF	1832 01 13 13:00	Valle del Topino	102	10	6.33 $\hat{A} \pm 0.14$
NF	1898 06 27 23:38	RIETI	186	8	5.49 $\hat{A} \pm 0.12$
NF	1902 12 17 05:21	SANTA FIORA	30	6-7	4.86 $\hat{A} \pm 0.33$
NF	1905 02 12 08:28	SANTA FIORA	61	6	4.66 $\hat{A} \pm 0.29$
4-5	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37 $\hat{A} \pm 0.10$
NF	1911 09 13 22:29	Chianti	115	7	5.19 $\hat{A} \pm 0.14$
2	1915 03 26 23:37	Assisi	40	6	4.60 $\hat{A} \pm 0.24$
4	1917 04 26 09:35:59	Valtiberina	134	9-10	5.89 $\hat{A} \pm 0.11$
3	1918 04 14 01:56	GIANO DELL'UMBRIA	23	6	4.55 $\hat{A} \pm 0.32$
2	1919 02 13 02:20	LAGO TRASIMENO	20	6	4.70 $\hat{A} \pm 0.39$
3	1919 09 10 16:57:20	PIANCASTAGNAIO	67	7-8	5.32 $\hat{A} \pm 0.18$
3	1940 06 19 14:10:09	RADICOFANI	28	6	4.77 $\hat{A} \pm 0.28$
4	1940 10 16 13:17:35	RADICOFANI	106	7-8	5.26 $\hat{A} \pm 0.14$
3	1948 06 13 06:33:31	Valtiberina	142	7	5.05 $\hat{A} \pm 0.14$
3	1984 05 07 17:49:43	Appennino abruzzese	912	8	5.89 $\hat{A} \pm 0.09$
NF	1984 05 11 10:41:50	Appennino abruzzese	342		5.50 $\hat{A} \pm 0.09$
NF	1993 06 04 21:36:51	Nocera Umbra	90	5-6	4.50 $\hat{A} \pm 0.13$
NF	1993 06 05 19:16:17	GUALDO TADINO	326	6	4.74 $\hat{A} \pm 0.09$
5	1997 09 26 00:33:13	Appennino umbro-marchigiano	760		5.70 $\hat{A} \pm 0.09$
5	1997 09 26 09:40:27	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	6.01 $\hat{A} \pm 0.09$
4-5	1997 10 03 08:55:22	Appennino umbro-marchigiano	490		5.25 $\hat{A} \pm 0.09$
4-5	1997 10 06 23:24:53	Appennino umbro-marchigiano	437		5.46 $\hat{A} \pm 0.09$
4	1997 10 14 15:23:11	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8	5.65 $\hat{A} \pm 0.09$
5	1998 03 26 16:26:17	Appennino umbro-marchigiano	408	6	5.29 $\hat{A} \pm 0.09$
NF	2000 04 01 18:08:04	MONTE AMIATA	66	5-6	4.57 $\hat{A} \pm 0.09$
3-4	2001 11 26 00:56:55	Casentino	213	5-6	4.72 $\hat{A} \pm 0.09$
NF	2005 12 15 13:28:39	Valle del Topino	361	5-6	4.66 $\hat{A} \pm 0.09$





In particolare si osserva che la massima intensità di sito, **I_s**, è stata di V grado della scala Mercalli (MCS), per eventi di intensità epicentrale, **I_o**, del VII-VIII grado MCS del terremoto del 1997 dell'Appennino Umbro-Marchigiano, con una magnitudo Richter media di 5.65.



Mapa con eventi ed intensità – DBMI15 – INGV



4.2 Classificazione sismica e Pericolosità di Base

Il territorio comunale di Castiglione del Lago, è attualmente classificato come *zona sismica 2*, come evidenziato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 “Nuove norme tecniche sulla riclassificazione sismica del territorio nazionale”, dalla D.G.R. del 18 giugno 2003 n. 852 “Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell’Umbria” e dalla D.G.R. del 18 settembre 2012 n. 1111 “Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell’Umbria”, precedentemente a tale data, il territorio comunale risultava classificato sempre in zona 2.

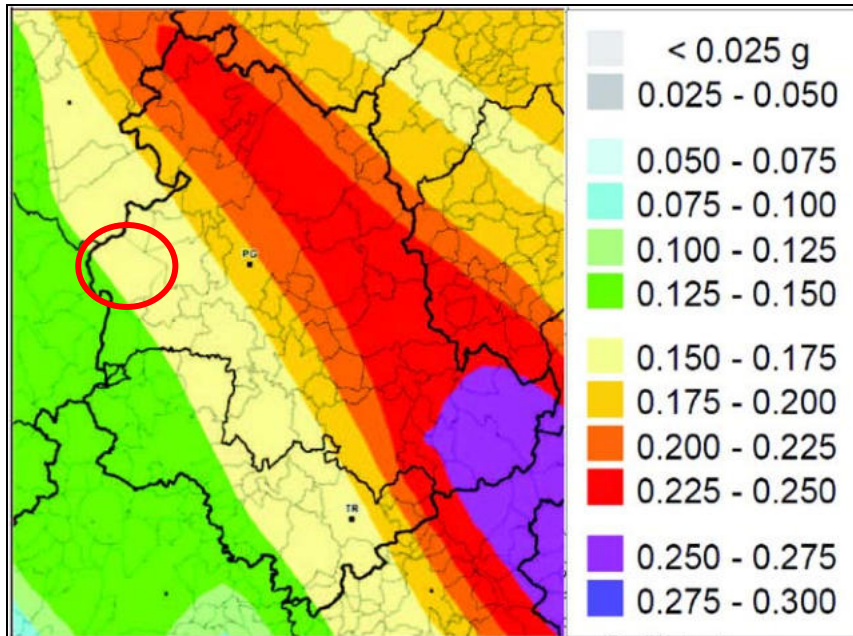
Mappa della Classificazione sismica dei Comuni dell'Umbria (DGR 1111/2012)



Per quanto concerne la Pericolosità sismica di base, si è fatto riferimento alla vigente Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale, INGV, 2004 e alla Mappa interattiva di Pericolosità Sismica del progetto DPC-INGV S1 (consultabili al sito <http://esse-1gis.mi.ingv.it>), entrambe analogamente espresse in termini di

accelerazione massima al suolo (a_{max}), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a sottosuoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s, Cat. A).

Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (stralcio per la Regione Umbria)



In particolare, sulla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale sopra riportata, l'isolina della soglia d'ingresso in zona 2 ($a_{g475} > 0,150g$) è unidirezionale, con orientamento N/NO-S/SE ed è posizionata immediatamente ad Ovest del gruppo del Monte Peglia, e lambisce il territorio comunale di Castiglione del Lago essenzialmente nella porzione occidentale.

Per l'assegnazione alla zona 2 conseguentemente alla OPCM 3519 del 28 aprile 2006, la Regione Umbria, come indicato nella D.G.R. del 18 settembre 2012 n. 1111, ha applicato esclusivamente il criterio della prevalenza territoriale al di sopra o al di sotto del valore soglia.

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08 e s.m.i.:

ag = accelerazione orizzontale massima;

Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

ag, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

Fo e **TC*** i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

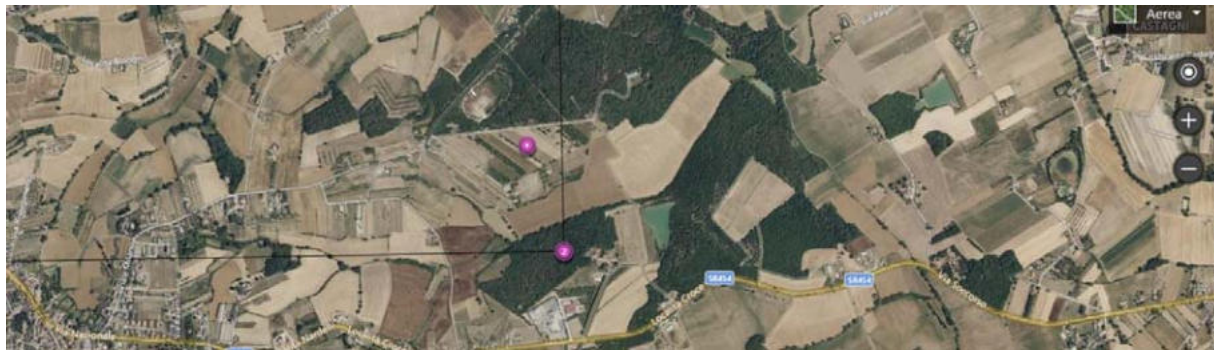
I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

SCOPETI

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43,1279869 [°] - Longitudine (WGS84): 11,9802046 [°]

Latitudine (ED50): 43,1289520 [°] - Longitudine (ED50): 11,9811611 [°]



The specified credentials are invalid. You can sign up for a free developer account at <http://www.bingmapsportal.com>





Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame.

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	22954	43,124180	11,914540	5432,61
2	22955	43,125090	11,982990	454,57
3	22733	43,175080	11,981780	5129,24
4	22732	43,174170	11,913230	7459,65

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,052	2,540	0,256
SLD	50	0,063	2,562	0,269
SLV	475	0,151	2,464	0,285
SLC	975	0,190	2,466	0,288

4.3 Acquisizione dati geofisici tramite indagini

Nell'ambito del presente studio per la Microzonazione Sismica delle aree da innessare la variante è stata realizzata una campagna di indagini geofisiche utili a migliorare le conoscenze sismiche dei terreni presenti, la scelta della tipologia di indagini è stata realizzata conformemente ad altri studi di MZS che hanno interessato il territorio comunale.

Nel dettaglio la campagna d'indagini geofisiche è consistita nell'esecuzione di n. 1 indagini geofisiche di sismica passiva mediante misura di microtremore a stazione singola (HVSr) e n. 1 indagini geofisiche di sismica attiva con metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Località	Indagine	Sigla	Tipo di array	Geofoni n.	Modalità' elaborazione
SCOPETI Fraz. Pozzuolo	Passiva	HVSr Sc.	Puntuale	Stazione singola	CALCOLO RAPPORTI SPETTRALI H/V
	Attiva	MASW Sc.	Lineare	24	INVERSIONE CURVA DI DISPERSIONE

I certificati delle indagini eseguite sono riportati nell'Appendice Indagine



<i>Piano regolatore generale del comune di Castiglione del Lago</i>	<i> Variante parziale</i>		Comune di Castiglione del Lago (PG) Pag.21 di 30
---	---------------------------	--	--

4.3.1 Indagini geofisiche Passive HVSR

Per l'esecuzione delle prove sono stati utilizzati due sismografi digitali triassiali (componenti N-S, E-O e Verticale), a 24 bit SR04-GEOBOX da 2 e 4.5 Hz linerizzati 0.5 Hz (SARA electronic instruments s.r.l.), con sensori interni (Velocimetri Geospace Technology - HS1), l'acquisizione è avvenuta avendo cura di effettuare un adeguato accoppiamento sensore-terreno, con posizionamento con bolla torica alloggiata nella strumentazione.

La registrazione del rumore ambientale (microtremore), è stata effettuata per durate di 20' ritenute sufficienti in considerazione dei modesti disturbi, utilizzando un campionamento di 300 Hz e 156-600 Hz, attraverso il software di acquisizione Seismolog-MT - Sara s.r.l.

Le vibrazioni sismiche ambientali (chiamate anche rumore sismico), sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm. In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche chiamato microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze. Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è certo che le sorgenti dei microsismi sono le perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc. e si propagano come onde superficiali di Rayleigh.

In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier; Rapporti spettrali; Rapporti spettrali H/V.

Tra questi, quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V, noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), o metodo di Nakamura. La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su sedimenti. Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi agli inizi degli anni '70, che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V e mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh. Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura di terreni. Nel 1989, Nakamura propose in inglese il rapporto H/V come stima affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. Le argomentazioni usate da Nakamura sono qualitative e si basano sull'ipotesi che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, come il traffico vicino al sismometro, e siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio. Tale tecnica, ampiamente utilizzata da anni nel settore sismologico, di recente viene sempre più impiegata in campo geotecnico/ingegneristico per derivare i seguenti parametri:

- la frequenza fondamentale di risonanza F_0 dei terreni presenti nel sottosuolo;
- la stima del profilo del terreno in termini delle velocità V_s , attraverso opportuni metodi di inversione.

I pregi fondamentali di tale tecnica di sismica passiva sono:

- possibilità di operare in spazi molto ristretti in quanto i rilievi vengono eseguiti a "stazione singola";
- la presenza di rumore ambientale non disturba il rilievo sismico sempre che questo non sia presente in modo costante e continuo per tutta la durata del singolo rilievo (di durata da 20");
- non necessita di energizzazioni al di fuori del rumore sismico ambientale sempre presente;
- permette di raggiungere grandi profondità.

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata quindi all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura sia nel substrato.

L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito).

L'elaborazione delle registrazioni è avvenuta con il software GeoExplorer HVSR della SARA srl, con eliminazione delle sottofinestre di registrazione (windowing) contenenti transienti significativi.

Tramite l'applicazione delle procedure indicate nelle linee guida nell'ambito del progetto SESAME (2004), si è proceduto al calcolo della curva H/V-F e alla determinazione della frequenza fondamentale di risonanza f_0 , sono inoltre stati analizzati e restituiti gli spettri delle tre componenti del moto del suolo e la direzionalità del segnale H/V. Il dato ottenuto è stato quindi analizzato secondo i criteri SESAME di valutazione del dato ed è stata definita la classe di qualità secondo la procedura indicata da Albarello & Castellaro, 2011 - Appendice 2.

4.3.1 Indagini geofisiche attive MASW

Per l'acquisizione di tutti i dati di campagna (MASW) è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Sismografo multicanale AMBROGEO, con le seguenti caratteristiche:
 - Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica;
 - Tipologia: Echo 24/2002 Seismic Unit
 - Numero di canali: 24
 - Intervallo di campionamento: 0,296 msec
 - A/D Conversione: 24 bit

- Dinamica del sistema:
 - Impedenza amplificatori in ingresso: 1 Kohm
 - Tensione di saturazione: +/- 2,3 V
 - Dinamica di base: 100dB (16 bit);
 - Livello di saturazione: 100dB
 - Distorsione: 0,01 %
 - Campionamenti:
 - 25 msec (191 punti)
 - 50 msec (383 punti)
 - 100 msec (756 punti)
 - 200 msec (1530 punti)
 - 400 msec (3060 punti)
 - 800 msec (6121 punti)
 - Campionamento: 130 micro/sec
 - Lunghezza di registrazione: 25 - 50 -10 - 20 – 400 – 800 millisec
 - Filtro passa basso: da 50 a 950 Hz, passo 1 Hz
 - Risposta in frequenza: 7 – 950 Hz, Filtro a 950 Hz
 - Campo della Dinamica totale: 93 dB (a qualsiasi frequenza di campionamento);
 - Rumore: 0,66 uV rms, gain = 55 dB
 - Potenza: 12 V

Il sismografo multicanale AMBROGEO, per le MASW è stato collegato tramite cavo a 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5Hz. Geospace GS11D. Ogni indagine è stata realizzata eseguendo 2 punti di energizzazione coniugati, con l'utilizzo di una mazza da 9 Kg che si è dimostrata in grado di fornire energia sufficiente allo scopo prefissato tramite sollecitazione di una piastra di metallo.

Per ogni punto di energizzazione sono stati acquisiti 2 shot a differenti distanze, utilizzando per l'elaborazione quello più chiaro. I dati acquisiti sono stati successivamente analizzati mediante il software di elaborazione Easy-Masw prodotto dalla Geostrù.

L'analisi si basa sull'acquisizione delle tracce dei sismogrammi effettuando un processo di interlacciamento delle tracce ottenute su due punti di shot successivi.

A tale fase segue l'analisi spettrale per la determinazione della curva di dispersione sperimentale la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$



A questa segue una fase di caratterizzazione del modello sintetico geotecnico-sismostratigrafico, tendente a simulare la curva di dispersione teorica. Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione ed avviene tramite l'elaborazione di un modello teorico compiendo alcune migliaia di iterazioni e consente di determinare il profilo delle velocità (Vs) in mezzi a differente rigidità.

4.3.1 Risultati delle indagini geofisiche

Dalle indagini eseguite per le due aree si possono ottenere le seguenti informazioni:

Località	Indagine	A0 amplitude	F0 (Hz) frequenza	Vs eq. m/sec	Criteri sesame
SCOPE'II Frazione Pozzuolo	HVSR-Sc	4.038	0.388	238	9/9 (si)

Località	Indagine	Vs int. m/sec	Inversioni Vs	Vs eq. m/sec	Bed Rock sismico
SCOPE'II Frazione Pozzuolo	MASW-SC	150-510	no	271	> 30





4.4 Modello del sottosuolo (CGT - MOPS)

Attraverso l'integrazione tra i dati con le indagini realizzate, si è cercato di definire un modello di sottosuolo per le aree in esame, la definizione di tale modello integra i dati superficiali a disposizione (carta geologica Regione Umbria e dati rilevamento di campagna) con le informazioni disponibili dalle indagini reperite e realizzate in aree contermini, permangono delle incertezze sugli spessori e sulle caratteristiche granulometriche delle coperture presenti al disopra del basamento geologico di riferimento, in quanto non sono disponibili indagini dirette che vanno oltre i 10-15 m., o poco oltre dall'escavazione di pozzi, mentre si rinvencono spessori in molti casi sensibilmente elevati (fino a massimi superiori ai 200 m), dalle informazioni indirette ottenute con le indagini geofisiche.

Per quanto riguarda le velocità V_s delle varie unità "delle coperture" ($V_s < 800$ m/s), sono state effettuate valutazioni specifiche per singola località, cercando di mediare i dati delle indagini realizzate e reperite eseguite su unità geologico tecniche uguali o considerate granulometricamente/composizionalmente e/o di genesi comparabile, data l'estensione arealmente modesta delle zone studiate si possono ritenere i valori ottenuti come uniformi dell'intera area.

Per quando riguarda invece le unità costituenti il basamento sismico ($V_s > 800$ m/s), sempre località per località, è stata considerata, in ogni indagine, come velocità di riferimento del basamento sismico, quella del primo strato indagato con $V_s > 800$ m/s. Anche in questo caso i dati sono stati poi mediati tra le indagini disponibili in quanto descriventi stesse formazioni geologiche, o formazioni considerate con comportamento analogo.

4.4.1 SCOPETI (Pozzuolo) CGT

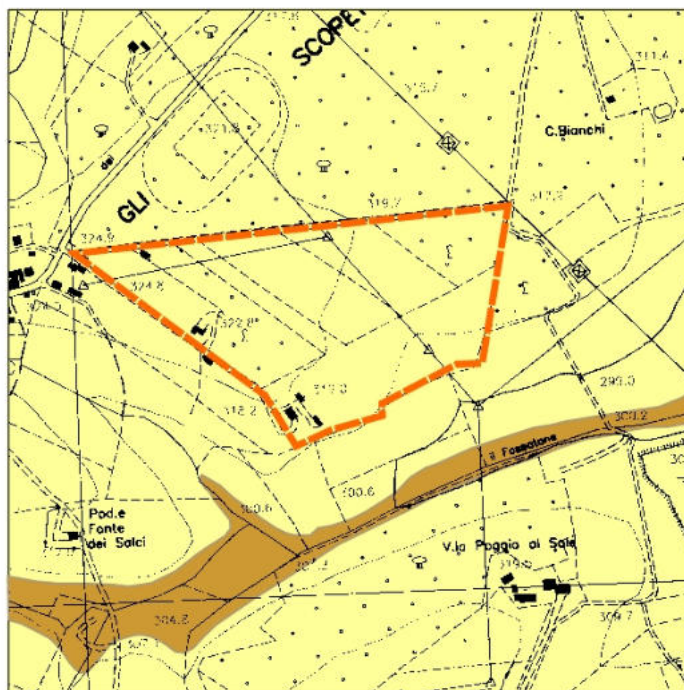
L'area in esame è di valenza pubblica, ricompresa tra l'ex-ippodromo ed il poligono del tiro a volo, vi si intende riallocare l'impianto di allevamento cani della guardia di finanza, attualmente presente nel lungolago del capoluogo., questa è posta su un'area morfologicamente a blande pendenze alla quota di circa 320 m. e con litologie uniformi. (SUPERSINTEMA VALDICHIANA), tra cui quelli granulometricamente costituiti da Sabbie Limose e sabbie medio fini in prevalenza con variazioni più argillose di origine lacustre (**SC-Ic**), afferibili Sintema di Sanfatucchio unità di Gioiella. Tali sedimenti sono relativi ad ambienti deposizionali continentali tipo lacustre, episodicamente invasa dall'acqua caratterizzati da sabbie medio-fini, sabbie-limose e limi-sabbiosi, prevalenti, di colore giallo/marrone, alternate ad argille limo-sabbiose e limi argilloso-sabbiosi.

I sedimenti sono impostati direttamente al di sopra del substrato roccioso, il quale si approfondisce in modo graduale spostandosi verso Ovest, questi depositi hanno spessore variabile, che può superare i 200 m.





Carta Geologico - Tecnica
(Località Scopeti base CTR Sez 309-080 scala 1:10.000)



- Area oggetto di Variante
- ML-pi
Limi inorganici, sabbie fini limose
limi argillosi di bassa plasticità
genesi piana inondabile
- SC-lc
Sabbie argillose limose, miscela di
sabbie ed argille
genesi sedimenti lacustri

0 0.25 0.50Km

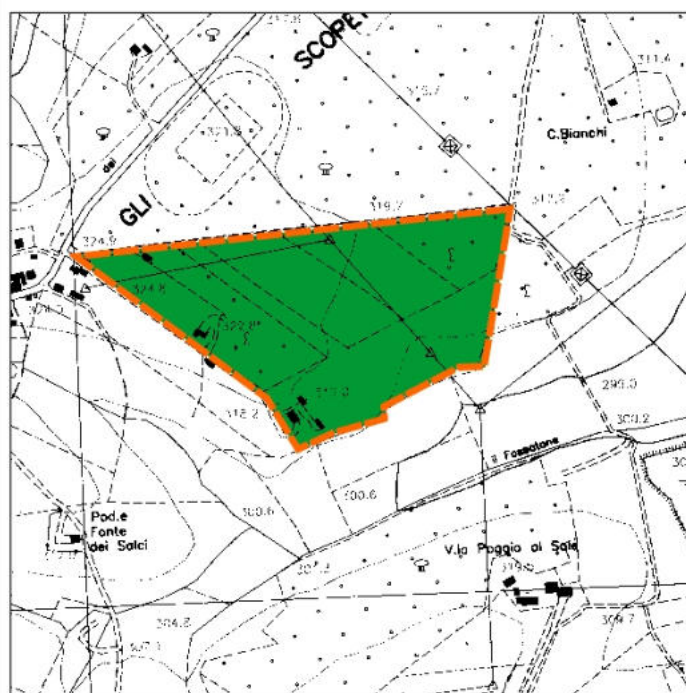
Località	Unità Geologica	Unità G-T	range Vs (m/s) min.-max	Vseq assegnata	Categoria sototsuolo	Indagine di riferimento
SCOPETI	SFAe	SC-lc	150-510	240-270	C	MASW-Sc HVSr- Sc

4.4.2 SCOPETI (Pozzuolo) MOPS

Il territorio comunale di Castiglione del Lago è stato assoggettato a studi di MZSL 2-3, in questi studi l'area non è stata direttamente interessata, ma sono state oggetto di studio di 2° livello aree poco distanti, inoltre le indagini eseguite permettono di confermare l'uniformità con le aree contigue ma con un basamento molto profondo ($F_0 = 0,4$ Hz) pertanto si ritiene opportuno assegnare un nuovo numero di MOPS (Zona 2020) ricadente in aree Stabili suscettibili di amplificazione.



Carta delle MOPS
(Località Scopeti base CTR Sez 309-080 scala 1:10.000)



-  Area oggetto di Variante
-  Zona 2020
Sedimenti clastici costituiti da sabbie
limi, con passaggi a limi ed argille



4.5 Carte di Microzonazione Sismica

4.5.1 SCOPETI Pozzuolo - Microzonazione Sismica Livello II

La procedura utilizzata, che segue un approccio di tipo quantitativo, ha fornito una stima della risposta sismica locale in termini di fattori di amplificazione, le amplificazioni sono state espresse attraverso il **fattore di amplificazione FA e FV**.

Per la quantificazione dei fattori di amplificazione sono stati utilizzati gli abachi di riferimento per effetti litostratigrafici e per effetti topografici, riportati negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS - 2008)", non essendo disponibili abachi specifici della Regione Umbria, al momento della redazione del presente studio.

Gli abachi per effetti litostratigrafici utilizzati sono coerenti con un modello di sottosuolo costituito da un deposito stratificato di terreni omogenei deformabili, sovrastante un terreno più rigido con velocità delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s.



I dati di ingresso per l'utilizzo delle tabelle degli abachi per effetti litostratigrafici sono stati:

- la macrozona di pericolosità sismica del sito da cui il valore medio approssimato di a_g , considerato per le località studiate è pari a 0.15g. Le tabelle degli abachi sono indicate per i livelli energetici di 0.06g, 0.18g e 0.26 g da cui è stato cautelativamente assunto il valore di riferimento di $a_g = 0.18 \text{ g}$;
- la litologia prevalente nelle zone di approfondimento d'indagine, ricavata dai dati stratigrafici e dai modelli geolitologici e nella legenda della **Carta Geologico-Tecnica** per singola microzona

Tipo di Terreno: Limo e Sabbia – (SCOPEI Pozzuolo) Zona 2020 MOPS.

- la V_{SH} media dei terreni di copertura, ovvero il valore della velocità media delle onde S fino all'interfaccia con il substrato sismico ($V_s > 800 \text{ m/s}$).
- il profilo di velocità assunto è risultato per tutte le Località:
 - **profilo variabile linearmente con pendenza intermedia.**

quando lo spessore di sottosuolo diventa considerevole (diverse decine di metri), è poco probabile che il profilo di velocità si mantenga costante, ed è quindi preferibile orientarsi verso le tabelle riferite al profilo variabile linearmente con pendenza intermedia. Sono quindi state effettuate le determinazioni dei valori del fattore di amplificazione FA-FV per l'area oggetto di variante.

Determinazione FA tramite abaco per effetti litostratigrafici utilizzata per la MZS livello 2 (da ICMS 2008) - Sabbie (0.18g LPI)

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		$a_g \{g\}$		Profilo di velocità					
FA		Sabbia		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		$v_{SH} \{m/s\}$									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	-	1.97	1.67	1.53	1.32	1.18	1.10	1.06	1.02	1.01
	10	-	2.24	2.13	1.85	1.59	1.40	1.28	1.19	1.08	1.03
	15	-	1.93	2.09	1.97	1.78	1.61	1.45	1.32	1.16	1.06
	20	-	1.64	1.88	1.92	1.80	1.65	1.52	1.40	1.21	1.08
	25	-	1.42	1.69	1.75	1.73	1.63	1.52	1.41	1.24	1.11
	30	-	-	1.48	1.64	1.60	1.58	1.49	1.40	1.24	1.11
	35	-	-	1.43	1.46	1.51	1.47	1.45	1.36	1.23	1.10
	40	-	-	1.37	1.41	1.38	1.38	1.35	1.32	1.20	1.09
	50	-	-	1.23	1.34	1.33	1.29	1.25	1.20	1.14	1.06
	60	-	-	1.10	1.23	1.27	1.25	1.20	1.16	1.09	1.02
	70	-	-	0.97	1.13	1.18	1.20	1.17	1.13	1.05	0.98
	80	-	-	0.89	1.04	1.11	1.14	1.14	1.11	1.03	0.97
	90	-	-	0.82	0.95	1.04	1.08	1.10	1.08	1.02	0.95
	100	-	-	0.76	0.91	0.98	1.02	1.04	1.06	1.00	0.94
	110	-	-	0.71	0.84	0.91	0.97	1.00	1.01	0.98	0.92
120	-	-	0.67	0.80	0.89	0.92	0.96	0.98	0.96	0.91	
130	-	-	0.62	0.76	0.85	0.90	0.92	0.95	0.94	0.90	
140	-	-	0.58	0.72	0.81	0.87	0.90	0.91	0.91	0.88	
150	-	-	0.54	0.69	0.76	0.84	0.87	0.89	0.89	0.86	





Determinazione Fv tramite abaco per effetti litostratigrafici utilizzata per la MZS livello 2 (da ICMS 2008) - Sabbie (018g Costante)

Fattore di amplificazione **Tipo di terreno** **$a_g(g)$** **Profilo di velocità**
FV Sabbia 0.18g Lineare pendenza intermedia

	$V_{\infty} \text{ (m/s)}$										
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	-	1.11	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	-	1.80	1.31	1.14	1.09	1.06	1.04	1.03	1.01	1.00
	15	-	2.34	1.83	1.45	1.22	1.14	1.09	1.06	1.03	1.01
	20	-	2.55	2.18	1.76	1.46	1.27	1.17	1.12	1.05	1.02
	25	-	2.46	2.37	2.00	1.68	1.44	1.28	1.18	1.08	1.03
	30	-	-	2.39	2.11	1.79	1.57	1.39	1.26	1.11	1.05
	35	-	-	2.32	2.20	1.91	1.64	1.47	1.33	1.15	1.06
	40	-	-	2.29	2.17	1.97	1.74	1.53	1.37	1.18	1.08
	50	-	-	2.10	2.10	1.95	1.78	1.63	1.48	1.23	1.10
	60	-	-	2.05	1.99	1.89	1.77	1.62	1.49	1.27	1.11
	70	-	-	1.89	1.90	1.81	1.71	1.61	1.49	1.28	1.13
	80	-	-	1.75	1.82	1.73	1.63	1.55	1.47	1.28	1.13
	90	-	-	1.71	1.74	1.69	1.58	1.50	1.43	1.27	1.13
	100	-	-	1.69	1.62	1.64	1.55	1.46	1.39	1.25	1.12
	110	-	-	1.67	1.59	1.58	1.52	1.43	1.35	1.22	1.11
	120	-	-	1.63	1.58	1.49	1.48	1.41	1.32	1.20	1.07
130	-	-	1.60	1.57	1.46	1.42	1.38	1.31	1.17	1.06	
140	-	-	1.55	1.53	1.44	1.37	1.35	1.28	1.15	1.05	
150	-	-	1.45	1.50	1.45	1.35	1.31	1.26	1.13	1.04	

Sintesi dei risultati

MICROZONA	FA		FV	
	Max.	Min.	Max.	Min.
MOPS 2020 SCOPETI Fraz. Pozzuolo	0.69	0.54	1.50	1.45





5. CONCLUSIONI

La sintesi delle informazioni ottenute sono riportate di seguito.

Area	Vincoli Geologici Morfologici	Vulnerabilità degli acquiferi	Vulnerabilità Idraulica	Sismica		
				Zona	Cat. 2018	MOPS
SCOPETI Pozzuolo	Instabilità media	Bassa	Irrilevante	2	C	2020 Zona stabile suscettibile di amplificazione

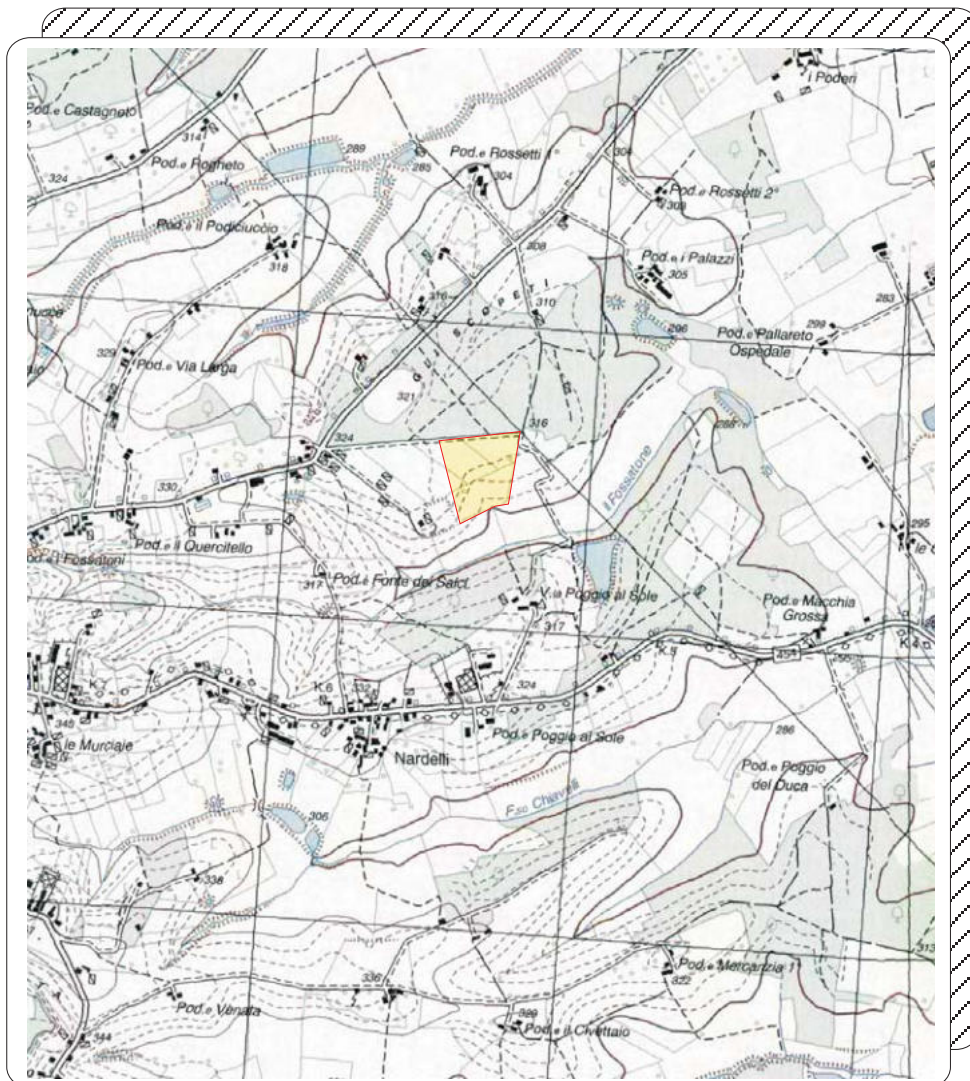
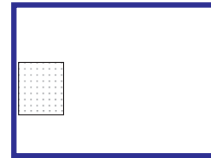
Sulla base del presente studio si ritiene che le trasformazioni previste dalla variante si inseriscono in un contesto geologico-morfologico, idrogeologico, idraulico e sismico che non presenta motivi ostativi alla trasformazione.

Dott. Geol. Miriano Scorpioni



REGIONE UMBRIA, Provincia di Perugia
Foglio n° 122 Perugia (Carta d' Italia IGM)

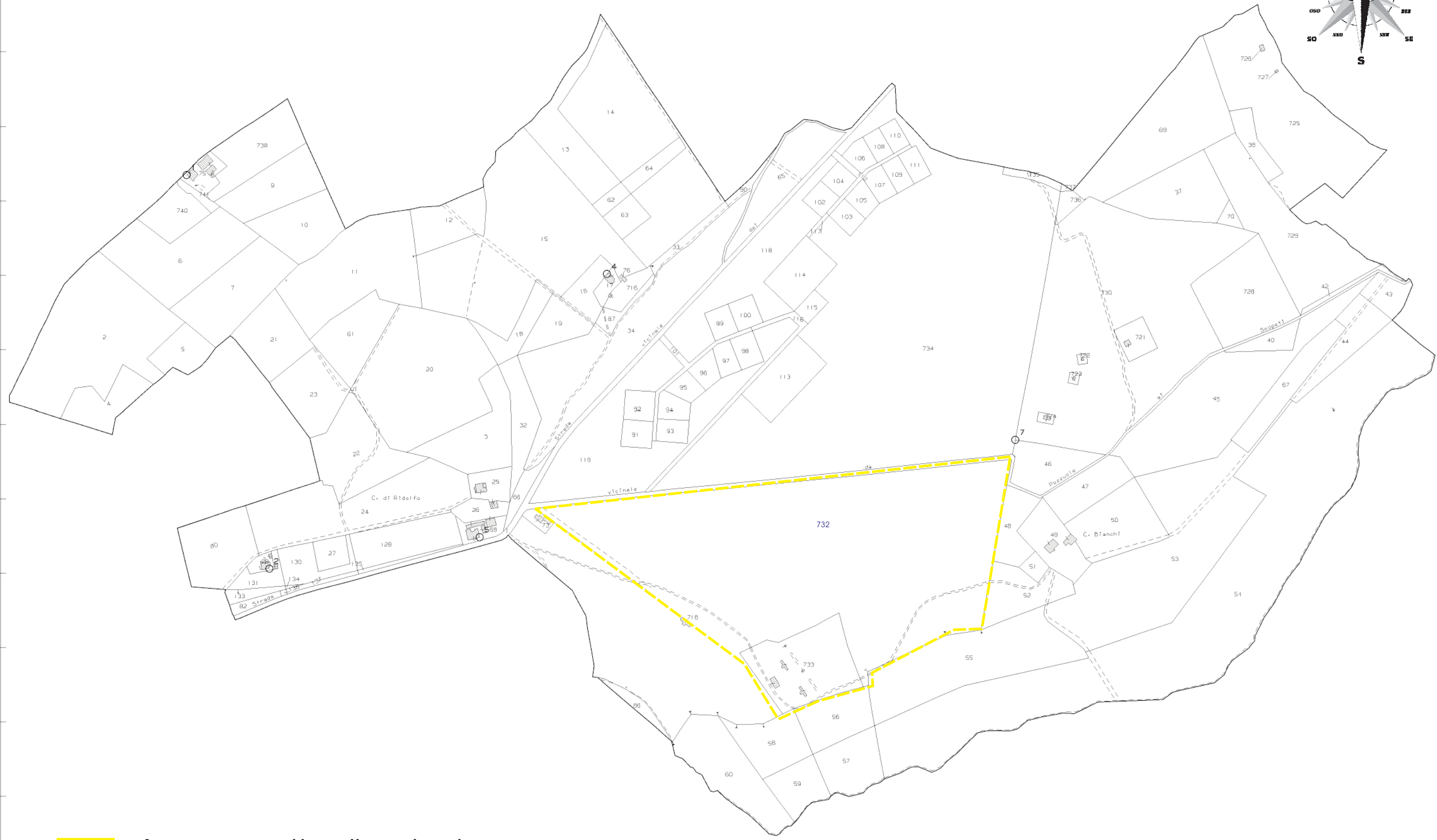
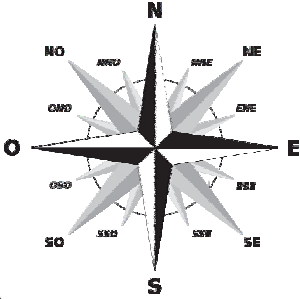
Tavoletta:
III NW Castiglione del Lago
scala 1:25.000



Zona in esame

Foglio Catastale 40 Comune di Castiglione del Lago

Scala 1:5.000



Area oggetto di variante

N=2900

E=-75000

PIANO STRUTTURALE VIGENTE



PIANO STRUTTURALE -VARINATE-



APPENDICE INDAGINI

n. 1 Indagini geofisiche tramite tecnica MASW

n. 1 Indagini geofisiche tramite tecnica HVSR

Committente COMUNE DI CASTIGLIONE DEL LAGO

Località: SCOPETI – Frazione Pozzuolo (Castiglione del Lago)

Data: Novembre 2025

Geologo Miriano Scorpioni
06061 - Castiglione del Lago PG
Via: Marcantoni, 28
e-mail: miriano.geo@libero.it
C.FISC: SCRMRN61L05Z110L
P.IVA: 01887370540



Campagna	Castiglione del Lago Scopeti - Pozzuolo	Data	Novembre 2025
Profilo m.	46	Operatore	Scorpioni Miriano
Strumento	Ambrogeo 24 bit	Condizioni Meteo	Buone
Sorgente	Mazza da 9 Kg	Formato Dati	SGY-SEG2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	2 m.
Freq. Campionamento	0,478 ms	Lungh. registrazione	1 s
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine - Longitudine	43.128559, 11.980627	Latitudine - Longitudine	43.128449, 11.981431
Quota	~ 320 m. s.l.m.	Quota	~ 320 m. s.l.m.



Schema geometria

Energizzazioni: 01-----02-----

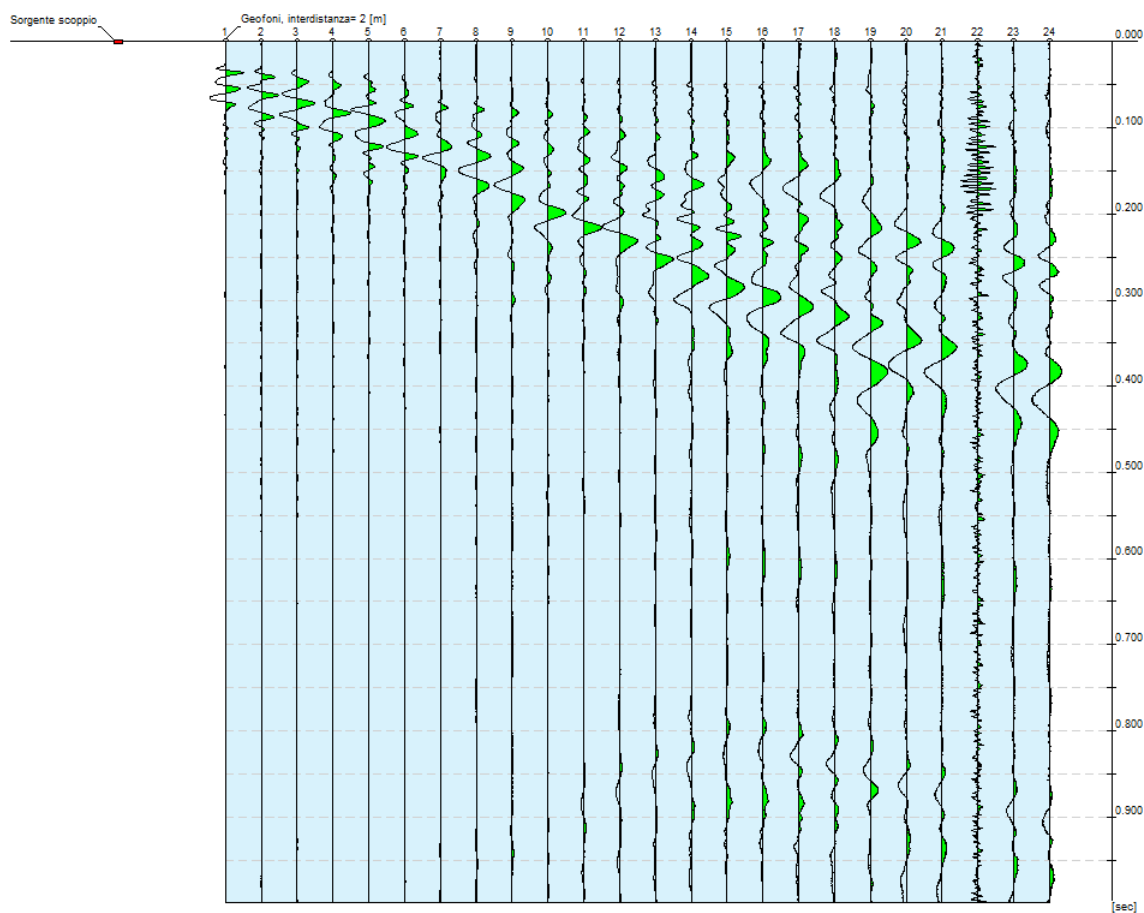
Ricevitori: 01.....06.....12.....18.....24

Energiz. N°	Posizione Energiz.	Tracce inattive	Note (Rumore, Energ. singola, stack Energ.)
1	10 m. primo geofono	--	Segnale anomalo traccia 22
2	5 m. primo geofono	--	Segnale anomalo traccia 22

ELABORAZIONE – SOFTWARE Easy MASW

Tracce

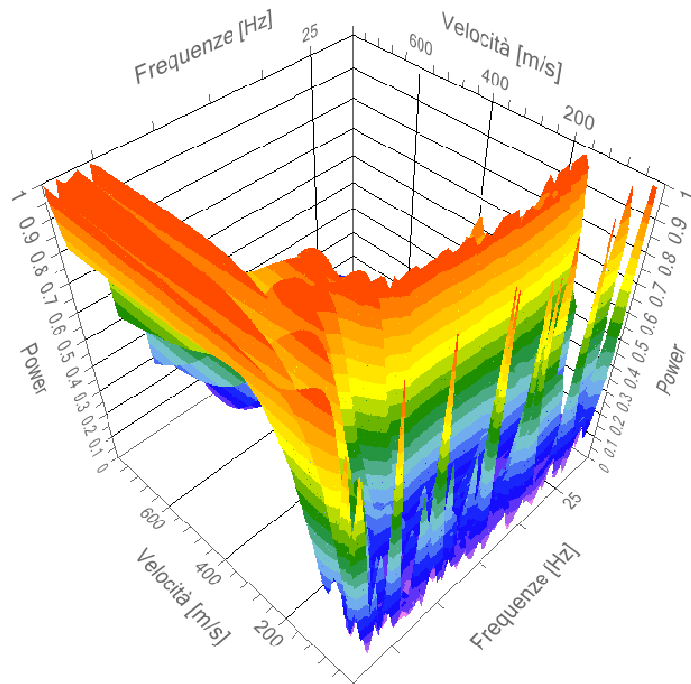
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	999.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.478



Analisi spettrale

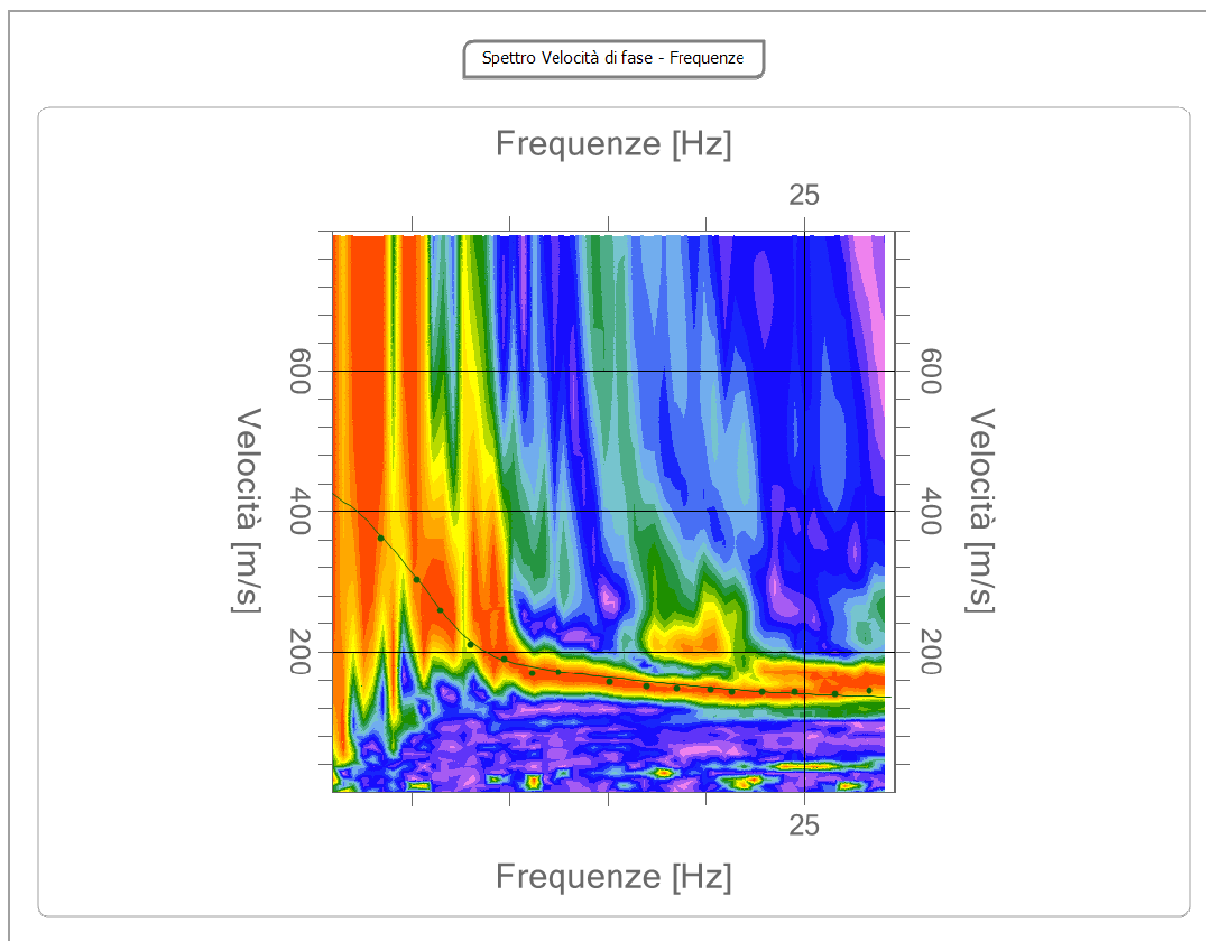
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	30
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.5	362.1	0
2	5.3	303.3	0
3	6.5	259.2	0
4	8.0	210.1	0
5	9.7	190.5	0
6	11.1	169.3	0
7	12.5	170.9	0
8	15.1	156.2	0
9	17.0	151.3	0
10	18.5	148.1	0
11	20.2	146.4	0
12	21.3	143.2	0
13	22.9	143.2	0
14	24.5	143.2	0
15	26.6	139.9	0
16	28.3	144.8	0



Inversione

n.	Litologia	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vs [m/sec]
1	Limi e sabbie	4.65	4.65	1700.0	0.3	No	151.1
2	Limi e sabbie	12.42	7.77	1800.0	0.3	No	213.3
3	Argille Limose	28.21	15.80	1800.0	0.3	No	401.8
4	Argille Limose	45.70	17.49	1800.0	0.3	No	428.6
5	Argille Limose	oo	oo	1800.0	0.3	No	517.4

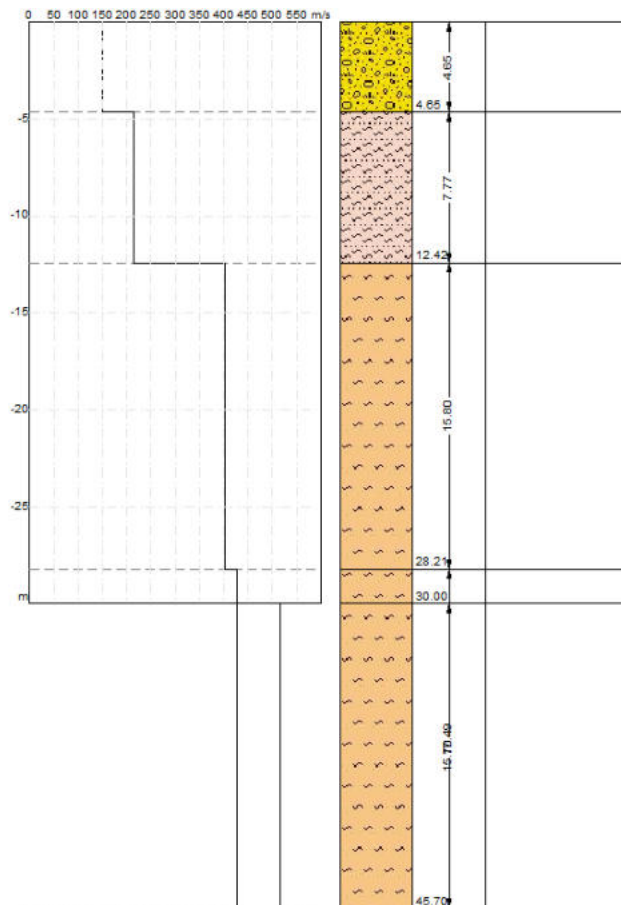
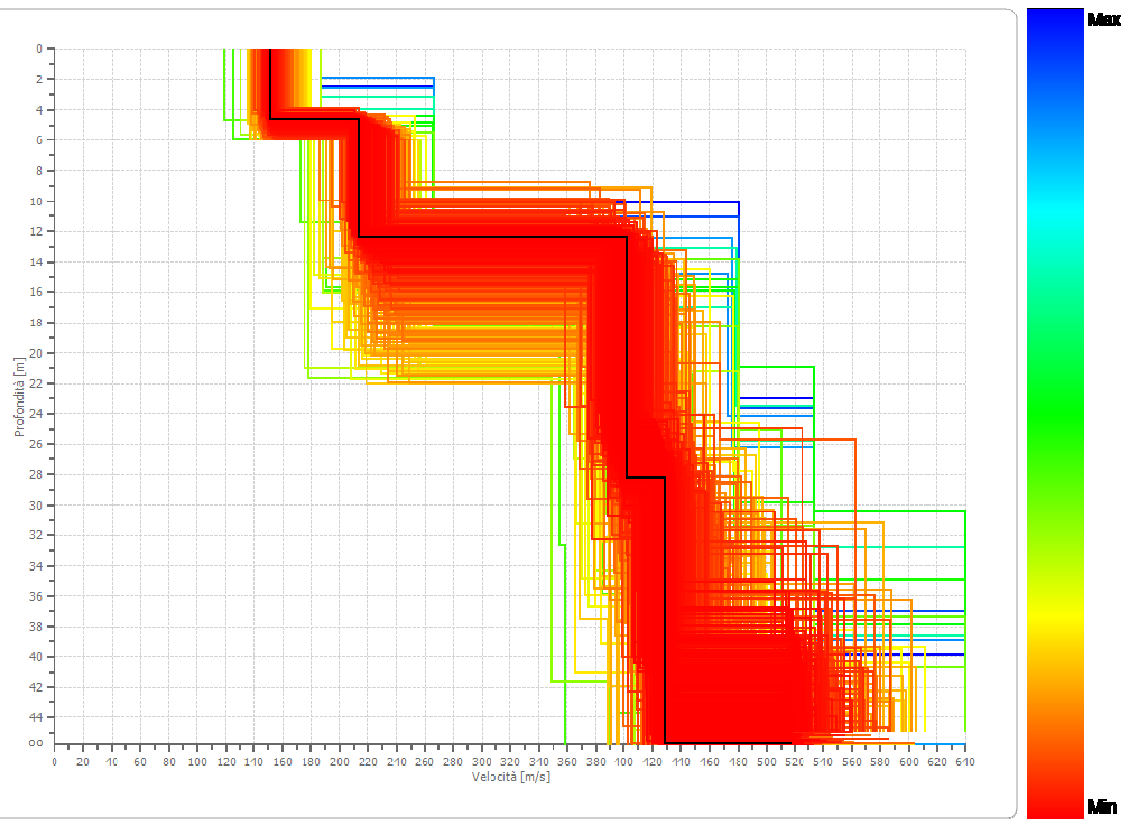
Percentuale di errore

0.016 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.014

Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	271.06
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Foglio Campagna acquisizione HVSR

Campagna	Castiglione del Lago Variante parziale PS-PO	Data	Novembre 2025
Sito	HV - Sc	Operatore	Miriano Scorpioni.
Strumento Acquisitore	SR04-GEOBOX Sara El.	Sismometro Tipo	Digitale Triassiale 24bit
Frequenza Sismometro	4.5 Hz (Lin. 0.5Hz)	Fondo scala	1.25V picco-picco
Freq. Campionamento	300 Hz	GPS LOC	-----
Inizio Registrazione	06h 20'	Durata (sec)	1200
NOME FILE		FORMATO FILE	.SAF
Coordinate			
	GPS	UTM (WGS84)	ALTRO
Latitudine		43.128458	
Longitudine		11.980381	
Quota (m)	~320		

Indicazioni sul Sito: Loc. SCOPETI Frazione Pozzuolo, Comune di Castiglione del Lago



INSTALLAZIONE SISMOMETRO: ACCOPPIAMENTO

- | | | | |
|--|---|--|---|
| ☐ Roccia | ☐ Asfalto | ☐ Sabbia | ☐ Erba |
| ☐ Terreno Riporto | ☐ Terreno_compatto | ☐ Terreno_bagnato | ☒ Terreno_secco |
| ☐ Cemento | ☐ Sterrato | ☐ Pavimentazione | ☐ Marciapiede |

Modalità Accoppiamento Sismometro Terreno:

(appoggiato, interrato, cementato) Appoggiato, piedi lunghi ben infissi previo scotico

Foglio Campagna acquisizione HVSR

INSTALLAZIONE SISMOMETRO : GEOLOGIA

☐ Roccia ☒ Terreno ☐ Detrito ☐ Riporto

altro/commento:

INSTALLAZIONE SISMOMETRO : POSIZIONAMENTO in

☐ Città_via_principale ☐ Città_via_secondaria ☐ Città_cortile ☐ Città_parco
☐ Strada_principale ☒ Strada_secondaria ☐ Mura ☐ Mura_antiche
☒ Aperta_campagna ☐ Galleria ☐ Cunicolo

altro/commento: prossimità di strada principale di scorrimento

INSTALLAZIONE GEOFONO : VICINANZA

☐ Fiume ☐ Canale ☐ Fabbrica ☐ Cantiere
☐ Lavori_stradali ☐ Alberi ☐ Ponti ☐ Viadotti
☐ Mura ☐ Gallerie ☐ fognature
☐ Edifici_nessuno ☒ Edifici_scarsi ☐ Edifici_densi

distanza_edificio_vicino: > 100 m numero_piani_edificio_vicino:

strutture_sotterranee: non note

CONDIZIONI ATMOSFERICHE :

☐ vento_forte ☐ vento_debole ☒ no_vento
☐ pioggia_forte ☐ pioggia_debole ☒ no_pioggia

altro/commento

RUMORE RILEVABILE:

☐ Auto_nessuna ☒ Auto_poche ☐ Auto_tante
☐ Mezzi_pesanti_nessuno ☒ Mezzi_pesanti_pochi ☐ Mezzi_pesanti_tanti
☒ Pedoni_nessuno ☐ Pedoni_pochi ☐ Pedoni_tanti

scelto orario con poco traffico

ALTRE SORGENTI DI RUMORE

non note

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/11/24 16:16:11

Recording length: 21.4 min

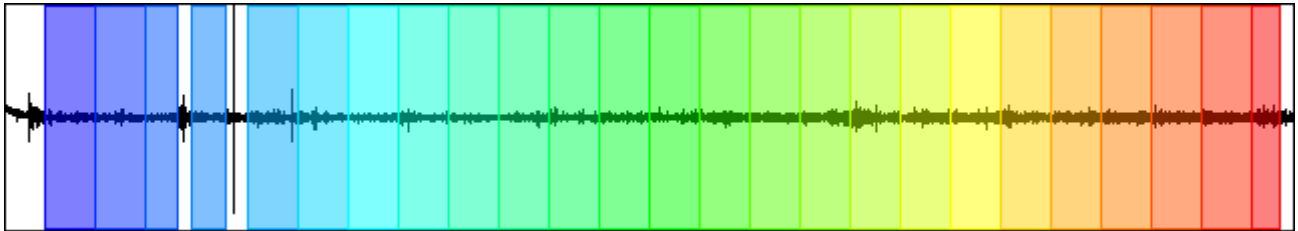
Windows count: 25

Average windows length: 47.7

Signal coverage: 92.88%

91453 Counts

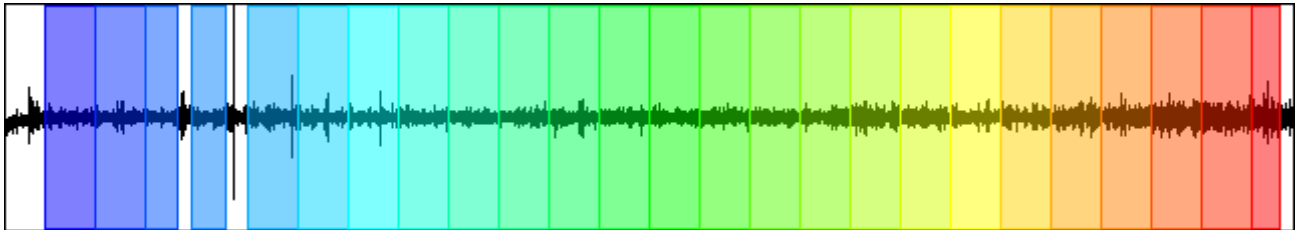
CHANNEL #1 [V]



-77909 Counts

65235 Counts

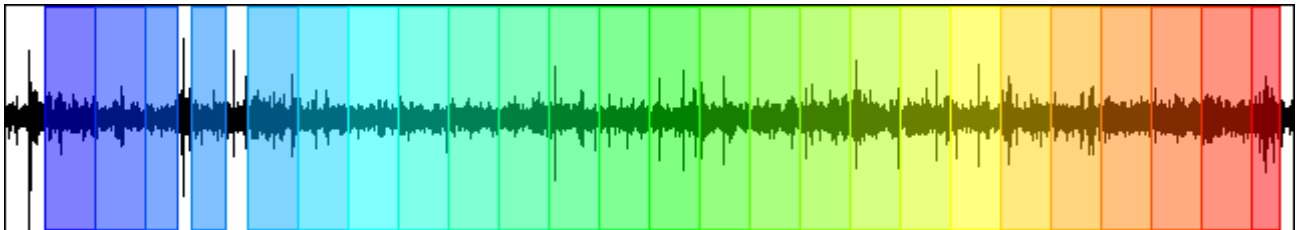
CHANNEL #2 [N]



-47651 Counts

23105 Counts

CHANNEL #3 [E]



-31999 Counts

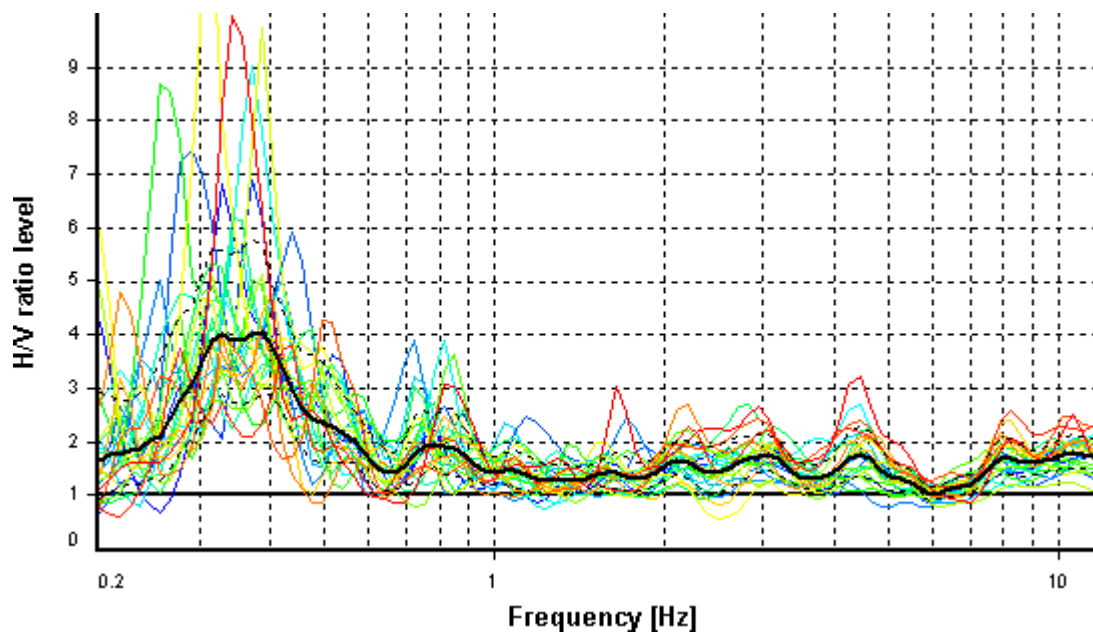
HVSR ANALYSIS

Tapering: Disabled

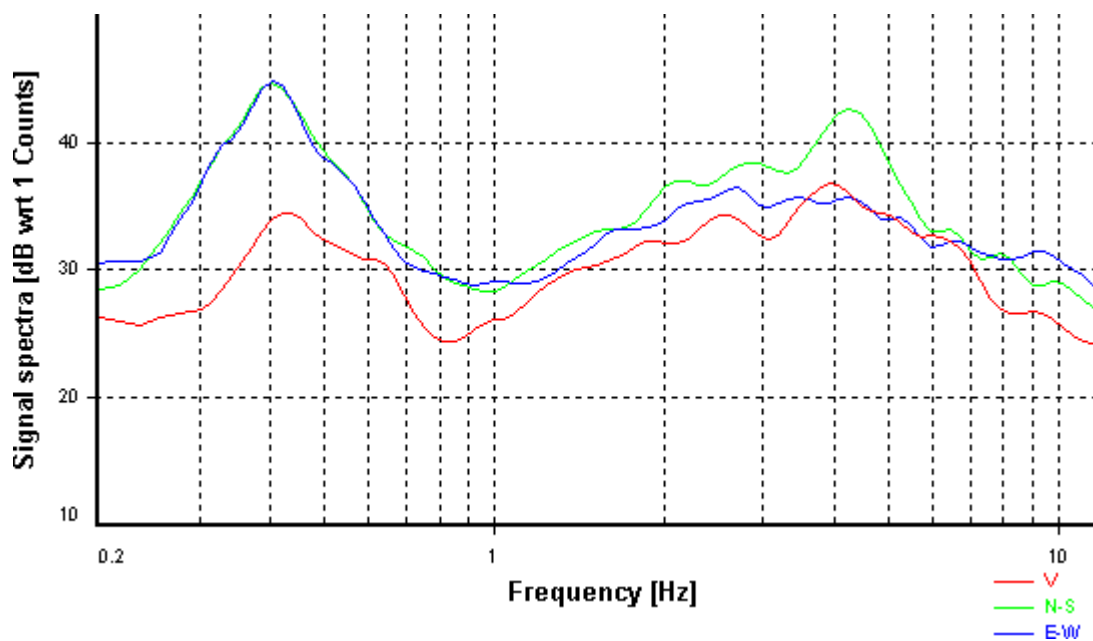
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

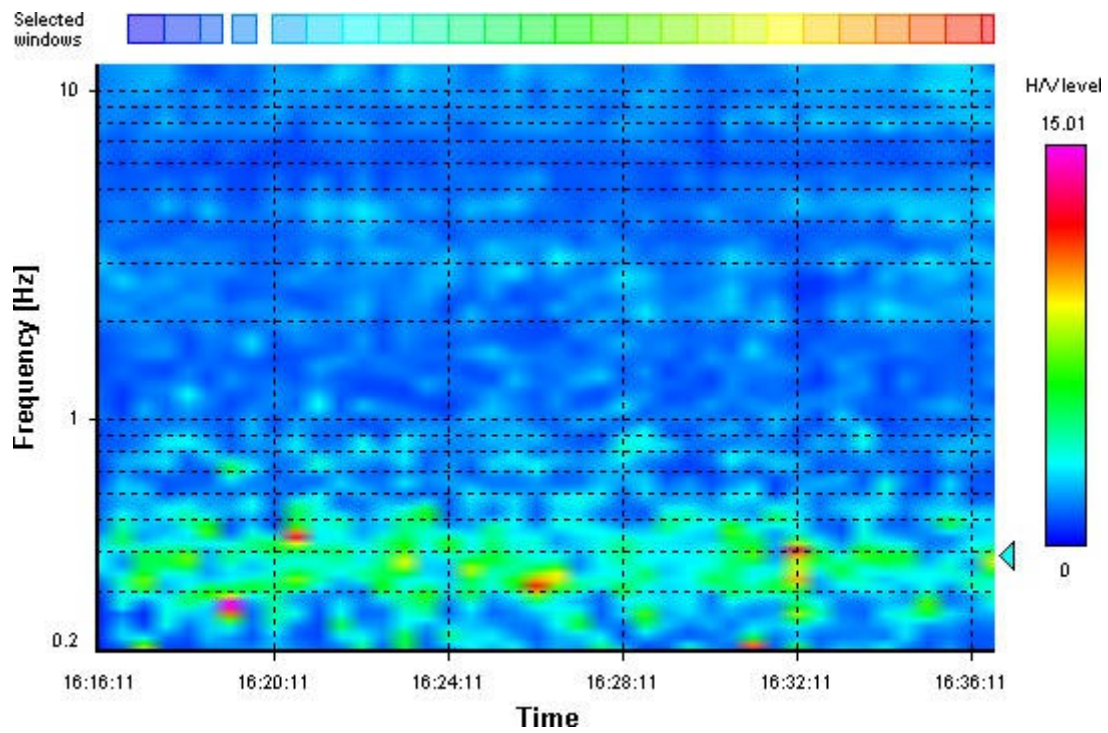
HVSR average



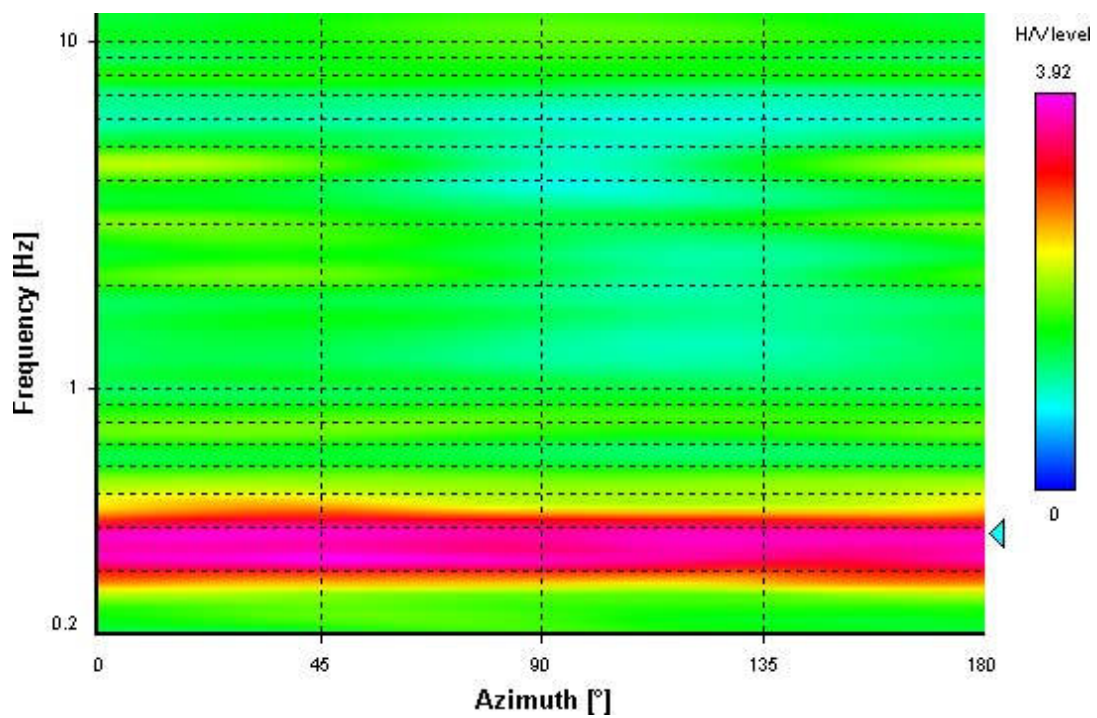
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



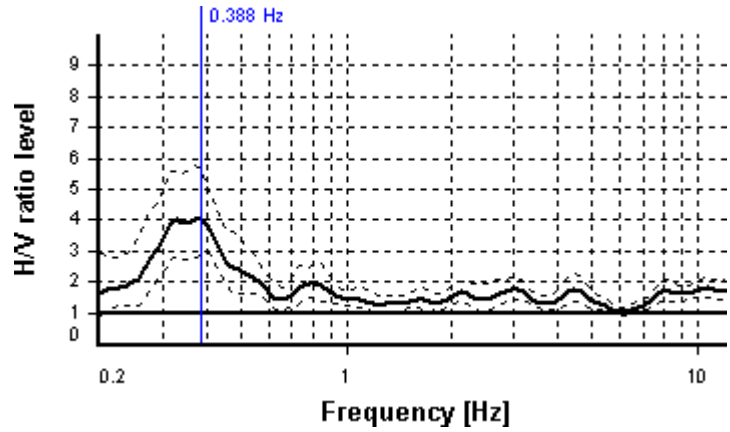
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.388 Hz

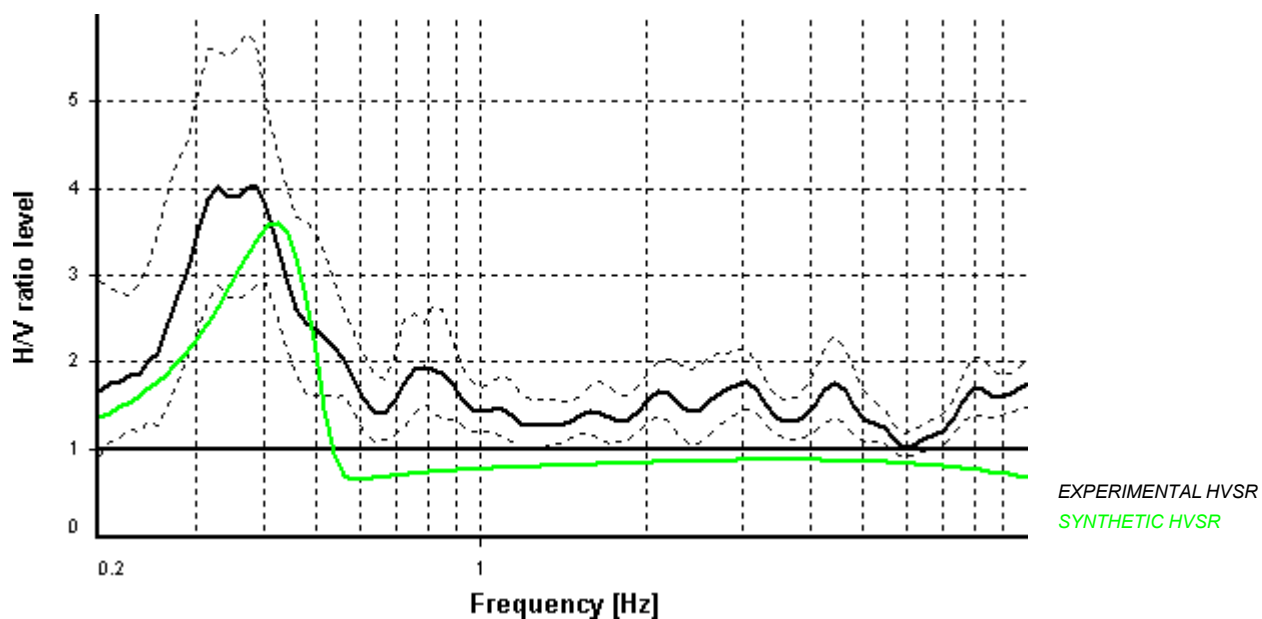
A_0 amplitude = 4.038

Average f_0 = 0.355 ± 0.055

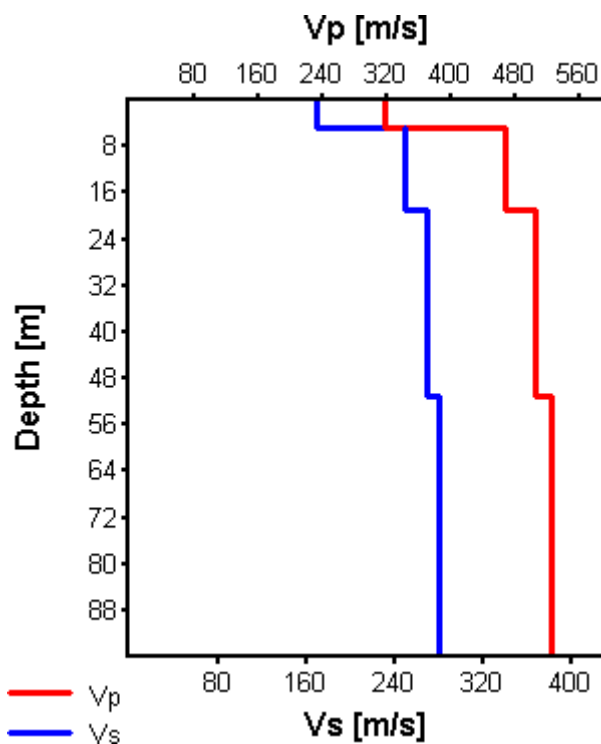


HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	25 valid windows (length > 25.8 s) out of 25	OK
$n_c(f_0) > 200$	462.26 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.24594 Hz	OK
$\exists f^* \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	0.58616 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.04 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.22% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.05496 < 0.07752	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.4042 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
5	5	318	170	1700
14	19	468	250	1700
32	51	505	270	1800
65	116	524	280	1800
125	241	617	330	1800
-	> 241	1590	850	2200



$V_{s_{eq} 30} = 238$ m/s (Offset = 0 m)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/11/24 16:16:11

Recording length: 21.4 min

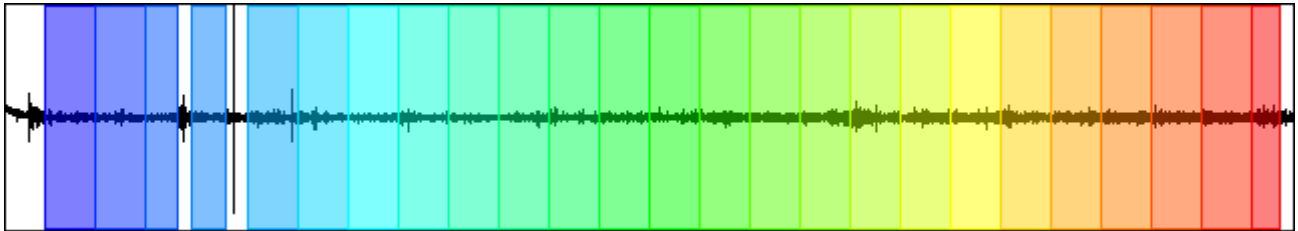
Windows count: 25

Average windows length: 47.7

Signal coverage: 92.88%

91453 Counts

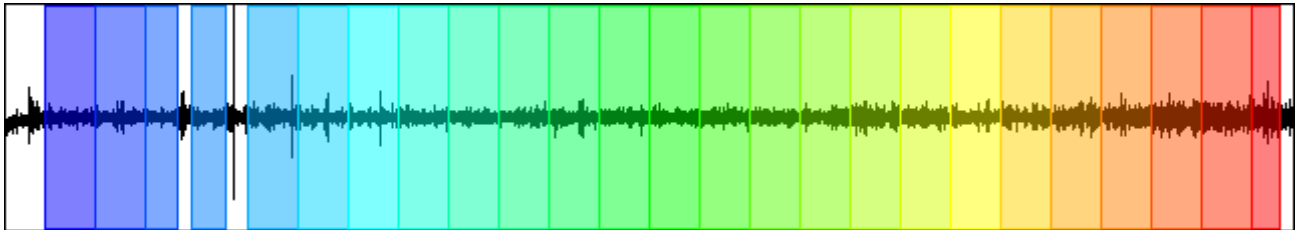
CHANNEL #1 [V]



-77909 Counts

65235 Counts

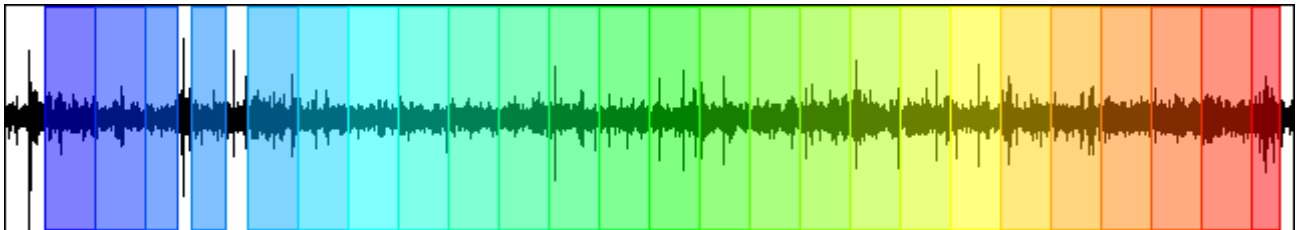
CHANNEL #2 [N]



-47651 Counts

23105 Counts

CHANNEL #3 [E]



-31999 Counts

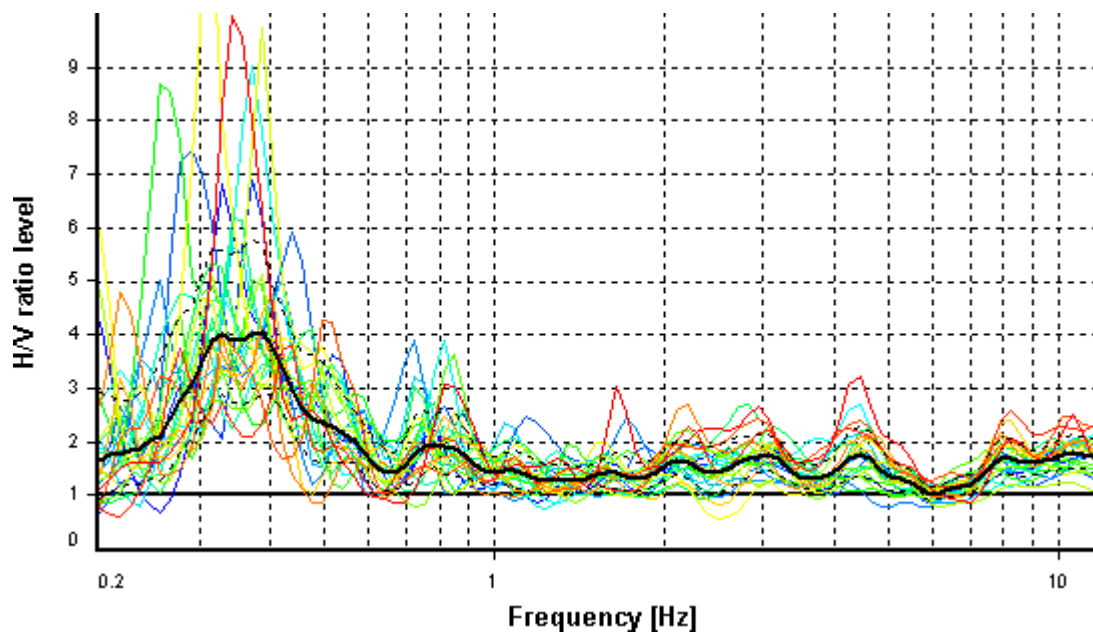
HVSR ANALYSIS

Tapering: Disabled

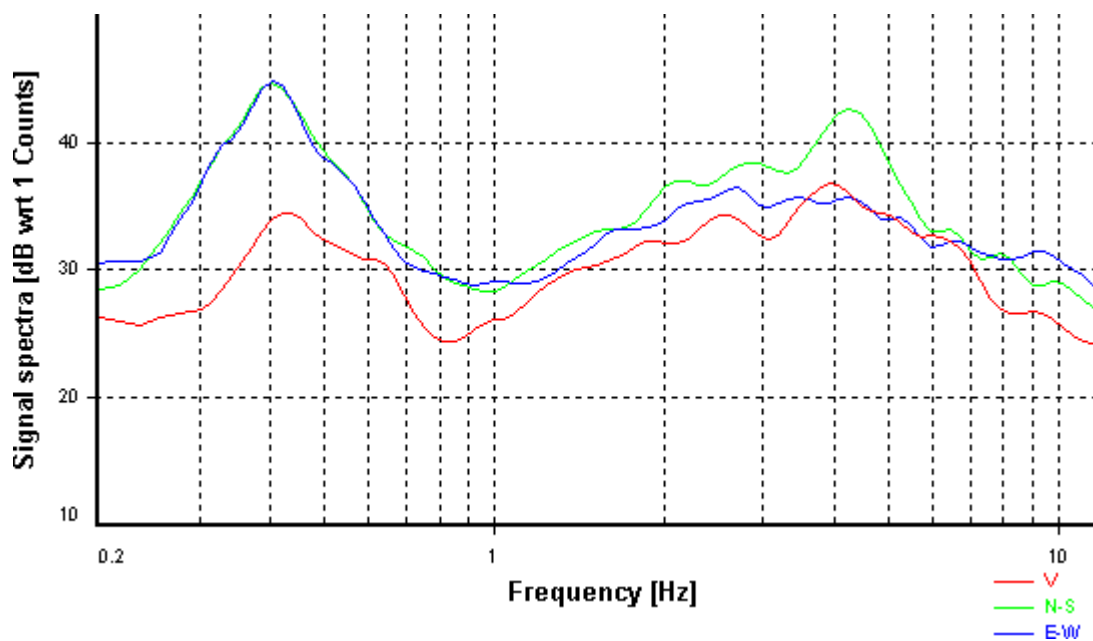
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

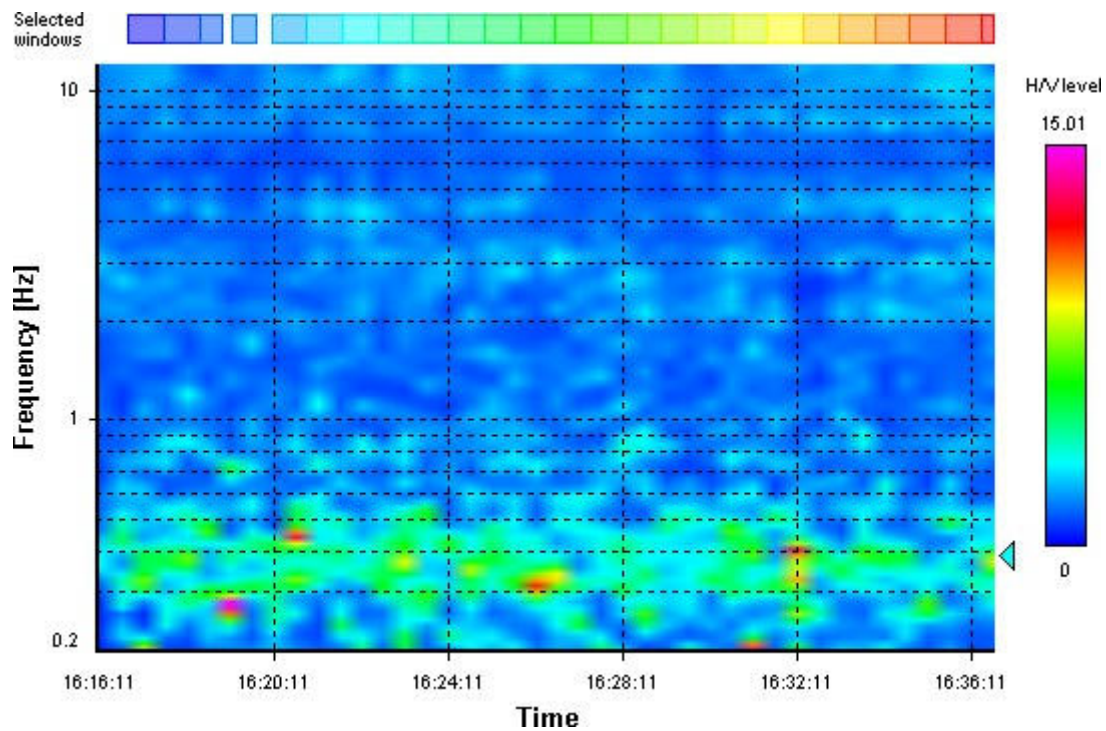
HVSR average



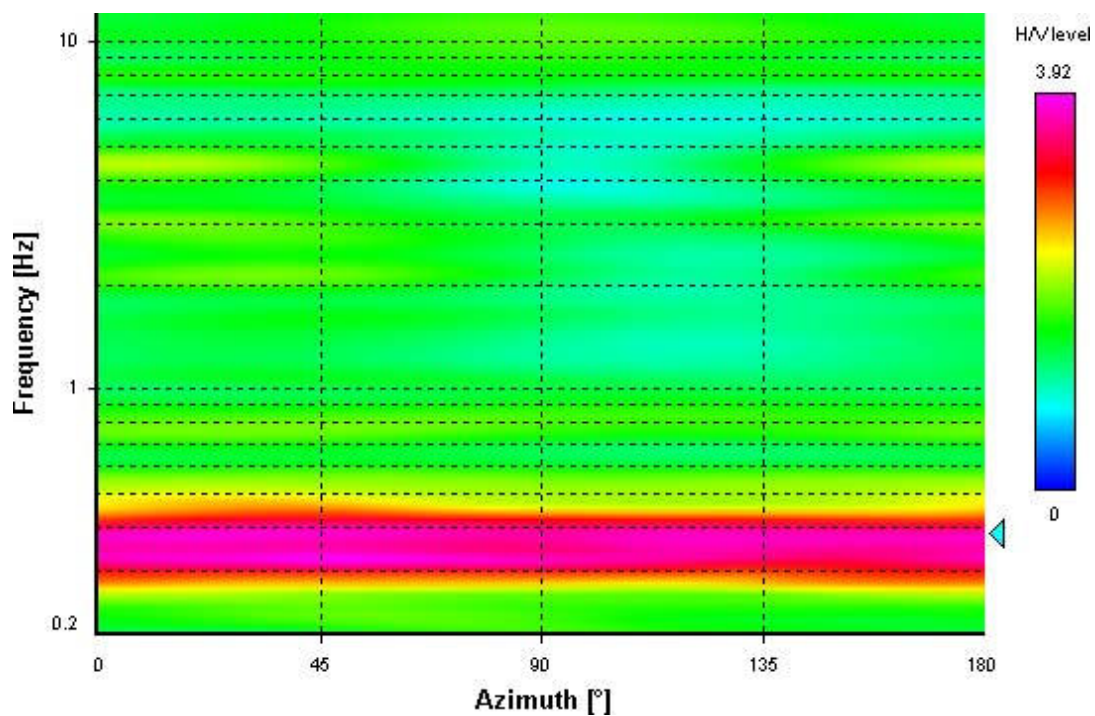
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



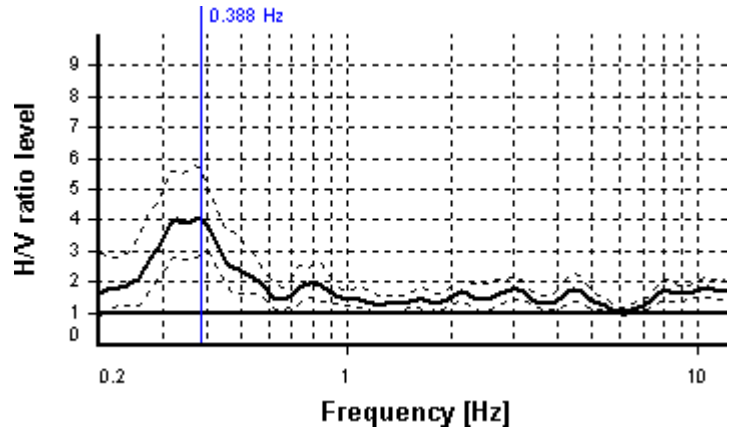
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.388 Hz

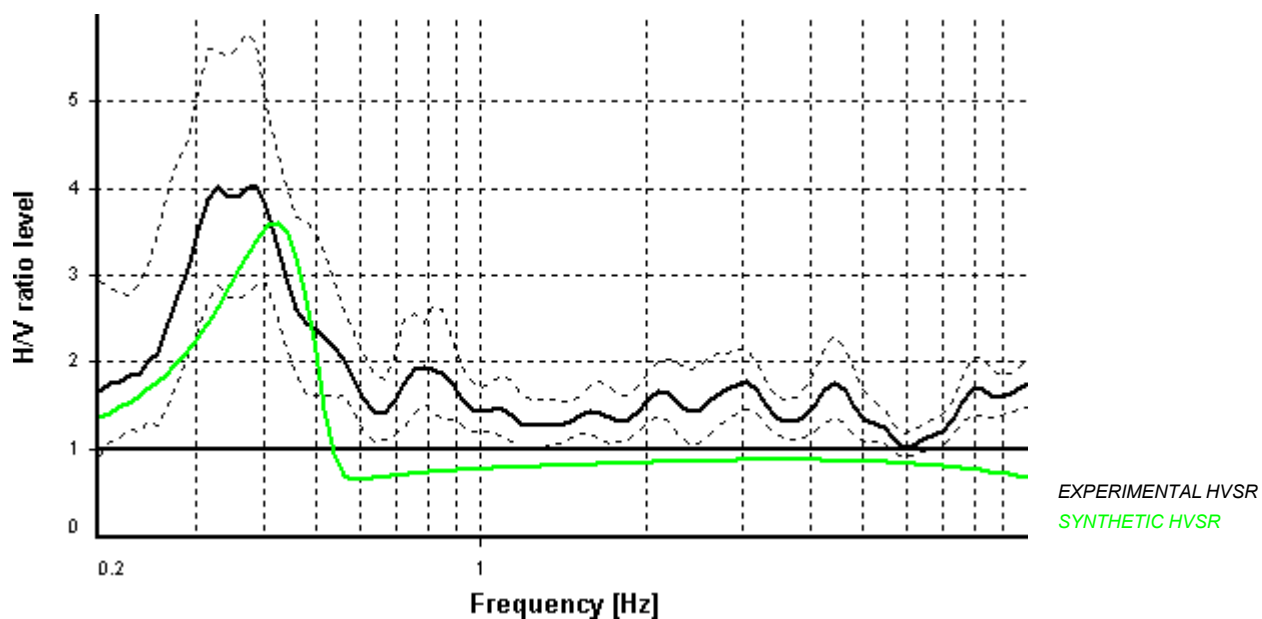
A_0 amplitude = 4.038

Average $f_0 = 0.355 \pm 0.055$

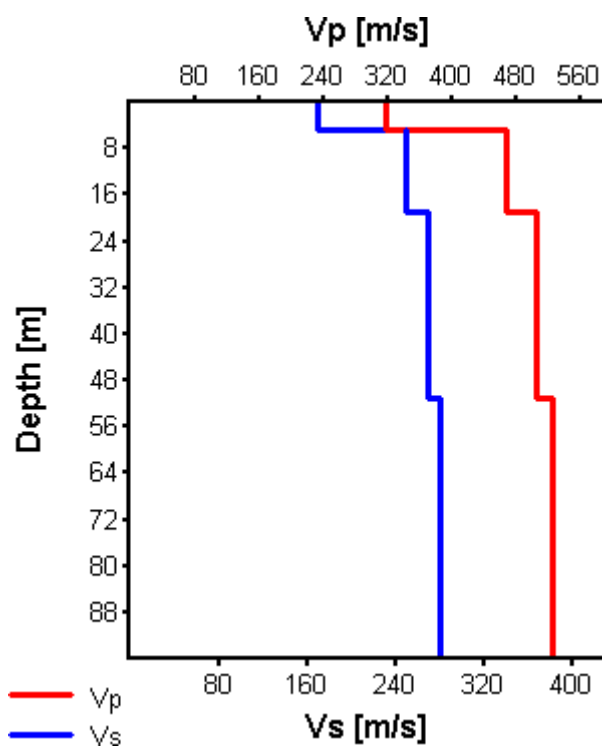


HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	25 valid windows (length > 25.8 s) out of 25	OK
$n_c(f_0) > 200$	462.26 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.24594 Hz	OK
$\exists f^* \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	0.58616 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.04 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.22% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.05496 < 0.07752	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.4042 < 2.5	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
5	5	318	170	1700
14	19	468	250	1700
32	51	505	270	1800
65	116	524	280	1800
125	241	617	330	1800
-	> 241	1590	850	2200



$V_{s_{eq} 30} = 238$ m/s (Offset = 0 m)