



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE DEL VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

LIVELLO 1

Relazione illustrativa SISMICA

Regione del Veneto Comune di Oppeano



Regione	Soggetto realizzatore	Data
		30 aprile 2021

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE E GENERALITA'	3
1.1	Generalità	3
1.2	Riferimenti normativi	4
1.3	Ambiti di studio.....	6
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA	8
2.1	Generalità	8
2.2	Definizione della pericolosità di base	10
2.3	La sismicità storica del comune	14
2.4	La classificazione sismica del territorio comunale.....	21
3	ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA	24
3.1	Inquadramento geologico-geomorfologico-idrogeologico.....	24
3.2	Inquadramento strutturale	27
3.3	Faglie capaci e sorgenti sismogenetiche.....	28
3.4	I sistemi di faglie attive	28
	3.4.1 Studio delle faglie.....	30
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	34
4.1	Metodologia di studio.....	34
	4.1.1 Tecniche di misura.....	36
	4.1.2 Breve descrizione dei metodi.....	37
	4.1.2.1 Tecnica di misure ed interpretazione HS (MASW su stazione singola)	37
	4.1.2.2 Tecnica di misure ed interpretazione HVSR (tramite TROMINO)	39
4.2	Interpretazioni ed incertezze.....	41
5	ELABORAZIONE DEI DATI E MODELLO DEL SOTTOSUOLO	42
5.1	Individuazione delle microzone	46
6	ELABORATI CARTOGRAFICI	47
6.1	Carta delle indagini.....	48
6.2	Carta geologico-tecnica.....	49
6.3	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica.....	53
	6.3.1 Zone Potenzialmente Suscettibili di amplificazione stratigrafica.....	53
	6.3.2 Zone Potenzialmente Suscettibili di amplificazione topografica	55
	6.3.3 Zone Potenzialmente Suscettibili di Instabilità.....	55
7	CONCLUSIONI	60
8	BIBLIOGRAFIA	61
9	ALLEGATI	63

1 INTRODUZIONE E GENERALITA'

L'ufficio tecnico del comune di Oppeano (VR), nella persona del responsabile di servizio arch. Elena Patruno, mi ha affidato l'incarico per compiere lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1 del territorio comunale ai fini dell'attuazione della pianificazione urbanistica.

Il comune di Oppeano ricade in zona sismica 3, a seguito della OPCM3274/2003, entrata in vigore il 8/5/2003, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003 ovvero con sismicità medio-bassa. La recente DGRV n. 244 del 9 marzo 2021 conferma questa attribuzione. L'accelerazione di riferimento per il comune è $a_g = 0,13987$ come riportato in all. 7 della OPCM 4007/2012.

Il presente studio di Microzonazione Sismica discende dalle prescrizioni della DGRV 1572/2013; inoltre il documento tecnico di riferimento è rappresentato dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (di seguito: ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome in accordo con la Presidenza del Consiglio dei Ministri e del Dipartimento della Protezione Civile.

Per quanto riguarda la cartografia, gli standard per la stesura della carta delle indagini, della carta geologico-tecnica e della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica e la loro informatizzazione sono quelli indicati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) nella versione 4.2 pubblicata a dicembre 2020.

1.1 Generalità

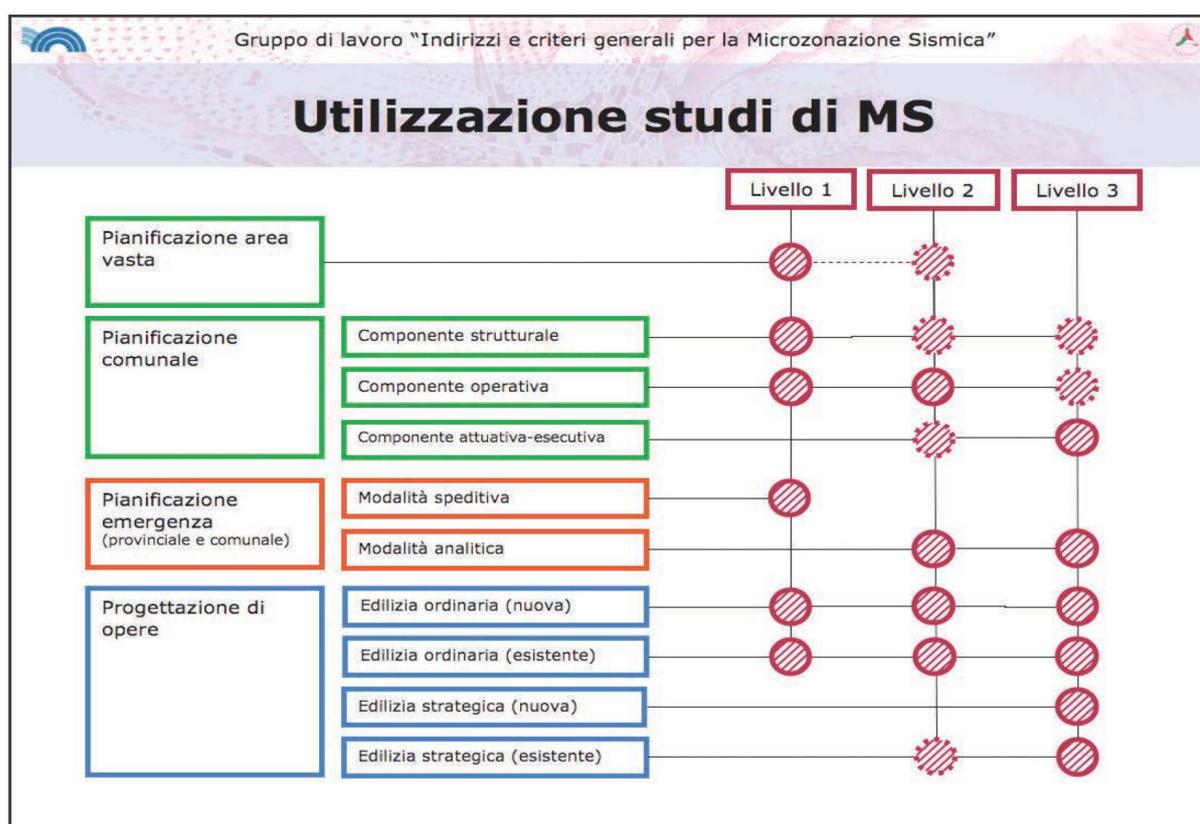
Gli studi di MS si propongono di:

- identificare e perimetrare le aree a differente pericolosità sismica locale (microzone, solitamente grandi alcuni ettari o alcuni isolati);
- stimare le risposte dei terreni delle diverse microzone, in modo da stabilire gerarchie di pericolosità e fornire elementi conoscitivi per una pianificazione del territorio e progettazione delle opere, adeguate alla pericolosità sismica del sito.

Nella sua interezza il documento nazionale ICMS intende costituire un elemento utile all'approfondimento della pericolosità sismica locale, necessario all'analisi del rischio sismico, applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione

urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione. Il documento individua e determina criteri, metodi e procedure per l'esecuzione di azioni di microzonazione a diverse scale e con diversi livelli di approfondimento.

La microzonazione sismica (MS) ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub comunale) le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture. In sostanza, lo studio di MS viene sintetizzato in una carta del territorio nella quale sono indicate le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono superiori a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base.



1.2 Riferimenti normativi

Il lavoro è stato svolto in accordo con la D.G.R. 1572/2013 avendo come base di partenza gli elaborati della relazione geologica di compatibilità sismica del PAT e relative cartografie a cura del dott. geol. Ampelio Cagalli con la collaborazione del dott. geol. Cristiano Mastella.

Altre norme considerate:

- L. 02.02.1974, n. 64, "*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*";
- D. M. 14.05.1982, "*Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto*";
- D.M. 11.03.1988, "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*";
- Circ. LL. PP. 24 settembre 1988, n° 30483 "*Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative*";
- Circ. Reg, Veneto 05.04.2000, n. 9, "*Indirizzi in materia di prescrizioni tecniche da osservare per la realizzazione di opere pubbliche e private. Obblighi derivanti dalla L. 02.02.1974, n. 64 e dal D.M. 11.03.1988*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005 "*Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»*";
- D.M. 14.09.2005, "*Norme tecniche per le costruzioni*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*";
- Legge n. 77 del 24 Giugno 2009, "*Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico*".
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, "*Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni*".
- D.M. 14.01.2008, "*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*".
- D.G.R. del Veneto n. 71 del 22 gennaio 2008, "*Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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»*". Direttive per

l'applicazione.

- Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP..
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 del 13 novembre 2010.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007 del 29/02/2012.
- Deliberazione della Giunta Regionale n. 1496 del 20 settembre 2011, “*Fondo statale per interventi di prevenzione del rischio sismico di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 in data 13 novembre 2010*”.
- D.G.R. del Veneto n. 1664 del 21 ottobre 2016 “*Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24.06.09, n.77. O.C.D.P.C. 293 del 26 ottobre 2015 (G.U. n. 257 del 4 novembre 2015). O.C.D.P.C. 344 del 09 maggio 2016. (L. 77/09, art. 11)*”
- D.M.I.T. 17.01.2018, Aggiornamento delle “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” e Circolare 21/01/2019 n. 7, C.S.LL.PP..
- D.G.R. del Veneto n. 244 del 09 marzo 2021 “*Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto. D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, articolo 83, comma 3; D. Lgs 31 marzo 1998, n. 112, articoli 93 e 94. D.G.R./CR n. 1 del 19/01/2021*”

1.3 Ambiti di studio

Nell'ambito della pianificazione territoriale del comune di Oppeano, all'interno del PAT e P.I., in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, lo studio di MS è stato condotto su quelle aree per le quali le condizioni normative consentono o prevedono l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, o la loro potenziale trasformazione a tali fini. Sono stati privilegiati quindi gli ambiti di sviluppo insediativo, sia esso a destinazione residenziale, produttiva, dei servizi o infrastrutturale. Per completezza le indagini sono state estese anche ad aree dove non sono al momento previste trasformazioni urbanistiche ma puntando alla caratterizzazione di aree presumibilmente omogenee dal punto di vista geologico.

Oppeano si trova a poco meno di 20 km a Sud-Est di Verona; sul territorio comunale si sviluppano tre centri maggiori, Oppeano capoluogo a Est, Ca' degli Oppi nella parte centrale e Vallese a NordOvest; inoltre abbiamo la frazione di Mazzantica (un tempo chiamata Mazzagatta e le località di Villafontana (ovvero parte della frazione Villafontana condivisa con Bovolone e Isola della Scala) e Bagnolo. Il comune è lambito dai fiumi Bussè, Piganzo e Menago, tutti affluenti del Tartaro. L'estensione del territorio comunale è pari a 46,5 km² e presenta una quota minima e massima rispettivamente di 19,3 e 38,4 m s.l.m. Esso confina a

Nord con i comuni di Zevio e Palù, ad Ovest con San Giovanni Lupatoto, Buttapietra e Isola della Scala, a Sud con Bovolone mentre ad Est con i comuni di Isola Rizza e Ronco all'Adige.

L'assetto morfologico del territorio di Oppeano, sostanzialmente pianeggiante, è influenzato dalla presenza del conoide fluvioglaciale costruito dal fiume Adige, il cui massimo sviluppo si verificò durante la glaciazione Riss (200.000-130.000 anni fa).

I sedimenti ghiaiosi, sabbiosi e limosi che caratterizzano l'area in esame appartengono a due principali unità geomorfologiche separate tra loro da un orlo di scarpata di erosione fluviale ancora ben riconoscibile su gran parte del territorio comunale; in particolare sono presenti il conoide dell'Adige, che ha formato la piana fluvioglaciale atesina, ed il piano di divagazione dell'Adige incastrato nel conoide stesso. Da ciò si evince che l'aspetto del territorio comunale di Oppeano è stato modellato in maniera predominante da forme e processi fluviali ai quali si aggiungono le forme artificiali più o meno recenti.

Oltre alla cartografia di base costituita dalla Carta Tecnica Regionale a scala 1: 5.000, le cartografie tematiche di riferimento utilizzate sono quelle allegate allo studio geologico del PAT a cura del dott. geol. Ampelio Cagalli con la collaborazione del dott. geol. Cristiano Mastella.

La carta geolitologica e dei sistemi morfo-deposizionali, facilmente ricostruibile dalla cartografia tematica, ha costituito la base conoscitiva di partenza per la predisposizione della rete di caratterizzazione sismica, individuata da una serie di stazioni di misura del parametro Vs30 e della frequenza propria del sottosuolo, distribuiti sul territorio in relazione alla distribuzione dei suddetti principali corpi deposizionali.

Per quanto riguarda i terremoti storici che hanno colpito l'area si è fatto riferimento al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI), disponibile al sito <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/> frutto di un progetto portato avanti da un Gruppo di Lavoro formato da ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING), del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNdT) del CNR, della società SGA Storia Geofisica Ambiente (SGA) e del Servizio Sismico Nazionale (SSN). Il catalogo viene aggiornato periodicamente sulla scorta delle nuove conoscenze. Dalla prima formulazione del 1999 (CPTI99), ne è seguita una seconda nel 2004 (CPTI04), una terza nel 2008 (CPTI08) ed una quarta nel 2011 (CPTI11) che aggiornava quella precedente per gli anni dal 1901 al 2008. Gli

ultimi aggiornamenti del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), sono sempre disponibile all'indirizzo riportato sopra.

Per quanto riguarda le faglie attive e capaci che interessano il territorio comunale si è invece fatto riferimento al catalogo ITHACA "ITaly HAZard from CApable faults", disponibile on-line all'indirizzo: <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>.

Alcuni aspetti sono stati definiti anche sulla scorta dell'osservazione delle immagini CGR del 1998-99, 2003 e 2007 nonché Telespazio 2007, DigitalGlobe 2011-2012-2015-2018, TerraItaly dal 2000 al 2015 e varie immagini GoogleEarth dal 2000 al 2020.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

2.1 Generalità

La pericolosità sismica di base, definita ai sensi del D.M. 17/01/2018 e D.M. 14/01/2008, è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). Essa calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, con riferimento a condizioni ideali di bedrock sismico affiorante e privo di irregolarità morfologiche (superficie topografica orizzontale) e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali). La scala di studio è solitamente regionale e costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

Teoria ed esperienze nazionali ed internazionali, mostrano con estrema chiarezza che in concomitanza di eventi sismici, l'intrinseca eterogeneità delle caratteristiche geometriche, fisiche, idrauliche e meccaniche dei terreni, ovvero l'assetto geologico, può indurre danni all'ambiente fisico ed all'ambiente costruito variabili anche in siti posti a breve o brevissima distanza. Tale fenomeno dipende innanzitutto dalle caratteristiche del moto sismico al tetto della formazione di base, nonché dalle caratteristiche geometriche profonde e superficiali dei terreni, dalle loro proprietà fisiche e meccaniche, dalle caratteristiche di permeabilità e dalle condizioni idrauliche al contorno. Questo presuppone un affinamento della pericolosità sismica di base attraverso studi appropriati sulla risposta sismica locale. La risposta sismica locale è la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito. Si può quantificare

mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale.

L'obiettivo del presente studio di Microzonazione Sismica è quello di costruire un modello di velocità di propagazione delle onde elastiche, in modalità trasversale, nei primi 30 metri di profondità e di operare la previsione, su scala locale, del rischio sismico atteso e dei suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito. La finalità è quindi quella di operare una suddivisione dettagliata del territorio comunale in sottozone a diversa pericolosità sismica locale, tenendo conto sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo dei terremoti attesi), sia delle caratteristiche geologiche, morfologiche e geofisiche locali. La MS, individuando microzone a comportamento sismico omogeneo, consente, in particolare, di indirizzare le scelte di pianificazione verso gli ambiti a minore rischio.

In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi, gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

- il livello 1 consiste in una raccolta di dati preesistenti oltre alla esecuzione di indagini mirate ad acquisire i parametri sismici del sottosuolo, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle fenomenologie sopra descritte; lo studio in corso attiene a questo livello;
- il livello 2 definisce la Carta di Microzonazione Sismica; consente di meglio definire il modello geologico del sottosuolo e di fornire per ciascuna microzona identificata una quantificazione numerica degli effetti, ottenuta con metodi semplificati (abachi);
- il livello 3 restituisce una Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari o su ambiti di rilevanza strategica; è il livello di maggiore approfondimento per la definizione e caratterizzazione delle zone suscettibili di amplificazioni o di instabilità, perché consente di risolvere le situazioni geologiche e geotecniche complesse, ad esempio inversioni di velocità, non risolvibili con abachi o metodi semplificati, modificando sostanzialmente le carte di microzonazione di livello 1 e 2. Il livello 3, naturalmente richiede un impegno di risorse economiche e professionali importante, giustificato, ad esempio, nel caso di una fase di ricostruzione post-terremoto ma anche, in fase preventiva, nelle aree a più elevato rischio sismico.

Come detto in precedenza il presente studio costituisce il livello 1, in quanto si occupa dell'acquisizione dei dati di base utili per individuare:

- zone nelle quali non sono previste significative modifiche dello scuotimento che l'evento sismico causerebbe su terreni rigidi e pianeggianti;
- zone nelle quali lo scuotimento è amplificato;
- zone suscettibili di instabilità per frana o per liquefazioni;
- zone interessate da faglie attive e capaci;
- zone interessate da cedimenti differenziali.

2.2 Definizione della pericolosità di base

La più recente normativa sismica italiana, entrata in vigore il 08/05/2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003 e poi modificata recentemente con la DGR 244/2021, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando la precedente terminologia di categorie sismiche. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. L'appartenenza a ciascuna zona sismica comporta l'adozione di specifiche caratteristiche prestazionali per nuovi edifici e strutture, regolate da opportune norme sismiche contenute nel medesimo provvedimento legislativo, e successive modifiche ed integrazioni. In linea teorica, l'ingresso in zona sismica è agganciato al valore dell'accelerazione orizzontale di picco (Peak Ground Acceleration, PGA, indicata anche come accelerazione massima orizzontale) riferita ad un terreno a comportamento assimilabile alla roccia, ottenuta per un predeterminato livello di probabilità da studi di pericolosità sismica a carattere nazionale. I valori di PGA convenzionalmente associati alle zone sismiche sono riportati nella tabella successiva.

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)
1	> 0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Un ulteriore affinamento delle zone sismiche è stato fatto con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 recante "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", pubblicata nella G.U. dell'11 maggio 2006, n. 108, in cui sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche che supera il concetto

di categoria legato alle suddivisioni amministrative della precedente Ordinanza. Con il medesimo provvedimento è stata approvata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale che contiene le accelerazioni orizzontali massime convenzionali al suolo di tipo A, necessarie per redigere il calcolo sismico delle costruzioni.

Quindi la OPCM 3519/2006 di fatto supera il concetto stesso di zonazione, imponendo valori discretizzati nello spazio: la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell’accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio “zona dipendente” avremmo potuto stimare l’accelerazione di base (senza considerare l’incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona Sismica di appartenenza del comune (nel caso di Oppeano, Zona sismica 3). Con l’entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio comunale è scollegata dalla determinazione dell’azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.

I nuovi criteri per l’individuazione della zona sismica si basano su un elaborato grafico che rappresenta il territorio italiano in 12 fasce di valori di PGA di riferimento; innovando le disposizioni dell’O.P.C.M. 3274/03, oltre ai valori standard delle accelerazioni riferite a suoli rigidi viene fornita anche una stima dell’incertezza, tramite predefiniti percentili della distribuzione associata. Per l’attribuzione del sito alla fascia di pericolosità sismica di competenza è stato creato un reticolo di riferimento i cui nodi, individuati in termini di latitudine e longitudine, debbono distare di un passo $\leq 0,05^\circ$: l’INGV ha fornito i parametri di griglia con passo $0,05^\circ$ e $0,02^\circ$ (in termini di distanza circa 10 km e circa 5 km). Per ogni punto vengono forniti i seguenti parametri:

- id identificativo del punto della griglia di calcolo
- long longitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
- lat latitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
- ag accelerazione massima del suolo (50mo percentile, valore standard)

16perc accelerazione massima del suolo (16mo percentile)

50perc accelerazione massima del suolo (50mo percentile)

84perc accelerazione massima del suolo (84mo percentile)

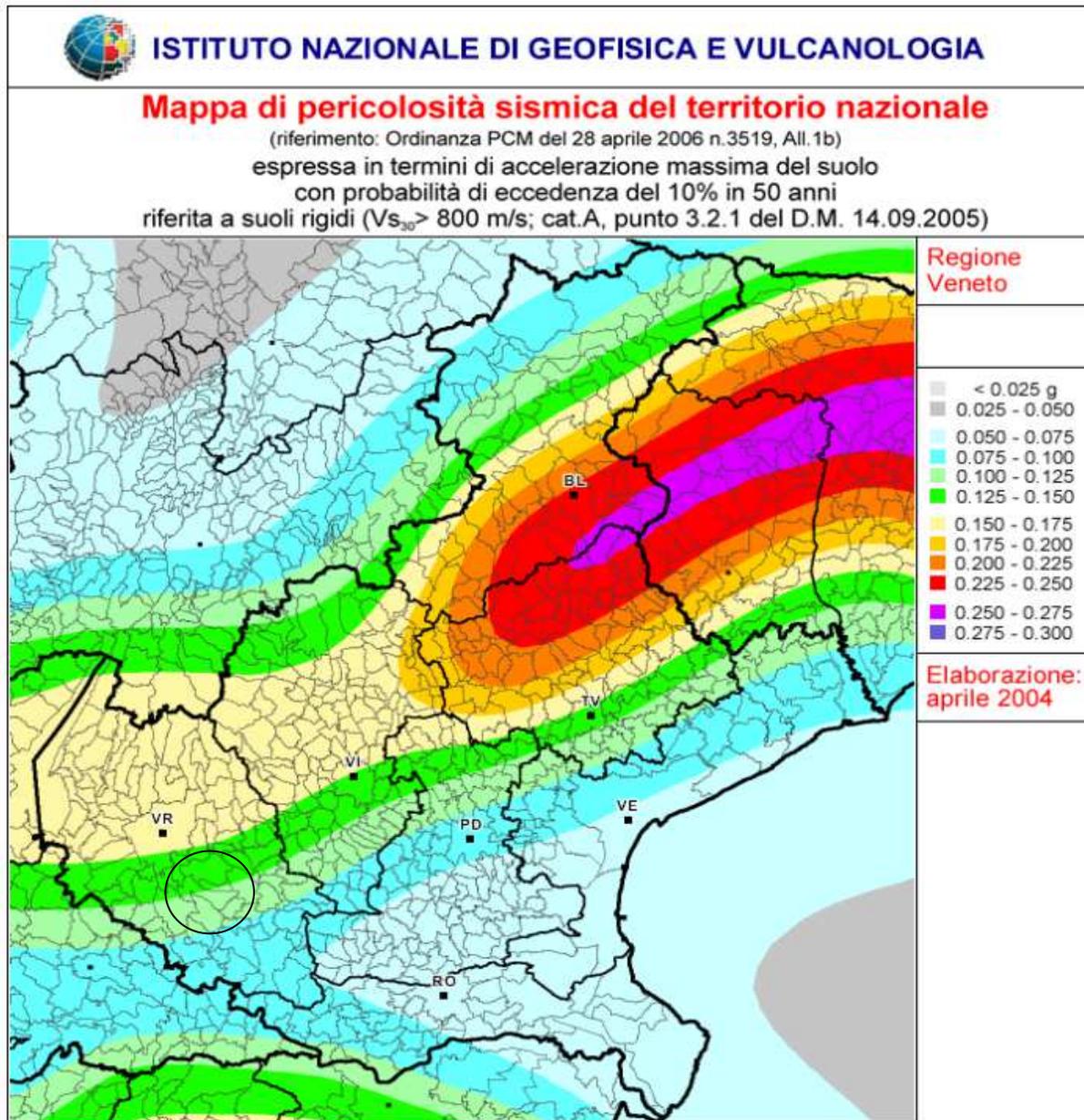
In sostanza si è passati da una mappa di pericolosità sismica (2004) utilizzabile dalle Regioni come riferimento per aggiornare l'assegnazione di un Comune a una delle 4 zone sismiche a una dettagliata descrizione dello scuotimento atteso, espresso in termini di parametri ingegneristici. Successive elaborazioni (Progetto INGV-DPC S1, realizzato nell'ambito della Convenzione triennale 2004-2006 fra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, e INGV, avente come oggetto l'assistenza scientifica e manutenzione dell'elaborato di pericolosità rilasciato nel 2004) hanno portato ad ampliare la disponibilità di valori di pericolosità, riferiti a diverse probabilità di eccedenza, e/o valori di accelerazione spettrale. In particolare alcuni dati estrapolati dalla griglia:

- A_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,

servono per ricavare gli spettri di progetto da utilizzare nella progettazione secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate coi D.M. 17/01/2018 e D.M. 14/01/2008. I punti della griglia sono consultabili on-line presso un sito WebGis appositamente predisposto: <http://esse1.mi.ingv.it>.

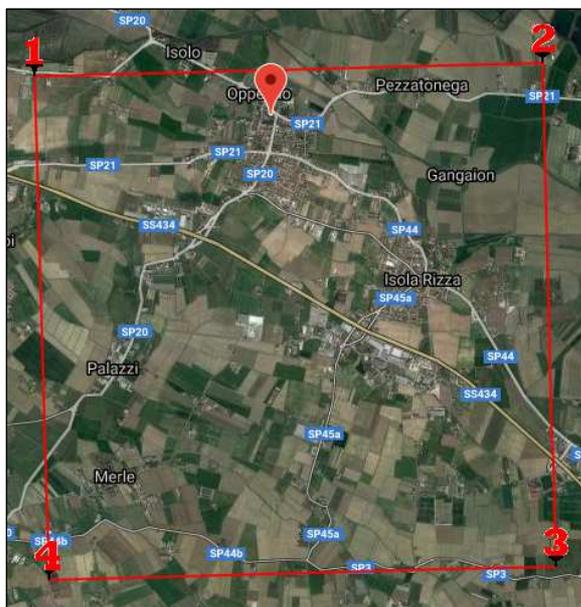
I valori dei parametri a_g , F_0 e T^*c determinati sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni (Categoria A), ovvero con presenza di substrato sismico ($V_{s30} > 800\text{m/s}$) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Nella figura seguente è riportato uno stralcio della "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" relativa alla Regione Veneto redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 e recepita dalla recente Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 sopra citata, che assume il ruolo di riferimento ufficiale per eventuali aggiornamenti della zonazione sismica del territorio da parte dei soggetti che ne hanno la competenza territoriale ovvero le Regioni.



Per una più rigorosa analisi della risposta sismica locale vanno quindi considerate sia le caratteristiche della superficie topografica che quelle stratigrafiche le quali possono modificare il moto sismico in superficie favorendo fenomeni di instabilità.

A titolo di esempio e sulla base di quanto detto sopra, utilizzando un software specifico disponibile in rete (Geostru PS Parametri Sismici v. 1.5), viene determinato il valore mediato del moto sismico rispetto ai quattro punti di maglia che lo comprendono e riferito al Municipio in Piazza G. Altichieri a Oppeano; esso può essere descritto convenientemente dallo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali del moto che tengono in debito conto delle amplificazioni locali (stratigrafiche e topografiche).



La categoria topografica è la T1 in quanto pendio con inclinazione media inferiore ai 15°. Nella tabella sotto sono riportati i dati di ingresso e quelli di uscita, deducibili come detto dallo spettro di accelerazione, da utilizzare nelle verifiche allo stato limite di salvaguardia della vita SLV come richiesto dalla normativa mediando dai valori di griglia del Ministero.

Da notare l'attribuzione di classe d'uso II che è propria di edifici residenziali e non di fabbricati strategici. I dati di longitudine e latitudine del sito sono stati desunti da Google Earth.

SLV	Coordinate ED50	Coordinate WGS 84
Latitudine e Longitudine sito	N 45.308216 E 11.179471	N 45.307296 E 11.178460
	Dati di ingresso	Dati in uscita
Tempo di ritorno	475 anni	
Vita nominale dell'opera	50 anni	
Classe d'uso	II	Normale affollamento
Fo	2,486	
Tc*	0,287	
Accelerazione orizzontale max al sito ag(g)	0,116	
Tipo terreno	C	
Coefficiente Cc	$1,05 \cdot (Tc^*)^{-0,33}$	1,585
Amplificazione Stratigrafica Ss	$1,70 - 0,60 \cdot Fo \cdot ag/g$	1,527 => 1,5
Amplificazione Topografica St	T1	1,0
Accelerazione massima attesa in superficie	$a_{max} = Ss \cdot St \cdot ag/g$	$1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,116 = \mathbf{0,174}$

2.3 La sismicità storica del comune

Il Veneto è attualmente una regione “silente” dal punto di vista sismico. L'assenza di grossi eventi sismici recenti sorprende, ma non deve far pensare che il Veneto sia una regione tettonicamente inattiva. Evidenze di movimenti recenti (neotettonica) sono osservabili soprattutto nella fascia pedemontana (in particolare al confine tra le province di Belluno e Treviso) lungo la quale sono allineati i principali eventi storici.

La pericolosità sismica del Veneto è in parte legata all'attività dei distretti sismici del Friuli centrale e, in minor misura, dell'Alpago e del Garda. Allo stato attuale, il territorio regionale è interessato da una certa sismicità di magnitudo medio – bassa, messa in luce negli ultimi decenni dal monitoraggio strumentale dell'attività sismica.

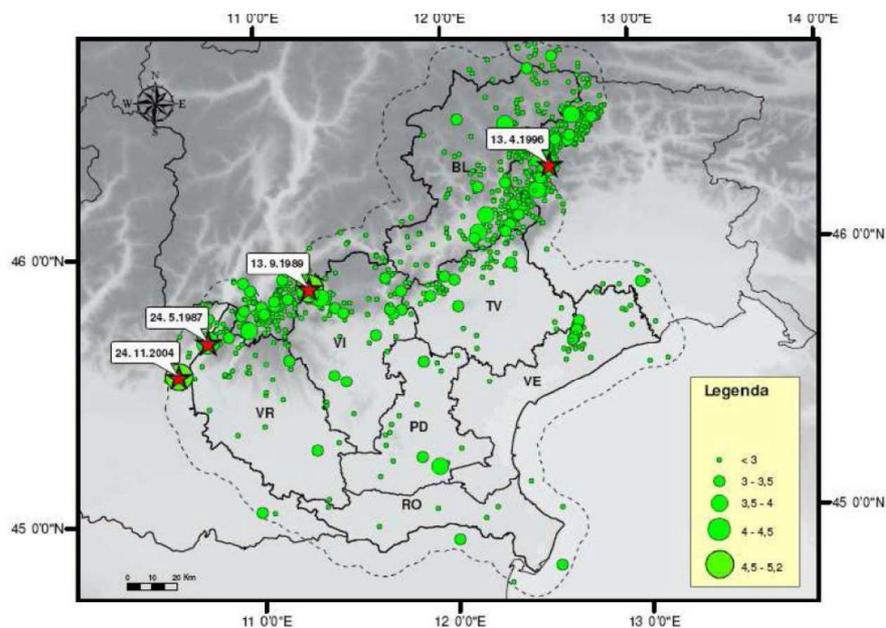
Tra i terremoti storici più rilevanti con epicentro in Veneto si possono ricordare:

- Treviso, 778 d.C.
- Verona, 1117 d.C.
- Asolo, 25 febbraio 1695
- Bellunese, 29 giugno 1873
- Bosco Cansiglio, 18 ottobre 1936

Nel periodo 1977 – 2006, la rete gestita dall'OGS (Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste) ha registrato in Veneto quasi 1200 eventi sismici con magnitudo compresa tra 2,0 e 3,0.

La maggior parte di questi eventi è localizzata lungo la fascia prealpina che unisce l'Alpago al Monte Baldo. La profondità epicentrale più frequente è compresa tra 7 km e 15 km. Solo l'11% degli eventi si colloca a profondità maggiore (fino a 22 km).

Nella figura seguente è riportata la distribuzione di tutti i terremoti registrati da OGS distinti per classi di magnitudo di durata M_D . Gli eventi con $M_D > 4$, i cui epicentri ricadono nel territorio regionale o in prossimità di esso, sono identificati con una stella rossa.



Distribuzione di tutti i terremoti recenti registrati dalla rete sismometrica gestita da OGS in Veneto nel periodo 1977 – 2006 (Priolo, 2008)

I terremoti identificati con la stella rossa sono così sintetizzabili:

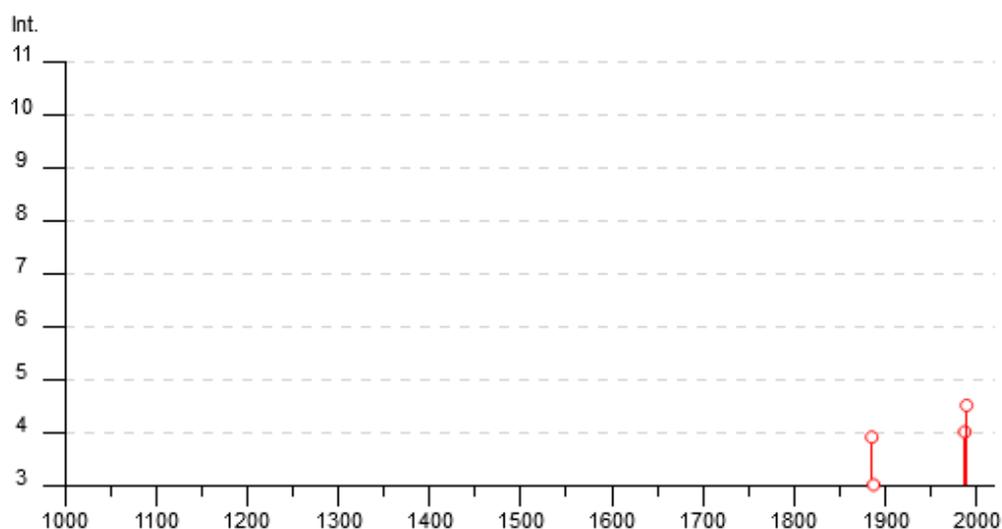
- 24/05/1987 - Garda - $M_D = 4,2$
- 13/09/1989 - Pasubio - $M_D = 4,8$
- 13/04/1996 - Claut - $M_D = 4,2$
- 24/11/2004 - Salò - $M_D = 5,2$

Per quanto riguarda i dati sismici storici di Oppeano è stato utilizzato sia il catalogo NT4.1 (Camassi e Stucchi, 1996) e sia il Data Base Macrosismico Italiano del 2004 (DBMI04) nell'aggiornamento del 2015 https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v1.5/, entrambi non danno notizia di eventi significativi nell'area in epoca storica. Per i valori di intensità risentita sono stati invece utilizzati i dati contenuti nel solo Data Base Macrosismico Italiano del 2004 (DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04), redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), disponibile nel suo ultimo aggiornamento al sito già riportato in precedenza.

Secondo il database, il territorio di Oppeano appare sei volte, con particolari intensità registrate/fornite per i terremoti del 1987 (Reggiano) e del 1989 (Pasubio). Nella tabella seguente sono elencati i vari eventi registrati; in essa sono indicati, oltre all'intensità in scala MCS al sito in esame Int, la data (Anno, Mese, Giorno, Ora, Minuti) in cui si è verificato l'evento del sito epicentrale Ax, l'intensità macrosismica epicentrale in scala MCS (I_0) e la magnitudo momento (M_w), oltre al numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto (NMDP).

Storia sismica di Oppeano

Il grafico seguente riporta la storia sismica di Oppeano (per terremoti con intensità al sito superiore a 3) tra gli anni 1000 e fino al 2006.



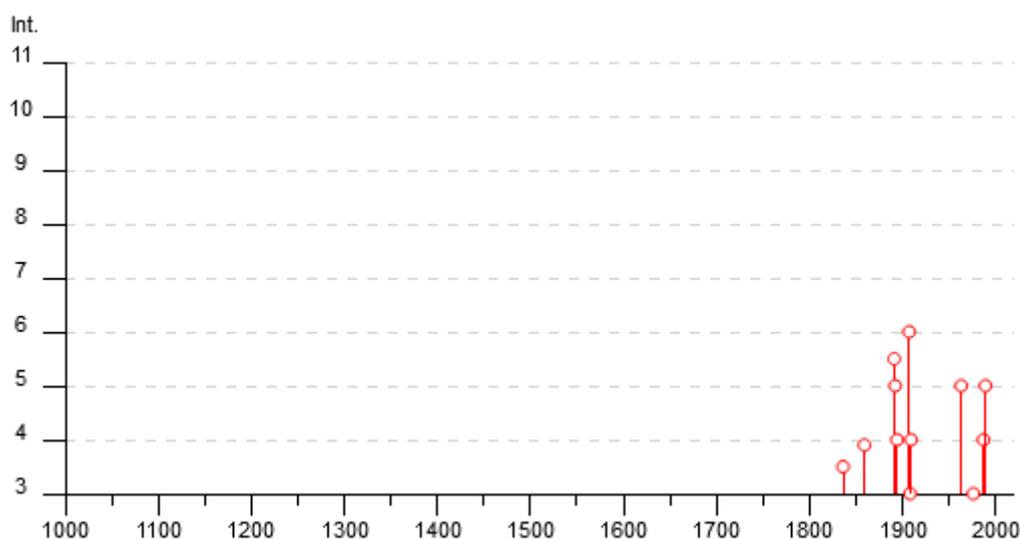
Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
F	1885	02	26	20	48		Pianura Padana	78	6 5.01
3	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	1511	9 6.27
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6 4.43
4	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6 4.71
4-5	1989	09	13	21	54	1	Prealpi Vicentine	779	6-7 4.85
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6 4.40

Tra le località vicine poste entro i 10 km di distanza, si noti come Zevio, confinante a Nord, sia il Comune in cui sono stati registrati più terremoti (EQs) nello stesso arco temporale di cui sopra.

Località	EQs	Distanza (km)
Isola Rizza	4	2
Ronco all'Adige	6	6
Roverchiara	6	6
Scardevara	1	7
Bovolone	9	7
Albaredo d'Adige	6	8
San Pietro di Morubio	6	8
Roverchiaretta	1	8
Zevio	14	8
Belfiore	5	9
Santa Maria	1	9
Bonavigo	5	9
Salizzele	3	10

Di seguito vengono riportati i dati sismici storici relativi al comune di Zevio:

Storia sismica di Zevio

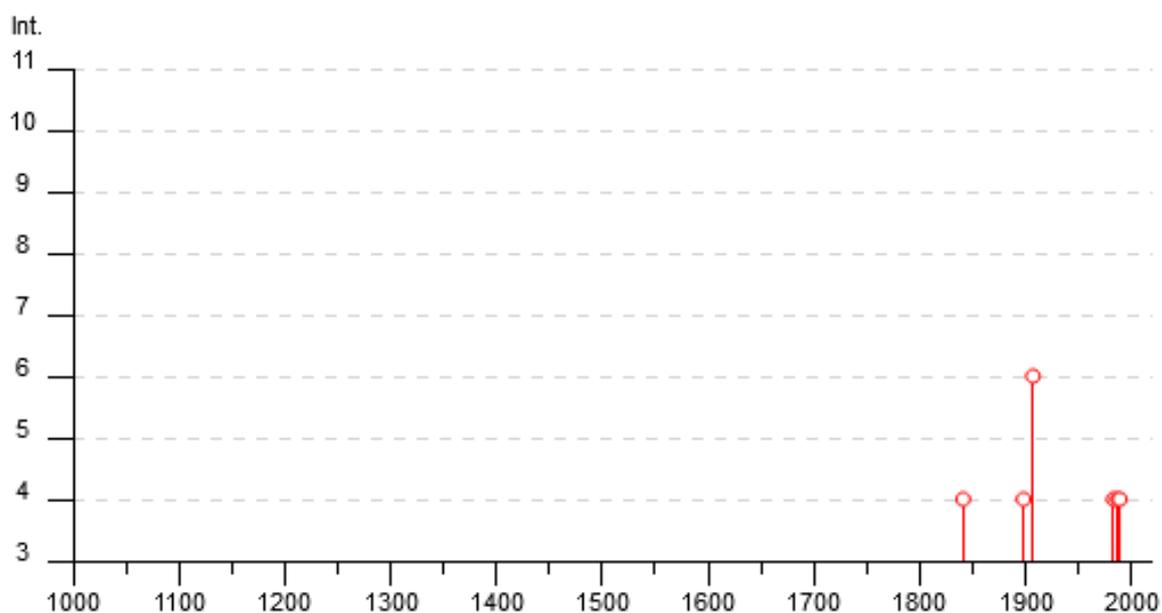


Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
3-4	1836	06	12	02	30		Asolano	26	8 5.53
F	1859	01	20	07	55		Prealpi Trevigiane	36	6 4.80
5-6	1891	06	07	01	06	14	Valle d'Illasi	403	8-9 5.87
5	1892	08	09	07	58		Valle d'Alpone	160	6-7 4.91
4	1894	02	09	12	48	05	Valle d'Illasi	116	6 4.74
6	1907	04	25	04	52		Veronese	122	6 4.79
3	1908	02	03	13	36	26	Valle d'Illasi	34	5-6 4.32
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
2	1952	01	18	01	36		Pordenonese	108	5 4.44
5	1963	03	04	22	30		Veronese	6	5 4.41
3	1976	12	13	05	24		Garda settentrionale	128	7 4.90
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6 4.43
4	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6 4.71
5	1989	09	13	21	54	1	Prealpi Vicentine	779	6-7 4.85

A Zevio, rispetto a Oppeano, abbiamo particolari intensità registrate/fornite per i terremoti del 1891 (Valle d'Illasi), del 1907, del 1963 (Veronese) e del 1989 (Pasubio).

Di seguito invece vengono riportati i dati sismici storici relativi al comune di Bovolone:

Storia sismica di Bovolone

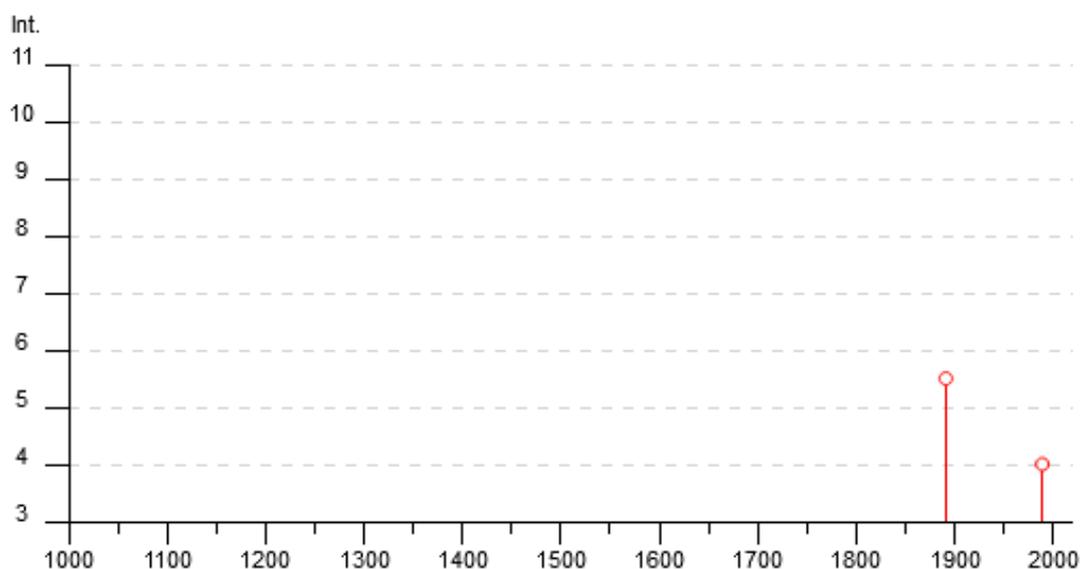


Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1841	10	15	22			Veronese	12	5	4.27
4	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
6	1907	04	25	04	52		Veronese	122	6	4.79
NF	1908	02	03	13	36	26	Valle d'Illasi	34	5-6	4.32
4	1983	11	09	16	29	52	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
4	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
4	1989	09	13	21	54	1	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40

A Bovolone, rispetto a Oppeano, abbiamo particolari intensità registrate/fornite per il terremoto del 1907 nel Veronese..

Infine, vengono riportati i dati sismici storici relativi al comune di Isola Rizza:

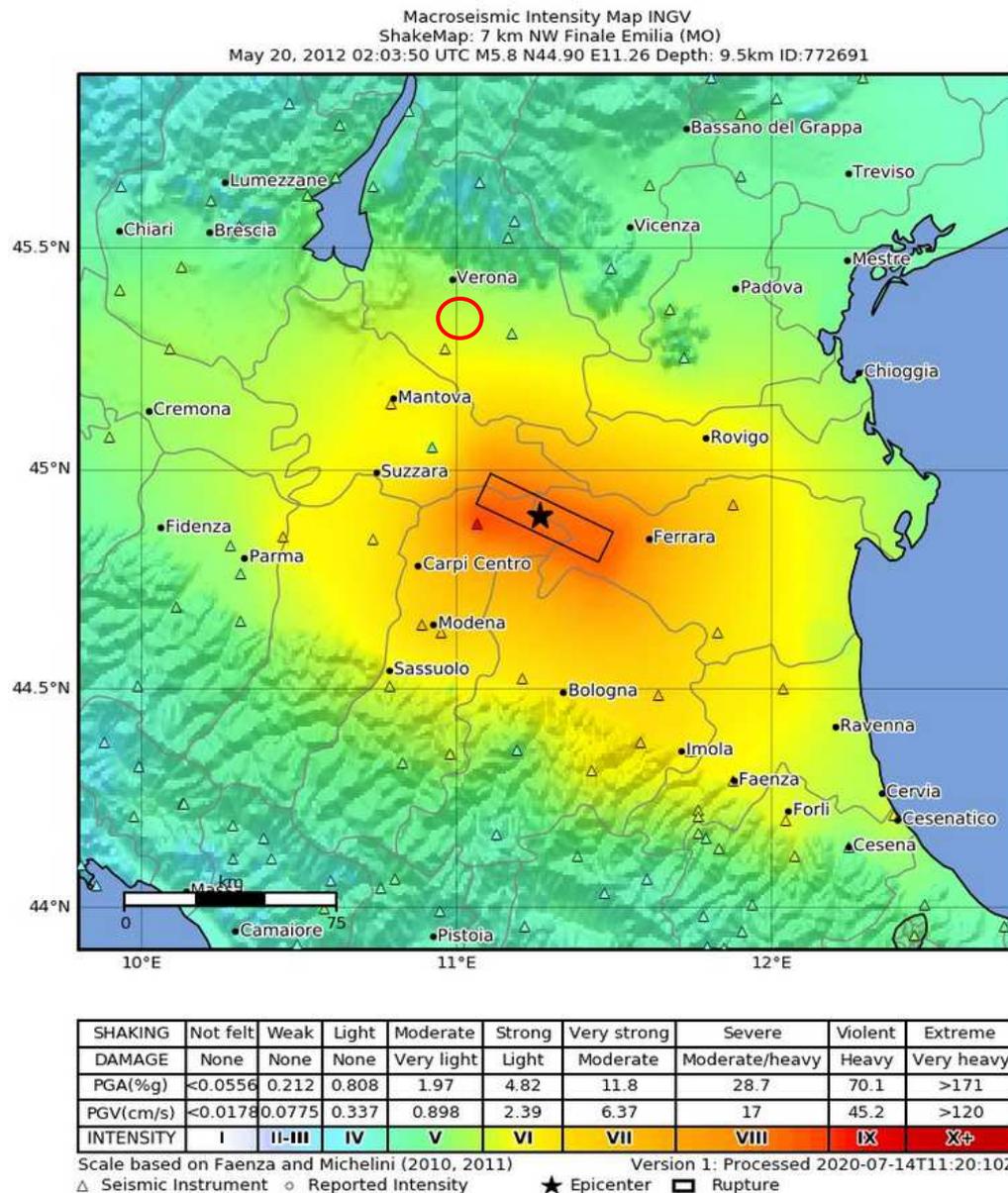
Storia sismica di Isola Rizza



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1891	06	07	01	06	14	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
4	1989	09	13	21	54	1	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85

A Isola Rizza, rispetto a Oppeano, abbiamo particolari intensità registrate/fornite per il terremoto del 1891 in Valle d'Illasi.

Venendo ai tempi recenti: le due scosse principali del sisma della Pianura Emiliana del maggio 2012, pur con magnitudo Mw di circa 5,8, hanno dato effetti macrosismici a Oppeano attorno al grado V della scala MCS; quindi al di sotto della soglia del danno (vedi figura seguente, tratta dal sito dell'INGV).

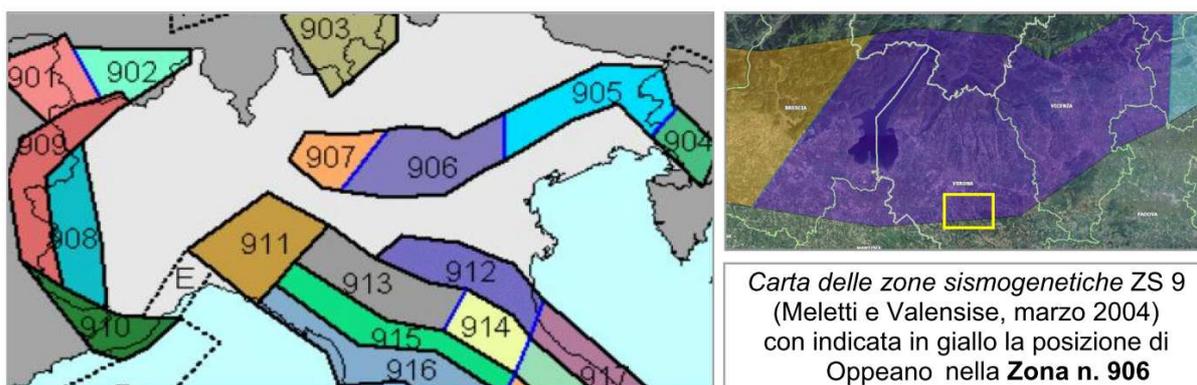


Per ultimo: il 29 dicembre 2020 è stato registrato un sisma con magnitudo Mw= 3,9 con epicentro a Salizzole, circa 12 km a SW di Oppeano, con ipocentro a circa 15 km di profondità.

2.4 La classificazione sismica del territorio comunale

Il comune di Oppeano ricade in zona sismica 3, a seguito della OPCM3274/2003, entrata in vigore il 8/5/2003, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003 ovvero con sismicità medio-bassa. La recente DGRV n. 244 del 9 marzo 2021 conferma questa attribuzione. L'accelerazione di riferimento per il comune è $a_g = 0,13987$ come riportato in all. 7 della OPCM 4007/2012.

In base alla zonazione attualmente adottata dall'INGV (ZS9), il territorio di Oppeano si trova nella zona sismotettonica ZS906 (Garda-Veronese) con M_{wmax} attesa di 6,60.



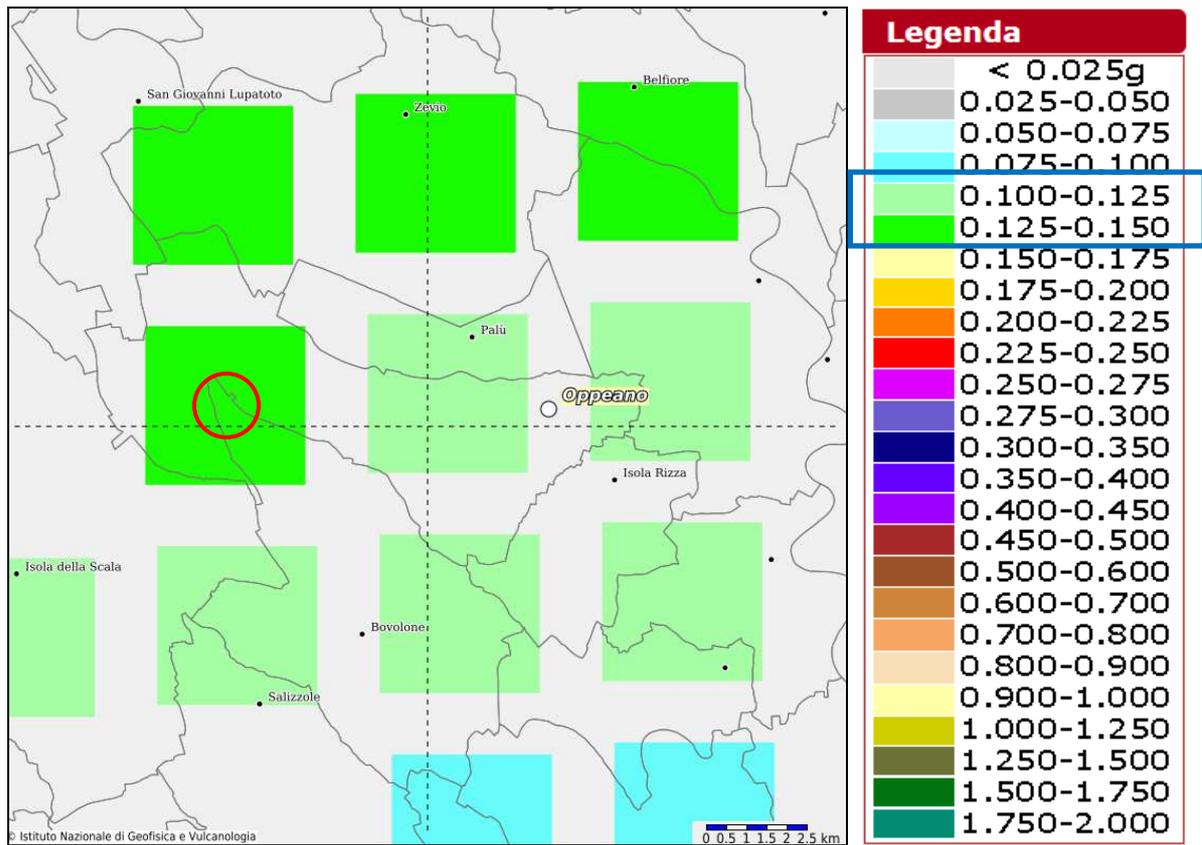
Il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che si sono verificati in questa zona è di tipo faglia inversa, con “profondità efficace” (profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti) ipocentrale media stimata di 8-12 km.

La distribuzione e la caratterizzazione delle zone sismogenetiche finora riconosciute e descritte in precedenza è stata tradotta in una carta di pericolosità sismica, valida su tutto il territorio nazionale ed entrata in vigore con l'O.P.C.M. n. 3519 del 28 Aprile 2006. In tale carta sono riportati i valori di accelerazione orizzontale massima al suolo a g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi subpianeggianti di Categoria A.

La mappa di pericolosità sismica è liberamente consultabile sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

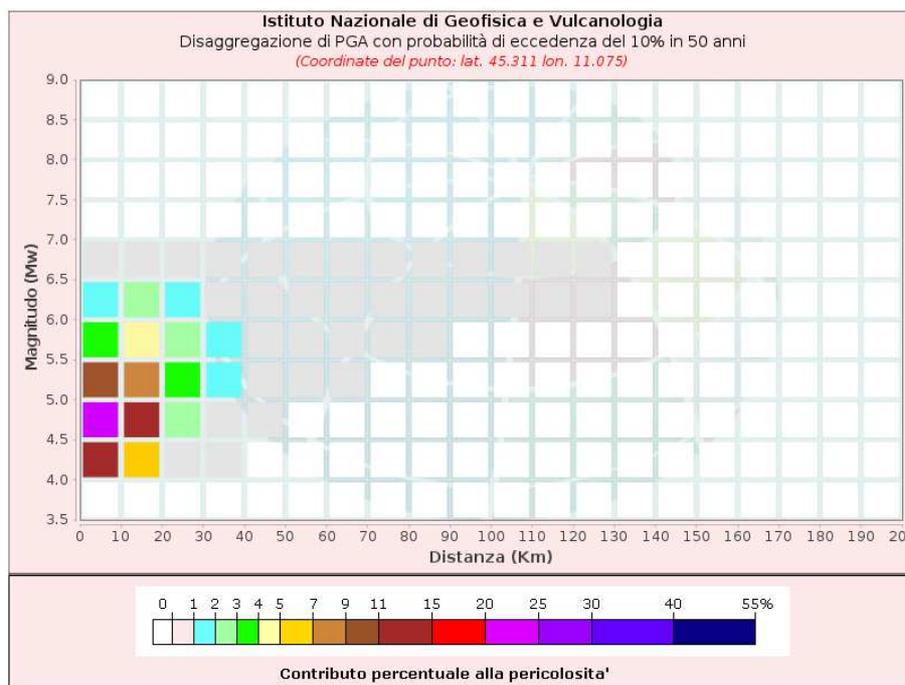
Per il comune di Oppeano, in zona 3, viene prevista una accelerazione massima di picco su suolo di riferimento rigido tra $0,100 \div 0,150g$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, che corrisponde al valore con tempo di ritorno di 475 anni (vedi figura seguente).

Pertanto i valori di riferimento da utilizzarsi nella progettazione degli edifici devono essere compresi entro questa fascia.



Mappa di pericolosità sismica del territorio comunale di Oppeano

A partire da tale carta di pericolosità è possibile anche eseguire un calcolo della disaggregazione della pericolosità: questa ha lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo - distanza di un evento. In questo caso si è preso come riferimento il nodo di griglia indicato con il cerchio rosso.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.311 lon. 11.075)											
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	14.4000	21.8000	9.2500	3.4300	1.1400	0.1080	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	5.5300	11.9000	8.0500	4.4100	2.0100	0.2240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.8420	2.9000	3.0400	2.3700	1.4600	0.1960	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0166	0.5220	1.0800	1.1500	0.9100	0.1400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0259	0.3890	0.6610	0.5590	0.0922	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0817	0.3550	0.3390	0.0599	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.1250	0.1450	0.0271	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0232	0.0396	0.0080	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0323	0.0098	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0193	0.0084	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0084	0.0058	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	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
5.01	12.8	0.628

Si ricava quindi che l'evento avente maggiore probabilità è un sisma con Mw= 5,01 e con epicentro a circa 12,8 km di distanza.

Si fa comunque presente che, come tutte le zone sismogenetiche del territorio italiano, anche quella contrassegnata al n. 906 e precedentemente descritta viene considerata omogenea ai fini della probabilità di accadimento degli eventi sismici, ovvero si ritiene che tutti i punti in essa contenuti abbiano la stessa probabilità di essere sede di eventi sismici e, in rapporto agli epicentri noti, non esisterebbe quindi l'effetto distanza.

Pertanto, secondo il Par. 2.8 degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", per alcune tipologie di verifiche si potrebbe assumere come valore di magnitudo attesa quella massima della zona sismogenetica di appartenenza, che per la Zona n. 906 in cui ricade il territorio di Oppeano, vale $M_{wmax} = 6,60$.

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

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

3 ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'assetto geomorfologico del territorio di Oppeano è dominato dalla presenza del conoide fluvioglaciale costruito dall'Adige, durante la glaciazione Riss circa 200.000 anni fa, noto come piana fluvioglaciale atesina.

Tale struttura deposizionale è stata poi incisa dall'Adige stesso con formazione di un piano di divagazione incastrato nel conoide stesso da cui è separato da un orlo di scarpata di erosione fluviale ancora ben riconoscibile su gran parte del territorio comunale lungo il margine Nord-orientale. Anche al margine occidentale del territorio comunale esiste un'ulteriore fascia di divagazione recente, attualmente percorsa dal f. Menago.

3.1 Inquadramento geologico-geomorfologico-idrogeologico

L'unità geomorfologica dell'Antico Conoide dell'Adige, che si sviluppa in direzione NW-SE, è data dai depositi che si trovano a quote più elevate, delimitati da scarpate di terrazzamenti riconducibili a corsi d'acqua con portate ben superiori alle modeste aste o scoli oggi presenti.

La morfologia di questa porzione di territorio risulta, così, subpianeggiante e caratterizzata da deboli dossi ed avvallamenti che testimoniano l'attività fluviale ad elevata energia con alveo di tipo "braided". Tali dossi sono, in alcuni casi, ben osservabili, ad esempio a Ca del Ferro, in molti altri casi la morfologia originaria è stata "disturbata" dall'azione antropica di urbanizzazione e di sfruttamento agricolo.

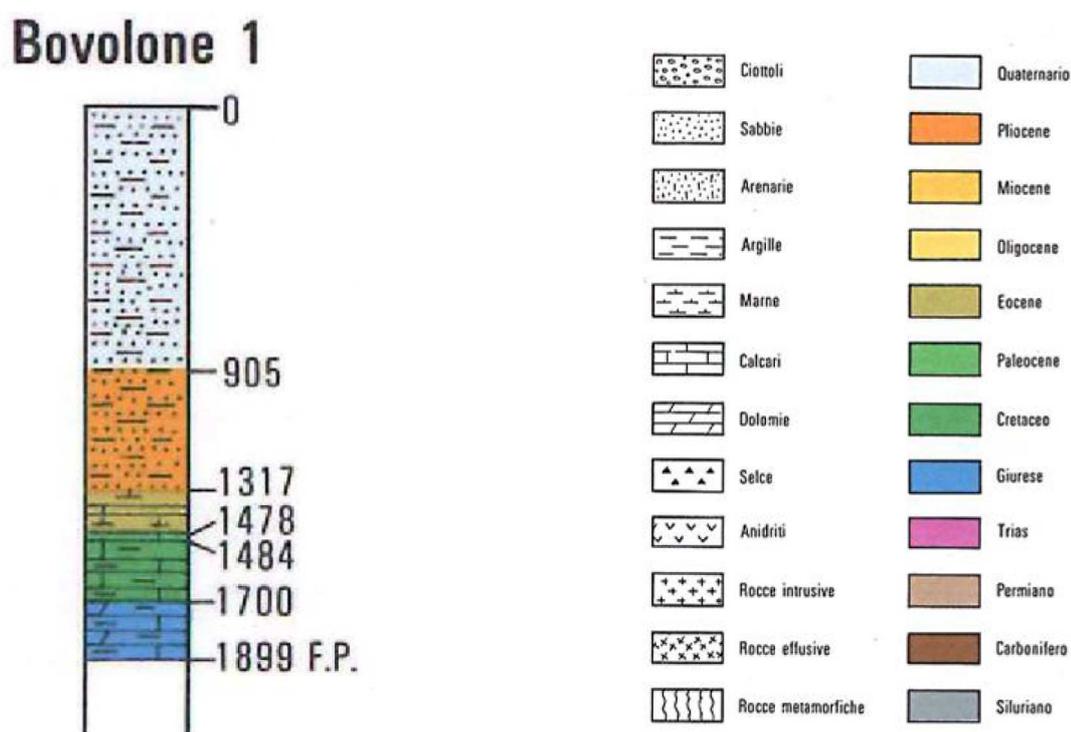
Dal punto di vista litologico, l'unità geomorfologica del Conoide dell'Adige, è costituita prevalentemente da depositi grossolani di tipo ghiaioso o sabbioso, alternati a lenti discontinue di limi sabbiosi e argilla; le ghiaie ed i ciottoli sono formate, generalmente, da calcari, dolomie e porfidi atesini. Dall'analisi dei dati disponibili si rileva, procedendo gradualmente da NW verso SE, un progressivo aumento della frazione sabbiosa a sostituzione di quella ghiaiosa e l'aumento delle intercalazioni di terreni fini di tipo limoso ed argilloso.

Il Piano di Divagazione dell'Adige, i cui depositi costituiscono i terrazzi più recenti dell'Adige, risulta confinato lateralmente dalle scarpate principali dell'Antico Conoide. La passata attività erosiva dell'Adige è evidente in corrispondenza di un marcato dislivello topografico alto fino a circa 6÷7 m, degradante in altezza verso SE, tanto che all'altezza di Oppeano tende a sfumare in una serie di scarpatine alte fino a 2-3 m che individuano l'avvenuto passaggio di alvei con una disposizione variabile a "canali intrecciati" e

meandriforme. Situazione simile a quest'ultima si trova anche all'estremità Ovest del Comune, con la fascia depressa del f. Menago.

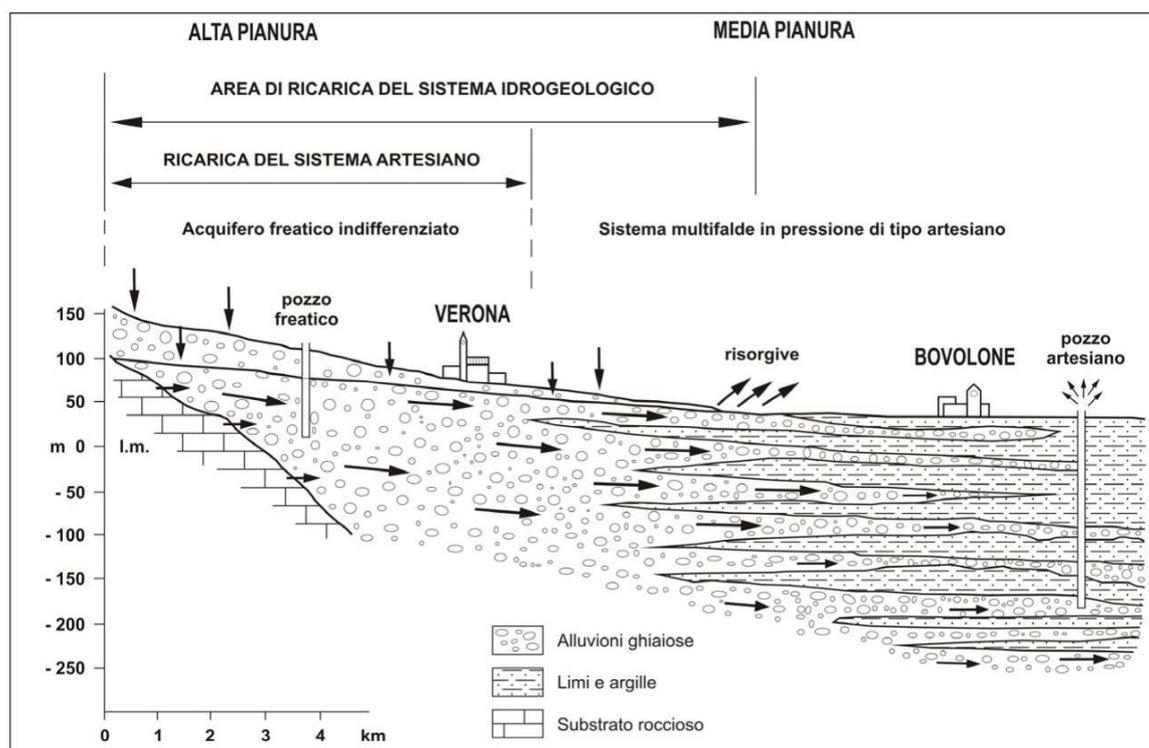
Anche questa unità geomorfologica è costituita prevalentemente da depositi grossolani di tipo ghiaioso o sabbioso, localmente coperti da depositi limosi misti a sabbia o argilla. Nella fascia lungo il piede del terrazzo principale, al confine con il comune di Palù, si trovano anche depositi di facies palustre, con terreni fini ricchi di sostanza organica.

La stratigrafia profonda del territorio comunale di Oppeano vede la presenza di circa 900 m di depositi di età quaternaria al di sopra del substrato terziario e mesozoico. Tali depositi sono il risultato di una serie di processi di natura alluvionale e fluvioglaciale che in realtà erano iniziati già in epoca miocenica per uno sviluppo complessivo di oltre 1300 m, come rappresentato dal pozzo esplorativo AGIP nel comune limitrofo di Bovolone di cui si riporta di seguito la stratigrafia.



Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico, il settore del Comune di Oppeano appartenente al Conoide dell'Adige è posto in una zona di transizione tra l'Alta Pianura e la Media Pianura. Si trova, infatti, sul margine meridionale della cosiddetta conoide atesina, in prossimità del limite superiore delle risorgive. Tale limite confina il prolungamento meridionale dell'acquifero indifferenziato veronese, una struttura idrogeologica che si sviluppa a valle dello sbocco del Fiume Adige in pianura e si estende a ventaglio tra l'arco morenico del

Garda, ad occidente, e le propaggini meridionali dei Monti Lessini, ad oriente. Tale acquifero, di tipo freatico, è ospitato nel materasso alluvionale precedentemente descritto ed ha una direzione di deflusso NNW–SSE; esso però risente, proprio all’altezza del territorio comunale di Oppeano, dei cambi litologici locali, in concomitanza col passaggio dall’Alta alla Media e Bassa Pianura Veronese. La rastremazione delle alluvioni ghiaiose e/o sabbiose sostituite da materiali molto più fini, associata alle variazioni morfologico - topografiche, provoca localmente l’affioramento della falda e la formazione della “fascia delle risorgive”, tipiche sorgenti di pianura. In profondità si passa da un’unica grande falda esistente a monte ad sistema multifalदे in pressione. Lo schema seguente mostra la situazione generale.

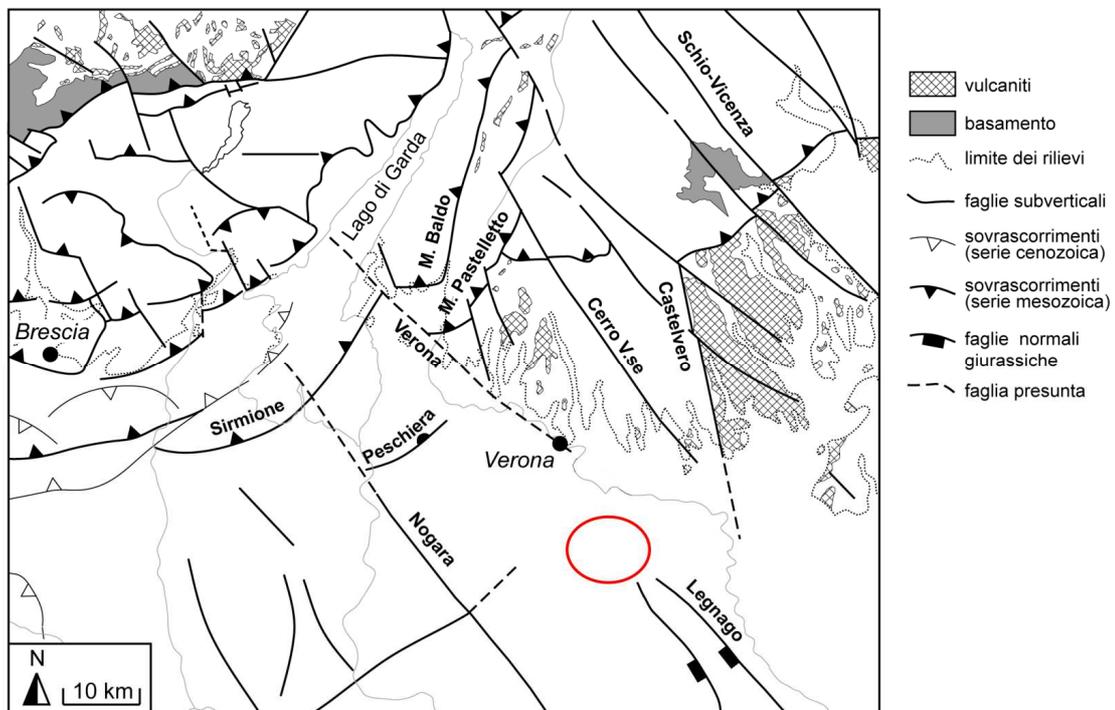


La soggiacenza della falda tende a diminuire procedendo da NO verso SE: si passa da valori superiori ai 5 m nella parte più settentrionale del comune a valori dell’ordine del metro verso Oppeano, con anche situazioni, nelle fasce morfologicamente depresse, in cui la falda diventa sub affiorante.

Per l’idrografia superficiale, il territorio di Oppeano è interessato da una rete di canali di scolo e irrigui in larga parte modificati dall’uomo nel corso dei secoli. Gli scoli/fossi confluiscono nei due bacini che interessano il territorio comunale ovvero quello del fiume Bussè (porzione Nord, nord-occidentale e nord-orientale del territorio) e quello del Fiume Menago (parte Sud e sud-occidentale del territorio).

3.2 Inquadramento strutturale

L'assetto strutturale dell'area veronese - gardesana è il risultato dei raccorciamenti crostali avvenuti nell'ambito dell'orogenesi alpina. Complessivamente, nella Provincia di Verona si possono distinguere due stili deformativi principali. Nel settore occidentale, comprendente il Lago di Garda e la Valle Lagarina, lo stile tettonico è caratterizzato da pieghe e sovrascorrimenti con direzioni prevalentemente orientate NNE. Tale motivo, conosciuto in letteratura come "giudicariense", è interpretabile come un sistema di rampe, impostate nei termini più competenti delle piattaforme del Triassico superiore - Giurassico inferiore (Dolomia Principale) e radicate entro un piano di scollamento principale costituito dalle unità carniche oppure come originarie faglie normali giurassiche, invertite durante le fasi compressive alpine. Il raccorciamento complessivo accomodato da queste strutture è stimato nell'ordine di una decina di chilometri. Il settore orientale della Provincia di Verona si presenta al contrario scarsamente deformato, con un assetto tabulare leggermente inarcato ed immergente verso S-SW. Gli elementi strutturali principali sono costituiti da numerose dislocazioni di tipo quasi esclusivamente disgiuntivo, caratterizzate da rigetti generalmente limitati. Le faglie sono raggruppabili secondo due orientazioni principali, rispettivamente N(NW) - S(SE) e (W)NW - (E)SE (figura seguente).



La prima direzione, giudicariense, può essere riferita alla tettonica distensiva paleogenica; essa trova espressione nelle strutture del Monte Baldo e del Monte Pastelletto. La

terminazione verso Sud di entrambe queste strutture è probabilmente legata ad un importante lineamento, con direzione più o meno NW-SE, spesso denominato in letteratura come Faglia di Verona.

La seconda direzione è nota in lettura come “scledense” ed è riferita allo sviluppo del sistema strutturale Schio - Vicenza durante le fasi più recenti dell’orogenesi alpina.

La parte meridionale della Provincia di Verona si sviluppa nella Pianura Padana ed è quindi caratterizzata da strutture tettoniche sepolte: in tale ambito assumono rilievo soprattutto i sovrascorrimenti Alpini, riconosciuti nel settore del Lago di Garda e verso Brescia. Il più esterno di questi è il Sovrascorrimento di Sirmione.

Un ulteriore sistema di strutture identificato nel sottosuolo è costituito da lineamenti subverticali con direzione NW-SE, il più importante dei quali è la Faglia di Nogara. Tali lineamenti trovano analoghi superficiali nella Faglia di Verona (fascia pedemontana lessinea) ed in uno sciame pervasivo di fratture nel substrato cretacico affiorante a Sirmione. La geometria subverticale del piano di faglia suggerisce una componente trascorrente che, insieme con la direzione, permetterebbero di attribuire per analogia questa famiglia di faglie al sistema scledense, noto più ad Est dei Lessini.

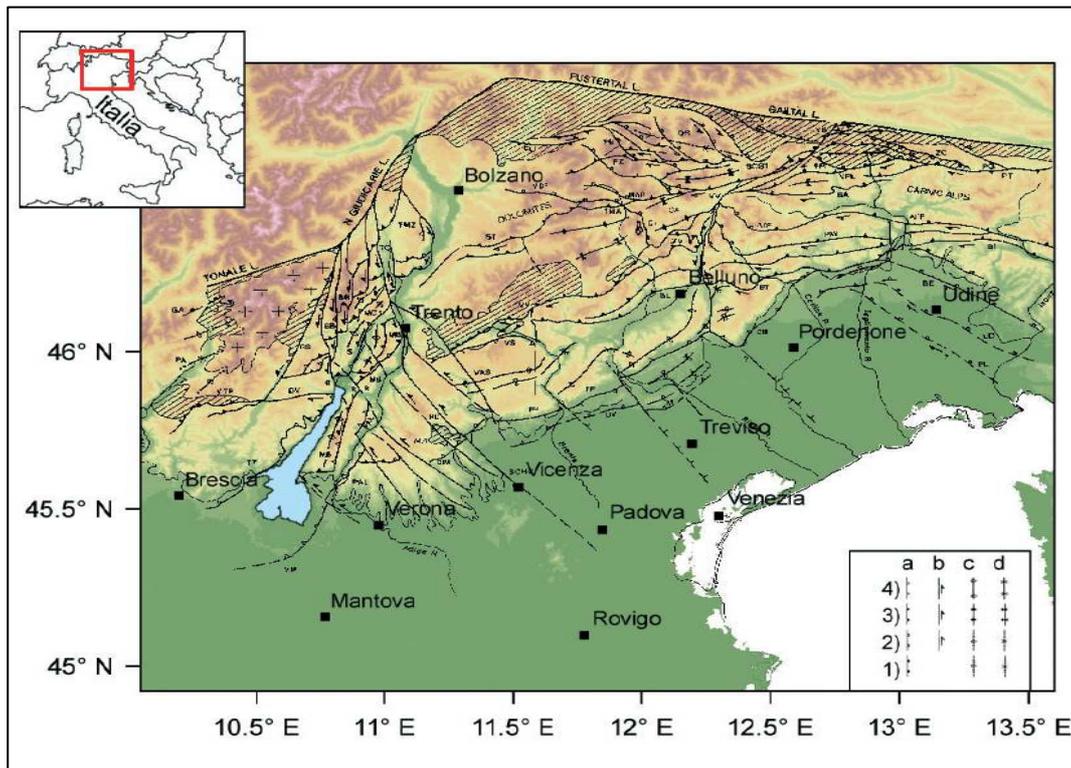
3.3 Faglie capaci e sorgenti sismogenetiche

Per lo studio della pericolosità sismica sono fondamentali le faglie attive e capaci. Mentre il primo attributo è abbastanza ovvio, un po’ meno lo è il secondo. Vengono definite faglie capaci quelle faglie che si sono “rotte” almeno una volta negli ultimi 40.000 anni, raggiungendo la superficie e producendo una rottura del terreno.

Per quanto riguarda le sorgenti sismogenetiche, esse rappresentano le zone che sono state riconosciute come origine dei terremoti grazie allo studio della sismicità storica e delle indagini geologiche.

3.4 I sistemi di faglie attive

Negli anni '60 e '70 furono raccolti un gran numero di dati sull’attività Plio-Quaternaria delle faglie dell’Italia del NE, poi sintetizzati nella “Mappa Neotettonica dell’Italia” (CNR-PFG 1987). In questa vennero mappati i maggiori sistemi di *thrust* sud-vergenti che bordavano le pianure Veneta e Friulana ed influenzavano il dominio pre-Alpino, come strutture continue attive durante il Pliocene ed il Quaternario (faglie attive e capaci).



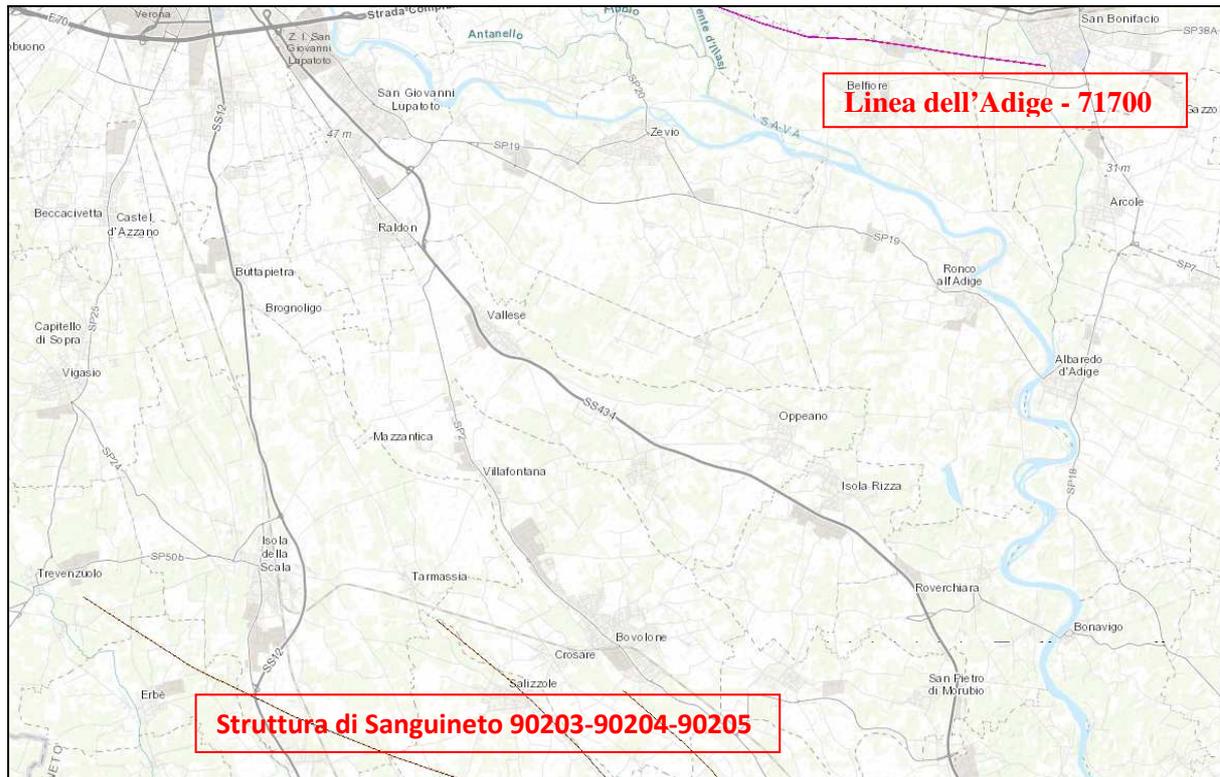
Interpretazione strutturale delle Alpi Meridionali orientali (AMO) tratta da Castellarin *et al.* (1998b).

La recente attività dei sovrascorrimenti che delimitano le pianure Veneta e Friulana viene rimarcata anche nella “Map of active faults between the Po and Piave Rivers and Lake Como” (Castaldini & Panizza, 1991), che riporta 112 faglie attive nell’area compresa tra il lago di Garda e la regione Friulana.

Un sommario a scala regionale delle faglie attive che interessano la catena orientale delle Alpi Meridionali è stato proposto da Galadini *et al.* (2001b). Il lavoro, che rileggeva criticamente la letteratura disponibile, riportava nuovi dati di campagna del settore W dell’area indagata. La mappa elaborata includeva le faglie principali (come tracce superficiali) la cui lunghezza era consistente con terremoti di magnitudo $M \geq 6,2$. Le faglie mappate sono caratterizzate dall’evidenza di attività o dall’indicazione di probabile attività durante il tardo Pleistocene-Olocene (dopo l’ultima Massima Espansione Glaciale, LGM). Il risultato di questa operazione fu un inventario di 8 faglie (si tratta di strutture continue maggiori) che interessavano l’area tra Thiene ed il bordo orientale Friulano. Una successiva rivisitazione critica del lavoro ridusse ulteriormente il numero di faglie attive.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA “ITaly HAZard from CAPable faults” disponibile on-

line all'indirizzo <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>. La figura seguente raffigura le faglie attive di ITHACA nell'intorno del comune di Oppeano.



Cartografia con indicate le faglie capaci ITHACA . Nessuna interessa il comune di Oppeano.

La Linea dell'Adige (71700) si svilupperebbe, con direzione WNW–ESE, ad una distanza minima di circa 9 km a Nord di Oppeano, alla base dei rilievi lessinei.

La Struttura di Sanguinetto (90203-90204-90205) è stata invece divisa in tre rami: è caratterizzata da un sistema di faglie verticali situate a cavaliere tra la pianura mantovana e veronese.

3.4.1 Studio delle faglie

La definizione della geometria tridimensionale delle faglie in profondità, soprattutto quando, come in questo caso, si tratta di sistemi di faglie “cieche” cioè sepolte sotto i depositi Quaternari, viene ricavata:

- dall'interpolazione e dal confronto di dati che vengono dallo studio geomorfologico superficiale (che danno informazioni sull'interazione tra la crescita del sovrascorrimento e le forme del territorio);

- dai profili sismici a riflessione trasversali ad esse. I dati geofisici (insieme ai dati dei sondaggi) aiutano a definire il profilo profondo della faglia, permettendo così di legare l'espressione superficiale di questa ad una superficie di faglia profonda;
- se la sorgente sismogenetica è stata responsabile di un terremoto in tempi recenti (es. Pianura Emiliana 2012), dalla localizzazione epicentrale delle scosse principali e di assestamento e dallo studio dei parametri focali;
- dalla distribuzione dei danni dei terremoti storici.

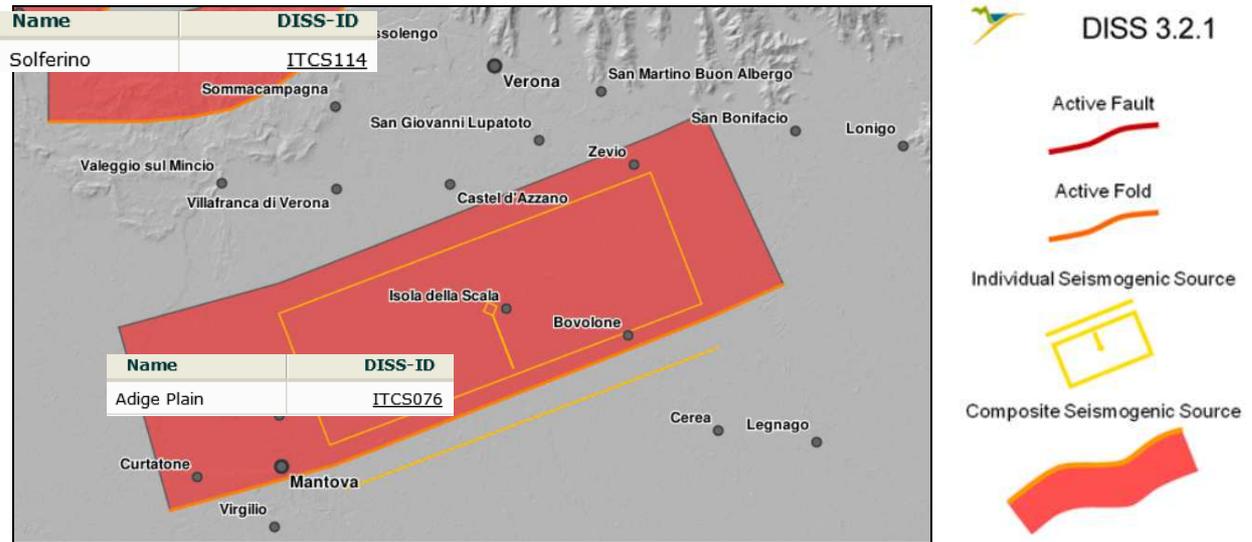
Secondo questa filosofia, per la definizione della geometria dei maggiori sovrascorrimenti ciechi che interessano la nostra zona, sono stati utilizzati dati strutturali del sottosuolo, derivati da più di 1700 km di profili sismici a riflessione, che hanno permesso di definire la geometria profonda dei segmenti di faglia, fino a profondità comprese tra 5 e 14 km. E da questi la geometria delle principali strutture sismogenetiche.

La mappa dell'INGV riportata di seguito, enominata DISS 3.2.1 (Database of Individual Seismogenic Sources – DISS Version 3), mostra tre tipologie di sorgenti sismogenetiche, così descrivibili:

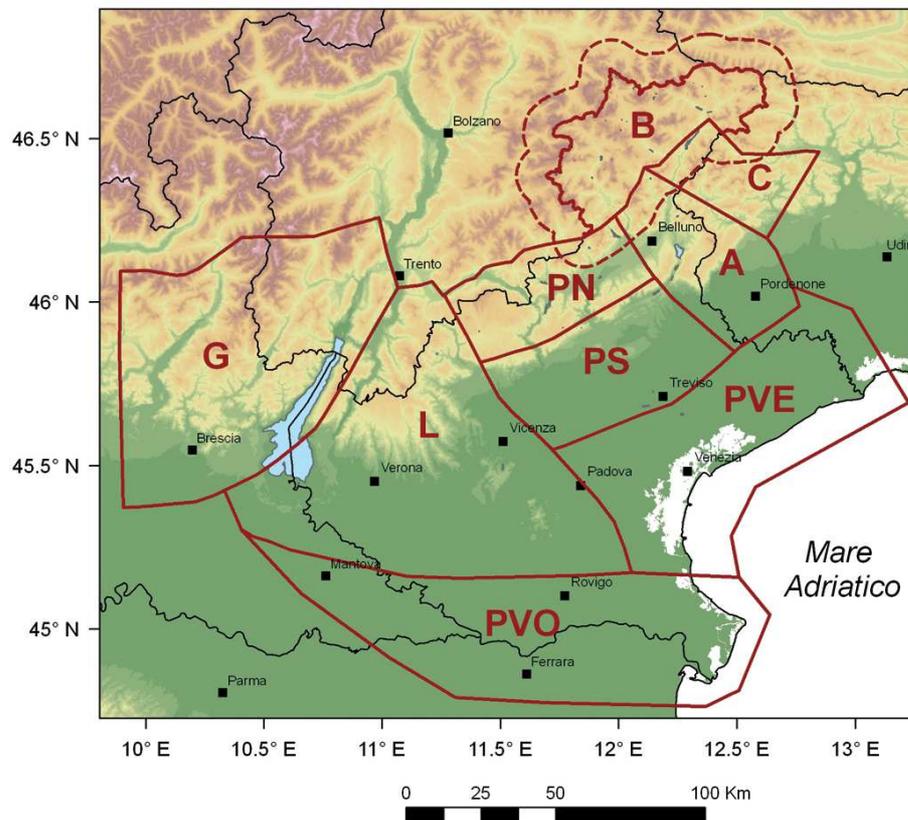
- Sorgenti individuali (IS): per le quali viene proposta una rappresentazione tridimensionale semplificata del piano di faglia. Questo tipo di sorgente esibisce caratteristiche definite di estensione, movimento e massima magnitudo attesa.
- Sorgenti composite (CS): sono regioni estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate che non è ancora conosciuto singolarmente. Le sorgenti composite non sono associate ad uno specifico gruppo di terremoti storici.
- Sorgenti dibattute (DS): sono zone proposte in letteratura come potenziali sorgenti, ma considerate ancora non sufficientemente attendibili per entrare nel database.

La mappa del DISS riporta, per la zona in esame, la presenza di una sorgente sismogenetica composita (ITCS076 “Adige Plain”) in parziale contrasto con il Catalogo ITHACA e gli studi descritti in precedenza, che segnalano una “faglia/fascia di deformazione” con una direzione differente; ciò è dovuto al fatto che le cause della sismicità storica occorsa in tale area, anche di entità notevole, rimangono non del tutto chiare. Infatti, la Zona ITCS076 “Adige Plain” che interessa il territorio comunale di Oppeano, schematizza un'area estesa

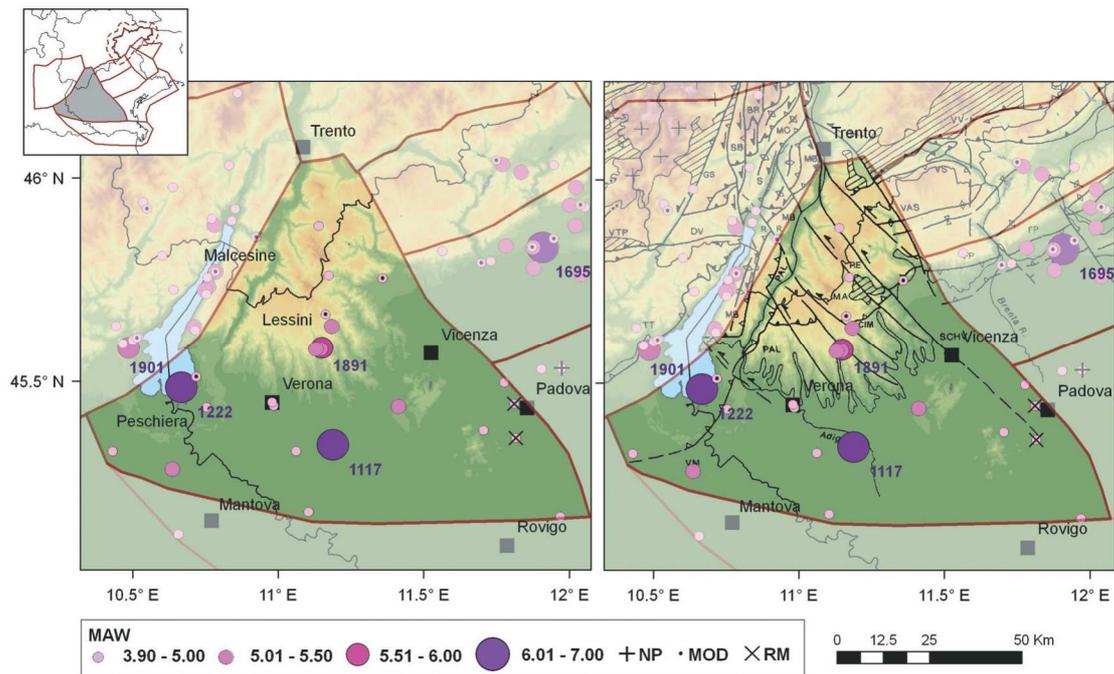
contenente un numero non specificato di sorgenti minori allineate, che non sono ancora conosciute singolarmente e non sono associate ad uno specifico gruppo di terremoti storici.



Va infine citata anche una proposta più recente, del 2011, contenuta nella pubblicazione *Distretti sismici del Veneto* (M. SUGAN e L. PERUZZA) dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS); in questo lavoro viene riconosciuto un Distretto Lessini-Schio (L) con caratteristiche sismogenetiche particolari.



In tale lavoro, seguendo la suddetta suddivisione, la struttura tettonica che più influenza la zona in esame è quella legata alle geometrie scledensi.



Con l'occasione, merita un commento sull'evento sismico del 1117 che rimane per la Pianura Padana uno dei casi più problematici, poiché sia la localizzazione, sia la stima degli effetti è molto incerta. Guidoboni et al. (2005) posizionano l'epicentro nel Veronese, a sud dei Monti Lessini, mentre Galadini et al. (2005), sulla base di recenti studi geologici, paleosismologici e storici, associano l'evento alla sorgente sismogenica denominata Thiene-Bassano, posta ad est del distretto dei Lessini.

Il massimo potenziale sismogenico dell'area è infine attribuito dai compilatori di DISS alla sorgente Adige Plain (ITCS076, magnitudo massima ipotizzata pari a 6,7) individuata quale potenziale elemento strutturale sepolto (Burrato et al., 2003), cui si riconduce la sorgente del terremoto veronese del 1117.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la redazione della seguente relazione ci si è avvalsi dei dati provenienti da indagini e rilievi geologico-geotecnici effettuati nel corso di numerosi anni e gentilmente messi a disposizione dall'Amministrazione Comunale (cartella "Indagini pregresse 1" e cartella "Indagini pregresse 2").

Per tali indagini, in diversi casi, si è deciso di inserire nella Carta delle Indagini una sola delle varie prove, ad esempio una sola CPT tra le sei presenti nel medesimo sito, tutte simili tra loro. Inoltre sono state inserite solo alcune delle trincee superficiali, in quanto in genere riferite ad aree in cui vi erano altre indagini estese fino a maggiori profondità. Nella documentazione allegata sono comunque presenti anche le indagini non considerate.

Poi sono state effettuate, appositamente per il presente studio, una serie di stazioni di misura con metodologia HS (una sorta di MASW) e HVSR. I dati relativi a queste indagini sono reperibili in allegato (cartella "Indagini MS 2021").

4.1 Metodologia di studio

Come specificato nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08-18 - DM 14-01-2008 e D.M. 17/01/2018), la classificazione sismica del suolo risulta fondamentale per definire l'azione sismica di progetto delle opere geotecniche.

Le onde di taglio (S) sono le principali responsabili delle lesioni che subiscono gli edifici durante un evento sismico. Infatti, mentre le onde di compressione (P) agiscono sulle sovrastrutture in direzione prevalentemente verticale (moto sussultorio), le onde S sollecitano le stesse con forze di taglio lungo il piano orizzontale (moto ondulatorio), dove gli elementi strutturali sono più vulnerabili. Nelle analisi di pericolosità sismica è quindi fondamentale esaminare in dettaglio in che modo le onde S si propagano.

E' infatti ampiamente dimostrato che questo tipo di oscillazione durante il percorso verso la superficie può subire un'azione di filtraggio che tende a ridistribuire l'energia associata al treno d'onda, concentrandola in determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali di vibrazione dei terreni attraversati. L'effetto finale è quello di amplificare le onde S che andranno a sollecitare l'opera. Questo fenomeno può essere dovuto sia a particolarità topografiche del sito (amplificazione topografica), come valli sepolte o zone di cresta o di

versante in pendii naturali o artificiali, sia a variazioni brusche nelle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo la verticale (amplificazione stratigrafica).

Nelle norme vigenti tale fattore viene direttamente legato alla la V_s equivalente, inserita nelle NTC2018 in luogo della V_{s30} delle versione NTC2008, e definita dalla seguente relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$. Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Di fatto se il bedrock sismico è più profondo di 30 m (dal piano di fondazione) la V_s equivalente (che nei software è in genere sinteticamente indicata come V_{sE}) è uguale alla V_{s30} .

In funzione del parametro V_{s30} , la normativa individua 5 classi di suolo (tabella seguente):

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

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

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

4.1.1 Tecniche di misura

Il parametro fisico del terreno V_s è di difficile definizione e richiede specifici metodi geofisici e/o geotecnici. Le prove sismiche in sito si possono distinguere in prove di superficie e prove in foro. Tra le prove di superficie si segnalano le prove sismiche a rifrazione e tomografiche, gli stendimenti geoelettrici (SEV e SEO), le prove SASW e MASW; tra le prove in foro si segnalano le prove Up-hole e Down-Hole, Cross-Hole, Suspension Logging, le prove penetrometriche con cono sismico e le prove con il dilatometro sismico SDMT.

Restando nelle indagini sismiche, vi sono diverse metodologie di determinazione delle V_s , tra cui stendimenti sismici passivi e stendimenti sismici attivi. I primi studiano la dispersione delle onde superficiali sfruttando il solo rumore ambientale, senza indurre energizzazioni elastiche artificiali. I secondi invece producono artificialmente delle sollecitazioni elastiche nel terreno e ne misurano gli effetti.

Le tecniche passive sono afflitte dal problema del mancato controllo delle fonti di rumore sismico. In presenza di fonti preferenziali di rumore, delle quali non è possibile verificare l'esistenza, le misure di velocità condotte lungo lo stendimento vengono falsate (spesso pesantemente sovrastimate) dalla potenziale errata geometria presunta del percorso dell'onda. In pratica si misura una velocità apparente e non si hanno parametri per ricondurla a velocità reale.

Per questo motivo è preferibile utilizzare entrambi i metodi (attivi e passivi) eseguendo stendimenti attivi, producendo artificialmente la propagazione di onde elastiche da studiare, e registrare il rumore sismico di fondo con tecniche passive tipo ReMi e HVSR per un più completo controllo del fenomeno di propagazione studiato.

I metodi di studio della dispersione delle onde superficiali si dividono in metodi basati sullo studio della velocità di fase C e della velocità di gruppo U . Tra questi i più noti sono la tecnica SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), la MASW Multichannel Analysis of Surface Waves (basato su velocità di fase) e la FTAN Frequency-Time-Analysis (basato velocità di gruppo). Tutti i metodi in pratica si basano sull'elaborazione delle proprietà

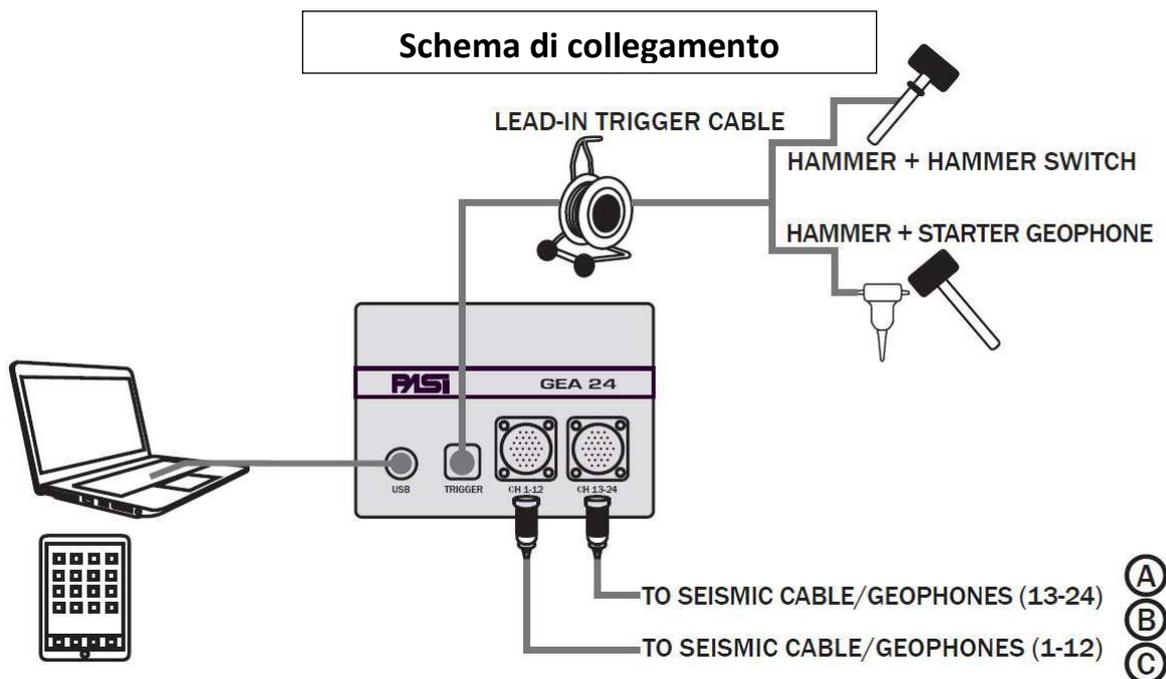
spettrali delle onde di superficie per la costruzione di un modello verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio.

4.1.2 Breve descrizione dei metodi

Al fine di caratterizzare dal punto di vista sismici il sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni e analisi con metodologia HoliSurface® (MASW su stazione singola) su stendimento sismico, utili a definire il profilo verticale della Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) oltre a misure passive di microtremori HV utili a determinare le frequenze proprie del sottosuolo.

4.1.2.1 Tecnica di misure ed interpretazione HS (MASW su stazione singola)

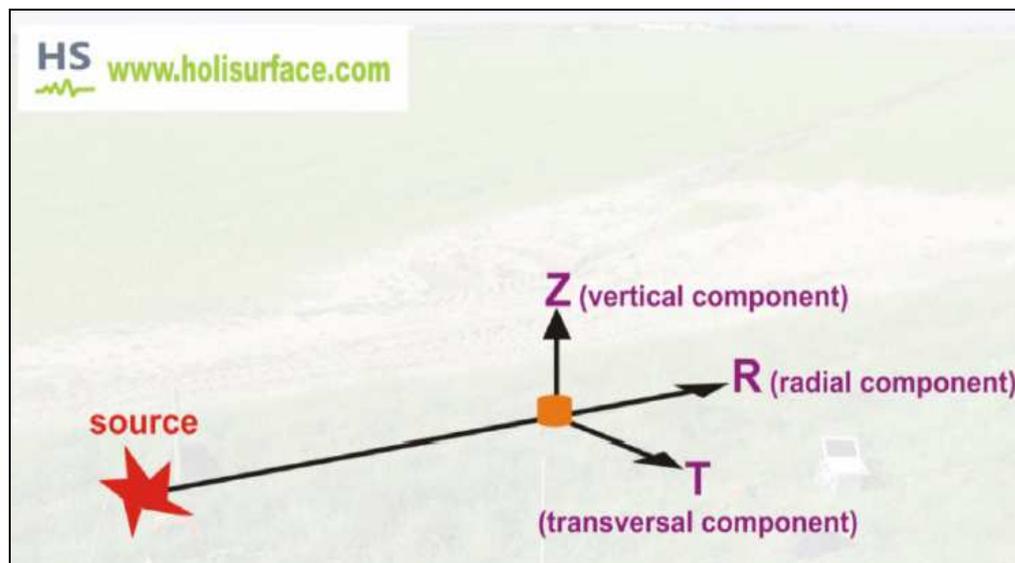
L'acquisizione di campagna è stata condotta con sismografo PASI modello Gea 24 con possibilità di sommatoria di stack degli impulsi sismici (8 nel nostro caso), filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno automatico del segnale (in ampiezza). L'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 5 Kg.



Quello che possiamo definire "metodo di acquisizione (e analisi) HoliSurface®" (acronimo di Holistic Analysis of Surface waves), è una sismica attiva che sfrutta, in corrispondenza del geofono, le interazioni tra le fasi e le componenti d'onda generate dall'operatore secondo procedure predefinite e codificate.

L'acquisizione attiva viene eseguita con un unico geofono triassiale, ovvero una terna calibrata con geofoni da 4.5 Hz, e sorgente a qualche decina di metri di distanza, per poi passare all'analisi congiunta secondo l'approccio FVS (congiuntamente alla curva RPM) delle velocità di gruppo delle componenti radiale e verticale dell'onda di Rayleigh e delle onde di Love; la tecnica è nota come group-velocity spectra and MAAM dispersion, ed è una sorta di MASW su stazione singola.

Rispetto alle metodologie tradizionali, la differenza sostanziale è che si utilizza un unico geofono a tre componenti (3C - spesso indicato anche come 3D - in quanto si tratta di un geofono con 3 sensori orientati in tre direzioni spaziali ortogonali) la cui orientazione è però fondamentale. L'elemento determinante è che la seconda traccia del file di output deve rappresentare la componente radiale (cioè la direzione che rappresenta l'asse che unisce sorgente e geofono).



Inoltre, con il medesimo geofono triassiale, è stata eseguita anche una acquisizione puramente passiva HV in modo da investigare i livelli più profondi.

Le elaborazioni sono state eseguite tramite i software HoliSurface® e WinMASW® e nell'analisi sono stati scelti i migliori dataset acquisiti per le onde di Rayleigh (ZVF). Una volta individuato il dataset da utilizzare è stato determinato lo spettro di velocità e successivamente è stata effettuata la modellazione.

Da sottolineare che il software Holisurface® integra nell'interpretazione, in automatico, i dati ricavati da misure attive (velocità) e passive (frequenze) in maniera da ricavare un modello sismostratigrafico il più possibile coerente.

E' anche da porre l'accento sul fatto che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele, almeno nell'intorno del volume di sottosuolo indagato. Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira normalmente attorno al 10-15%.

4.1.2.2 Tecnica di misure ed interpretazione HVSR (tramite TROMINO)

Tale prospezione sismica si basa sull'acquisizione e sull'analisi del Rumore Sismico Ambientale (Seismic Noise) ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause sia antropiche che naturali. Questa tipologia di tecniche (definite "metodi sismici passivi") , dunque, non ha bisogno di alcuna energizzazione esterna poiché utilizza come sorgente il traffico veicolare, la produzione industriale, il vento, la pioggia e tutto ciò che è in grado di produrre una minima vibrazione sulla superficie del suolo.

In particolar modo con la tecnica a " Stazione Singola" viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios) (Nakamura, Y. [1989]). Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno e individuare la frequenza fondamentale (f_0) di questa vibrazione. Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f , lo spessore della parte più soffice del terreno (ovvero la parte di materiali sovrastante il bed-rock) e la velocità media (V_s) delle onde sismiche nel sottosuolo, attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato. Si possono inoltre effettuare delle considerazioni di tipo "qualitativo" molto utili in merito a possibili interferenze tra le frequenze risonanti del suolo e degli edifici sovrastanti.

E' stato utilizzato un tromografo digitale modello "Tromino" (Moho srl) avente un intervallo di acquisizione sulle frequenze da 0.1 a 256 Hz, dotato di sistema di acquisizione digitale ad alta risoluzione (24 bit) e primo-processing interno. La livellazione micrometrica dello strumento è stata assicurata per ogni misura tramite bolla di precisione agendo sui tre punti di appoggio (punte) ed orientando uno dei 3 sensori di acquisizione (ortogonali tra loro) verso il

N magnetico. La misura di rumore sismico della durata di 20 minuti per ogni punto di stazione è stata eseguita con una frequenza di campionamento a 128 Hz. In merito all'elaborazione ci si è avvalsi del software Grilla® fornito dalla casa costruttrice.

Tutte le misurazioni passive HV sono state testate per validarne l'efficacia tramite i parametri suggeriti dal Progetto Europeo SESAME: per la completa affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri; in caso contrario la prova risulterà meno affidabile ed è cura dell'operatore scartarla o mantenerla. Ad esempio la misura può essere ugualmente ritenuta valida se è congruente con i risultati di indagini condotte con altre tecniche. Gli altri sei criteri si riferiscono ad un segnale chiaro e pulito del picco massimo; in questo caso dovrebbero essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi; se così non è, significa che il segnale è sporco e possono esserci altri picchi o nessun picco. In allegato, per ciascun sito di indagine, viene restituito un report con i dati di ingresso e degli output di elaborazione delle acquisizioni sismiche. Di seguito si riporta la legenda dei criteri SESAME, che sono stati omessi nelle schede sintetiche riportate in allegato.

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Freq. range [Hz]	Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$				
	< 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
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

In conclusione, di seguito, vengono riassunte le caratteristiche principali dei parametri di acquisizione utilizzate per tutti i siti di indagine:

	Lunghezza stesa sismica	Recording Time
HS (MASW)	60 m	0,3 s x 8 stack
HS (H/V)	Frequenza 128 Hz	10 min
HVSR (Tromino)	Frequenza 128 Hz	20 min

Ulteriori dettagli riguardanti i parametri dell'acquisizione vengono riportati in allegato all'interno del rapporto di elaborazione di ciascuna prova.

4.2 Interpretazioni ed incertezze

Gli aspetti più critici dei metodi utilizzati riguardano la scelta della curva di dispersione sperimentale e la determinazione del profilo di rigidezza (o di velocità delle onde di taglio Vs) finale che generi una curva di dispersione apparente numerica in accordo ottimale con la curva di dispersione sperimentale.

La determinazione del profilo di rigidezza finale è il risultato di un compromesso tra informazioni a priori sul sito, metodo manuale e procedura automatica. Nei casi normalmente dispersivi, caratterizzati da profili di rigidezza regolari con la profondità dove la procedura automatica si avvicina ad una soluzione valida, è sempre preferibile provare a modificare manualmente il profilo di rigidezza per acquisire conoscenza, esperienza e sensibilità, da utilizzare nei casi inversamente dispersivi dove non sempre la procedura automatica fornisce una soluzione valida.

I principali limiti di tali procedure sono:

- disponibilità di spazi sufficienti per gli stendimenti sismici;
- forniscono un profilo monodimensionale di Vs, non quantificando eventuali variazioni laterali;
- la profondità di penetrazione dipende dalla frequenza più bassa rilevabile nella curva di dispersione. Nelle misure attive la sorgente generata da una mazza battente ha una scarsa componente in bassa frequenza, e ciò comporta una riduzione della profondità dell'indagine;
- interferenza del segnale con altri tipi di onde sismiche (P ed S) ed acustiche spurie (onda d'aria) prodotte anch'esse dall'energizzazione;
- vicinanza a fonti antropiche di rumore che possono disturbare ed inquinare il dato di ingresso;
- il problema della non-univocità della soluzione del problema inverso (comune a tutti i metodi indiretti) e la conseguente affidabilità dei risultati in assenza di altre conoscenze (geologico-geofisiche) è molto delicato in quanto le onde di Rayleigh sono soggette a scattering e a generazione di modi superiori (che a volte interagiscono in modo complesso), producendo delle curve di dispersione in cui il massimo dell'energia sismica non è sempre e necessariamente nelle onde superficiali e nel modo fondamentale (modi superiori e onde guidate possono dare segnali molto complessi).

I dati di campagna sono stati elaborati con i programmi **HoliSurface**[®] e **WinMASW**[®], per la stessa mentre per i dati HVSR è stato usato l'apposito software **Grilla**[®] (Moho srl).

Tali software consentono di separare la parte sperimentale dalla parte interpretativa delle misure attive e passive lasciando all'utente la possibilità di intervenire sulla curva di dispersione sperimentale calcolata in maniera diversa da come è svolto dal software.

5 ELABORAZIONE DEI DATI E MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La programmazione delle indagini e la loro precisa ubicazione è stata guidata dall'osservazione delle indagini pregresse e dai dati geologici a disposizione di questo Studio.

La conoscenza di tutta una serie informazioni ha fornito un ottimo supporto sia per la definizione e per la determinazione del modello geologico di sottosuolo che per l'estensione areale dei risultati al fine di definire delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

La prima fase di analisi ha mirato a confrontare le cartografie tematiche del P.A.T., redatte con finalità diverse da quelle del presente lavoro, con i dati ricavati dalle indagini, anche sismiche (MASW, ReMi e HVSR), successive alla realizzazione dello stesso.

La correttezza dei modelli geologici-sismici così definiti ha permesso di suddividere con più dettaglio le specifiche zone sulla base delle diverse velocità delle onde S, sui diversi rapporti stratigrafici ed infine sulle differenti caratteristiche geomorfologiche.

La caratterizzazione geofisica dei terreni si è basata quindi sia sulle nuove indagini realizzate ad hoc che sull'osservazione dei dati ricavati dalle indagini pregresse, permettendo una adeguata parametrizzazione dinamica dei terreni attraverso la stima del profilo delle Vs e la definizione di una velocità media delle onde di taglio per ogni formazione presente.

La definizione delle quattro zone omogenee in prospettiva sismica, realizzata a seguito di tutte le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche, è stata un'attività onerosa sia sotto il profilo tecnico che in termini di tempo, al fine di pervenire ad un modello di sottosuolo coerente. Tale fase rappresenta il momento più delicato di tutto lo studio di microzonazione, sia perché coinvolge più soggetti, sia perché durante la fase di omogeneizzazione e di creazione del modello devono essere fatte opportune valutazioni tenendo conto del ridotto numero e del differente livello di incertezza attribuito ai diversi parametri desunti dalle differenti indagini.

Le misure di velocità effettuate nel territorio del Comune di Oppeano, hanno consentito di ottenere una serie di informazioni sul campo di velocità delle onde S nei primi 30 m di profondità e di periodi propri dei terreni indagati (vedi carta di delle microzone omogenee in prospettiva sismica; nel complesso le indagini sismiche hanno interessato 24 siti, indagati con tecniche attive e passive tipo MASW e HVSR.

Le schede riassuntive sono riportate in allegato (cartella “Indagini MS 2021”) ma anche in fondo alla presente relazione.

Per ciascun sito di indagine viene riprodotto uno stralcio di fotoaerea della zona di indagine allargata dove vengono riportati la posizione dello stendimento sismico e del punto di misura HVSR, posto in genere a qualche decina di metri di distanza dallo stendimento principale. È poi riportata una foto della sua esecuzione, le coordinate geografiche WGS84-UTM33N, sistema di riferimento per gli studi di microzonazione Sismica.

Inoltre, per ciascuna area indagata, la scheda riassuntiva riporta:

- I vari diagrammi di analisi HS attivo;
- Lo spettro di frequenza della misura HS passivo, con l’esito del test Sesame
- i profili della Vs ricavati dalle acquisizioni di campagna HS (attivo e passivo) secondo il modello “medio” e di “minima distanza”;
- Lo spettro di frequenza della misura passiva HVSR (tromino) e i diagrammi di direzionalità e di timing, con l’esito del test Sesame;
- riquadro riassuntivo dei valori di VsE-Vs30 in accordo con i D.M. 14.01.2008 e D.M. 17.01.2018.

Di seguito si riassumono i risultati di tutte le indagini utilizzate, sia quelle ricavate da indagini pregresse che quelli appositamente eseguite per il presente lavoro.

Si precisa fin da ora che, per alcune delle indagini pregresse, alcuni dei risultati ottenuti mostrano un certo divario rispetto a quanto ottenuto con le misure effettuate nel 2021: le differenze principali riguardano il valore di Vs30. Si ritiene che tale differenza sia attribuibile a due motivi:

- il software utilizzato per le interpretazioni ed alle conseguenti condizioni al contorno impostate;

- al fatto che da indagini HVSR (tromino), il calcolo della Vs30 dovrebbe essere ancorato ad un'altra indagine di confronto altrimenti l'esito risulta piuttosto aleatorio.

Di seguito l'esito delle indagini pregresse:

località	indagine	Fo Hz	Vs30 m/s
Feniletto depuratore 2019	ReMi	0,75	298
Feniletto depuratore 2011	ReMi	0,8	232
Scuola materna Oppeano	MASW		275
Carabinieri Oppeano	HVSR	0,97	284
Via Ponte Asta	HVSR	0,9	292
Scuola CadegliOppi	HVSR	0,97	284
Rotatoria Calzedonia	HVSR	0,63	246
Impianti sportivi Mazzantica	HVSR	0,94	225
Scuole Vallese	HVSR	0,94	247

Per le indagini realizzate nel 2021, viene riportata la numerazione inserita nel softMS, la numerazione originale di ciascun file, La Vs30 e la frequenza di sito ricavate con il metodo HS ed infine la frequenza di sito da HVSR Tromino.

softMS		NUMERO PROVA	UBICAZIONE	VS30	HVSR HS	HVSR Tromino
Lin.	Punt.			m/s	Hz	Hz
3	103	OPPEANO 1 HS	via Gandhi	356	0,98	0,8
4	104	OPPEANO 2 HS	via Quaiotto	350	0,8	0,8
5	105	OPPEANO 3 HS	via Paradiso	331	0,9	0,7
6	106	OPPEANO 4 HS	via Cadalora 13	333	0,7	0,7
7	107	OPPEANO 5 HS	via Sore	287	9,3	0,8
8	108	OPPEANO 6 HS	via Isolo	335	0,9	3,66
9	109	OPPEANO 7 HS	via Cadalora 59	317	7,1	0,8
10	110	OPPEANO 8 HS	Via Bussè	292	1,1	1
11	111	OPPEANO 9 HS	via Bragagnani	350	10,9	0,3
12	112	OPPEANO 10 HS	via Cima Coppi	356	4,5	1
13	113	OPPEANO 11 HS	via Pila Vecchia	328	1,1	0,8
14	114	OPPEANO 12 HS	via Villafontana	335	1	0,8
15	115	OPPEANO 13 HS	via Mazzanta	321	0,9	0,8
16	116	OPPEANO14 HS	via Aie	312	7,1	0,8
17	117	OPPEANO 15 HS	via Delle Fosse	287	1	1
18	118	OPPEANO 16 HS	via Marco Biagi	334	18,5	0,8

19	119	OPPEANO 17 HS	via Bosco Riondo	406	1	0,6
20	120	OPPEANO 18 HS	via Antonio Salieri	411	12,2	0,3
21	121	OPPEANO 19 HS	via Fracastoro	299	0,9	0,6
22	122	OPPEANO 20 HS	via Napoleonica	288	1	0,8
23	123	OPPEANO 21 HS	via Treviso	337	12,6	0,8
24	124	OPPEANO 22 HS	via Lovo	343	1	1,03
25	125	OPPEANO 23 HS	via Contarini	369	20	0,8
26	126	OPPEANO 24 HS	via Spartidori	388	1,3	1,03

Dall'analisi dei dati si osserva una generale omogeneità dei valori della Vs, ad indicare che la geologia, per lo meno dei corpi deposizionali più importanti, esercita un forte controllo sulla distribuzione del campo di velocità. Si osserva una correlazione quasi diretta tra la presenza del materasso ghiaioso e valori elevati della Vs delle zone settentrionali che poi decrescono per l'ampia fascia prevalentemente sabbiosa che impegna gran parte del territorio comunale; infine le fasce con terreni particolarmente soffici lungo la fascia depressa del Feniletto e per parte dell'intorno del capoluogo con terreni prevalentemente coesivi mostrano i valori di Vs30 tra i più bassi misurati. Un'altra osservazione è, in tutte le indagini, il graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, senza evidenti inversioni di velocità, almeno nei primi 15-20 m di profondità.

Da un punto di vista normativo (ai sensi della classificazione dell'O.P.C.M. 3274/2003 e D.M. 17/01/2018 e D.M. 14/01/2008) e quindi riguardo alle problematiche urbanistiche, ingegneristiche e geotecniche, il territorio del comune di Oppeano risulta appartenere a due categorie di sottosuolo: La parte settentrionale, nella zona del polo siderurgico, i terreni ricadono nella categoria B ovvero i valori di Vs30 risultano compresi nell'intervallo 360-800 m/s; tutto il resto del territorio rientra nella categoria C con valori di Vs30 ricadenti nell'intervallo 180-360 m/s. Entro un ragionevole intervallo di profondità dell'ordine dei 100m non è stato individuato nessun livello attribuibile a substrato sismico, cioè con velocità di almeno 800 m/s.

Si precisa inoltre che vi è una netta differenza tra “bedrock sismico” e “substrato geologico” (o semplicemente “bedrock”). Le definizioni riportate nel glossario “Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica” sono le seguenti:

Bedrock: Roccia compatta, rigida, non alterata, in affioramento o alla base di rocce / terreni rigidi o di sedimenti sciolti. Usato comunemente dai geologi per riferirsi a qualsiasi roccia /

terreno diagenizzato / consolidato che non ha subito i processi meteorici di alterazione e degrado o deformazioni tettoniche pervasive.

Bedrock sismico: Sequenza litostratigrafica caratterizzata da una velocità delle onde di taglio maggiore o uguale a 800 m/s.

5.1 Individuazione delle microzone

La scelta delle varie microzone dove costruire un modello di velocità di propagazione delle onde elastiche, in modalità trasversale, nei primi 30 metri di profondità, è stata fatta in modo da investigare i diversi ambiti morfologici e litologici. Questo ha permesso di ottimizzare l'ubicazione della rete di punti di misura in funzione della genesi deposizionale dei materiali integrando, correlando e confrontando i dati stratigrafico-sedimentologici con quelli elastico-acustici provenienti dalle misurazioni di campagna.

In pratica le stazioni di misura sono state ubicate su siti significativi dal punto di vista urbanistico oggetto di azioni nell'attuale PI, propagando poi i risultati attraverso un processo di validazione pesata e di generalizzazione ad intere unità deposizionali considerate sufficientemente omogenee sulla base di precedenti conoscenze geologiche-litologiche in possesso di questo Studio.

Questo tipo di approccio, presenta il grande vantaggio di poter investigare il territorio in modo mirato, evitando quindi di produrre carte "cieche", dove l'interpolazione dei dati è governata da una generica griglia di campionamento che rischia di sottovalutare gli ambiti di maggior interesse.

In particolare dalla cartografia geologica del PAT, base di partenza di questo studio, sono stati privilegiati quindi gli ambiti di sviluppo insediativo, sia esso a destinazione residenziale, produttiva, dei servizi o infrastrutturale. Per completezza le indagini sono state estese anche ad aree dove non sono al momento previste trasformazioni urbanistiche ma puntando alla caratterizzazione di aree presumibilmente omogenee dal punto di vista geologico

In questa ottica è stata stralciata (cioè non studiata) una parte della porzione settentrionale del territorio comunale che ricade all'interno della ZSC-ZPS IT3210014 "Palude del Feniletto - Sguazzo del Vallese", come previsto dalla DGR n. 1896 del 14 ottobre 2014, allegato B.

Le zone individuate sono le seguenti:

- Zona Settentrionale, attorno al polo siderurgico ed aree limitrofe (*Sedimenti sciolti e/o materiali granulari addensati a tessitura ghiaioso-sabbiosa, con limitate intercalazioni più fini*);
- Zona Vallese, Ca degli Oppi, Mazzantica VillaFontana (*materiali alluvionali e/o fluvioglaciali sciolti formati da prevalenti sabbie grossolane, talora miste a ghiaie o a limi, con intercalazioni più fini*);
- Zona Oppeano (*materiali alluvionali limoso-argillosi, con intercalazioni granulari*);
- Zona Feniletto (*materiali alluvionali limoso-argillosi con livelli torbosi, su depositi sabbiosi più antichi*).

Il relativo modello sismo stratigrafico sarà illustrato in seguito.

6 ELABORATI CARTOGRAFICI

La DGR n. 1572/2013 allegato A, prevede che gli strumenti urbanistici comunali (PAT e PI), siano corredati, dal punto di vista sismico, da una relazione illustrativa e da tre elaborati cartografici che esprimono il cosiddetto Livello 1 per la redazione del quale si farà riferimento alle Linee Guida Nazionali ICMS.

Gli elaborati cartografici predisposti in questo studio sono adeguati alle grafie versione 4.2, pubblicate a dicembre 2020, e sono i seguenti:

T1 - Carta delle Indagini: carta prevista dalle linee guida 2012 della Protezione Civile nazionale “standard di rappresentazione e archiviazione informatica” versione 4.2 dicembre 2020.

T2 – Carta geologico tecnica CGT per la microzonazione sismica: carta prevista dalle linee guida 2012 della Protezione Civile nazionale “standard di rappresentazione e archiviazione informatica” versione 4.2 dicembre 2020.

T3 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS (livello 1): carta prevista dalle linee guida 2012 della Protezione Civile nazionale “standard di rappresentazione e archiviazione informatica” versione 4.2 dicembre 2020.

Dallo studio di MS è emerso che, nelle aree urbanisticamente sensibili, non sussistono zone “stabili”, nelle quali cioè non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico e sismico posto a profondità inferiore a 3 m con morfologia piatta o semi-pianeggiante).

Le indagini eseguite confermano che l'intero territorio comunale rientra in aree suscettibili di amplificazione sismica, nelle quali cioè sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico (non sono stati rilevati infatti suoli di categoria A in posizione pianeggiante) ma non come effetto della morfologia locale (pendenze dovunque minori di 15°, presenza di cigli di scarpata con altezza non superiore a 10 m).

Le principali cause riscontrate per le “aree suscettibili di instabilità”, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni del territorio, sono principalmente l'instabilità per cedimenti differenziali in aree con riempimenti antropici e per possibili liquefazioni.

6.1 Carta delle indagini

Nella "Carta delle Indagini" sono state rappresentate le indagini preesistenti:

- Indagini già documentate nello studio geologico del PAT: di queste indagini sono state escluse quasi tutte le trincee in quanto indagano solo i primi metri superficiali, quindi con limitato interesse per lo scopo di questo studio. Inoltre le conoscenze geologiche fornite da altri tipi di prove a breve distanza sono state considerate sufficienti.
- Ulteriori indagini per opere pubbliche, fornite dal comune.

Per tutte queste indagini, in diversi casi, si è deciso di inserire nella Carta delle Indagini una sola delle varie prove insistenti nel medesimo sito, ad esempio una sola CPT tra le sei presenti, tutte simili tra loro. Nella documentazione allegata sono comunque riportate anche le indagini non considerate.

Infine sono state inserite le indagini appositamente eseguite nei mesi scorsi per questo lavoro.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di 156 misure/verticali di indagine, così suddivise per tipologia:

Tipologia di prova	Quantità
Indagini pregresse 1 (PAT) e Indagini pregresse 2	
Prova penetrometrica dinamica super pesante (DPSH)	5
Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)	52
Pozzi per acqua	20
Sondaggi a carotaggio continuo	14
Trincee esplorative	4
HVSR (TROMINO)	8
ReMi	2
MASW	1
Indagini MS 2021	
HS (MASW + HV)	24
HVSR (TROMINO)	24

Le vecchie e nuove indagini coprono in maniera abbastanza omogenea tutto il territorio comunale consentendo quindi una conoscenza sufficiente delle caratteristiche del sottosuolo.

I punti di indagine (puntuali o lineari), sono stati rappresentati in carta secondo la legenda prevista negli standard regionali per l'informatizzazione degli studi di MS con riferimento agli Indirizzi e Criteri di Microzonazione sismica (ICMS) a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile e catalogati e archiviati mediante software Arc-Gis e softMS-vers 4.2.

6.2 Carta geologico-tecnica

Nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica sono riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate da carte ed elaborati esistenti, in particolare quelli allegati al P.A.T.:

Questi dati sono necessari alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS (livello 1).

Passando ad una rapida descrizione degli elementi cartografati, abbiamo:

Terreni di copertura: le coltri quaternarie della pianura sono state divise in quattro categorie su base granulometrica prevalente, che poi si caratterizzano ulteriormente con quattro sottocategorie di ambiente deposizionale. Viene indicata la categoria principale e, tra parentesi, le principali variazioni locali, se presenti. La suddivisione è la seguente:

- GWfg (GM-GP): ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie passanti talora a ghiaie limose con miscele di ghiaia, sabbia e limo, di

ambiente fluvioglaciale. Interessano il settore settentrionale, attorno al polo siderurgico.

- SMpd (SW): Sabbie limose, miscela di sabbia e limo, talora con livelli di sabbie pulite ben assortite. Pur trattandosi della continuazione della facies precedente, sono state indicate come piana pedemontana a rimarcare una genesi prevalentemente fluviale. Interessano la maggior parte del territorio comunale.
- MLtf: Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità. Talvolta sono presenti livelli francamente argillosi o anche con contenuto di ghiaia. L'ambiente deposizionale è di tipo fluviale. Riguardano la piana di divagazione dell'Adige all'estremità orientale del comune.
- OLpa (PT): Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità con aree prettamente torbose. L'ambiente deposizionale è quello palustre al margine della piana di divagazione dell'Adige. Interessano la depressione del Feniletto, a NE del territorio comunale.
- RI: terreni inorganici contenenti resti di attività antropica. Costituiscono il riempimento di vecchie cave di sabbia e ghiaia nel settore settentrionale del territorio comunale.

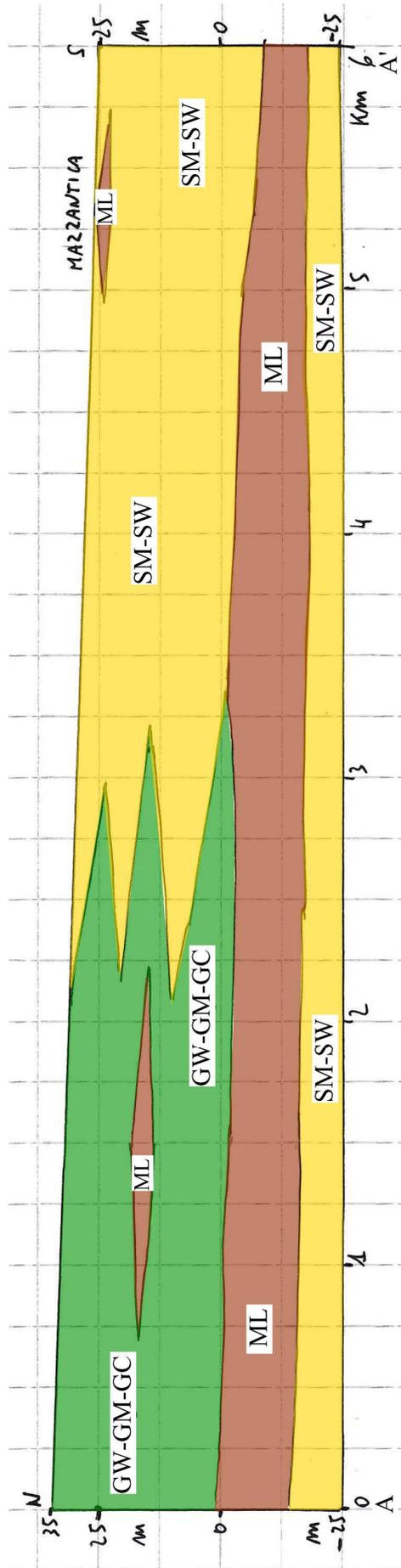
Per le forme di superficie e sepolte, sono state riportate le principali forme previste dalle grafie delle Linee Guida Nazionali, sempre riprendendole dalla carta geomorfologica del PAT. In particolare sono stati riportati:

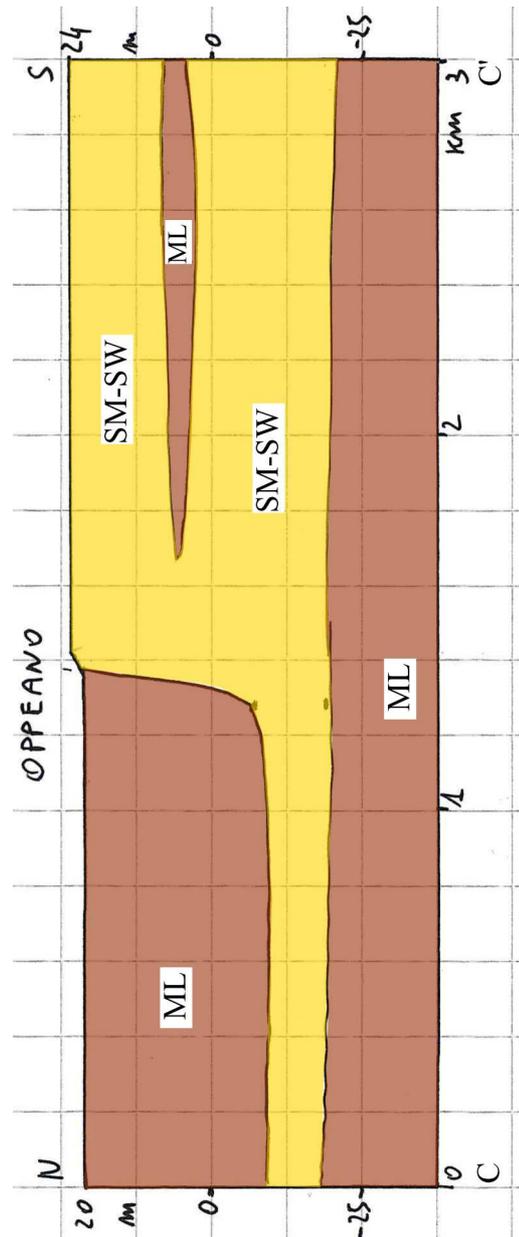
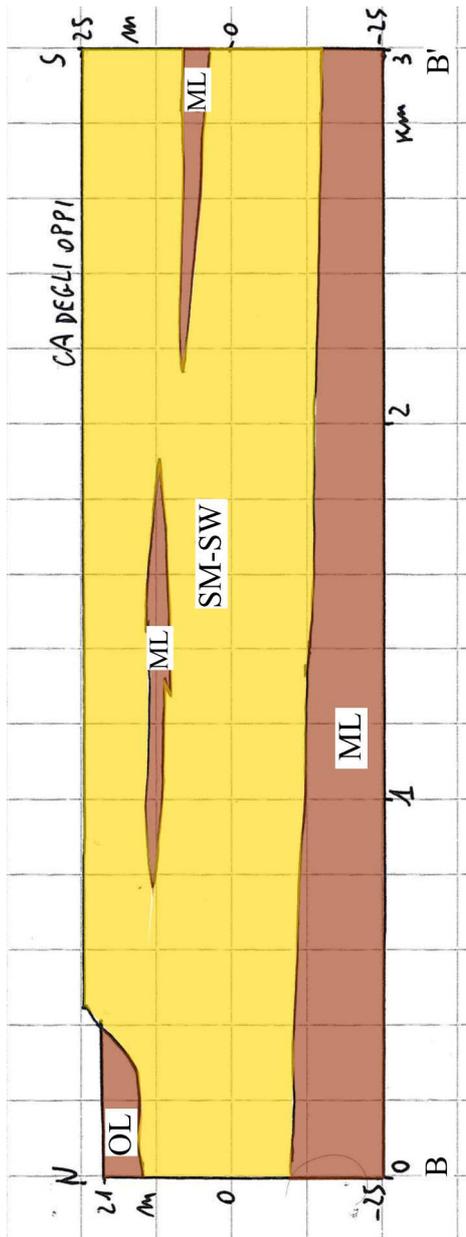
- Asse di paleoalveo: è stata riportata la traccia di alcuni corsi fluviali estinti a livello di pianura o leggermente incassato.

Non sono state riportate le scarpate fluviali in quanto aventi altezza inferiore a 10 metri.

Inoltre sono stati inseriti i pozzi o sondaggi che non hanno raggiunto il substrato, con anche l'indicazione della profondità del tetto della falda (per le aree con sabbie e/o ghiaie).

Infine è riportata la traccia di tre sezioni geologiche significative e rappresentative del modello geologico del sottosuolo; le sezioni sono riportate alle pagine seguenti. Si noti che i due assi delle sezioni hanno scala di rappresentazione diversa.





6.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

Nell'ambito del territorio comunale di Oppeano investigato dall'indagine non sussistono terreni "stabili" dal punto di vista sismico poiché di fatto, sono sempre presenti terreni di copertura caratterizzati da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s fino a parecchie decine di metri di profondità.

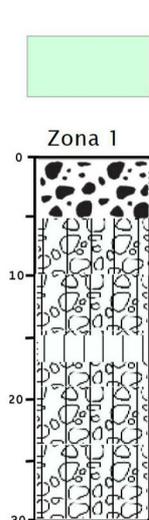
Per le valutazioni delle amplificazioni in superficie risulta fondamentale determinare il profilo della velocità delle onde S (V_s). I modelli sismostratigrafici sono ricavati dalle schede in allegato (cartella "Indagini MS 2021"). L'attribuzione alle varie classi previste dalle linee guida nazionali è stata fatta mettendo insieme i dati delle indagini sismiche e i valori di letterature per i litotipi geologici in esame.

La carta MOPS riporta, con le grafie previste dagli "standard di rappresentazione e archiviazione informatica" della Protezione Civile nazionale versione 4.2, la suddivisione in quattro microzone, sostanzialmente omogenee, suscettibili di amplificazioni locali di tipo stratigrafico.

6.3.1 Zone Potenzialmente Suscettibili di amplificazione stratigrafica

In carta, i segni grafici che separano le zone sono da intendersi non come un confine ma piuttosto come una fascia di transizione, in quanto nella realtà la differenziazione stratigrafica avviene, in genere, in maniera graduale.

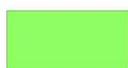
I modelli litostratigrafici sintetici sono ovviamente molto schematizzati e, soprattutto in profondità, in alcuni casi accomunano litologie diverse ma che dal punto di vista delle trasmissioni delle onde sismiche presentano caratteristiche analoghe.



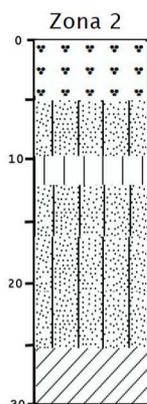
Zona 1 - Categoria di suolo B

Appartiene a questa categoria il settore più settentrionale del territorio comunale. I sismostrati rilevati evidenziano un primo livello, di qualche metro di spessore, con velocità attorno a 300 m/s a cui seguono materiali più rigidi con valori oltre i 400 m/s; i valori di V_{s30} risultano compresi tra 360 m/s e 420 m/s. Pertanto la tipologia di suolo è ascrivibile alla categoria di suolo B (V_{s30} compresa tra 360 m/s e 800 m/s).

Geologicamente si tratta di una coltre sciolta fluvioglaciale, di natura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa ma con qualche intercalazione di limi, che si sviluppa su spessori di varie decine di metri.



Zona 2 - Categoria di suolo C

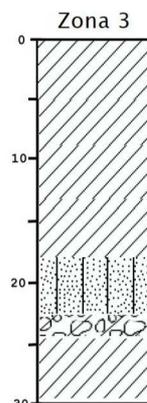


La zona interessa buona parte del territorio comunale dove vi sono materiali alluvionali e/o fluvio-glaciali sciolti correlabili a depositi di terreni a grana prevalentemente sabbiosa con qualche intercalazione coesiva. Lo spessore è di varie decine di metri.

I sismo-strati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 200-250 m/s a cui seguono banchi più rigidi con valori di V_s compresi tra 350 m/s e 400 m/s. Le V_{s30} risultano comprese tra 300 e 360 m/s; pertanto la tipologia di suolo è ascrivibile alla categoria di suolo C (V_{s30} compresa tra 180 m/s e 360 m/s).



Zona 3 - Categoria di suolo C

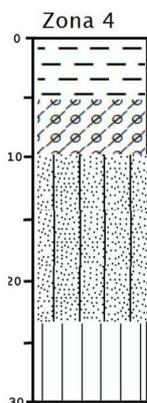


Tale Zona occupa una piccola porzione del territorio all'estremità orientale, compresa buona parte del capoluogo. La coltre superficiale sciolta, per uno spessore di alcune decine di metri, è formata da alluvioni medio recenti in matrice prevalentemente limosa e argillosa con qualche intercalazione di termini sabbiosi o ghiaiosi ma, comunque, misti.

I sismo-strati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 200-250 m/s a cui seguono terreni maggiormente addensati con valori di V_s compresi tra 300 m/s e 350 m/s. La V_{s30} risulta compresa tra 280 e 300 m/s, quindi la tipologia di suolo è ascrivibile alla categoria C (V_{s30} compresa tra 180 m/s e 360 m/s).



Zona 4 - Categoria di suolo C



Tale Zona occupa la fascia depressa a NE del territorio comunale. La coltre superficiale vede la presenza di terreni coesivi, anche torbosi, per uno spessore di una decina di metri a cui seguono terreni misti in prevalenza sabbiosi o argillosi.

I sismostrati rilevati evidenziano un primo livello, di pochi metri di spessore con velocità inferiori a 200 m/s a cui seguono vari livelli con valori di V_s attorno a 300 m/s o poco più. I valori della V_{s30} rimangono al di sotto dei 300 m/s e quindi il terreno è ascrivibile alla categoria di suolo C (V_s compresa tra

180 m/s e 360 m/s).

6.3.2 Zone Potenzialmente Suscettibili di amplificazione topografica

Nel territorio comunale di Oppeano non sono stati rilevati elementi morfologici che possano portare ad amplificazioni di tipo topografico. Le scarpate, sia naturali (scarpate di erosione fluviale) che artificiali (rilevati o scavi), non arrivano mai a superare i 10 m di altezza che è la soglia minima considerata in grado di generare amplificazioni topografiche.

Anche i dossi fluviali esistenti nel territorio sono privi delle caratteristiche minime per la valutazione di amplificazione da cresta o dorsale.

Per quanto riguarda le forme sepolte (valli o scarpate sepolte), non ci sono gli elementi minimi, intesi come contrasto di rigidità tra i due corpi geologici a contatto, per dare addito a questo tipo di criticità.

6.3.3 Zone Potenzialmente Suscettibili di Instabilità

Vi sono poi delle “aree suscettibili di instabilità”, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti potrebbero essere riconducibili a deformazioni del territorio, quali cedimenti differenziali e possibili liquefazioni del terreno in condizioni sismiche.

Va ricordato che l'approfondimento di tali situazioni di instabilità sono demandate in parte al Livello 2 della Microzonazione Sismica ed in parte al Livello 3.

Cedimenti differenziali

Questo tipo di Zona di Attenzione è stata segnalata per le ex cave ricolmate presenti nel settore settentrionale del territorio comunale. La natura non ben definita dei riporti, il ridotto grado di addensamento rispetto ai terreni naturali e la presenza di falda relativamente superficiale, portano a ritenere piuttosto probabile lo sviluppo di fenomeni di cedimento differenziale in concomitanza con le scosse sismiche.

È pur vero che per tali aree non esistono al momento interessi di tipo urbanistico ma eventuali progetti futuri che dovessero coinvolgere tali settori dovranno attuare tutte le indagini geognostiche per definire e quantificare gli elementi di criticità, come previsto sia dal livello 3 della MS che dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

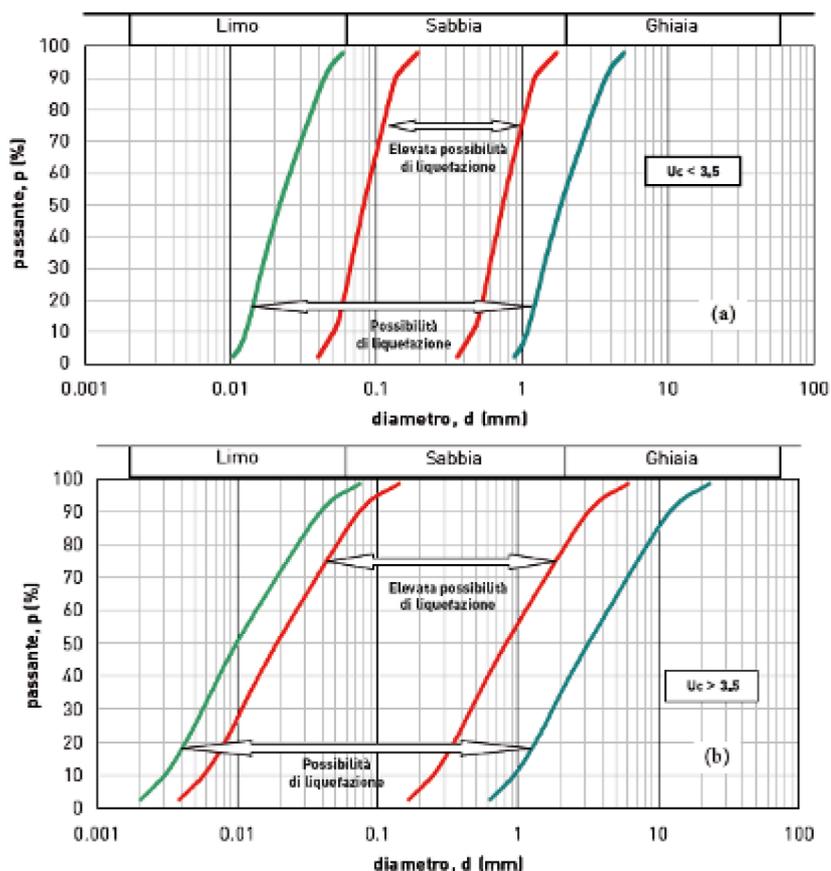
Liquefazione

La liquefazione è un fenomeno che interessa i depositi sabbiosi e limo-sabbiosi saturi per effetto di un rapido e significativo aumento della pressione interstiziale. In tali condizioni i terreni prevalentemente sabbiosi non cementati hanno un crollo, fino a valori nulli o estremamente modesti, della resistenza al taglio trasformandosi di fatto in un liquido pesante. L'aumento della pressione interstiziale può essere indotto da fenomeni di filtrazione o da un forte evento sismico.

I D.M. 17/01/2018 e D.M. 14/01/2008 (paragrafo 7.11.3.4) e successive Circolari esplicative impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico.

Tali verifiche, secondo le NTC 2008-2018, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato; nel contempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza dei seguenti casi (da Allegato A DGRV 1572/13, ma rivisto alla luce del D.M. 17/01/2018):

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura seguente (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura seguente (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.”



In generale, il territorio del comune di Oppeano NON soddisfa alcuna di queste caratteristiche, per cui si ritiene che sia potenzialmente soggetto alla liquefazione dei terreni in caso di terremoto di magnitudo e durata importanti.

Come suggerito dalle Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ), nel livello 1, la verifica delle condizioni per la liquefazione viene condotta utilizzando elementi informativi minimi. Alcuni di questi elementi, che attengono alle caratteristiche del sottosuolo, devono essere raccolti dando priorità alle aree già preventivamente segnalate nella CGT_MS.

Si possono quindi applicare diversi criteri:

Criterio Geologico

Il criterio geologico, che tiene conto dell'età e dell'origine del deposito, della profondità della falda, della morfologia e dell'eventuale spessore degli strati sovrastanti non liquefacibili.

A tal proposito, si riportano le seguenti tabelle:

Probabilità di liquefazione			
Età del deposito	Profondità della falda		
	< 9 m	9 m ÷ 15 m	> 15 m
Olocene recente	Elevata	Bassa	Molto Bassa
Alto Olocene	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Pleistocene recente	Bassa	Bassa	Molto Bassa
Pleistocene antico e depositi anteriori	Molto Bassa	Molto Bassa	Molto Bassa

Criterio di Iwasaky et al. (1982)		
Classe	Unità geomorfologica	Potenziale di liquefazione
A	Letti di fiumi recenti, paleoalvei, paludi, zone bonificate, zone interdunari	Probabile
B	Conoidi, argini naturali, dune di sabbia, pianure di esondazione, spiagge, altre pianure	Possibile
C	Terrazzi, colline, montagne	Non Probabile

Per il territorio di Oppeano abbiamo falda meno profonda di 9 m, terreni di pianura di esondazione di età tra il pleistocene recente e l'Olocene per cui la liquefazione risulta possibile con probabilità da bassa a moderata.

Se a questo aggiungiamo che tutte le stratigrafie a disposizione riportano la presenza di estesi livelli sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi; che dalla disaggregazione del nodo di griglia di pericolosità sismica risulta una magnitudo di 5,01 (quindi maggiore di 5); e che la falda si colloca a profondità modesta, compresa tra 1 metro e poco più di 5 m dal piano di campagna, si ha conferma che la liquefazione è possibile.

Criteri basati sulla magnitudo del sisma.

Si tratta di formule empiriche che correlano la distanza epicentrale del sito indagato con la magnitudo di soglia del sisma M_c , cioè con quella magnitudo che può indurre fenomeni di liquefazione in terreni suscettibili. Questa grandezza andrà quindi confrontata con la magnitudo momento del sisma di riferimento.

Tra le varie formule disponibili, è stata scelta quella di Galli (2000):

$$M_c = 0.67[1.0 + 3.0 \times \text{Log}_{10}(\text{dist})] + 2.07$$

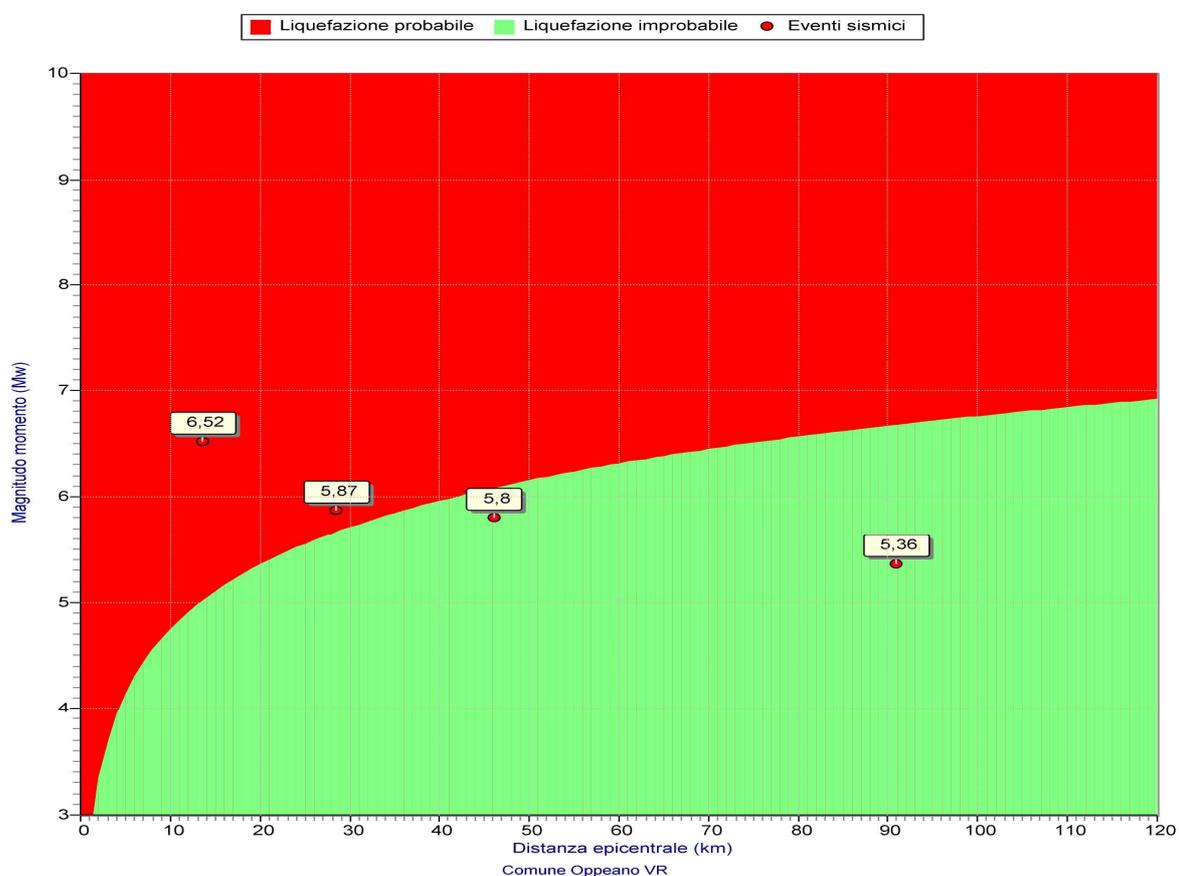
dove $dist$ è la distanza epicentrale espressa in km. Quindi se il rapporto M/Mc è maggiore o uguale a 1 sarà probabile il verificarsi di fenomeni di liquefazione.

Come terremoti di riferimento sono stati considerati i seguenti:

Elenco terremoti storici o simulati

N.	Anno	Latitudine°	Longitudine°	Magnitudo momento	Località
1	1891	45,563999	11,1650	5,87	Valle d'Illassi
2	1909	44,578999	11,6880	5,36	Emilia Romagna
3	1117	45,266998	11,0150	6,52	Veronese
4	2012	44,900002	11,2600	5,80	Pianura emiliana

Ed il risultato ottenuto è mostrato nel diagramma seguente:



Quindi è ancora confermato che, per determinati terremoti ed in presenza di terreni suscettibili, può comparire il fenomeno della liquefazione dei terreni.

Pertanto, viste le caratteristiche geologiche locali, in questa fase (Livello 1) è stato considerato tutto il territorio comunale come potenzialmente liquefacibile, rimandando ai successivi livelli di approfondimento la verifica di tale condizione.

7 CONCLUSIONI

Alla luce di quanto emerso nel presente studio di MS di Livello 1, nel contesto del territorio del comune di Oppeano, la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica è utilizzabile in modo organico ai fini di progettazione:

- per interventi ordinari: la carta risulta un utile strumento di valutazione diretta;
- per interventi di un certo impegno o rilievo: è un utile strumento che può indirizzare verso specifici e ulteriori approfondimenti, con misure puntuali di V_s , frequenze di risonanza dei suoli ed eventuali integrazioni con la determinazione di altri parametri (es. down hole, periodo proprio del terreno, ecc.).

In ogni caso il presente livello 1 della microzonazione sismica individua una serie di fattori stratigrafici che possono generare amplificazioni del moto sismico rispetto alle previsioni su bedrock sismico (con $V_s > 800$ m/s). Eventualmente, per la valutazione della Risposta Sismica Locale, possono essere utilizzati per la progettazione gli appositi abachi, purché il sito di costruzione presenti caratteristiche conformi alle ipotesi di base utilizzate per l'elaborazione degli abachi stessi. In generale tali ipotesi assumono che il sottosuolo sia assimilabile ad una successione di strati approssimativamente piano paralleli, con modeste irregolarità morfologiche.

Delicata appare la questione relativa alla possibile instabilità per liquefazione, la quale interessa potenzialmente l'intero territorio comunale e per la verifica della quale si raccomanda di eseguire indagini che consentano un affinamento del presente giudizio, con valutazione del reale potenziale di liquefazione dei singoli punti del territorio interessati da interventi edilizi o urbanistici.

La verifica e la quantificazione dei fattori di amplificazione è demandata ai successivi livelli di MS, come previsto dalla DGRV 1572/2013 e dagli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica della Protezione Civile Nazionale.

Pieve di Soligo, 30 aprile 2021

dott. geol. Gino Lucchetta

Ordine Geologi del Veneto n. 242



8 BIBLIOGRAFIA

AA.VV. Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the Southern Alps (Thiene – Udine sector, NE Italy)” *Geophysical Journal International* (2005).

AA.VV. “Modello sismotettonico dell’Italia Nord Orientale”, C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Rendiconto N. 1, Trieste, 1987.

Bondesan A., Busoni S., Preto N. (2013). Carta geologica della provincia di Treviso. Sezione 084070 - Refrontolo, scala 1:10.000.

Benedetti, L., Tapponnier, P., King, G. C. P., Meyer, B., Manighetti, I., 2000. Growth folding and active thrusting in the Montello region, Veneto, northern Italy. *J. Geophys. Res.*, 105, 739-766.

Castaldini, D. & Panizza, M., 1991. Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave e il Lago di Como (Italia settentrionale), *Il Quaternario*, 4, 333–410.

Castellarin A. Nicolich R., Fantoni R., Cantelli L., Sella M., Selli L., 2006 b. Structure of the lithosphere beneath the Eastern Alps (southern sector of the TRANSALP transect). *Tectonophysics* vol. 414, pp. 259 - 282.

Cruden D.M. & Varnes D. J. (1996) - Landslide types and processes. In: TURNER A.K. & SCHUSTER R.L. (eds) - “Landslide: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board”, Special Report 247, National Academy Press, pp. 36-75, Washington D.C.

DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than $M 5.5$ in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0

Ferrarese, F., Sauro, U. & Tonello, C., 1998. The Montello Plateau. Karst evolution of an alpine neotectonic morphostructure, *Zeit. für Geomorph.*, N.F. Suppl.-Bd., 109, 41–62.

Galadini, F., Poli, M. E., Zanferrari, A., 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.*, 161, 739-762.

Galadini, F., Meletti, C. & Vittori, E., 2001b. Major active faults in Italy: available surficial data, *Geol. en Mijn.* (Netherlands Journal of Geosciences), 80, 273–296.

Galli P.; 2000: New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction. *Tectonophysics* 324 (2000) 169–187

Meletti, C., Galadini, F., Valensise, G., Stucchi, M., Basili, R., Barba, S., Vannucci, G., Boschi, E., 2007. The ZS9 seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. *Tectonophysics*.

Merlini, S., Doglioni, C., Fantoni, R. & Ponton, M., 2002. Analisi strutturale lungo un profilo geologico tra la linea Fella-Sava e l'avampaese adriatico (Friuli Venezia Giulia-Italia), Mem. Soc. Geol. It., 57, 293–300

Peruzza, L., Poli, M.E., Rebez, A., Renner, G., Rogledi, S., Slejko, D. & Zanferrari, A., 2002. The 1976–1977 seismic sequence in Friuli: new seismotectonic aspects, Mem. Soc. Geol. It., 57, 391–400

Sirovich, L., Pettenati, F. & Bobbio, M., 2000. Inversione di intensità macro-sismiche per le faglie di terremoti storici, in *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996–1999)*, pp. 237–245, eds Galadini, F., Meletti, C. & Rebez, A., CNR—Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, Italy.

M. Sukan e L. Peruzza, Distretti Sismici del Veneto in *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata* Vol. 52 n. 4 supplement., dicembre 2011

TRANSALP Working Group, 2002. First deep reflexion images of the Eastern Alps reveal giant crustal wedges and transcrustal ramps. *Geophysical Research Letters* Vol.29, N. 10, pp. 92-1 / 92-4.

Valensise, G., Pantosti, D. (Eds.), 2001a. Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy. *Annali di Geofisica*, 44(4), Suppl., 797–964, with CD-ROM.

Zanferrari, A. et al., 1982. Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale, *Mem. Sc. Geol.*, 35, 355–376.

Per quanto riguarda i riferimenti bibliografici dei cataloghi sismici citati nel testo:

NT4.1 - Camassi R. e Stucchi M., 1998. NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno

Catalogo dei Forti Terremoti Italiani (CFTI) 461 B.C. al 1997 al sito <http://storing.ingv.it/cfti4med/> (Guidoboni E., G. Ferrari, D.Mariotti, A.Comastri, G.Tarabusi and G.Valensise 2007 - CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500). INGV-SGA.)

CPTI04 (maggio 2004) - Gruppo di lavoro CPTI (2004).

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna.
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>

CPTI11 - A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. *CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna,
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>

CPTI15 - A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2015. *CPTI15, la versione 2015 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna,
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>

DOM4.1 - Monachesi G. e Stucchi M.: "DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno"

DBMI04 - Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04.
<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>

OGS Trieste Bollettino di Geofisica teorica ed applicata, Vol 49, dicembre 2008.

DBMI11 - M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

DBMI15 - M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2015. DBMI15, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>.

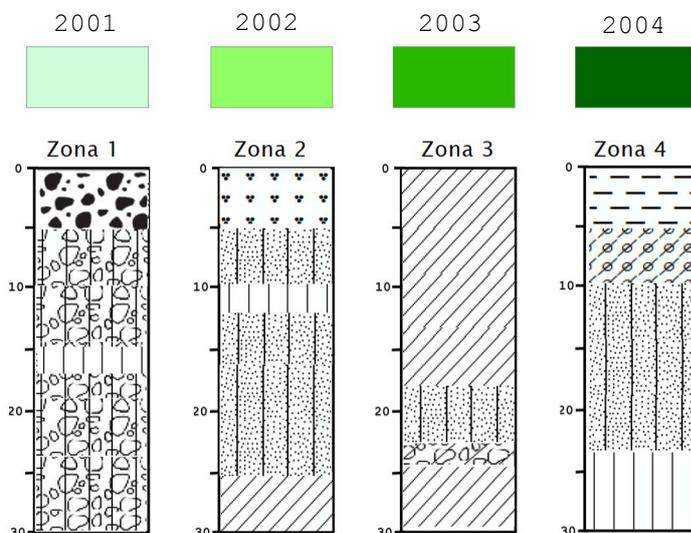
9 ALLEGATI

Gli allegati alla Relazione Illustrativa sono così suddivisi:

- Allegato “**Indagini Pregresse 1**” contiene le indagini pregresse già documentate nel P.A.T..
- Allegati “**Indagini pregresse 2**”: contiene ulteriori indagini fornite dall’amministrazione e relative a progetti di opere pubbliche.:
- Allegati “**Indagini MS 2021**”: contiene le indagini realizzate ex novo nel 2021 per il presente studio di Microzonazione Sismica di livello 1 oltre alle colonnine stratigrafiche delle quattro microzone della carta MOPS.

Questi ultimi allegati sono riportati anche di seguito a questa relazione.

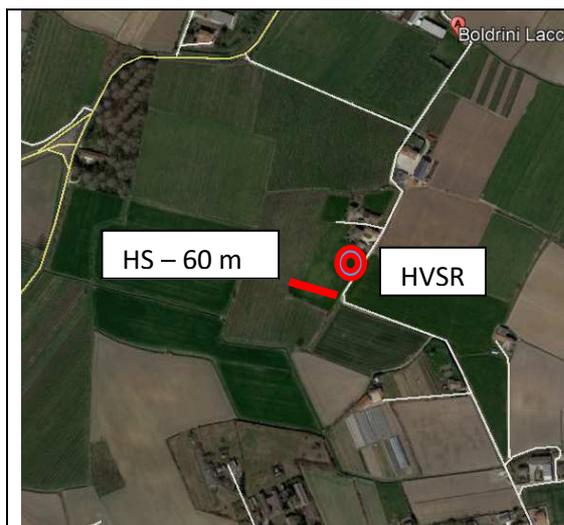
COLONNINE STRATIGRAFICHE MOPS



Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie	GW	
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo	GM	
Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla	GC	
Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose	SW	
Sabbie limose, miscela di sabbia e limo	SM	
Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla	SC	
Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità	OL	
Limi inorganici, farina di roccia, Sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità	ML	
Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre	CL	

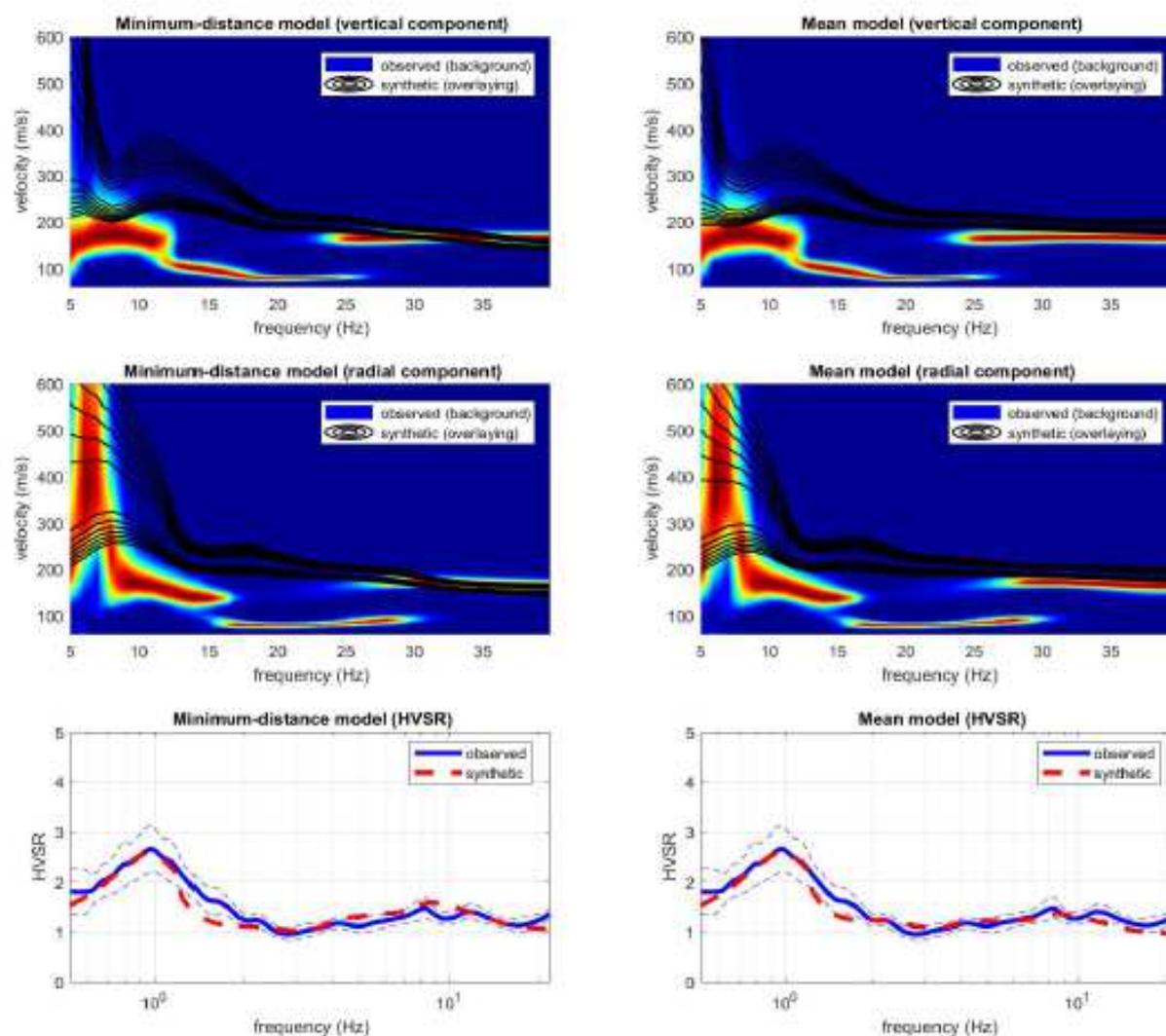


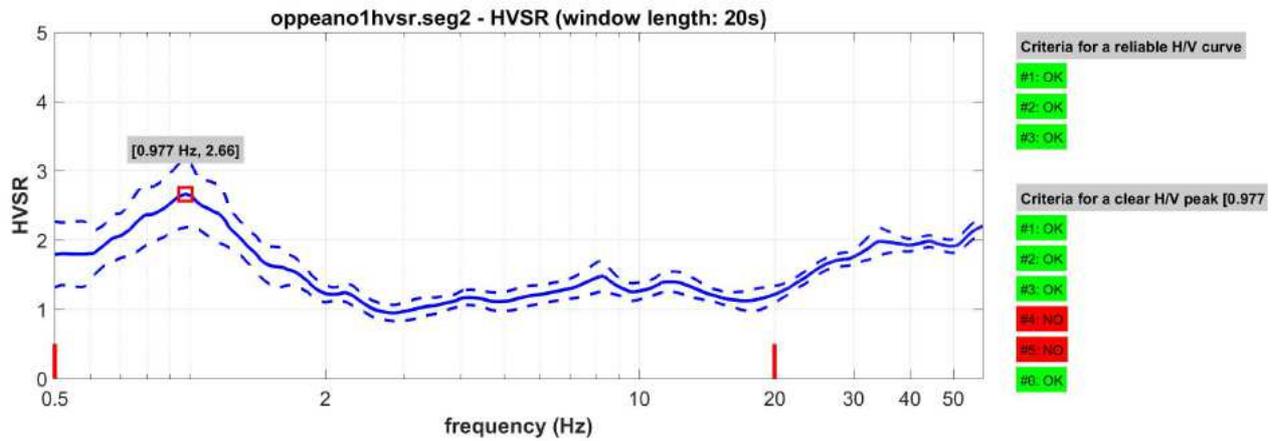
INDAGINE GEOFISICA – Via Gandhi - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSR coordinate UTM 33
E 198490	E 198542
N 5020805	N 5020808

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 373, 373

Shear-wave velocities (m/s): 150, 261, 193, 319, 305, 428, 445, 578, 559, 470, 645, 1234

Thicknesses (m): 0.4, 0.6, 1.2, 2.5, 2.6, 21.4, 37.0, 0.0, 0.0, 0.0, 99.4

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 40 129 69 207 183 371 399 682 638 443 858 3370

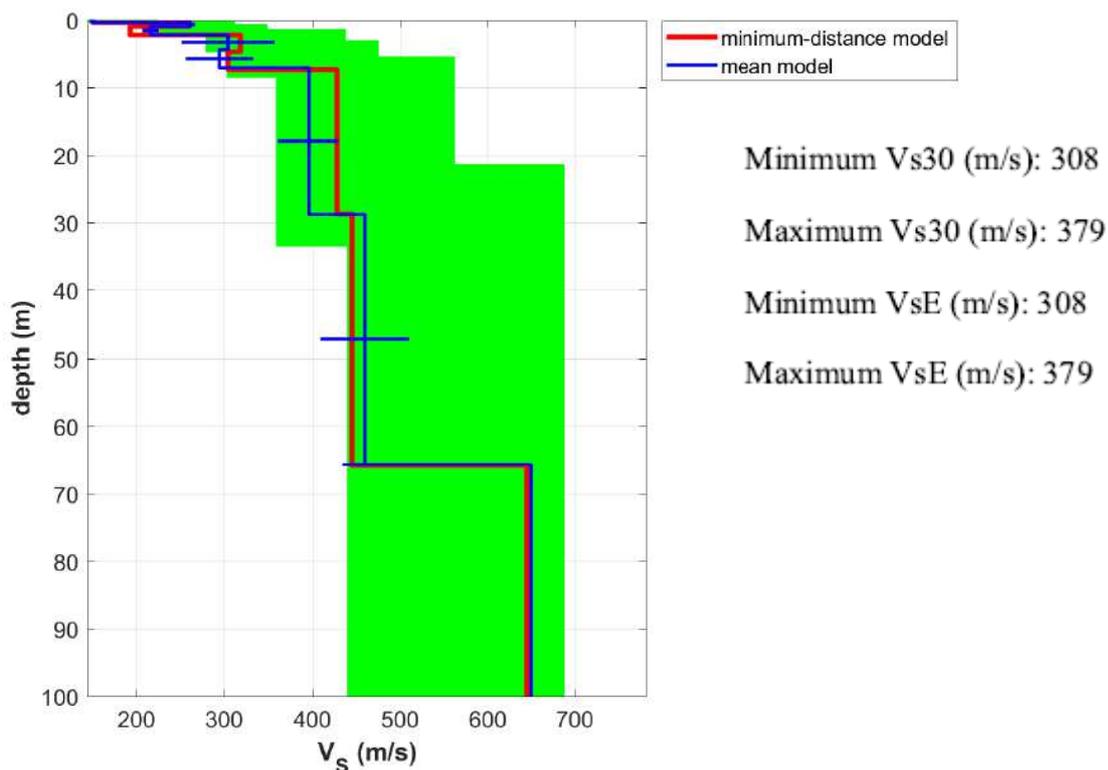
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 356, 356

Shear-wave velocities (m/s): 150, 261, 216, 305, 295, 396, 460, 579, 559, 487, 650, 1232

Thicknesses (m): 0.4, 0.6, 1.2, 2.2, 2.7, 21.7, 36.9, 0.0, 0.0, 0.0, 99.6

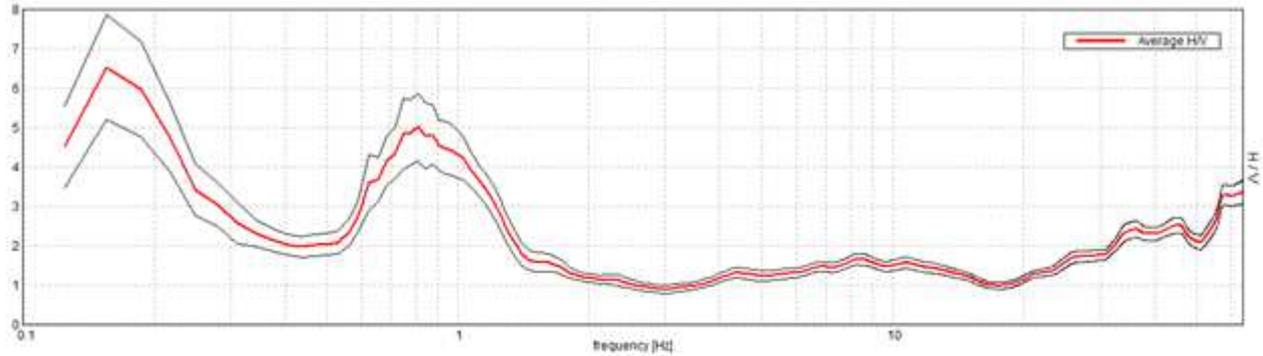
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 41 129 88 188 170 315 427 684 636 476 872 3361



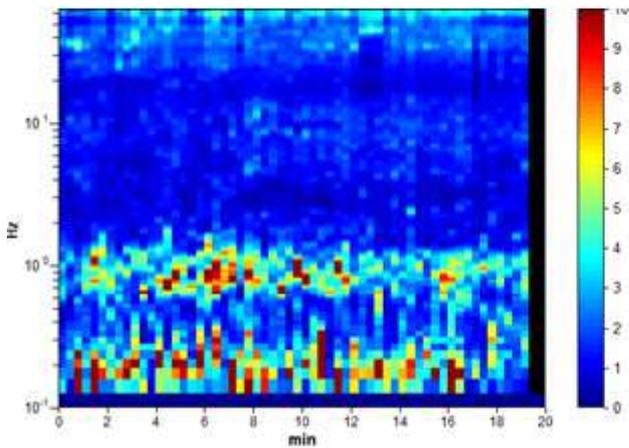
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

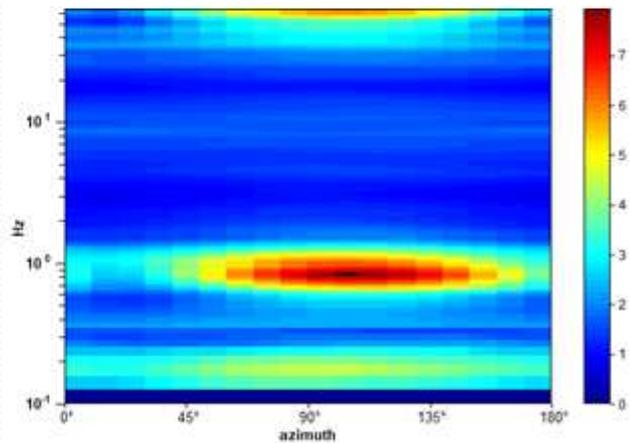
Max. H/V at 8.31 ± 1.69 Hz. (in the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	5.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6112.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 246 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	4.063 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	7.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.00 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18399 < 0.05$		NO
$\sigma < \alpha(f_0)$	$0.93718 < 0.25469$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2868 < 1.58$	OK	

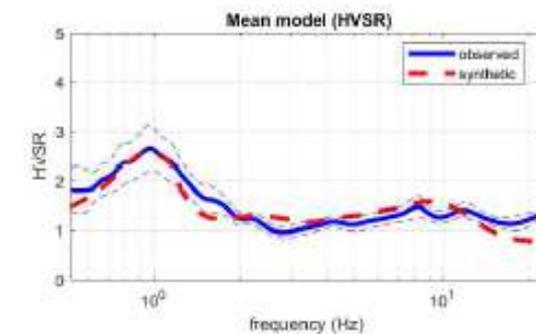
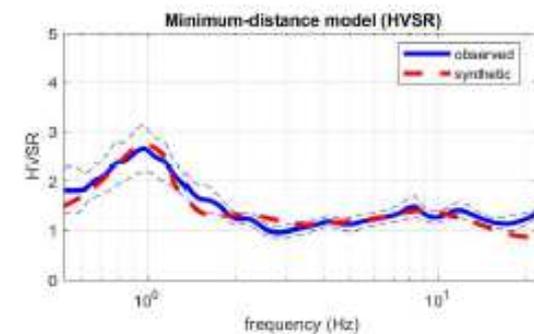
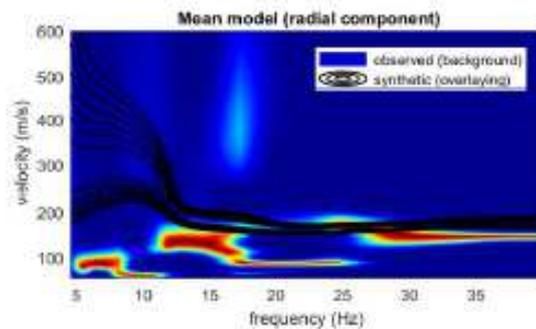
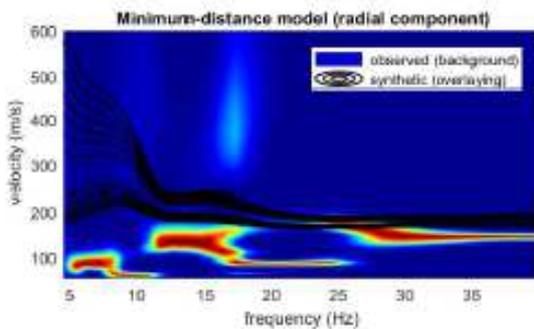
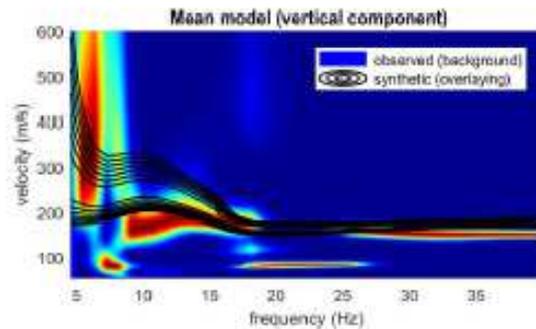
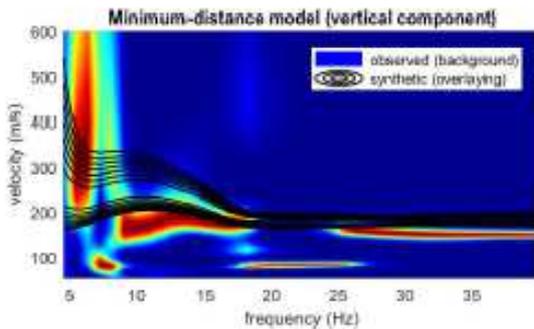
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	356 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	0,977 Hz	2,66	0,8 Hz	5
	8 Hz	1,6	8,31 Hz	< 2

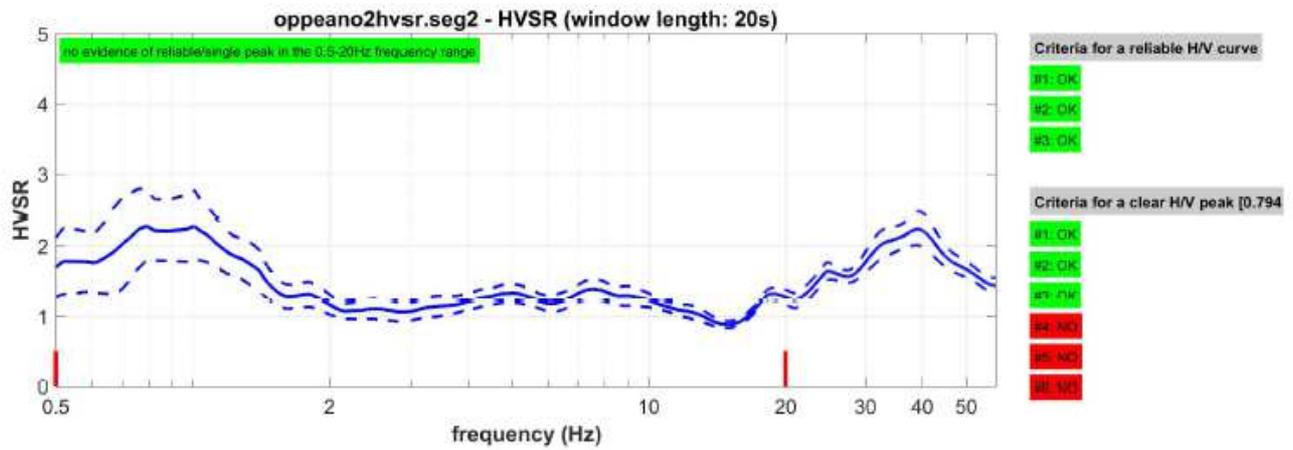
INDAGINE GEOFISICA – Via Quaiotto- OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSR coordinate UTM 33
E 199180	E 199228
N 5022771	N 5022735

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 337, 337

Shear-wave velocities (m/s): 182, 203, 227, 243, 304, 375, 468, 564, 615, 546, 629, 1346

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.0, 2.4, 2.8, 24.3, 28.9, 0.0, 0.0, 0.0, 98.3

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 61 76 97 109 176 277 440 651 779 604 813 4060

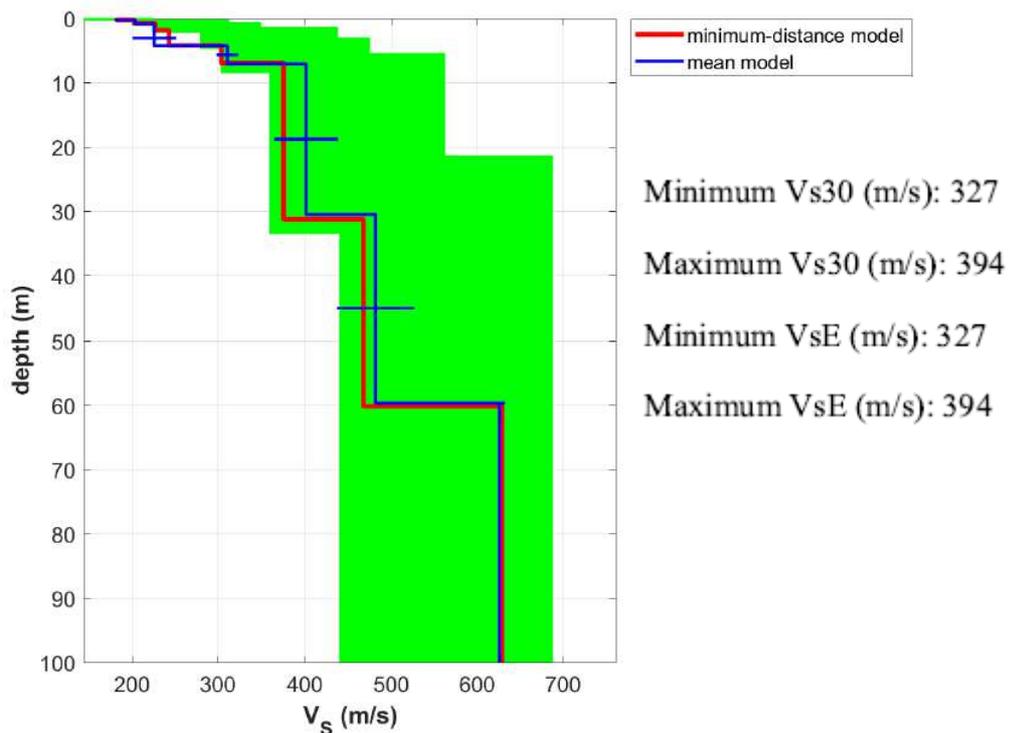
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 350, 350

Shear-wave velocities (m/s): 182, 204, 226, 226, 311, 401, 482, 568, 611, 554, 626, 1365

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.0, 2.4, 2.8, 23.4, 29.2, 0.0, 0.0, 0.0, 99.8

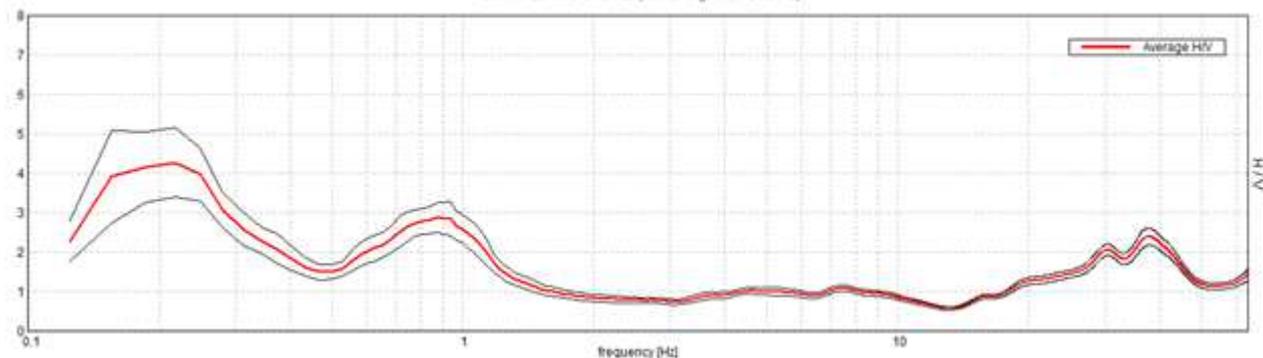
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 61 77 96 94 184 319 468 660 768 623 805 4182



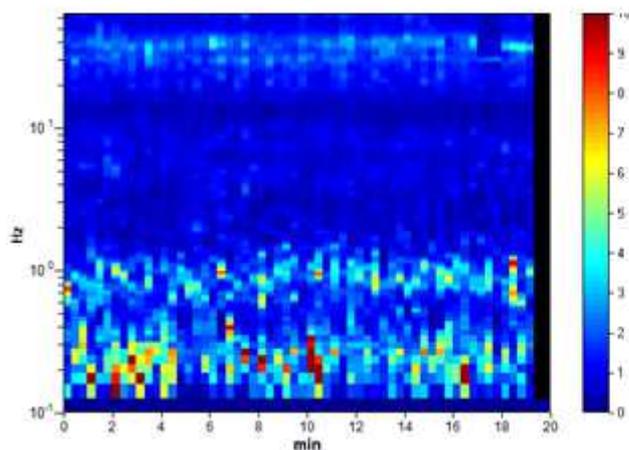
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

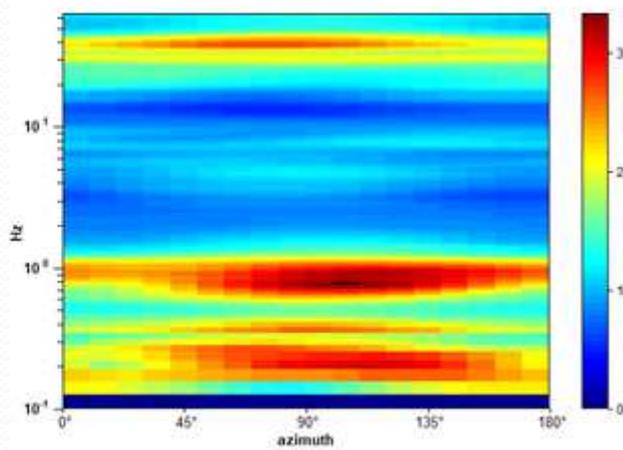
Max. H/V at 1.0 ± 0.18 Hz. (In the range 1.0 - 20.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.00 > 0.50$	OK	
$\Omega_c(f_0) > 200$	$1200.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 49 times	OK	

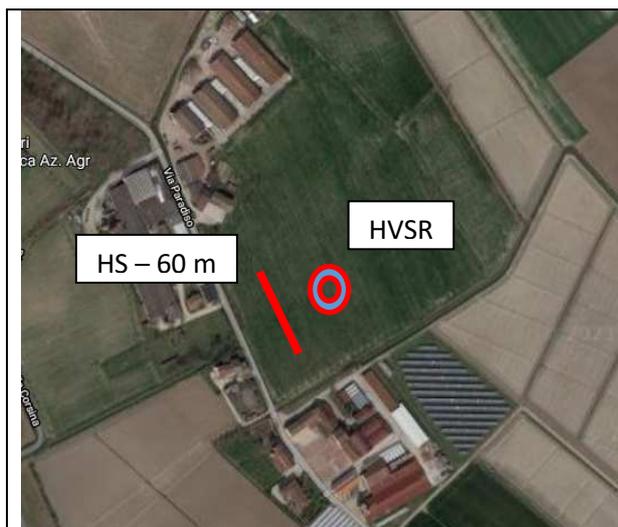
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.59 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18257 < 0.05$		NO
$\sigma_f < z(f_0)$	$0.18257 < 0.1$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3597 < 1.78$	OK	

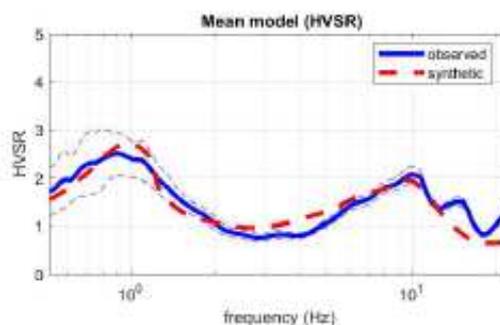
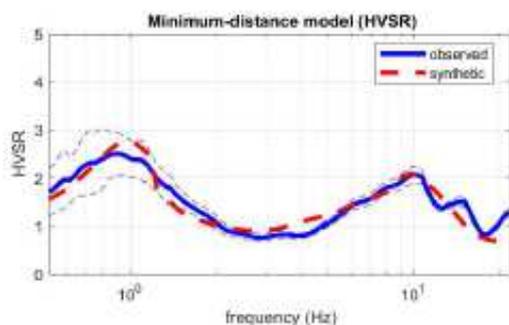
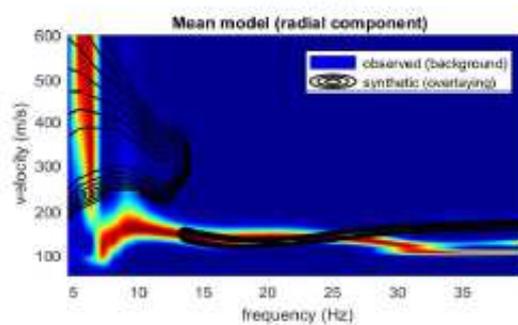
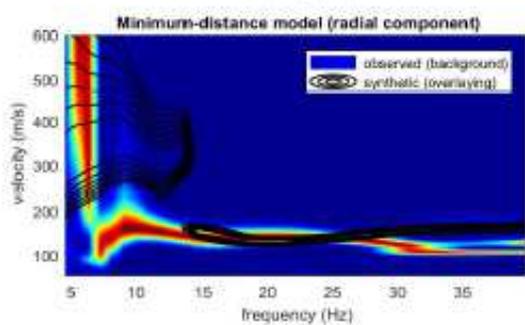
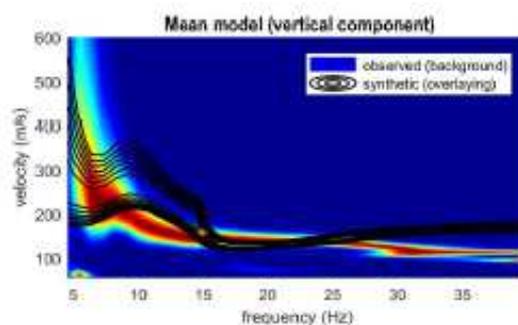
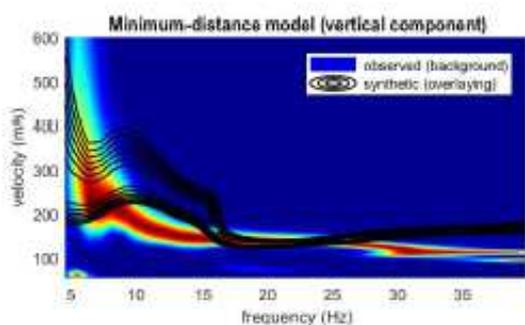
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	350 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	0,8Hz	>2	0,8 Hz	3

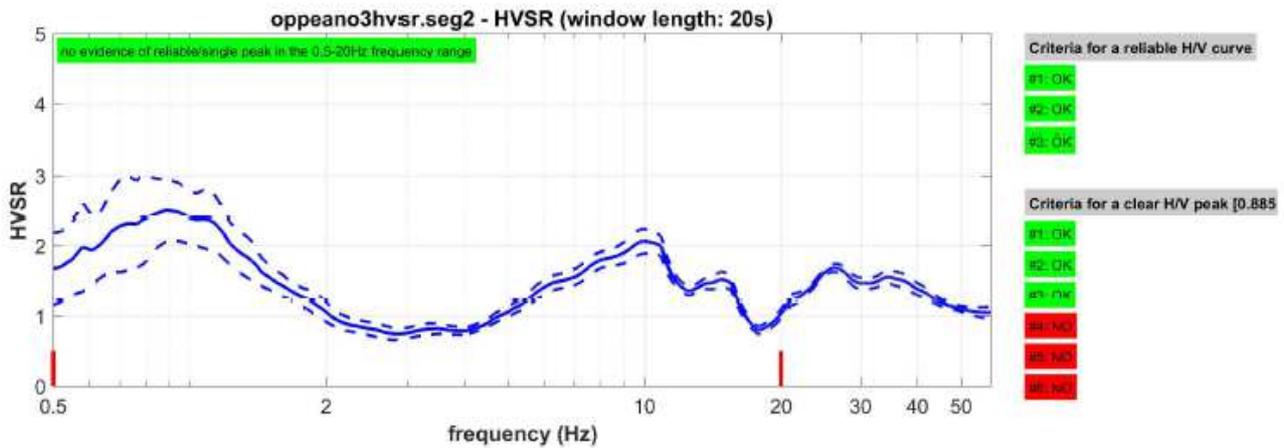
INDAGINE GEOFISICA – Via Paradiso - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSR coordinate UTM 33
E 197481	E 197536
N 5022104	N 5022095

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 337, 337

Shear-wave velocities (m/s): 194, 145, 223, 203, 376, 398, 360, 514, 683, 545, 652, 1140

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.2, 2.3, 2.5, 14.5, 27.2, 33.9, 0.0, 0.0, 80.4

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 71 37 111 75 283 318 254 536 978 605 879 2871

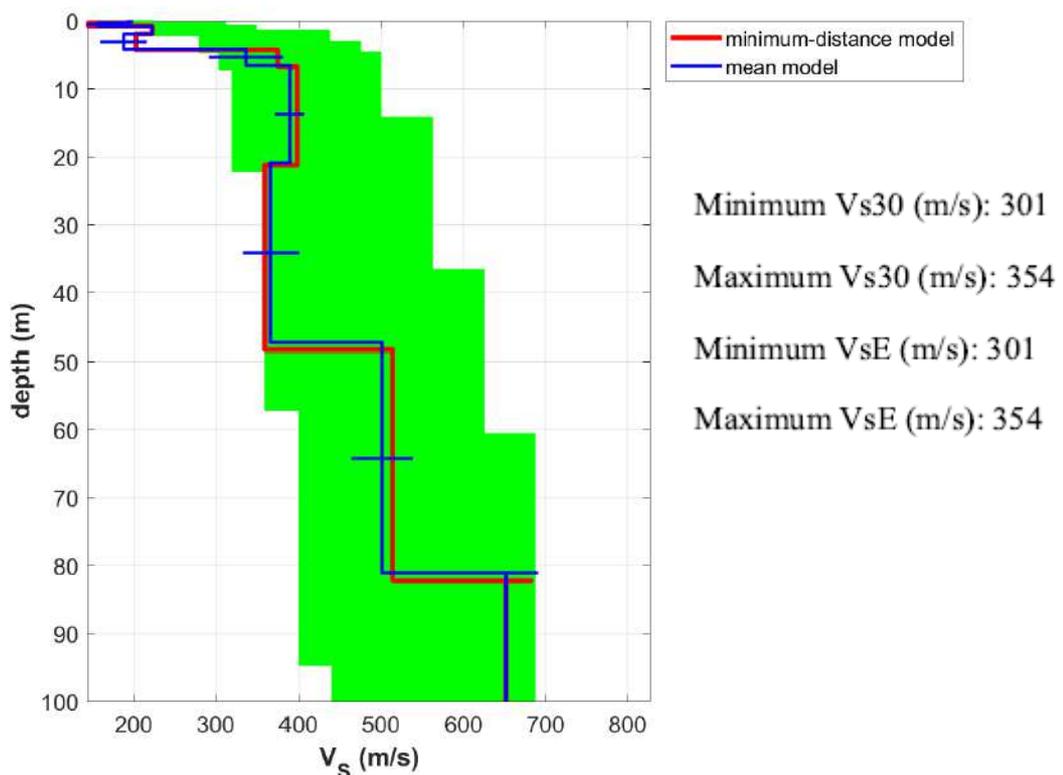
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 331, 331

Shear-wave velocities (m/s): 196, 157, 223, 188, 337, 389, 367, 501, 611, 552, 652, 1126

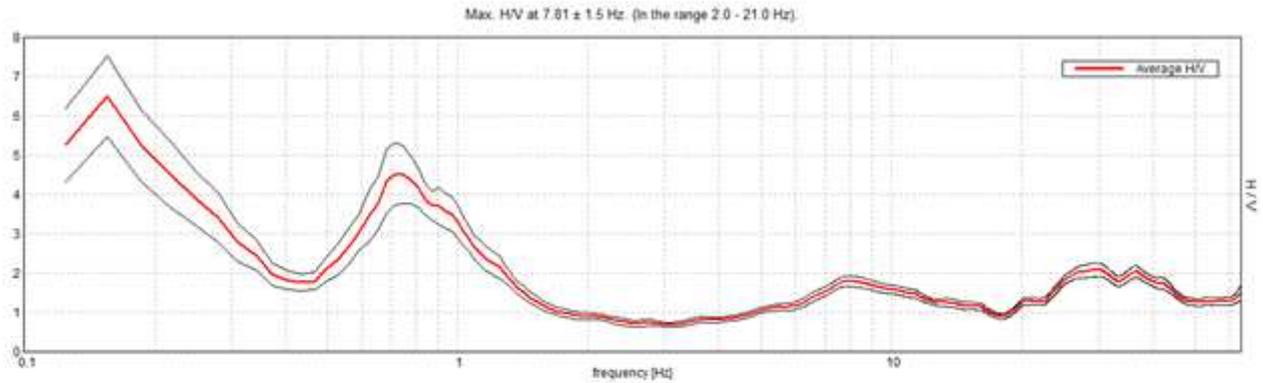
Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.2, 2.2, 2.4, 14.4, 26.4, 33.8, 0.0, 0.0, 81.1

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 73 44 101 63 223 303 264 507 771 622 879 2798

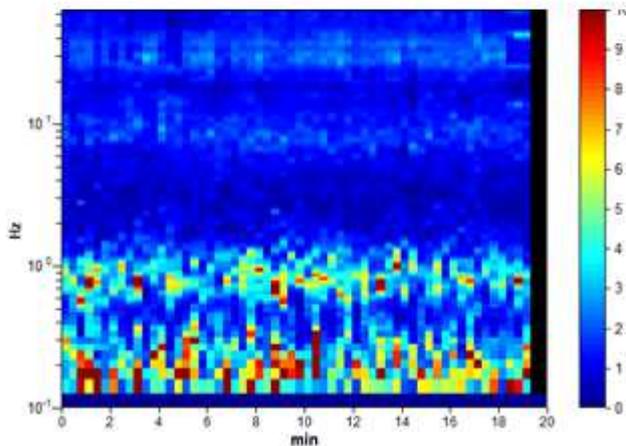


ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

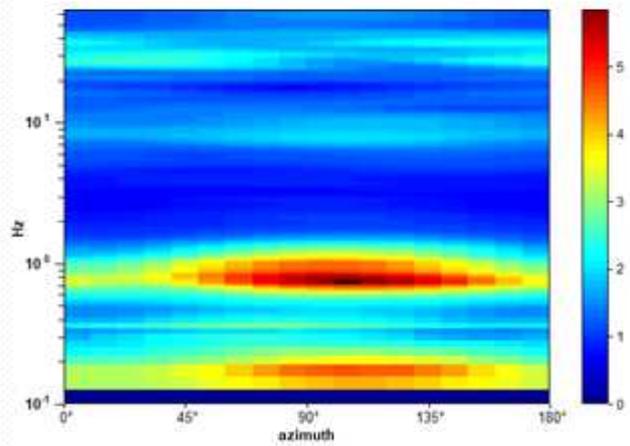
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	7.81 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	9375.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 376 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	4.469 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	17.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.81 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19148 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \sigma(f_0)$	1.49594 < 0.39063		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1298 < 1.58	OK	

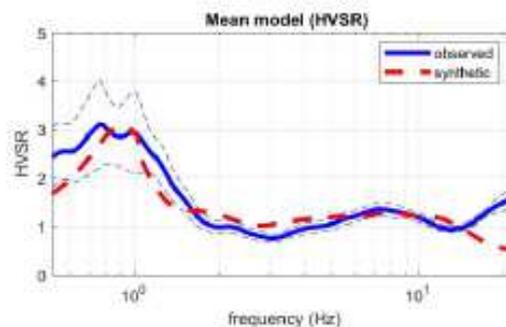
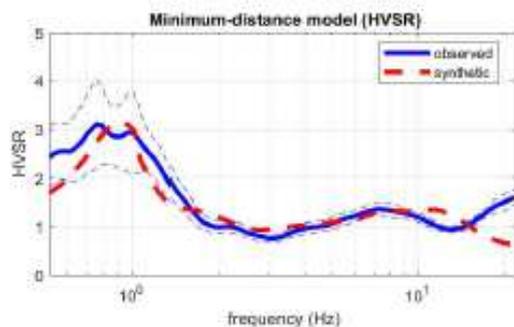
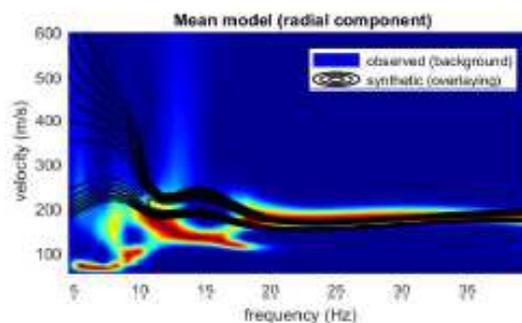
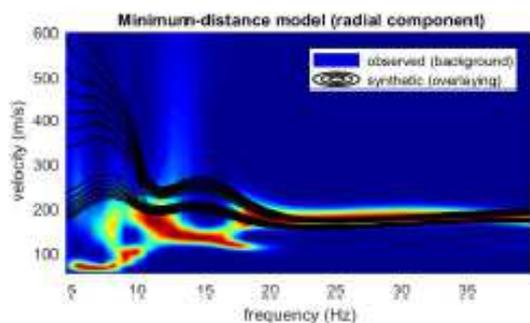
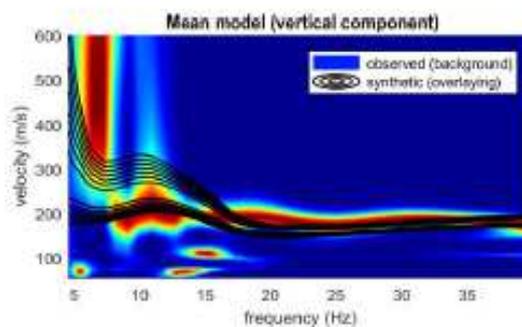
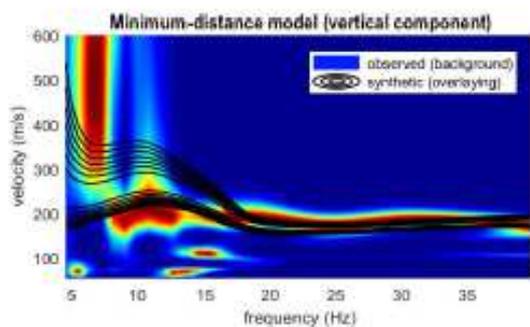
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	331 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	0,9Hz	>2	0,7 Hz	>4
	10 Hz	2	7,81 Hz	< 2

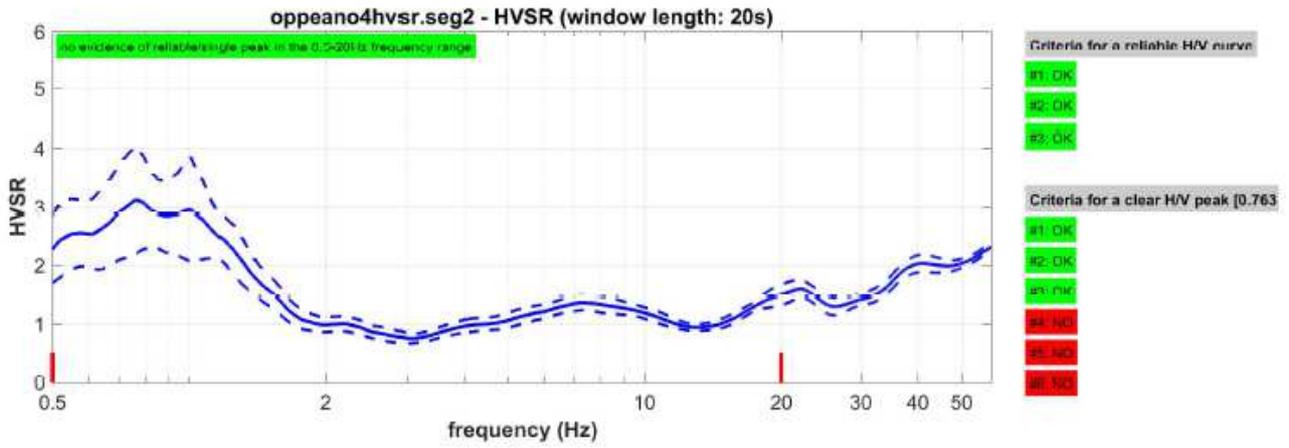
INDAGINE GEOFISICA – Via Cadalora 13 - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSR coordinate UTM 33
E 198198	E 198288
N 5023655	N 5023624

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 327, 327

Shear-wave velocities (m/s): 175, 275, 226, 225, 349, 359, 352, 413, 631, 586, 684, 1446

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.2, 2.4, 1.7, 11.0, 17.3, 31.2, 0.0, 0.0, 124.5

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 61 144 96 94 237 256 244 334 821 706 972 4727

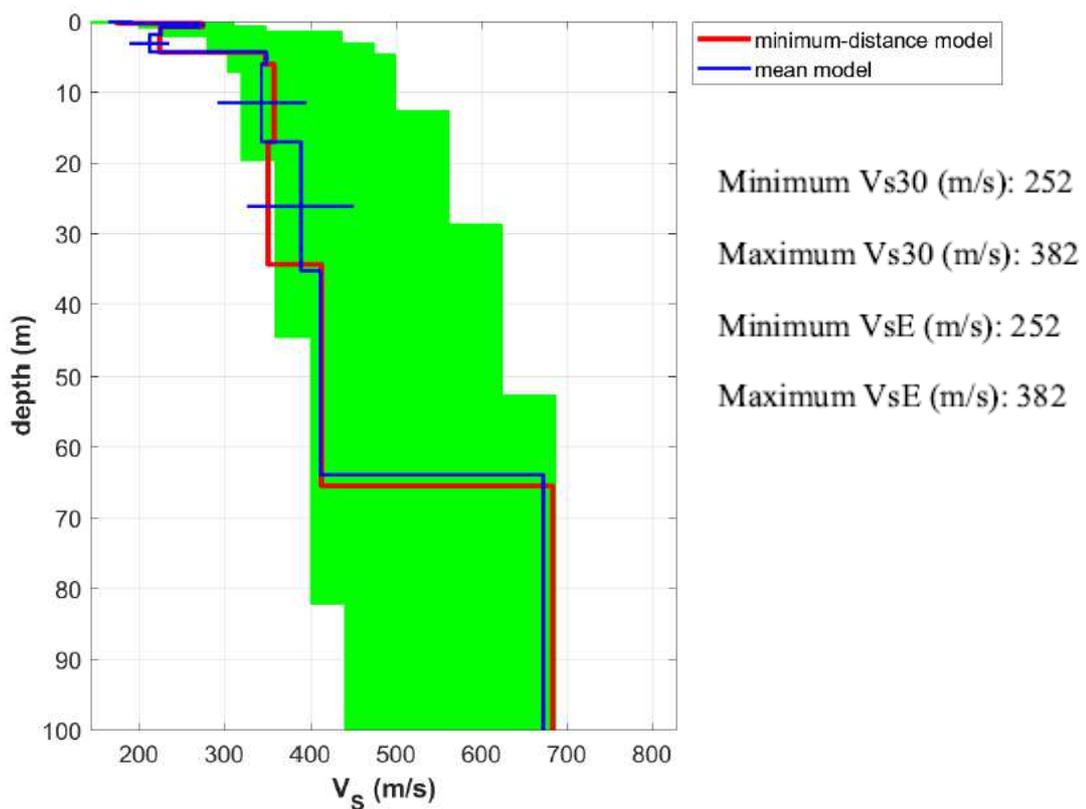
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 333, 333

Shear-wave velocities (m/s): 179, 271, 226, 213, 350, 344, 389, 412, 625, 547, 673, 1446

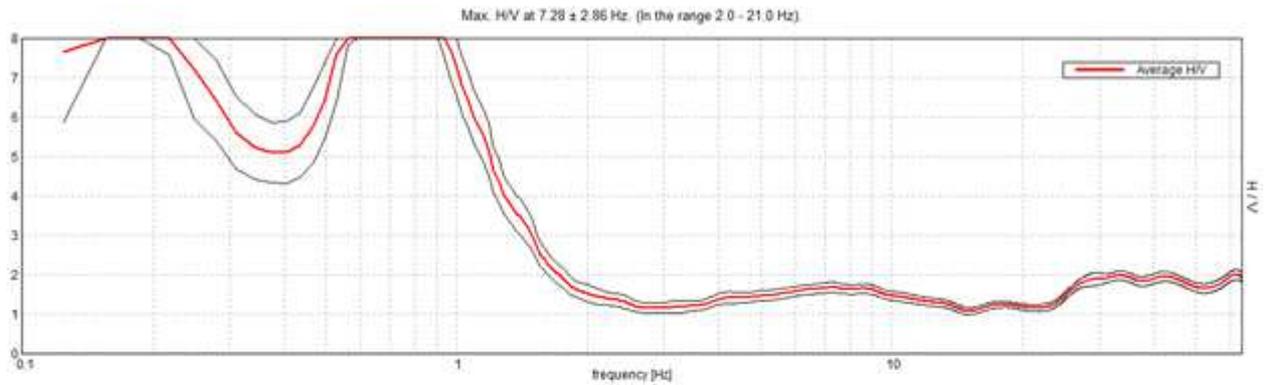
Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.1, 2.5, 1.7, 11.0, 18.2, 28.7, 0.0, 0.0, 123.5

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 67 165 96 84 238 233 302 332 805 609 939 4727

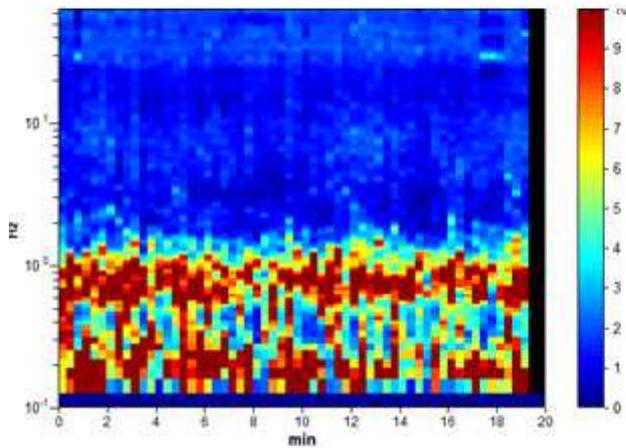


ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

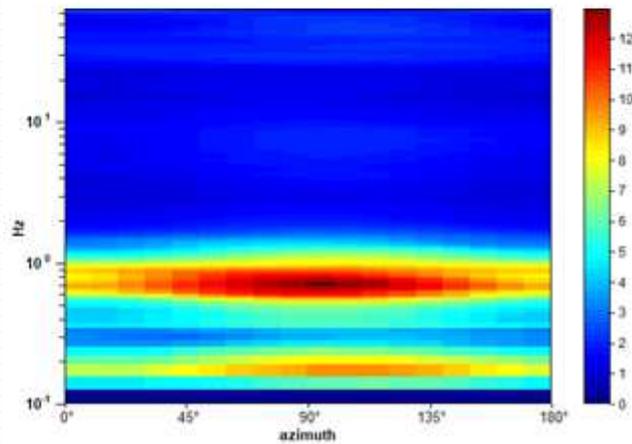
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$7.28 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$8737.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 350 times	OK	

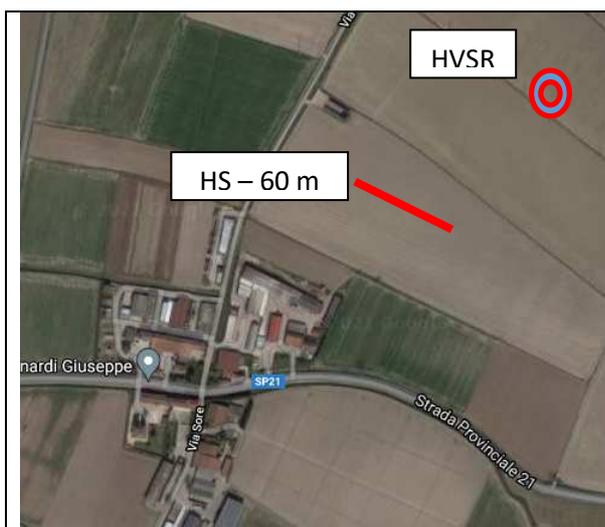
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.69 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.3924 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.85719 < 0.36406$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1322 < 1.58$	OK	

	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	333 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	0,7 Hz	>3	0,7 Hz	>8
	7,5 Hz	<2	7,28 Hz	<2

INDAGINE GEOFISICA – Via Sore - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33

E 202238

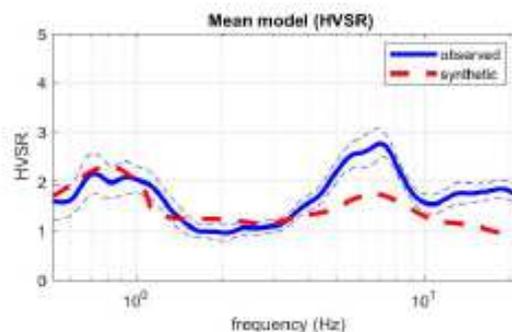
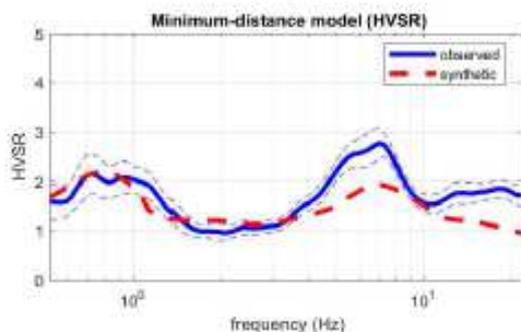
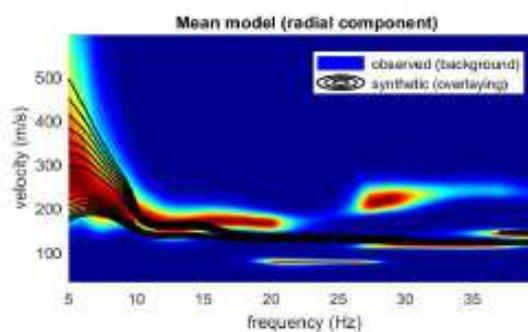
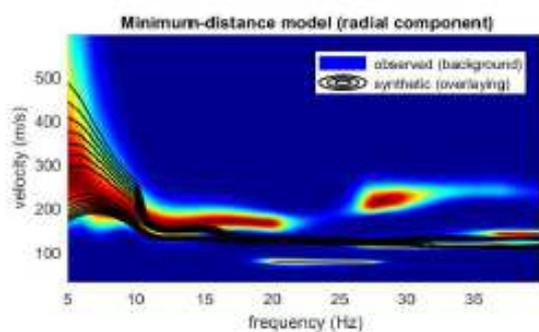
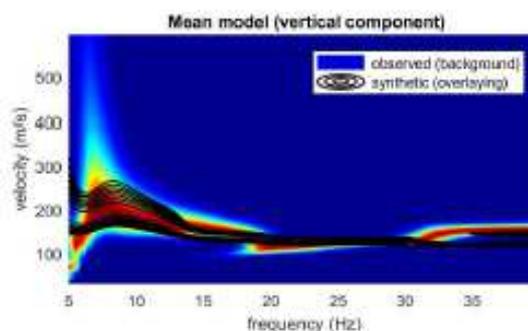
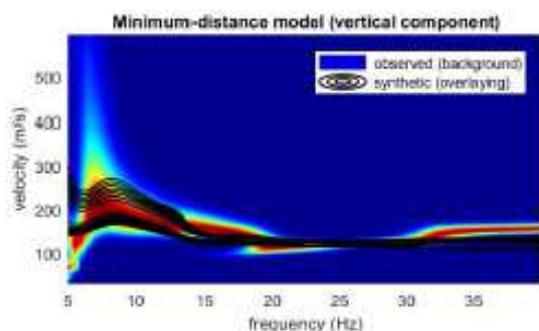
N 5024617

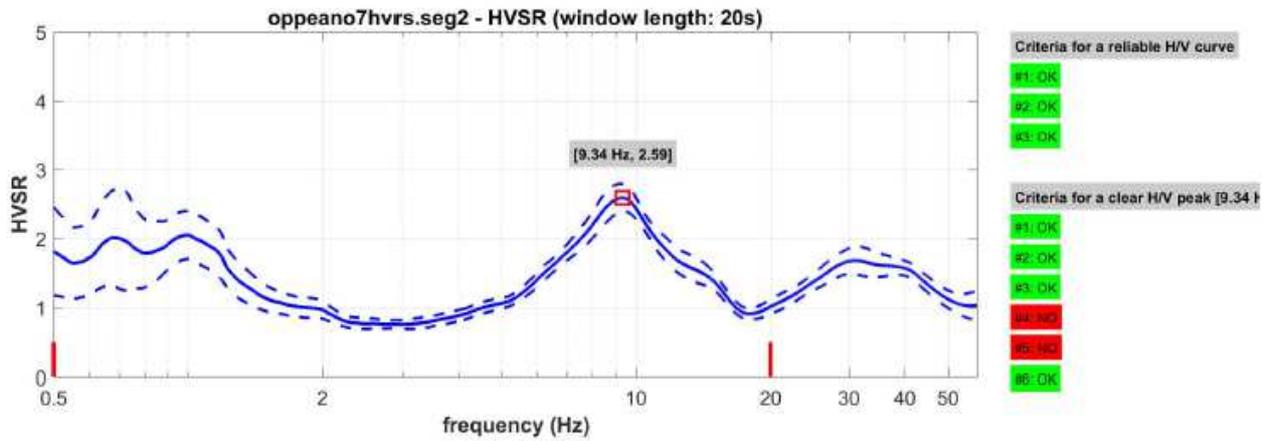
HVSr coordinate UTM 33

E 202404

N 5024635

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 284, 284

Shear-wave velocities (m/s): 130, 138, 186, 251, 266, 388, 321, 418, 438, 394, 529, 972

Thicknesses (m): 0.3, 0.9, 2.5, 1.9, 4.1, 5.6, 18.4, 33.9, 1.0, 0.0, 92.8

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 31 33 63 121 136 307 201 344 393 302 562 2060

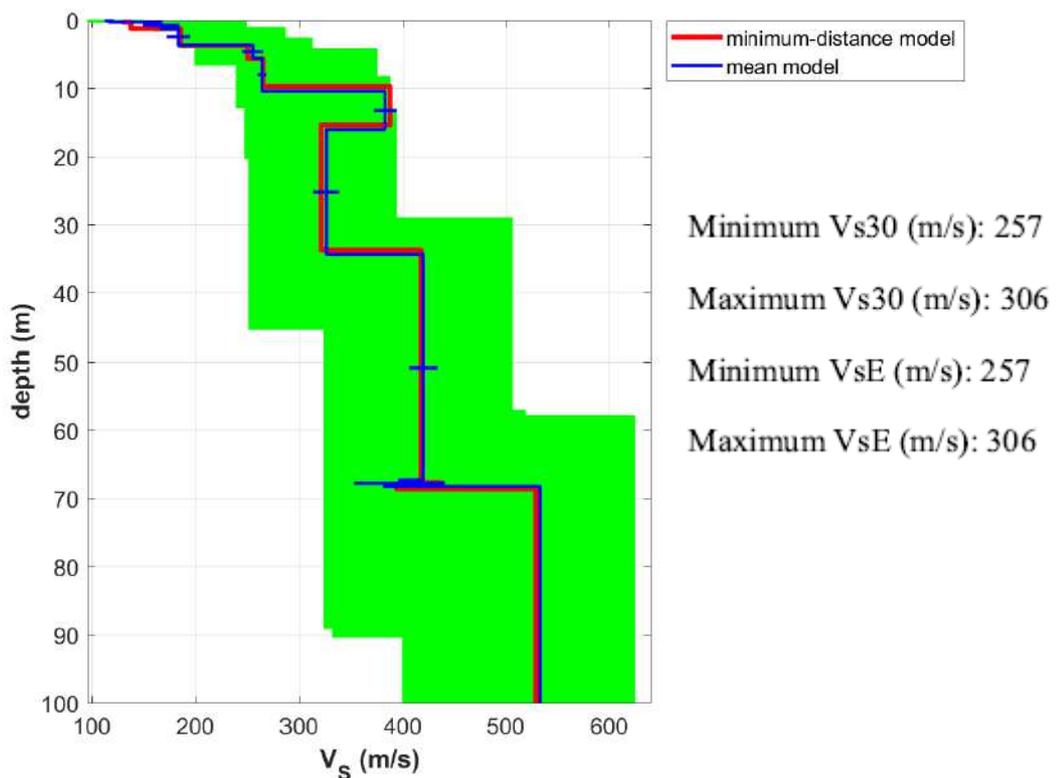
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 287, 287

Shear-wave velocities (m/s): 117, 167, 184, 256, 265, 383, 326, 420, 397, 409, 533, 984

Thicknesses (m): 0.3, 0.9, 2.4, 1.9, 4.9, 5.6, 18.3, 32.9, 0.9, 0.0, 92.5

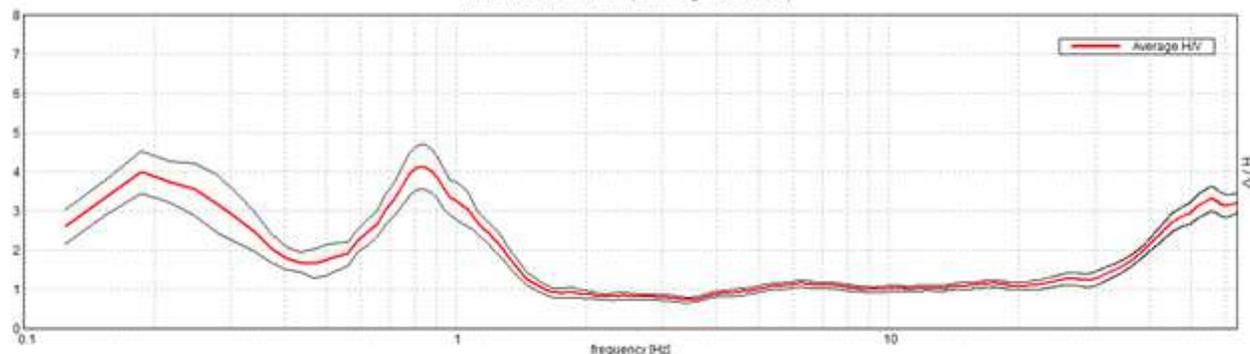
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 24 50 61 128 135 298 208 349 318 330 571 2104



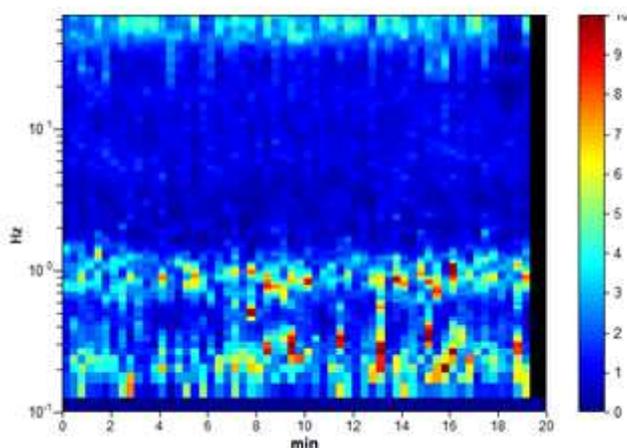
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

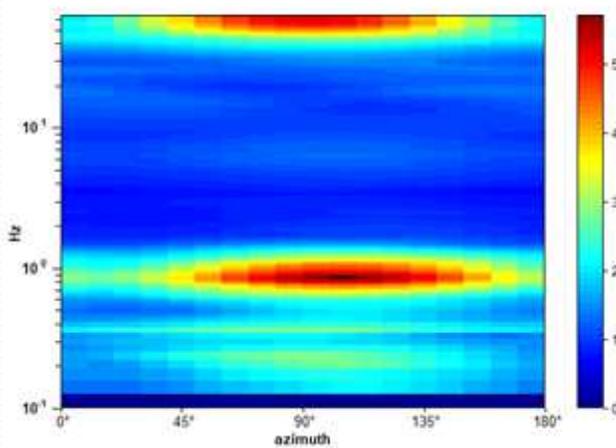
Max. H/V at 1.0 ± 0.21 Hz. (in the range 1.0 - 20.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1200.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 49 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.26 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.21252 < 0.05$		NO
$\alpha_f < \alpha(f_0)$	$0.21252 < 0.1$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4683 < 1.78$	OK	

	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	287 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1 Hz	2	0,8 Hz	4
	9,3 Hz	2,59	8,31 Hz	< 2

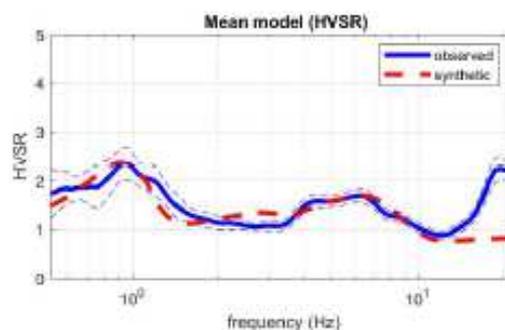
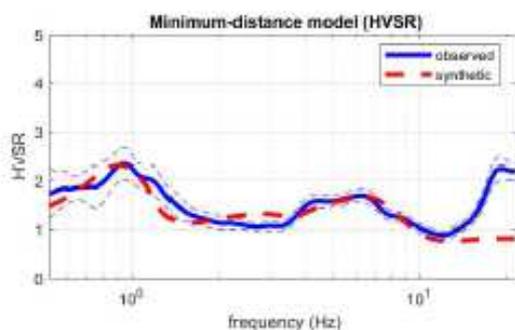
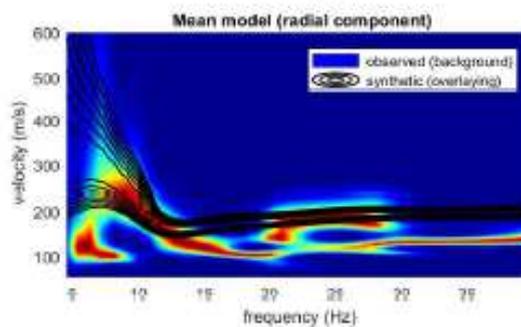
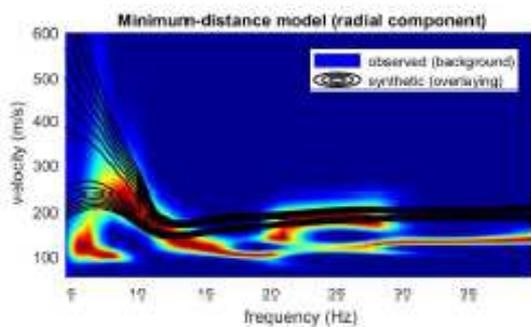
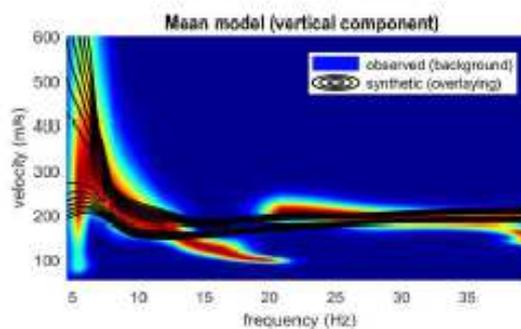
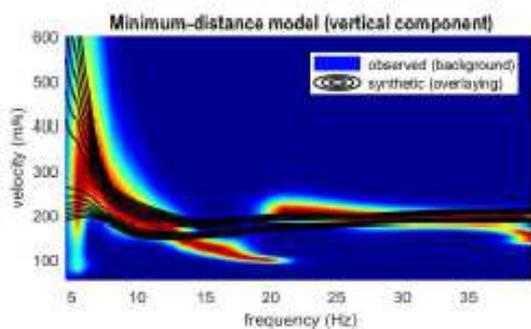
INDAGINE GEOFISICA – Via Isolo - OPPEANO VR

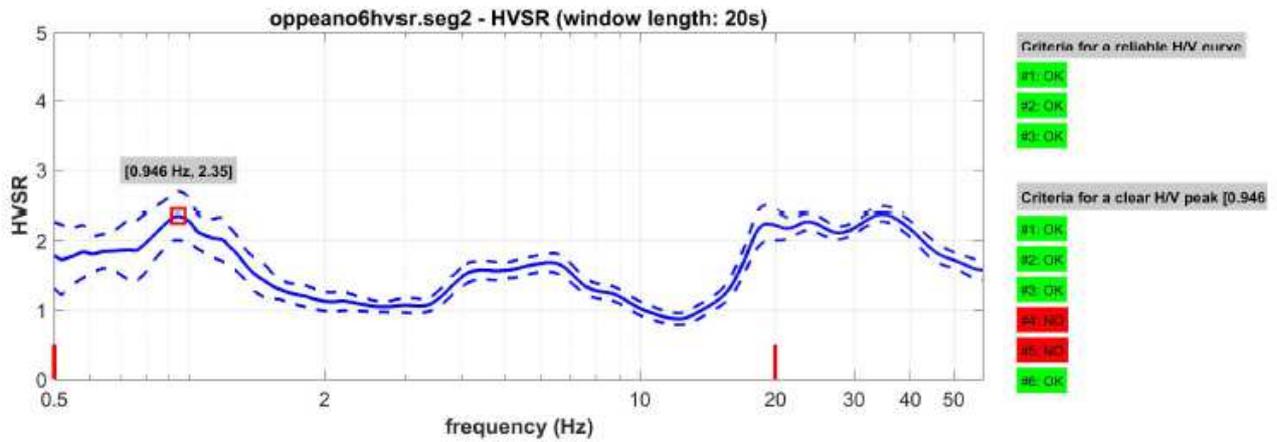


HS coordinate UTM 33
E 199984
N 5024652

HVSR coordinate UTM 33
E 200072
N 5024667

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 352, 352

Shear-wave velocities (m/s): 162, 237, 242, 237, 269, 449, 429, 528, 559, 475, 555, 1232

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.0, 3.4, 4.5, 11.0, 22.9, 0.0, 0.0, 0.0, 106.5

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 47 105 112 105 139 411 365 563 638 452 625 3368

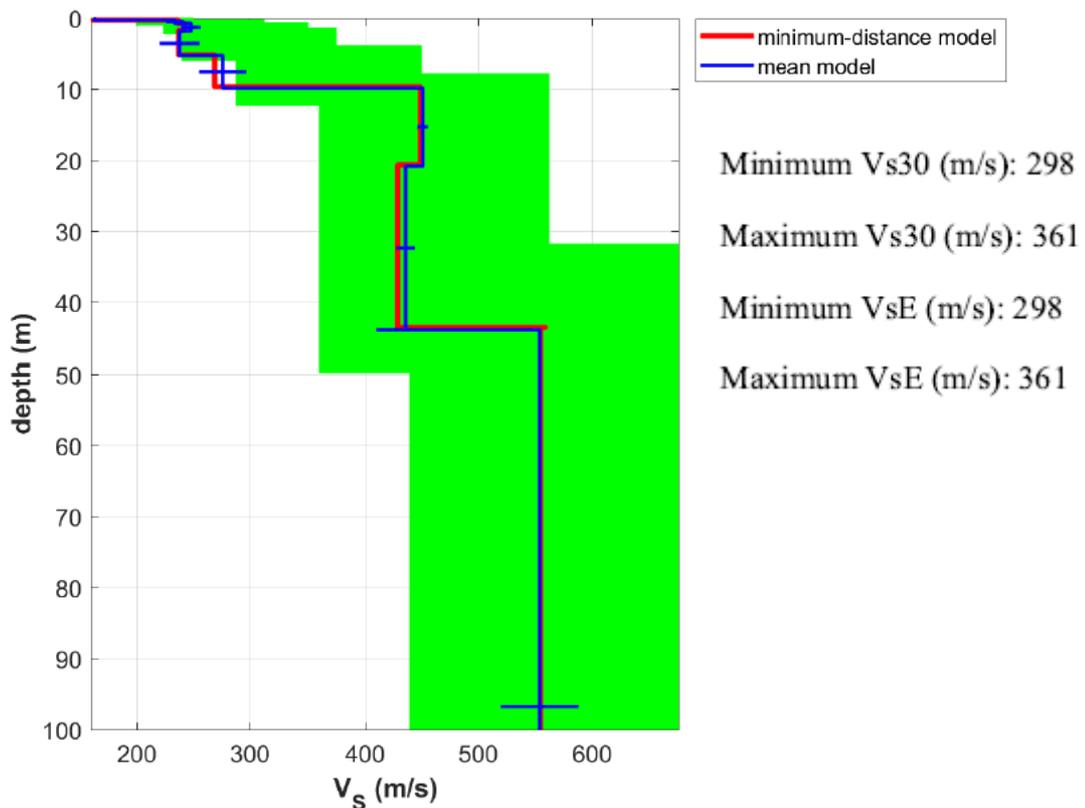
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 355, 355

Shear-wave velocities (m/s): 163, 234, 248, 238, 276, 451, 436, 527, 477, 482, 554, 1240

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.1, 3.5, 4.6, 11.0, 23.1, 0.0, 0.0, 0.0, 105.7

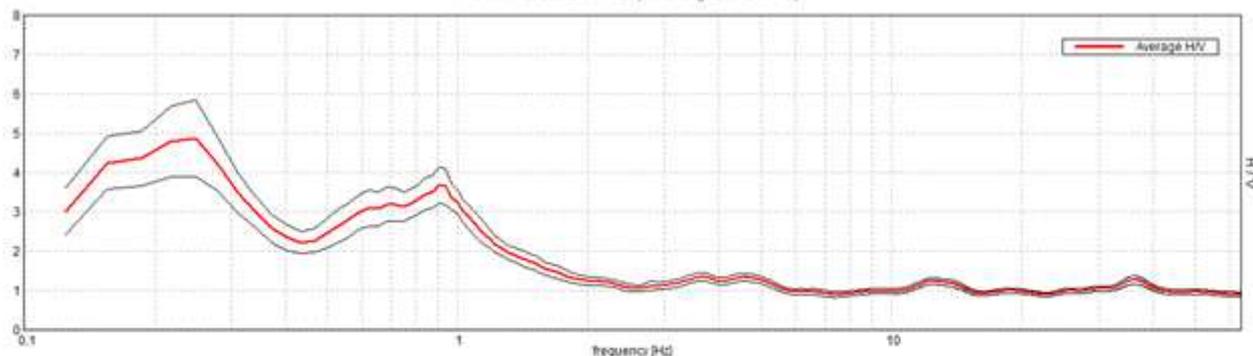
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 48 102 118 106 147 415 378 561 455 467 623 3414



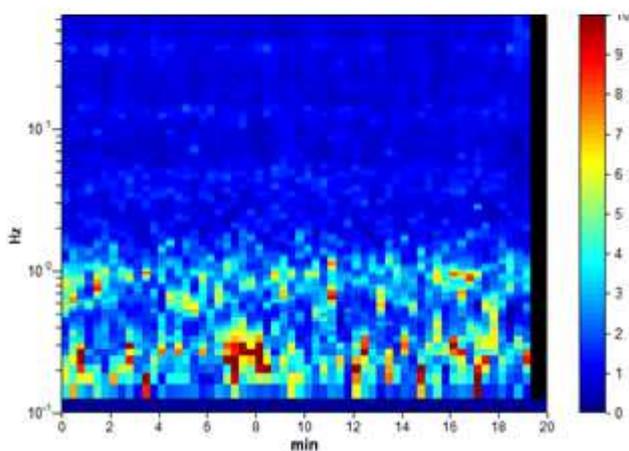
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

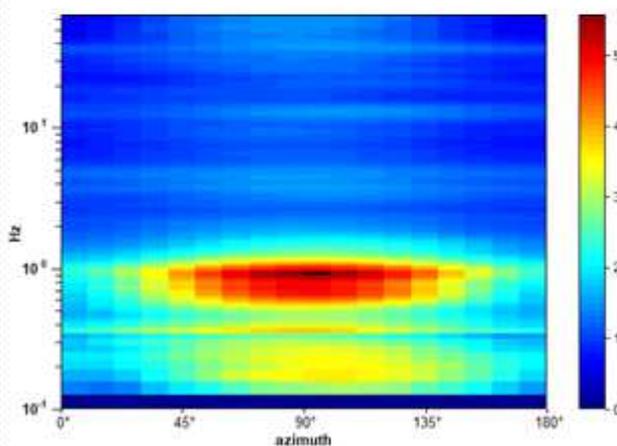
Max. H/V at 3.66 ± 0.91 Hz (in the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.66 > 0.50$	OK	
$\Omega_0(f_0) > 200$	$4387.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 176 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.36 > 2$		NO
$f_{peak}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.24827 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \alpha(f_0)$	$0.90775 < 0.18281$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1022 < 1.58$	OK	

	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	355 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	0,946 Hz	2,35	0,9 Hz	<4
	7 Hz	<2	3,66 Hz	< 2

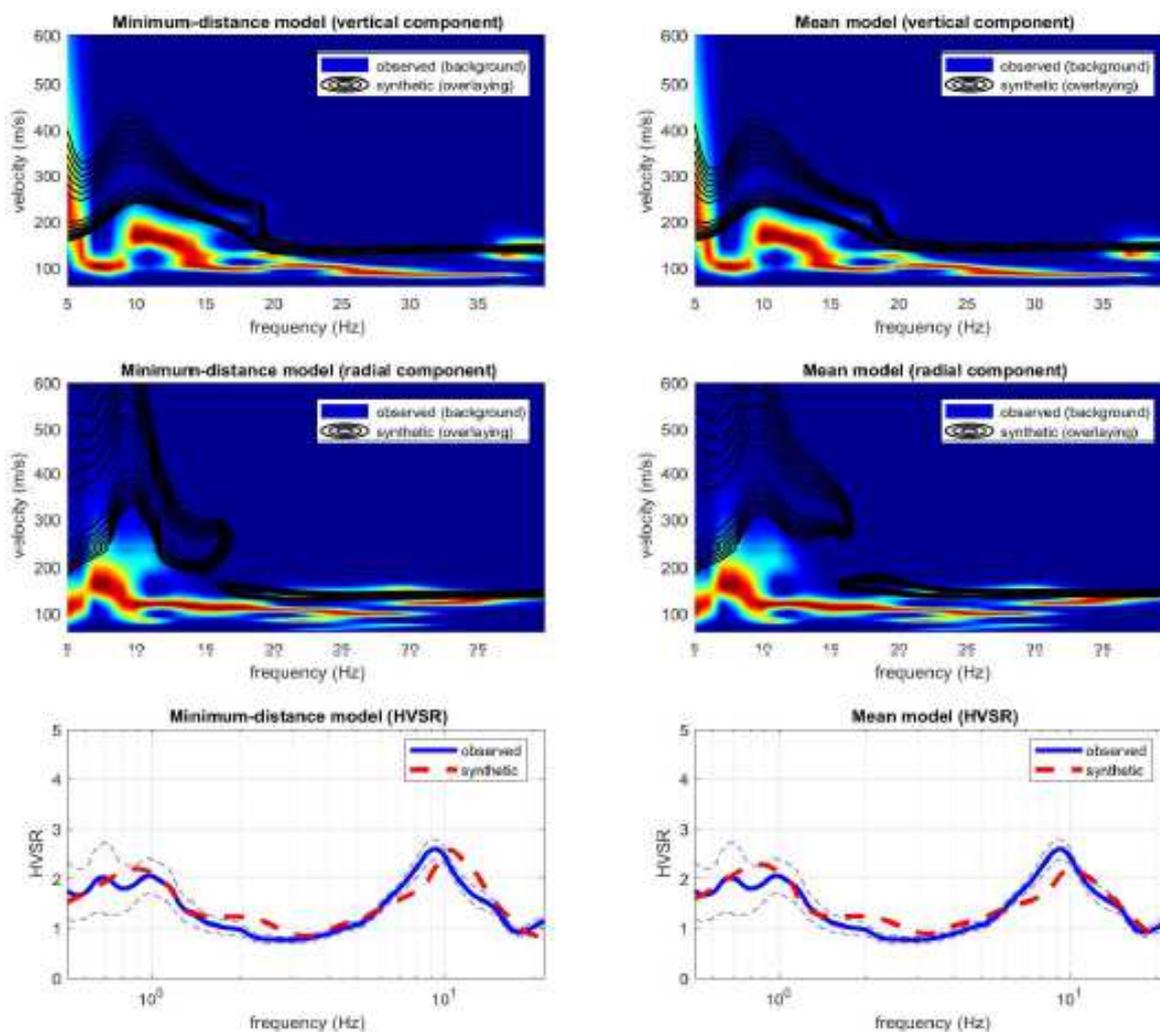
INDAGINE GEOFISICA – Via Cadalora 59 - OPPEANO VR

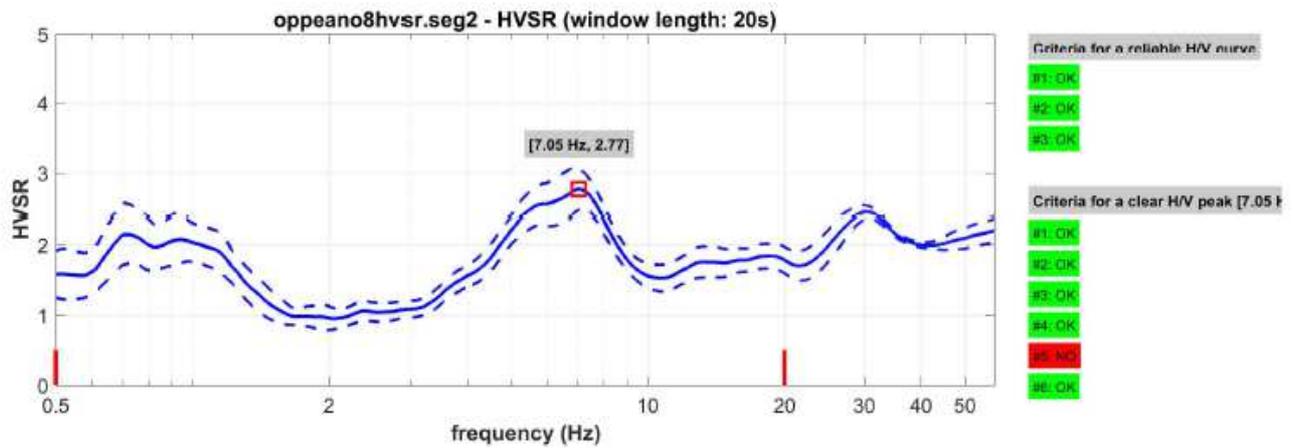


HS coordinate UTM 33
E 196401
N 5023521

HVSR coordinate UTM 33
E 196514
N 5023502

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 317, 317

Shear-wave velocities (m/s): 161, 175, 184, 238, 394, 337, 396, 419, 534, 375, 554, 1051

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.3, 3.0, 8.1, 28.6, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 110.0

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 58 55 63 108 325 224 315 349 576 272 620 2408

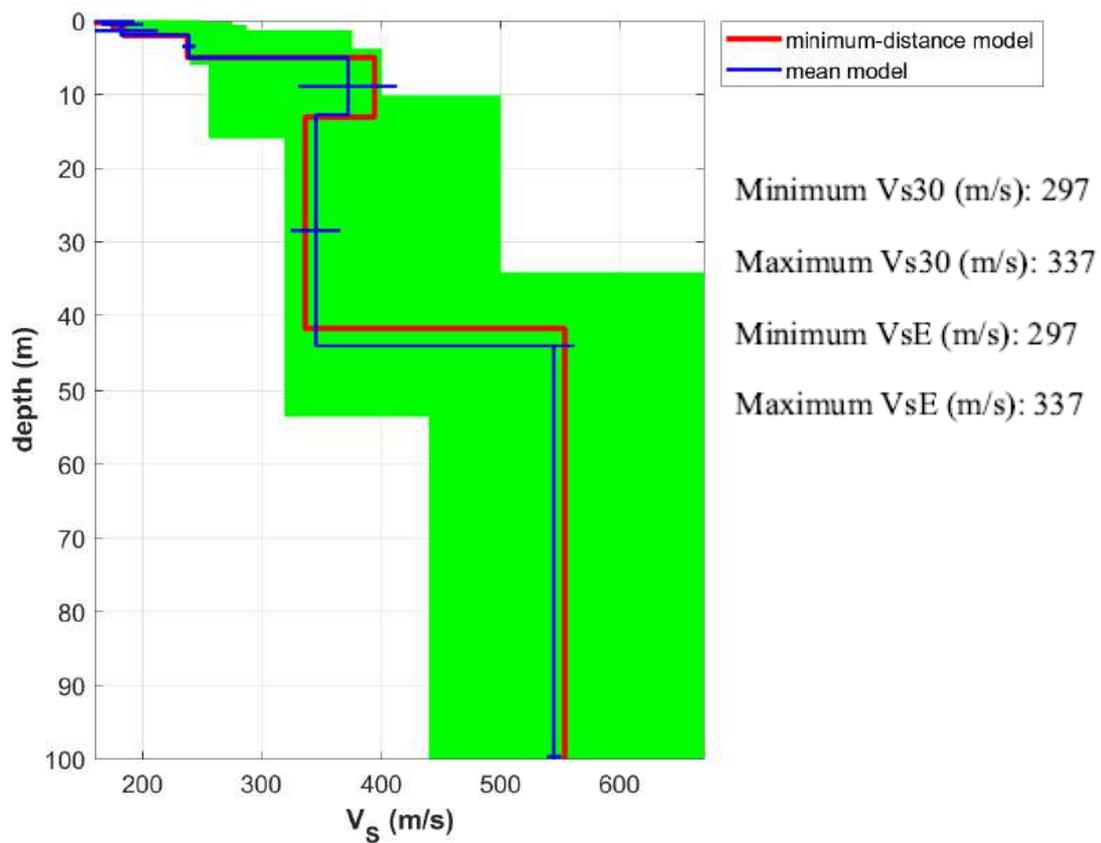
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 317, 317

Shear-wave velocities (m/s): 174, 183, 182, 239, 372, 345, 386, 461, 494, 381, 545, 1062

Thicknesses (m): 0.3, 0.4, 1.2, 3.0, 7.8, 31.4, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 111.0

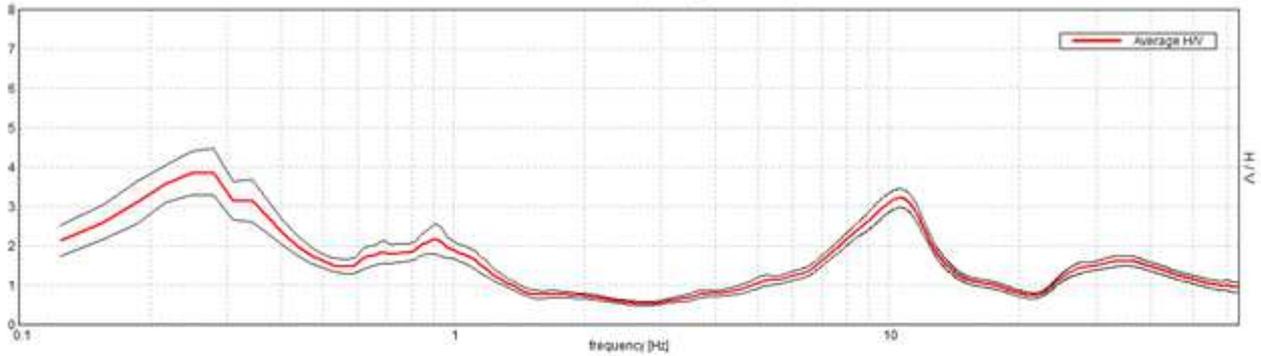
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 68 61 61 110 286 235 299 427 488 282 599 2461



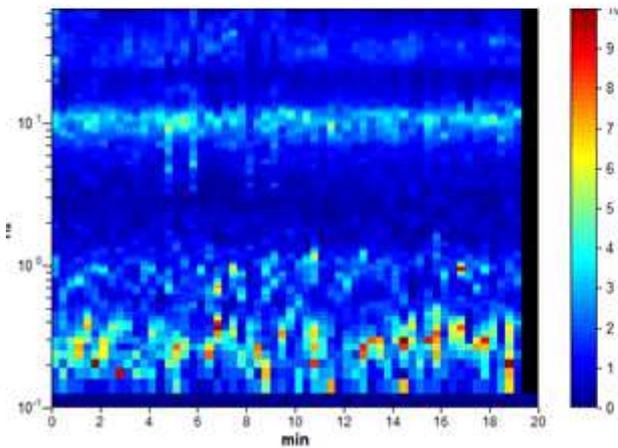
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

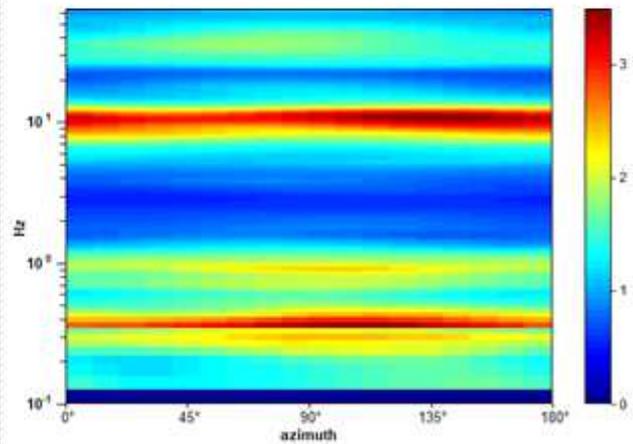
Max. H/V at 10.63 ± 1.95 Hz. (in the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	10.63 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	12750.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 511 times	OK	

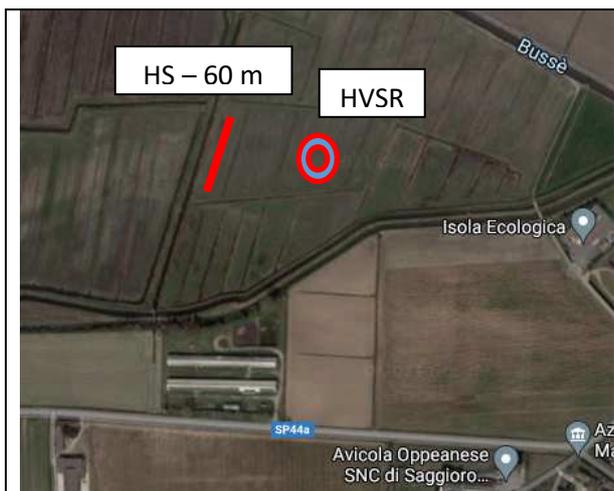
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	6.969 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	13.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.21 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18319 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \alpha(f_0)$	1.94636 < 0.53125		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2375 < 1.58	OK	

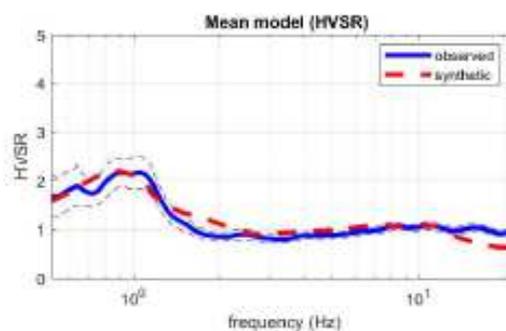
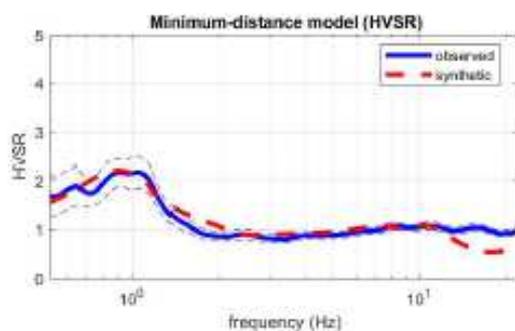
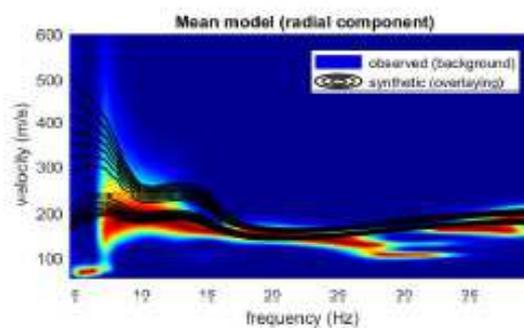
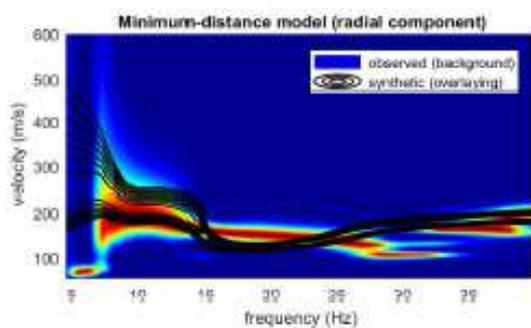
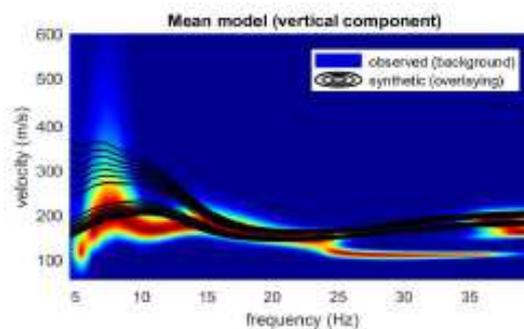
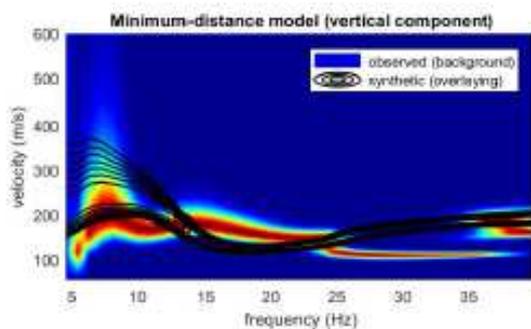
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	317 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	0,9 Hz	2	0,8 Hz	>2
	7,05 Hz	2,77	10,63 Hz	> 3

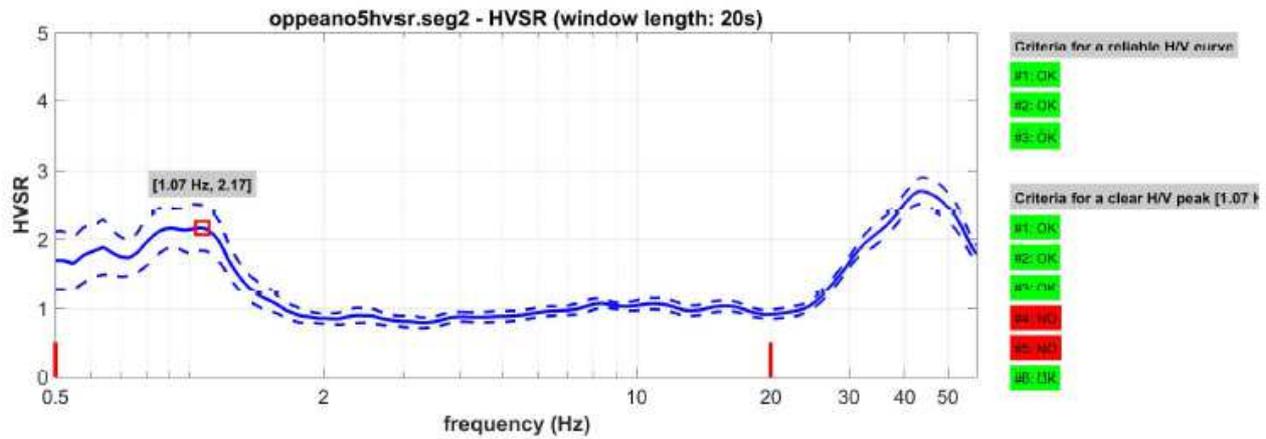
INDAGINE GEOFISICA – Via Bussè - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSr coordinate UTM 33
E198211	E 198307
N 5025135	N 5025100

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 284, 284

Shear-wave velocities (m/s): 172, 205, 285, 145, 341, 319, 295, 386, 444, 610, 599, 1062

Thicknesses (m): 0.1, 0.4, 1.0, 1.9, 2.1, 10.5, 20.6, 24.0, 0.0, 0.0, 101.8

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 54 81 155 37 227 192 162 292 390 760 732 2455

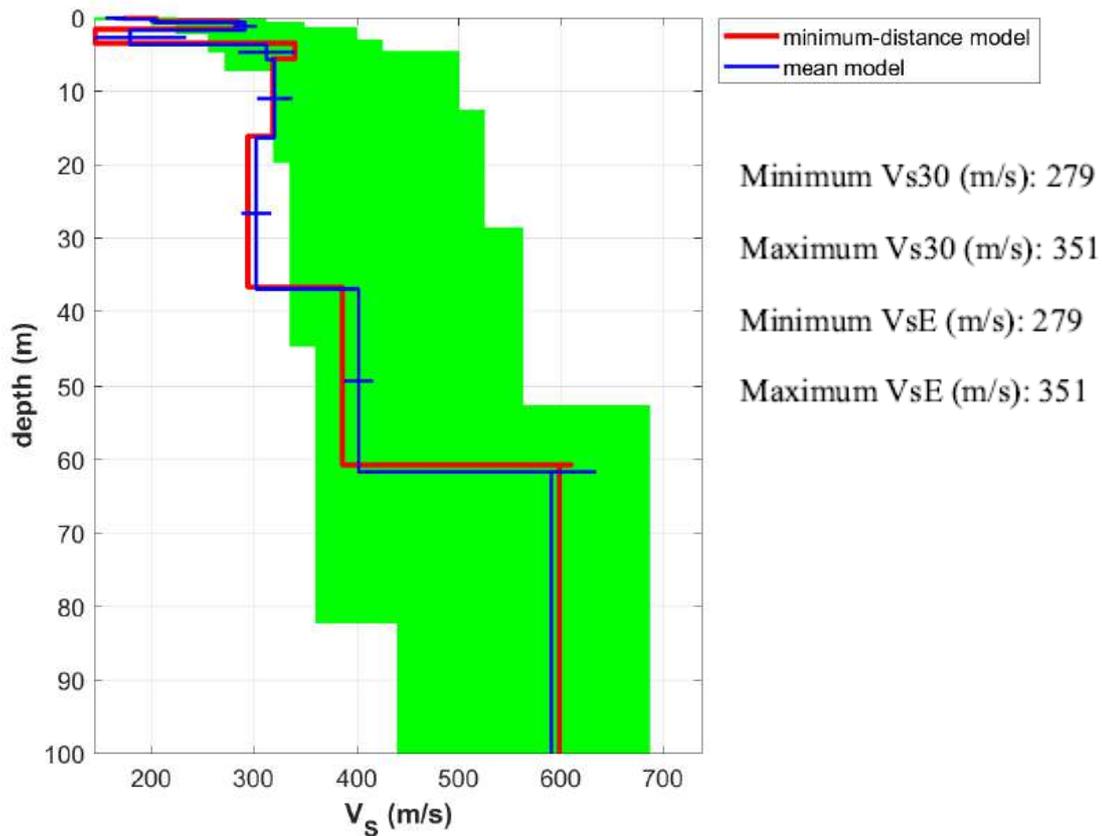
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 292, 292

Shear-wave velocities (m/s): 165, 203, 292, 179, 313, 321, 303, 402, 447, 622, 591, 1061

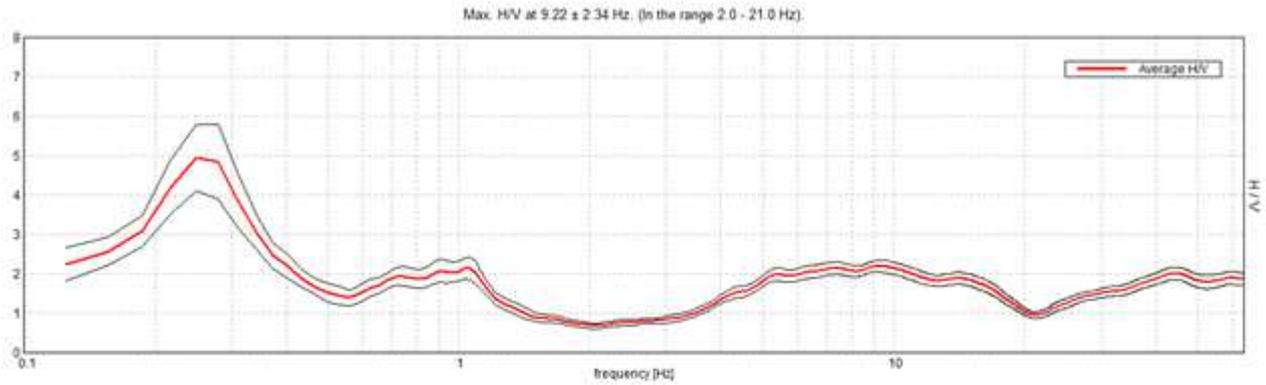
Thicknesses (m): 0.2, 0.4, 1.0, 2.0, 2.1, 10.6, 20.6, 24.7, 0.0, 0.0, 103.7

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 50 79 164 58 188 196 173 318 395 796 711 2452

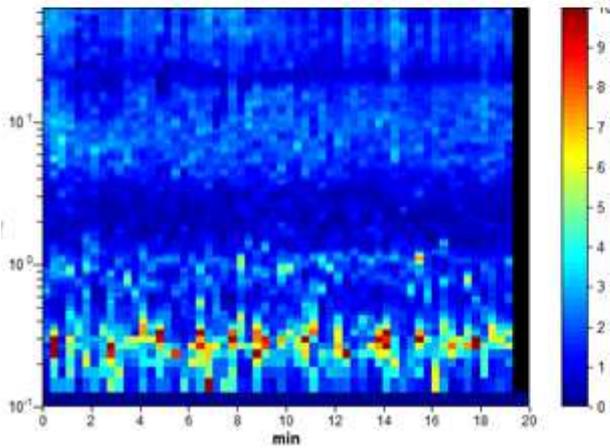


ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

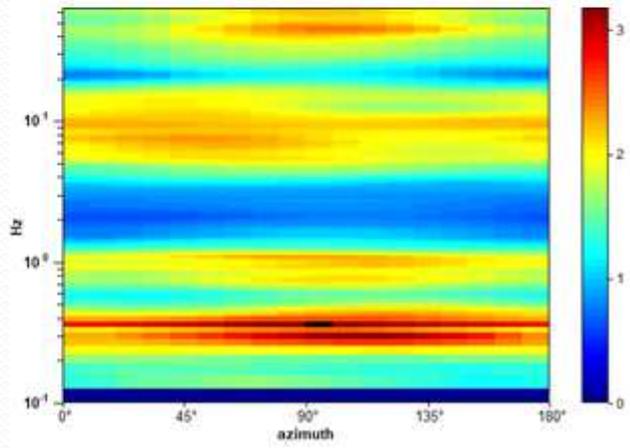
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	9.22 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11062.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 444 times	OK	

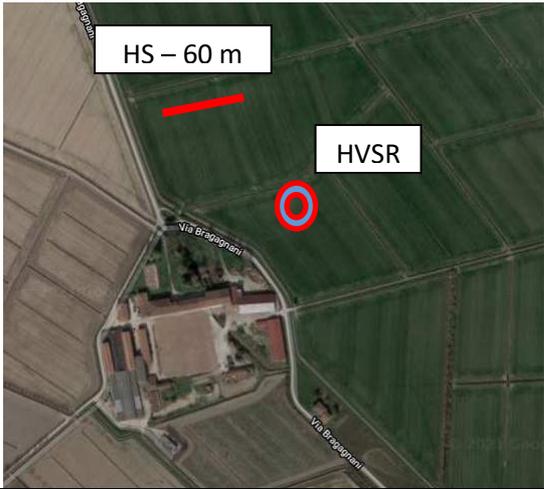
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

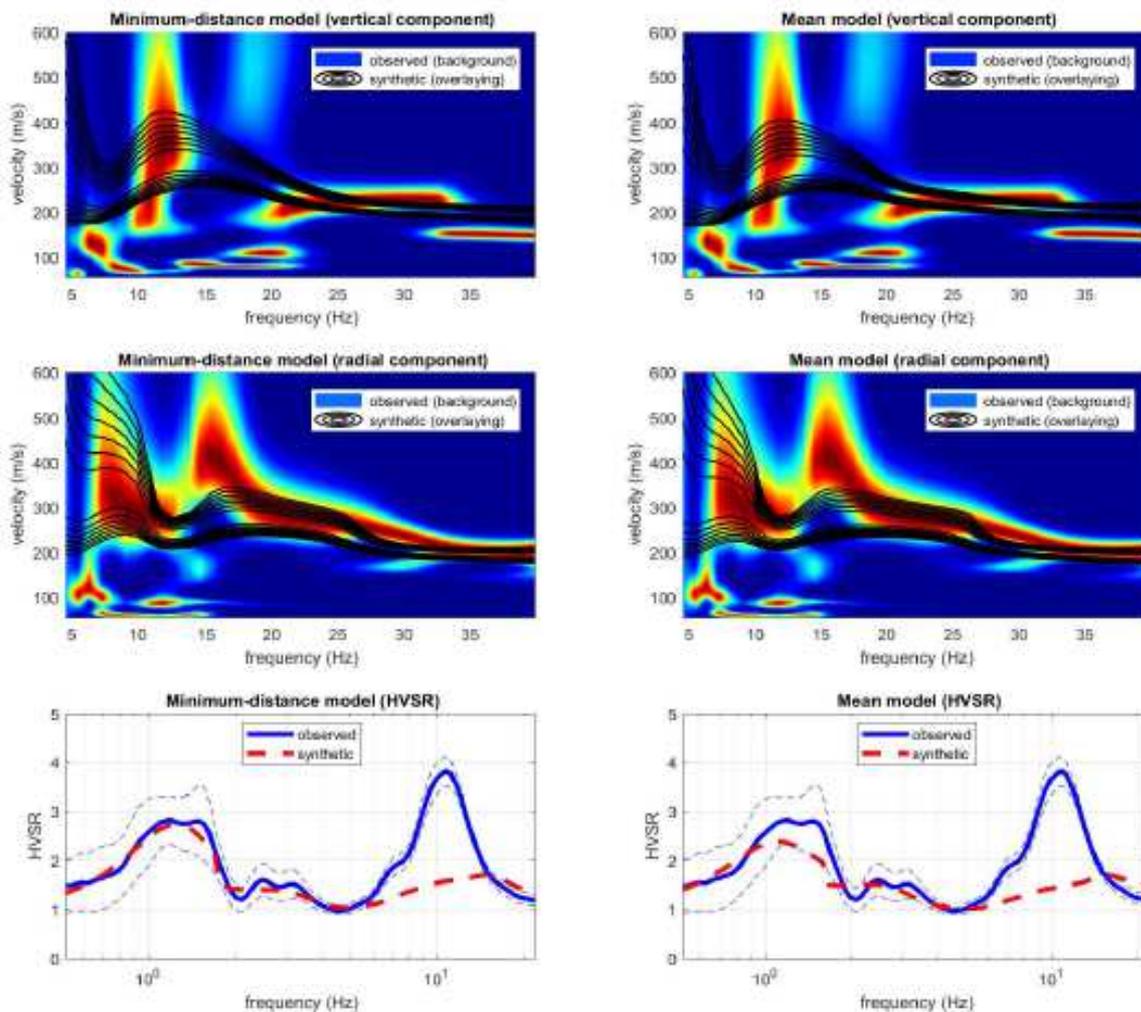
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	3.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	19.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.20 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$[0.25401] < 0.05$		NO
$\sigma_f < \alpha(f_0)$	$2.34169 < 0.46094$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1493 < 1.58$	OK	

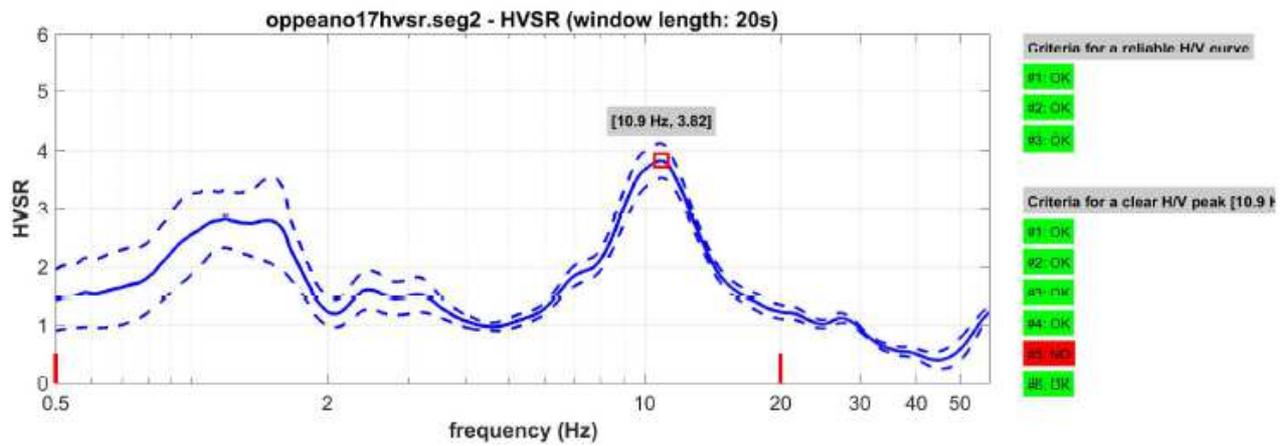
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	292 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1.07 Hz	2,17	1 Hz	2
			9,22 Hz	2

INDAGINE GEOFISICA – Via Bragagnani - OPPEANO VR

	
<p>HS coordinate UTM 33</p>	<p>HVS coordinate UTM 33</p>
<p>E 194598</p>	<p>E 194762</p>
<p>N 5024394</p>	<p>N 5024244</p>

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 360, 360

Shear-wave velocities (m/s): 164, 218, 300, 350, 375, 415, 587, 645, 750, 704, 750, 1167

Thicknesses (m): 0.8, 1.0, 2.1, 2.8, 10.0, 15.5, 19.6, 29.8, 0.0, 0.0, 68.2

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 60 102 178 249 350 352 734 894 1189 1036 1185 3030

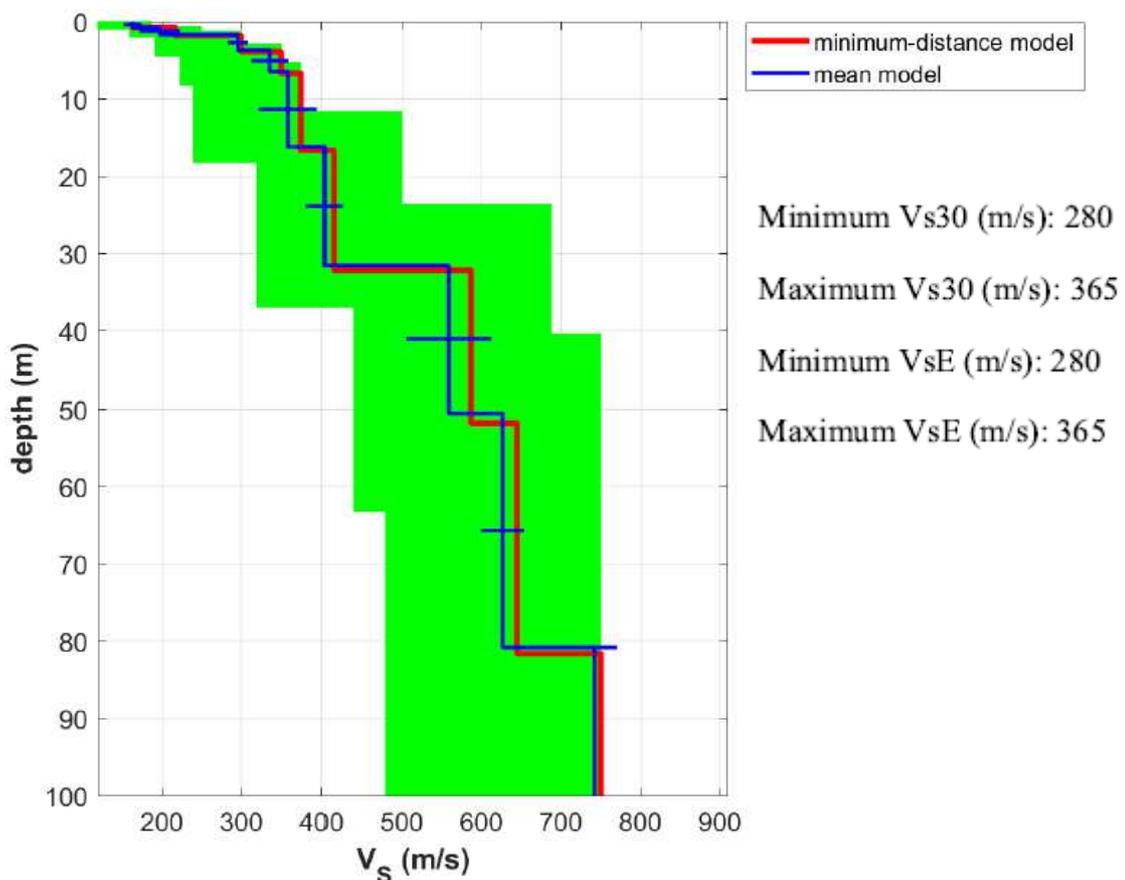
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 350, 350

Shear-wave velocities (m/s): 164, 198, 296, 336, 359, 404, 559, 627, 713, 680, 742, 1138

Thicknesses (m): 0.8, 0.9, 2.0, 2.8, 9.8, 15.4, 18.9, 30.3, 0.0, 0.0, 89.7

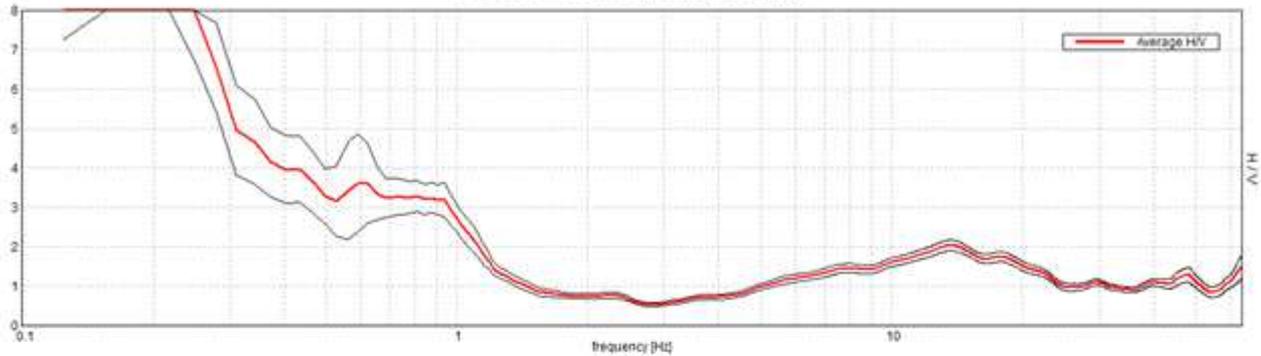
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 54 80 173 229 297 328 658 840 1068 962 1158 2870



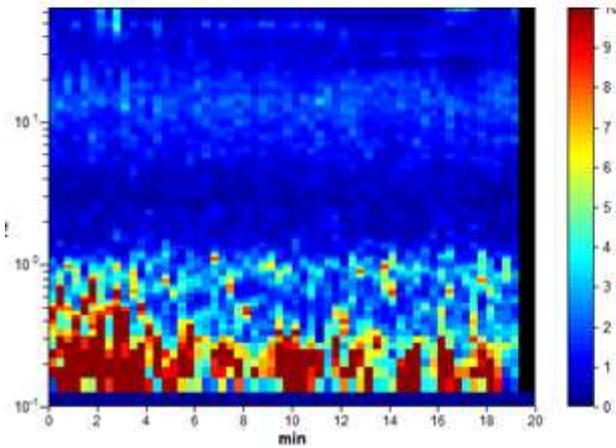
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

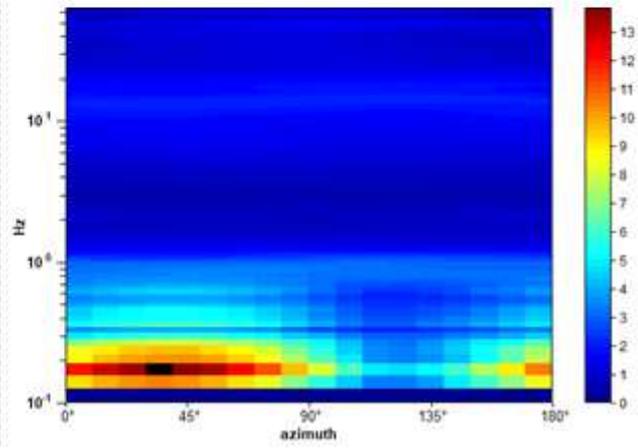
Max. H/V at 13.66 ± 2.52 Hz. (In the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	13.66 > 0.50	OK	
$n_e(f_0) > 200$	16387.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz	Exceeded 0 out of 656 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	5.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	24.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.04 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18463 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \sigma(f_0)$	$2.52135 < 0.68281$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1417 < 1.58$	OK	

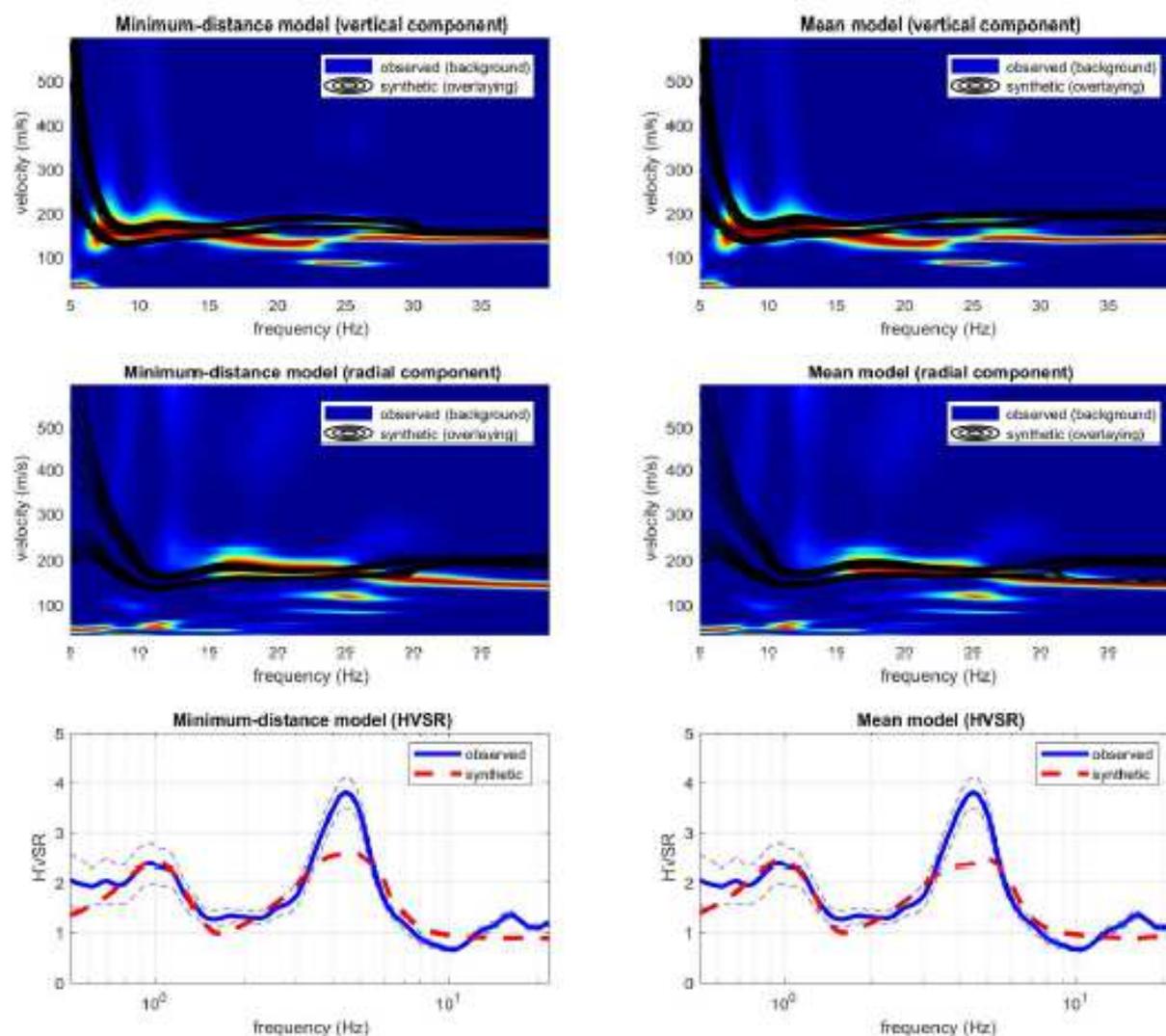
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	350 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1 Hz	<3	0,3 Hz	3
	10,09 Hz	3,82	13,66 Hz	2

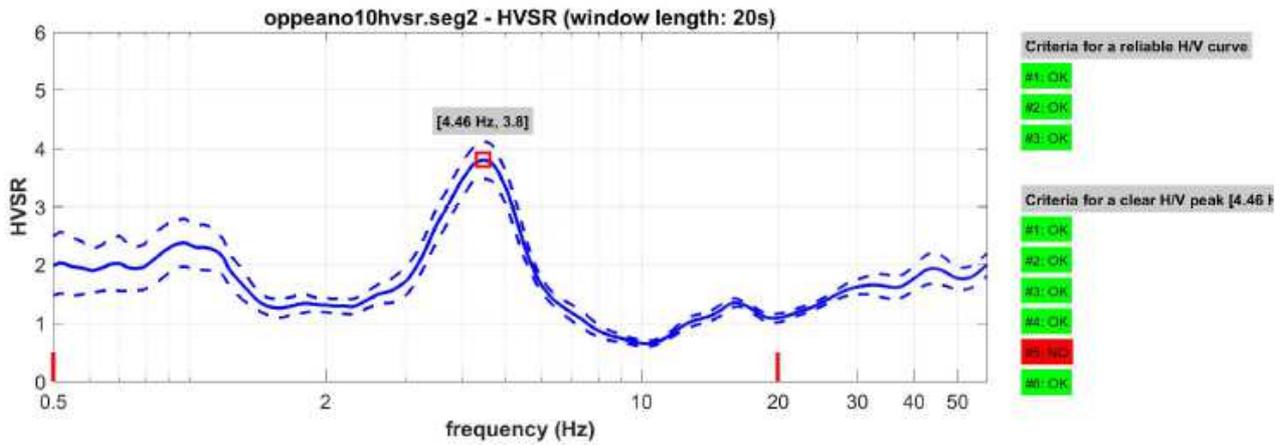
INDAGINE GEOFISICA – Via Cima Coppi - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSr coordinate UTM 33
E 192464	E 192582
N 5023147	N 5023099

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 358, 358

Shear-wave velocities (m/s): 160, 209, 215, 233, 247, 291, 385, 439, 579, 634, 518, 1260

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.2, 2.2, 3.1, 3.6, 4.1, 5.6, 9.4, 17.0, 80.7

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 46 81 87 101 120 161 307 399 690 853 544 3530

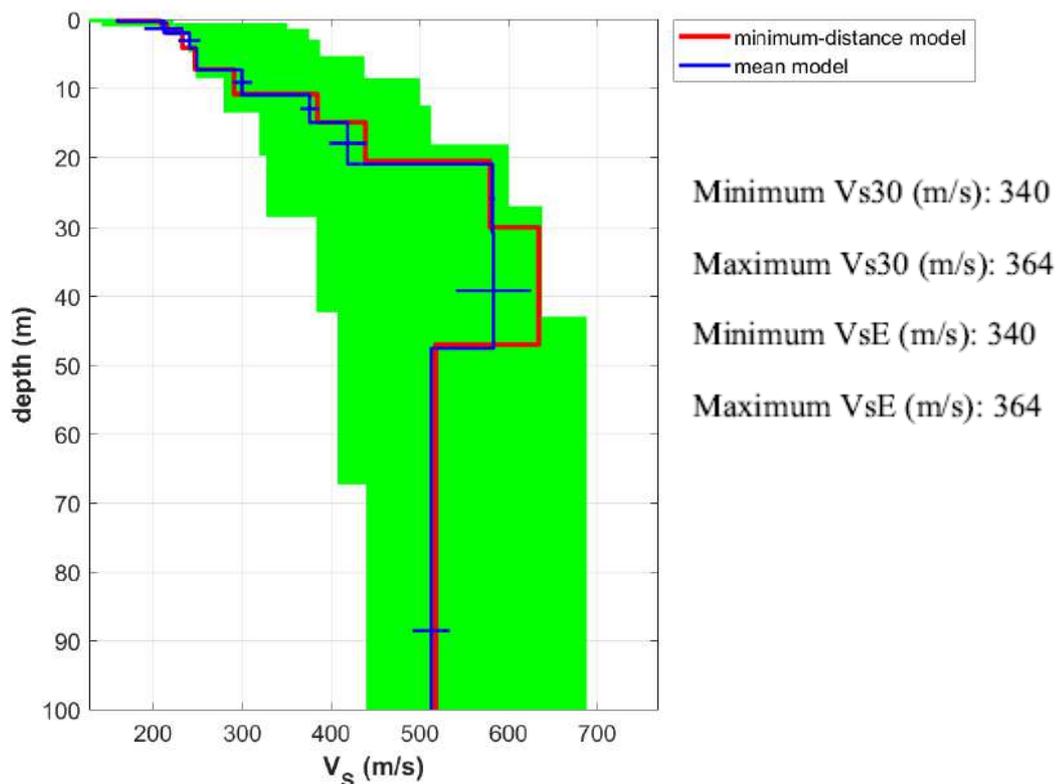
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 356, 356

Shear-wave velocities (m/s): 160, 212, 212, 241, 249, 300, 376, 419, 582, 583, 513, 1202

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.2, 2.2, 3.1, 3.6, 4.0, 6.0, 9.8, 16.8, 82.0

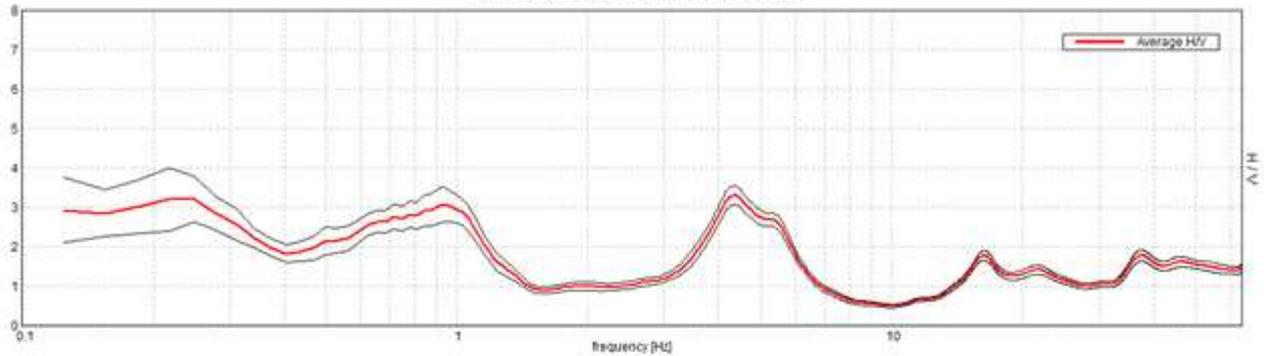
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 46 84 86 109 124 172 292 363 697 715 533 3197



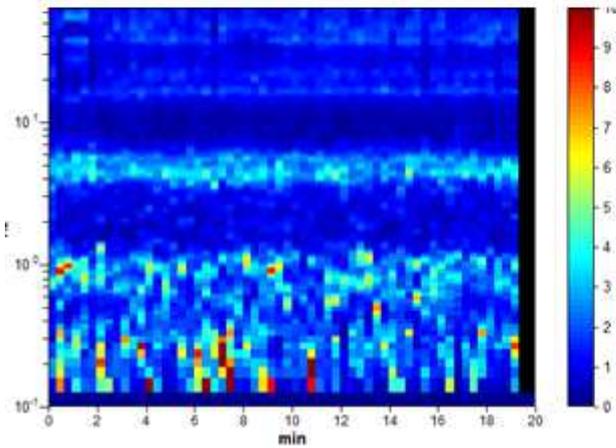
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

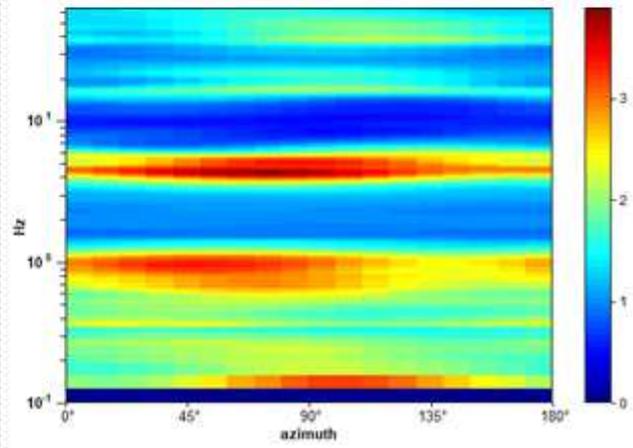
Max. HV at 4.38 ± 0.8 Hz. (In the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	4.38 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5250.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 211 times	OK	

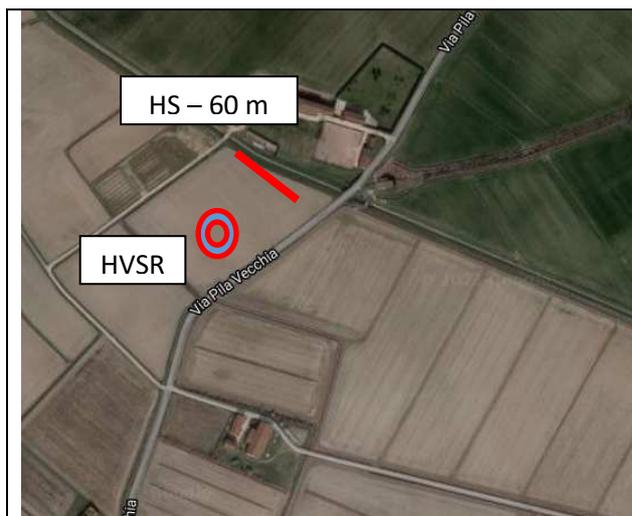
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	3.406 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	6.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.32 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18305 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \sigma(f_0)$	0.80085 < 0.21875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2386 < 1.58	OK	

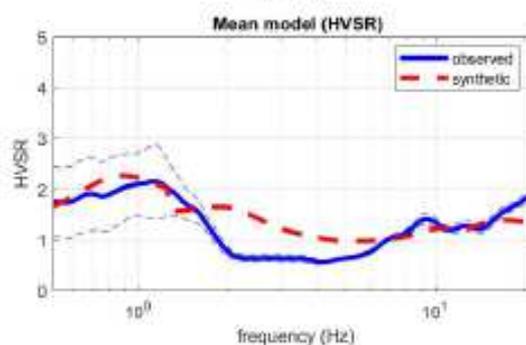
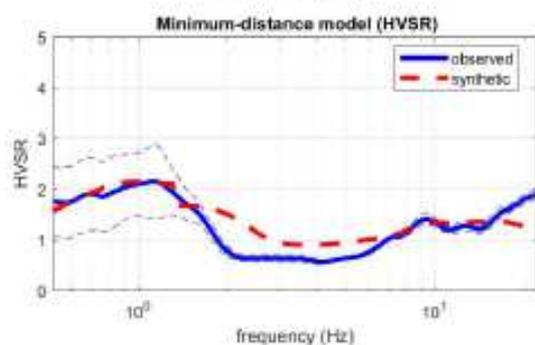
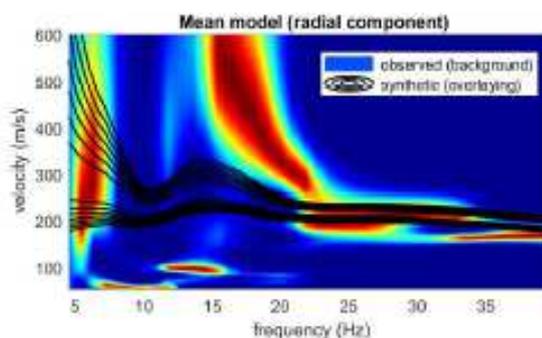
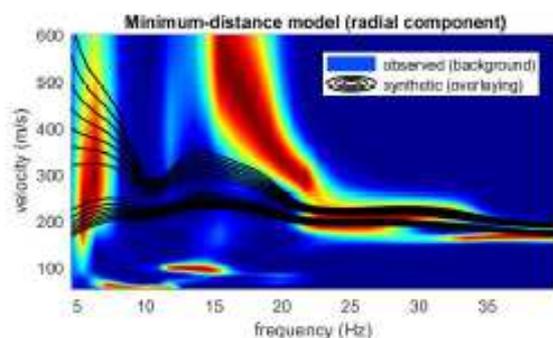
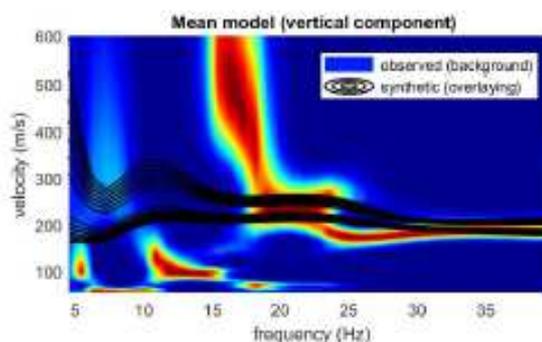
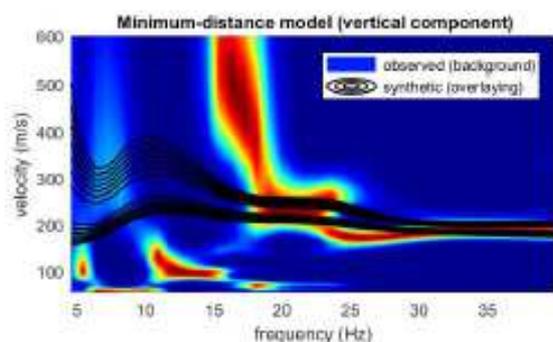
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	356 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1 Hz	>2	1 Hz	3
	4,46 Hz	3,8	4,38 Hz	>3

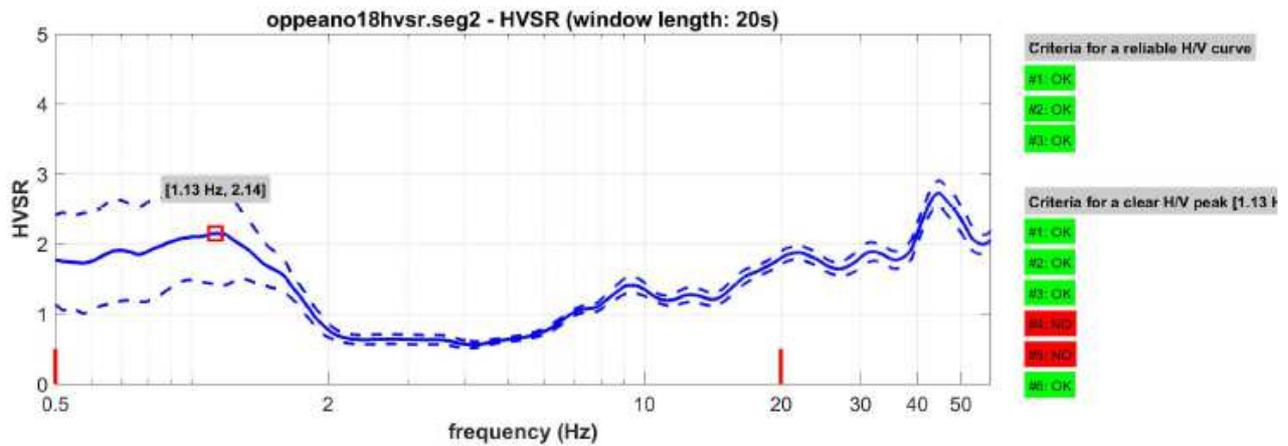
INDAGINE GEOFISICA – Via Pila Vecchia - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSr coordinate UTM 33
E 193033	E 193003
N 5025332	N 5025266

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 327, 327

Shear-wave velocities (m/s): 158, 216, 291, 325, 343, 338, 444, 633, 680, 551, 749, 1095

Thicknesses (m): 0.8, 1.0, 2.4, 2.8, 8.1, 11.5, 29.7, 40.2, 0.0, 0.0, 124.2

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 45 86 170 206 284 222 406 831 960 627 1180 2646

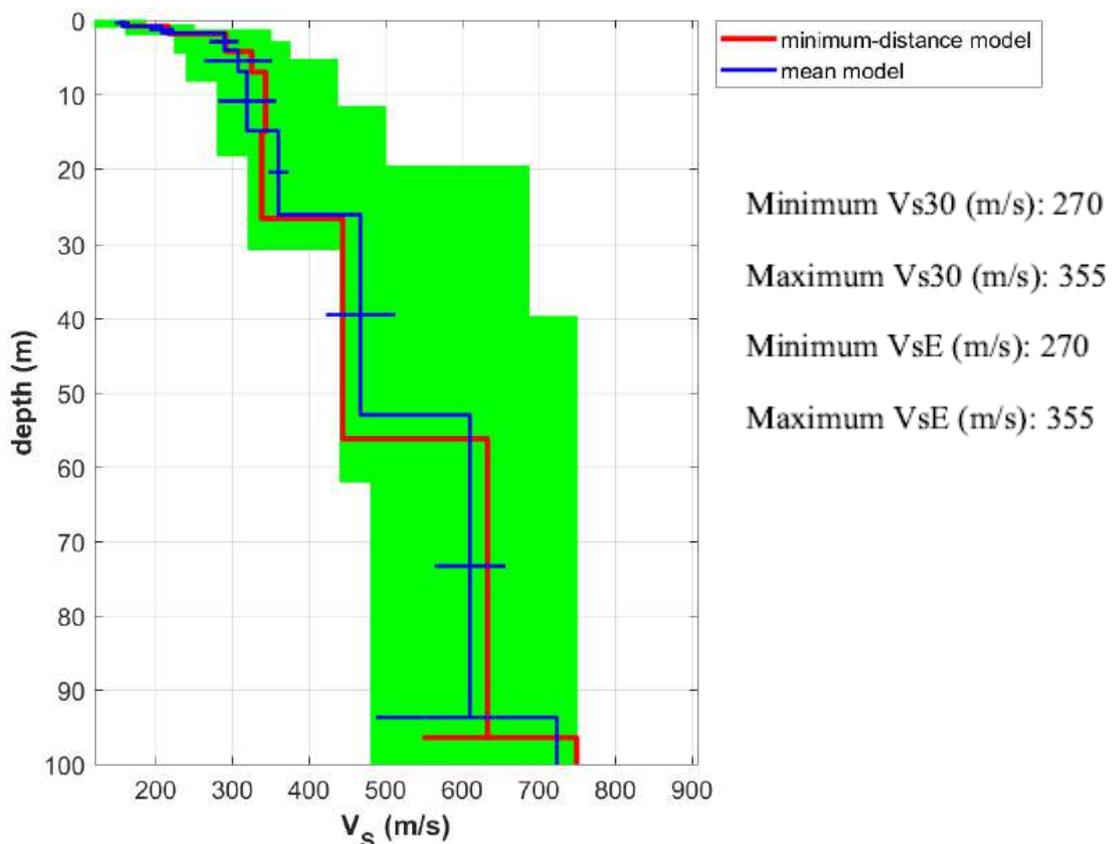
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 328, 328

Shear-wave velocities (m/s): 156, 208, 289, 307, 319, 360, 467, 610, 657, 557, 723, 1121

Thicknesses (m): 0.8, 0.9, 2.3, 2.9, 8.0, 11.1, 26.9, 40.7, 0.0, 0.0, 119.3

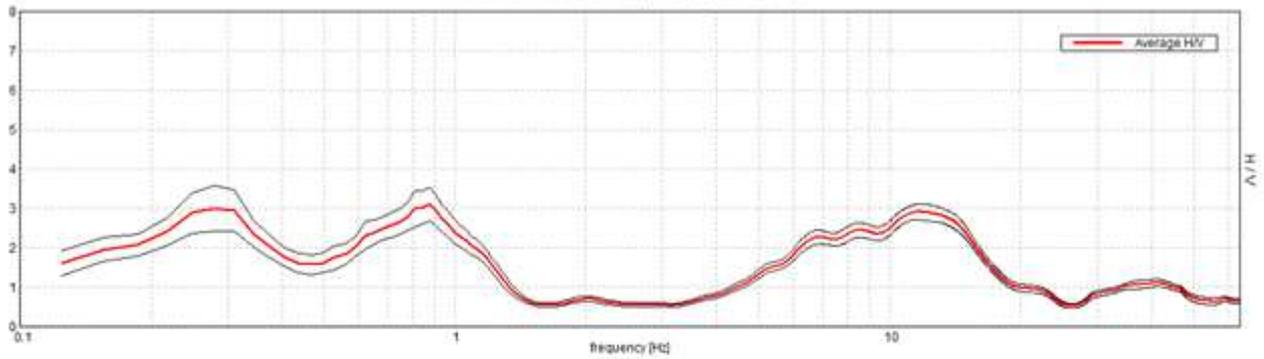
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 45 80 166 189 225 258 453 785 896 637 1094 2774



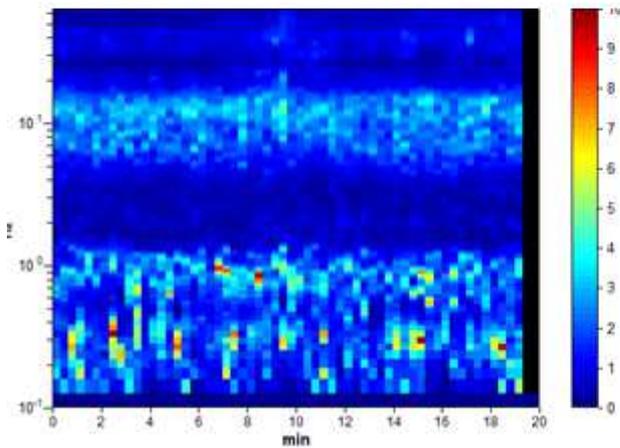
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

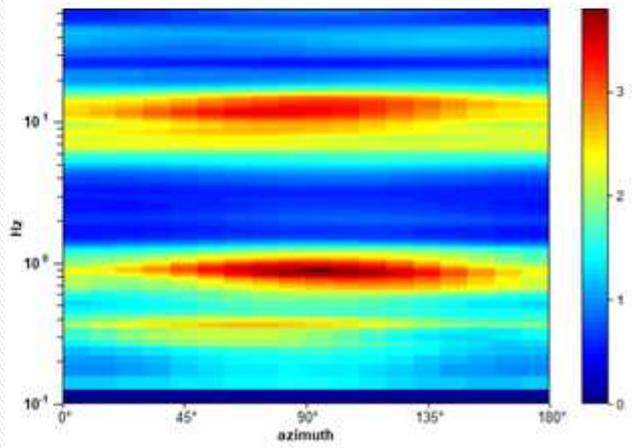
Max. H/V at 11.56 ± 2.19 Hz. (in the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	11.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	13875.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 556 times	OK	

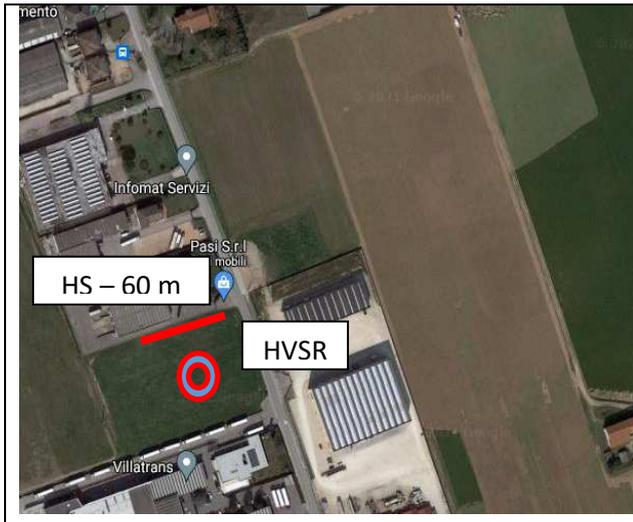
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	5.156 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	17.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.92 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1898 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \sigma(f_0)$	$2.19461 < 0.57813$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1963 < 1.58$	OK	

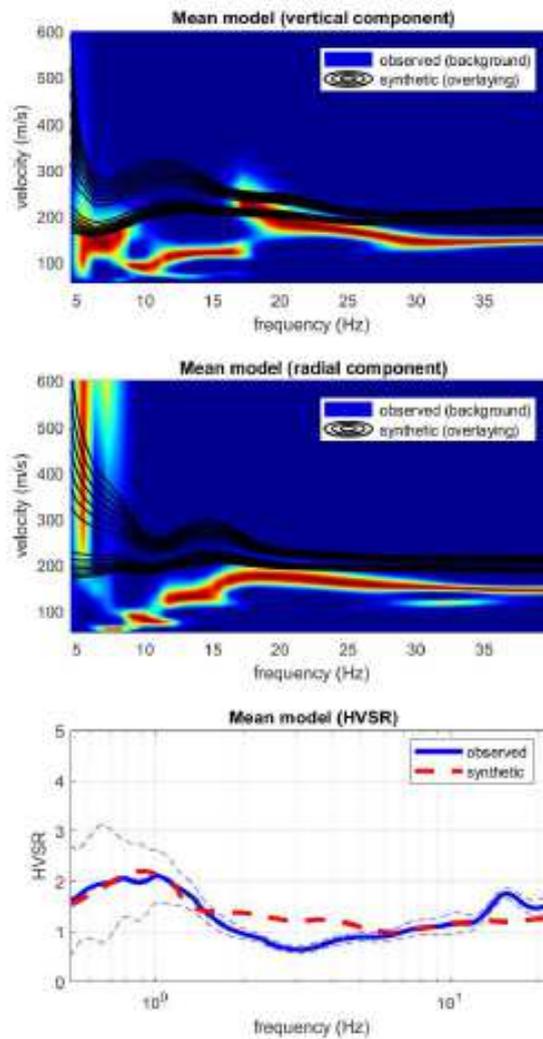
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	328 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1,13 Hz	2,14	0,8 Hz	2
	9 Hz	>1	11,56 Hz	2

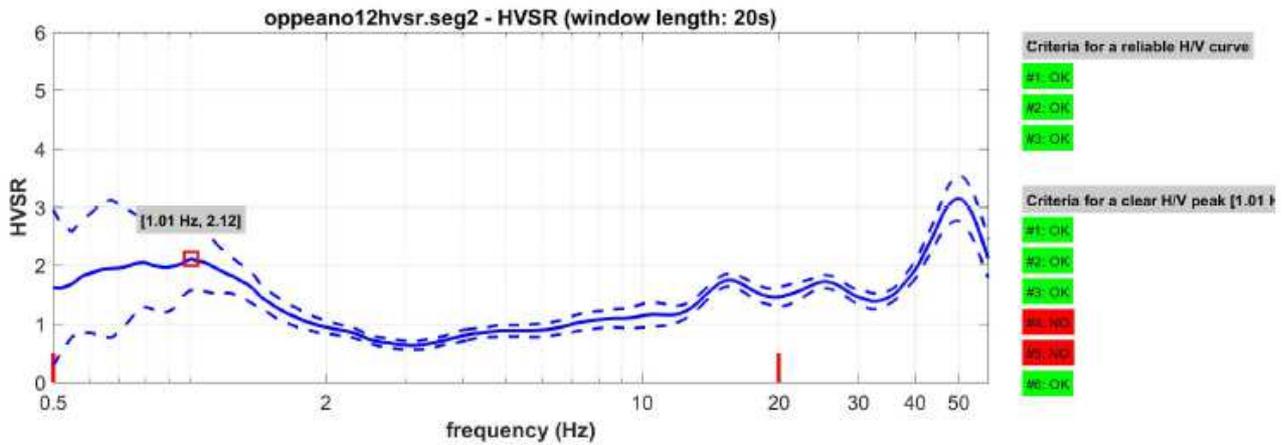
INDAGINE GEOFISICA – Via Villafontana - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSr coordinate UTM 33
E 192111	E 192142
N 5024362	N 5024327

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 313, 313

Shear-wave velocities (m/s): 142, 168, 283, 244, 329, 270, 471, 474, 728, 242, 700, 1055

Thicknesses (m): 0.3, 0.4, 1.2, 2.5, 3.1, 12.2, 16.3, 37.5, 0.0, 0.0, 120.2

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 36 53 151 113 225 134 467 448 1109 109 1026 2428

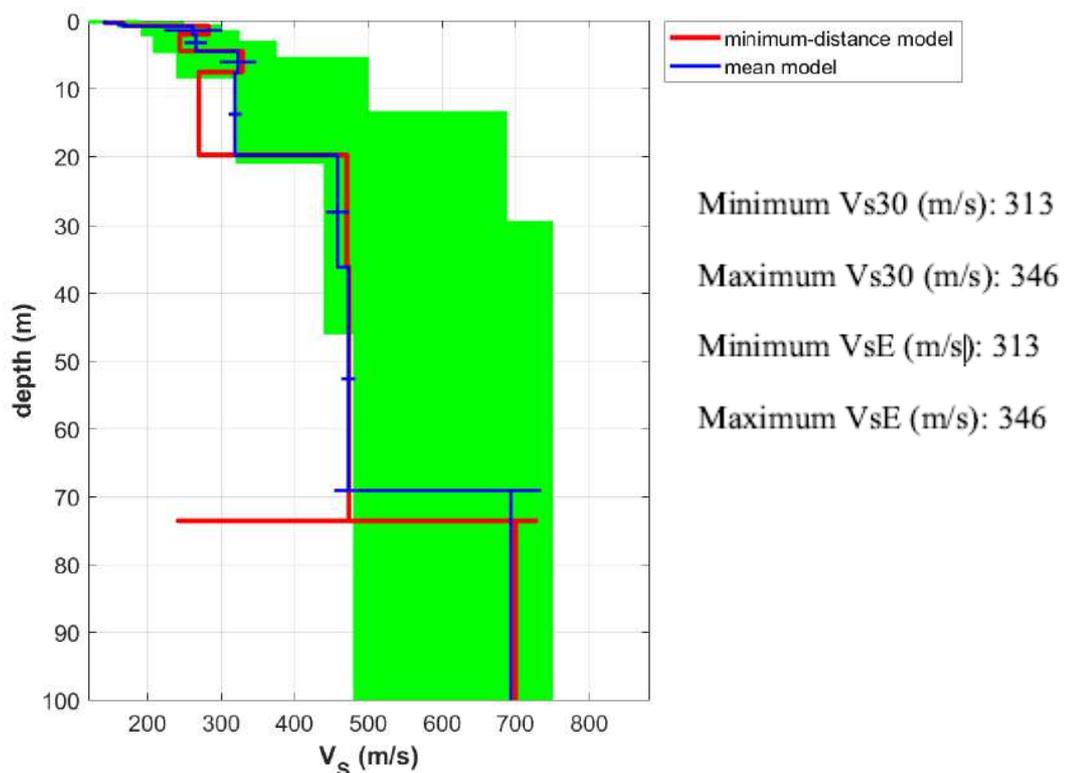
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 335, 335

Shear-wave velocities (m/s): 142, 166, 262, 266, 323, 319, 458, 473, 671, 533, 694, 1207

Thicknesses (m): 0.4, 0.5, 1.2, 2.5, 3.2, 12.1, 16.3, 32.9, 0.0, 0.0, 120.3

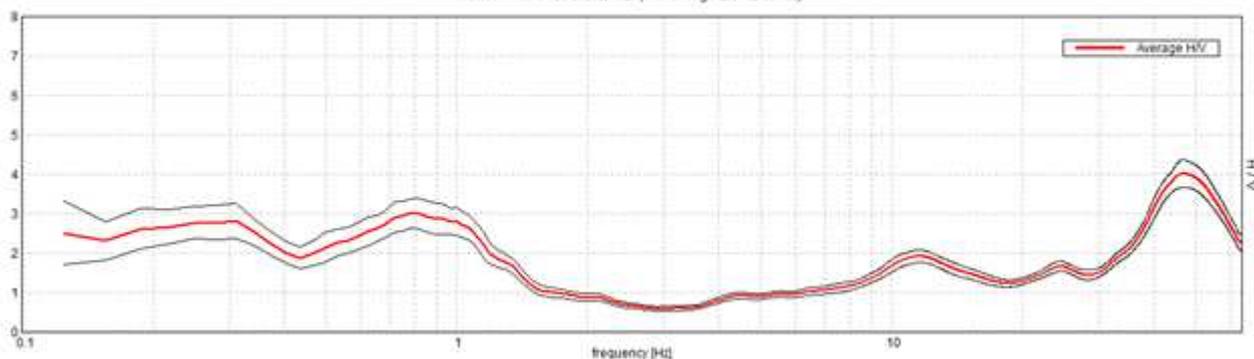
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 36 53 129 136 209 193 437 444 935 581 1007 3226



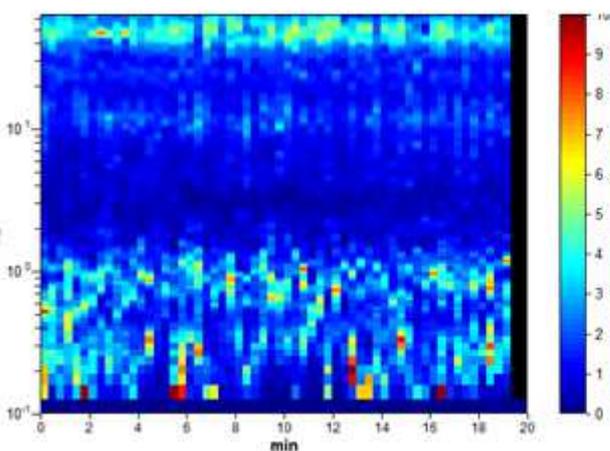
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

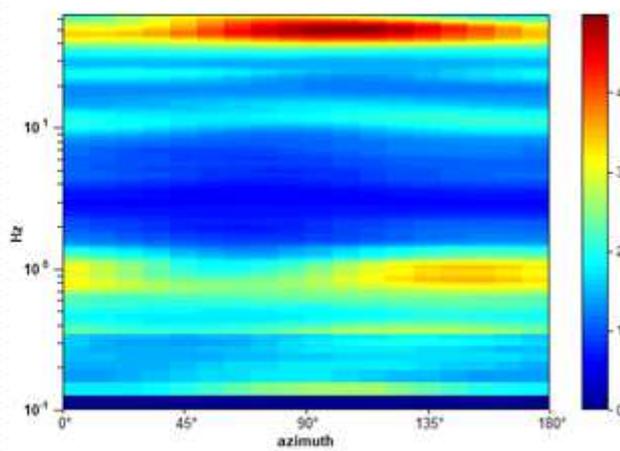
Max. H/V at 11.56 ± 2.28 Hz. (in the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	11.56 > 0.50	OK	
$\Omega_c(f_0) > 200$	13875.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 556 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	5.906 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.92 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19742 < 0.05$		NO
$\sigma_f < a(f_0)$	$2.28267 < 0.57813$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1574 < 1.58$	OK	

	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	335 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1,01Hz	2,12	0,8 Hz	2
	16 Hz	<2	11,56 Hz	2

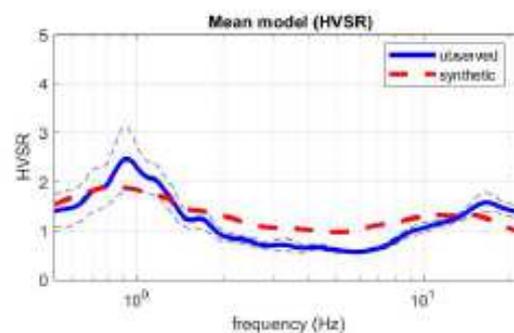
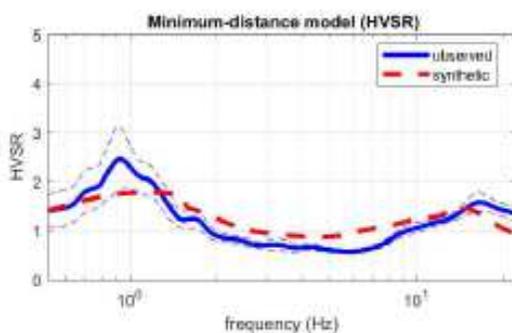
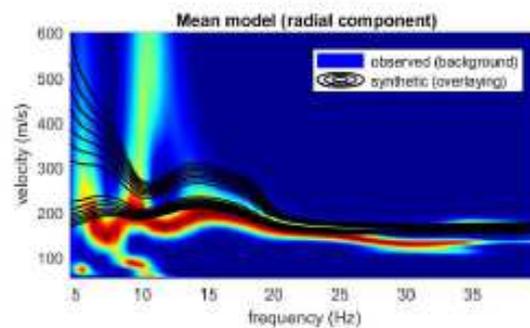
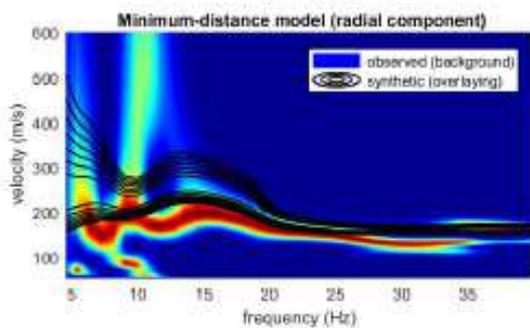
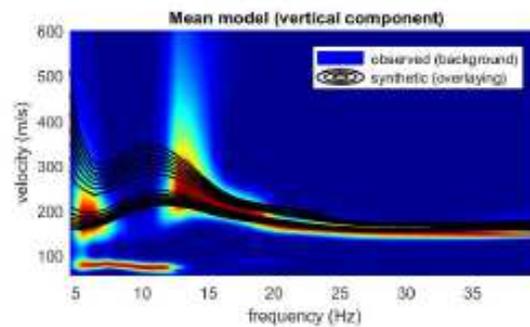
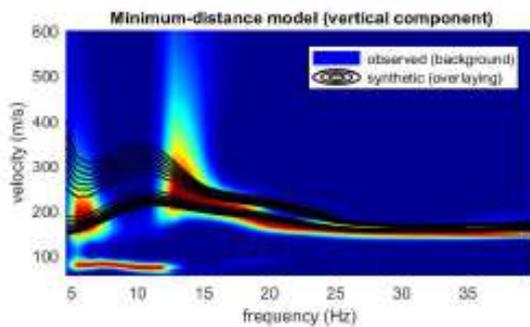
INDAGINE GEOFISICA – Via Mazzanta - OPPEANO VR

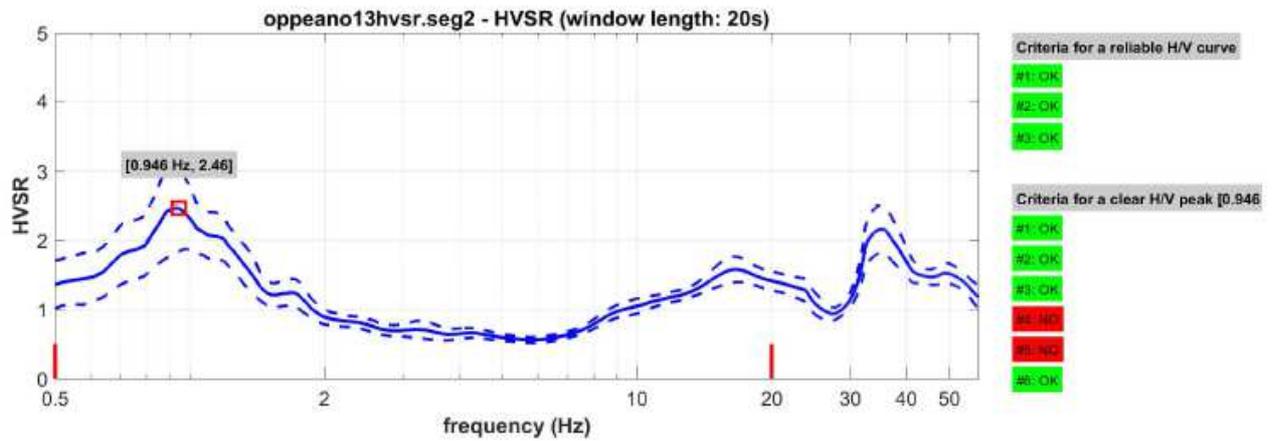


HS coordinate UTM 33
 E 190207
 N 5024906

HVS coordinate UTM 33
 E 190179
 N 5025025

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 308, 308

Shear-wave velocities (m/s): 137, 194, 218, 239, 374, 310, 420, 480, 727, 600, 716, 871

Thicknesses (m): 0.3, 0.6, 1.0, 2.2, 3.7, 18.7, 22.4, 31.6, 22.8, 24.3, 103.2

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 33 69 110 104 281 186 353 465 1118 746 1073 1629

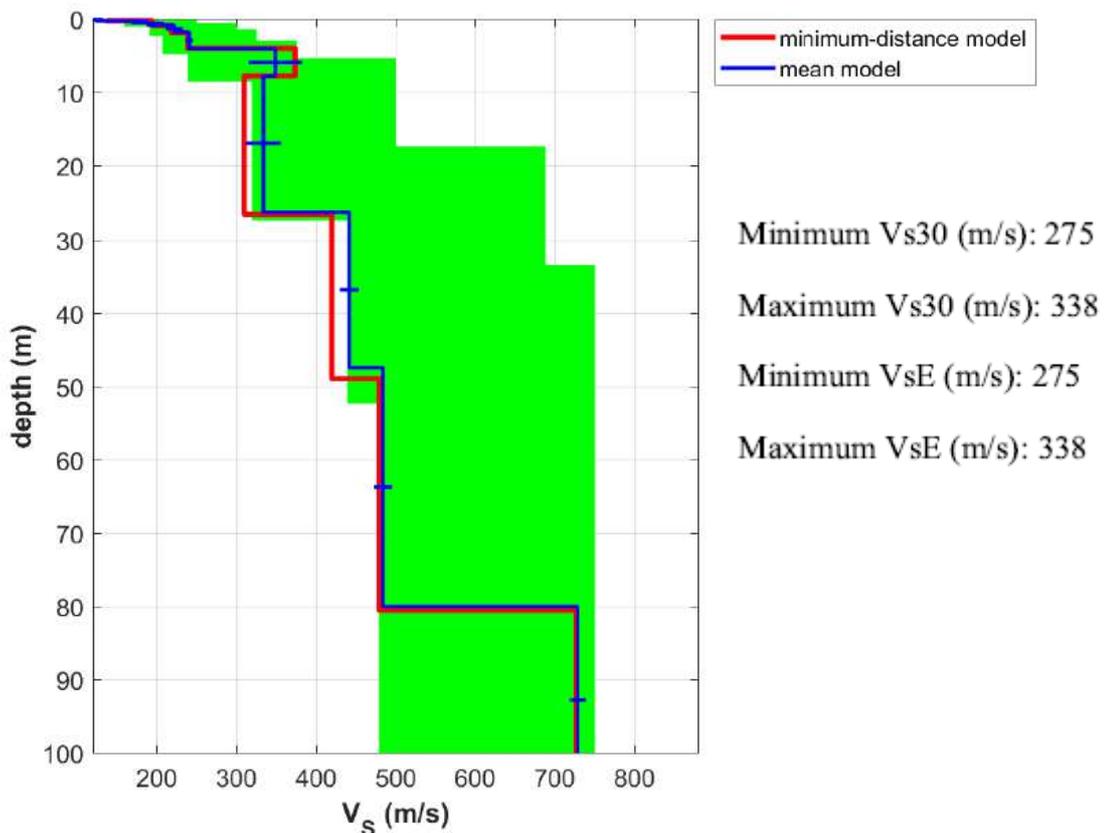
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 321, 321

Shear-wave velocities (m/s): 125, 189, 222, 241, 349, 334, 442, 484, 729, 601, 715, 985

Thicknesses (m): 0.3, 0.6, 1.0, 2.2, 3.7, 18.4, 21.2, 32.6, 25.5, 24.4, 86.1

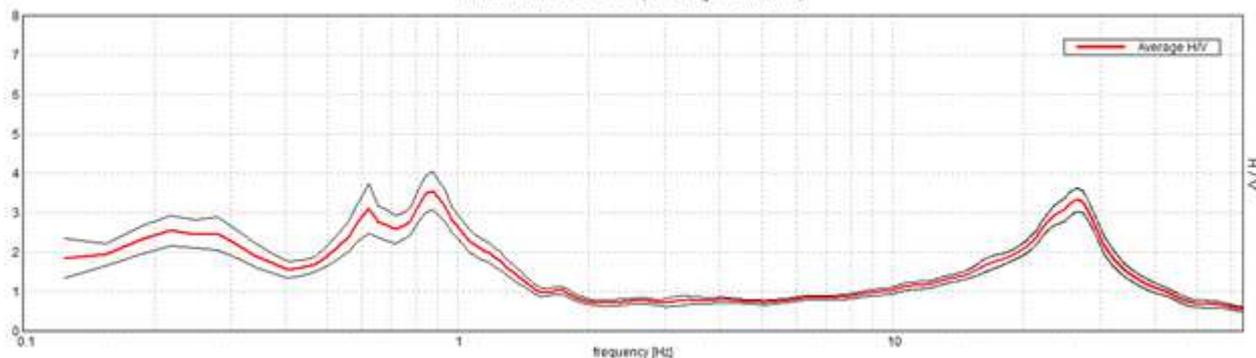
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 27 66 115 106 247 218 393 473 1124 749 1070 2112



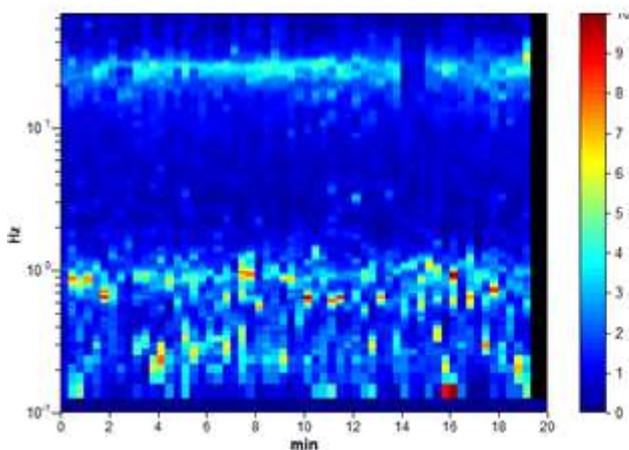
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

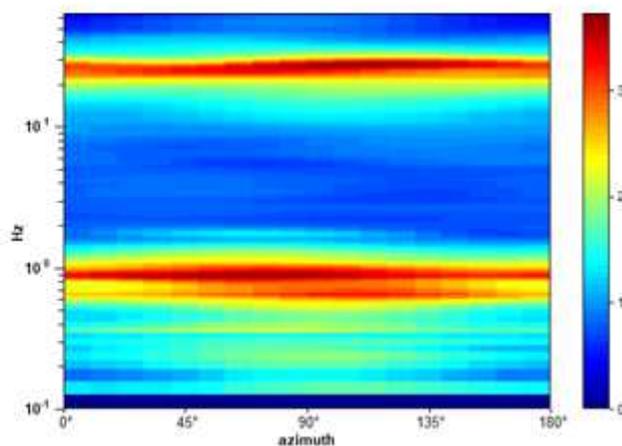
Max. H/V at 20.97 ± 3.83 Hz. (in the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	20.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	25162.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1008 times	OK	

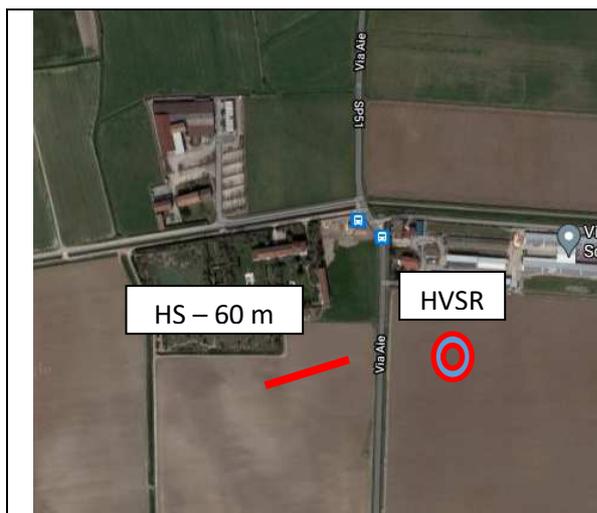
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	10.75 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	39.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.28 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18258 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \sigma(f_0)$	$3.82855 < 1.04844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1732 < 1.58$	OK	

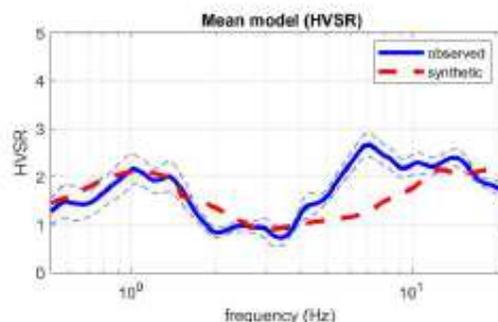
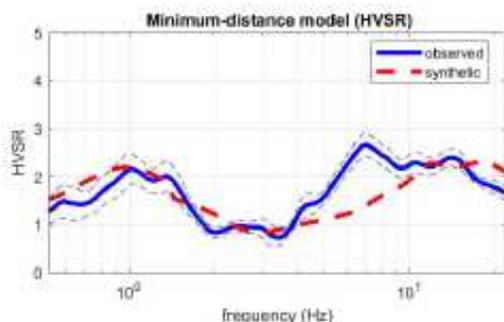
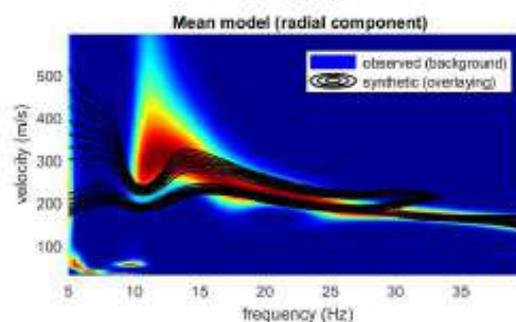
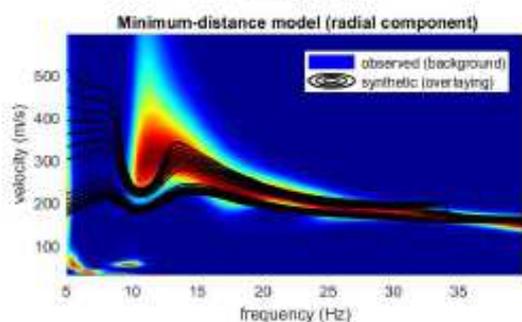
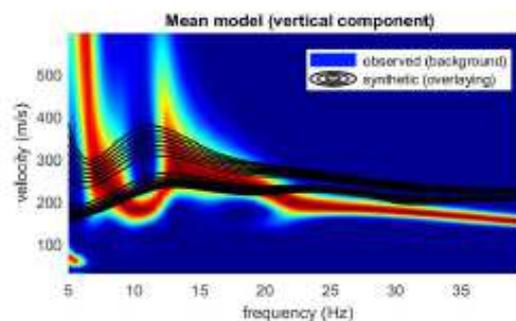
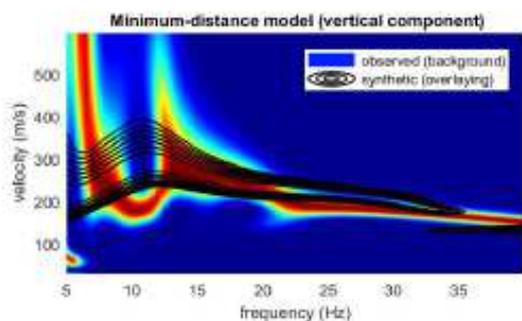
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	321 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	0,946 Hz	2,46	0,8 Hz	>3
	16 Hz	<2	20,97 Hz	<3

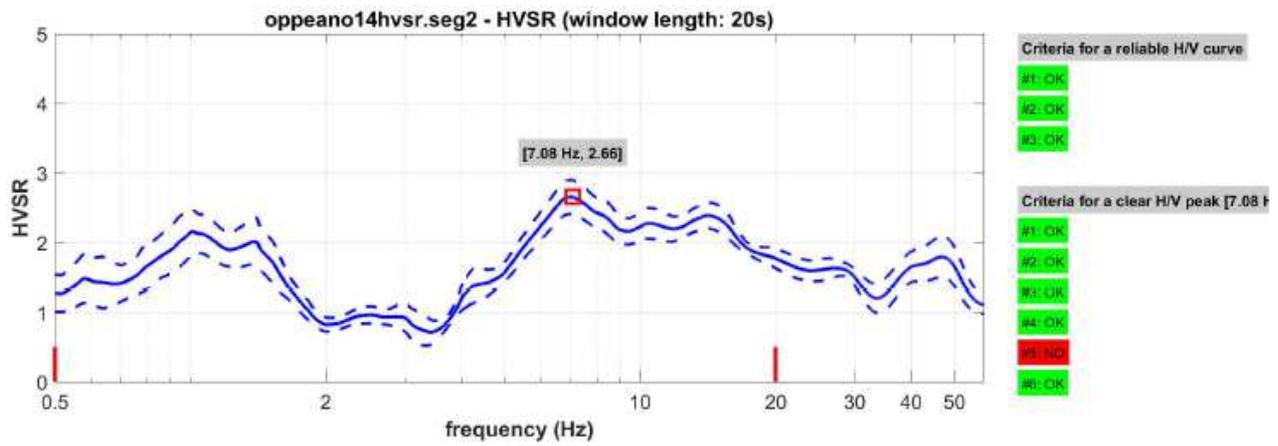
INDAGINE GEOFISICA – Via Aie - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSr coordinate UTM 33
E 190334	E 190522
N 5026353	N 5026369

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 305, 305

Shear-wave velocities (m/s): 101, 112, 230, 252, 362, 353, 249, 352, 350, 406, 645, 970

Thicknesses (m): 0.3, 0.6, 1.2, 2.1, 5.8, 7.0, 2.9, 6.0, 11.7, 21.4, 114.5

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 17 24 99 128 268 246 119 241 239 326 866 2033

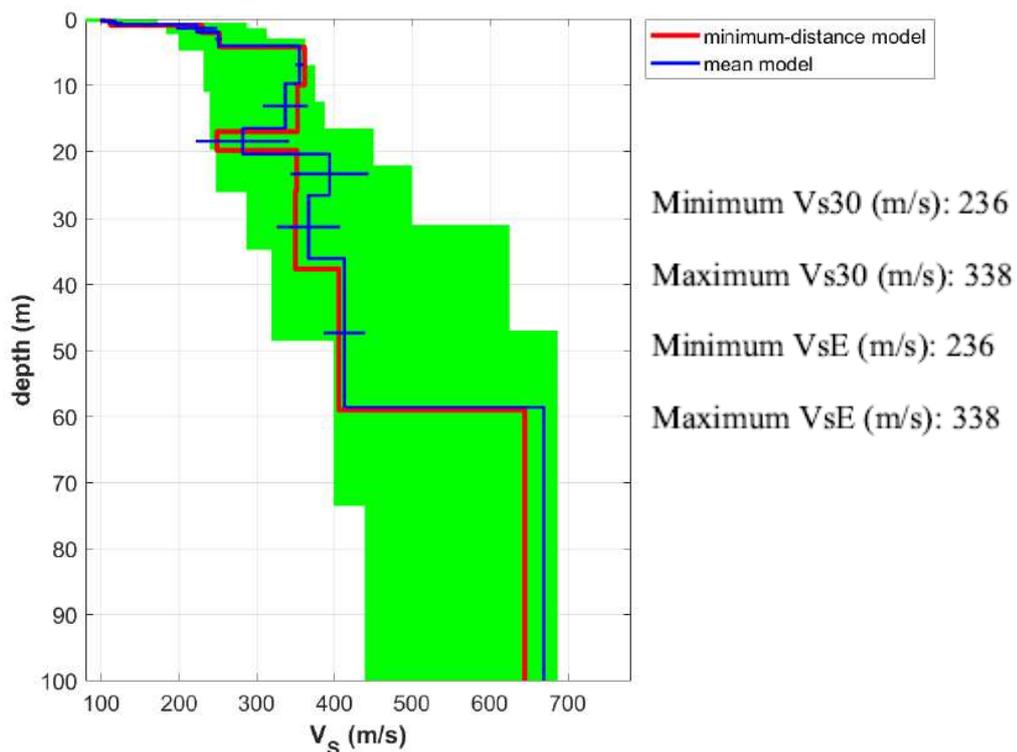
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 312, 312

Shear-wave velocities (m/s): 102, 118, 223, 251, 355, 337, 282, 394, 367, 413, 670, 972

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.1, 2.1, 5.8, 6.8, 3.9, 6.1, 9.5, 22.5, 113.9

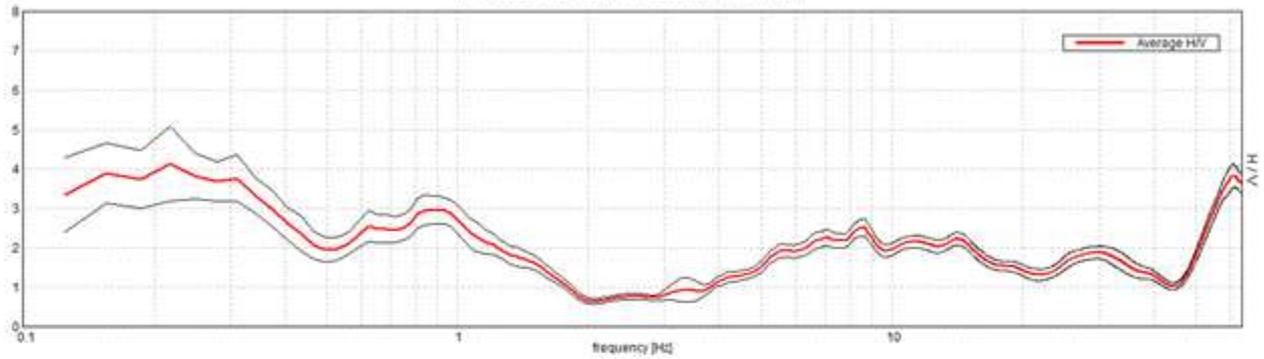
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 18 27 92 128 257 223 155 306 264 337 939 2043



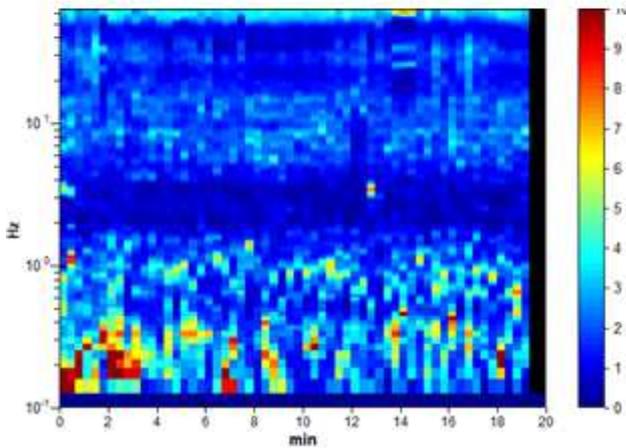
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

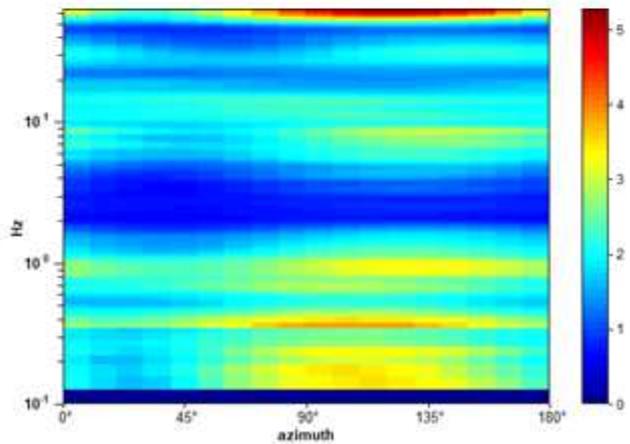
Max. H/V at 8.59 ± 2.01 Hz. (In the range 2.0 - 21.0 Hz).



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	8.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	10312.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 414 times	OK	

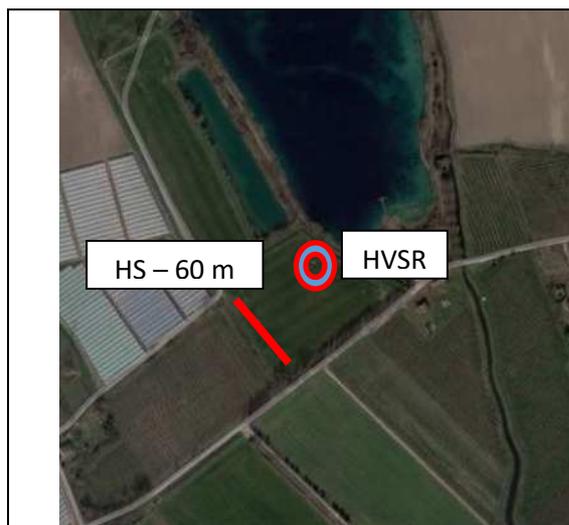
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.52 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.23386 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \alpha(f_0)$	$2.0097 < 0.42969$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2171 < 1.58$	OK	

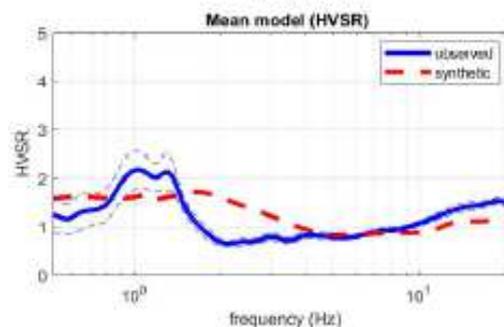
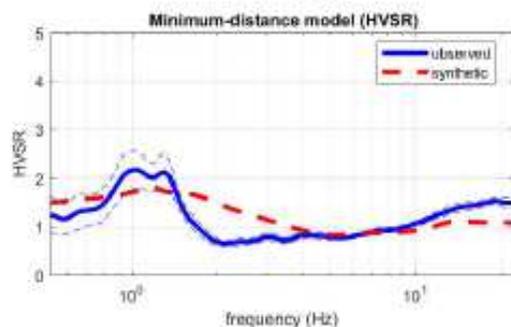
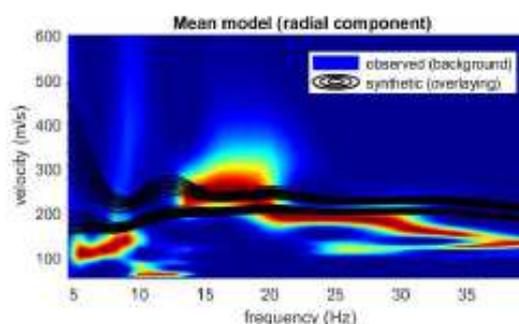
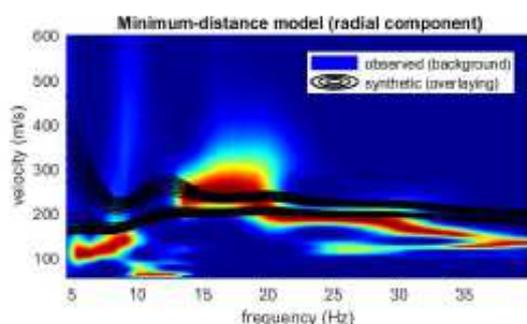
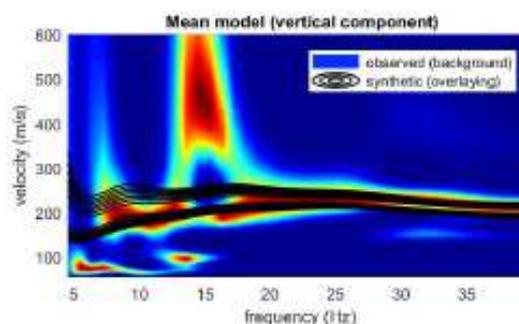
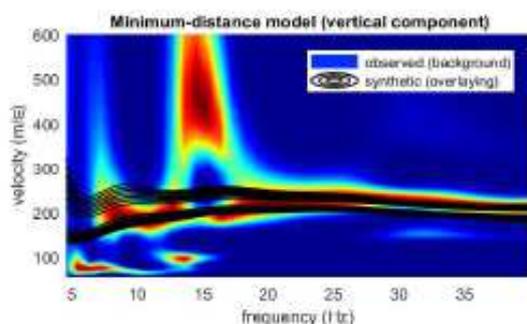
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	312 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	7,08 Hz	2,66	0,8 Hz	3
	1,5 Hz	2	5,59 Hz	< 3

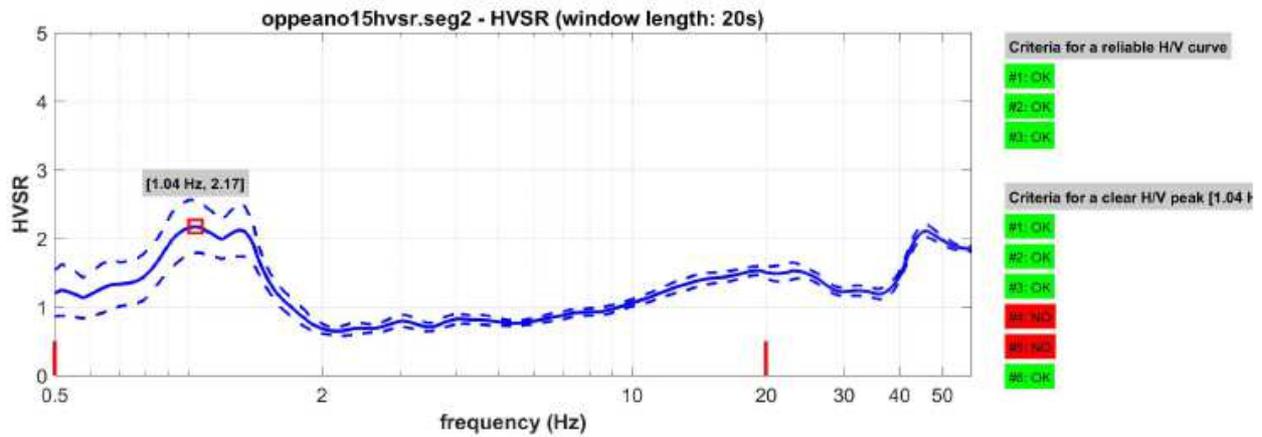
INDAGINE GEOFISICA – Via Delle Fosse - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSR coordinate UTM 33
E 192904	E 192970
N 5028218	N 5028226

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 284, 284

Shear-wave velocities (m/s): 179, 173, 254, 277, 242, 322, 440, 489, 626, 641, 682, 886

Thicknesses (m): 0.7, 0.6, 2.5, 3.5, 6.0, 15.6, 23.2, 25.5, 34.8, 54.3, 116.8

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 58 57 142 151 111 201 393 483 807 850 966 1676

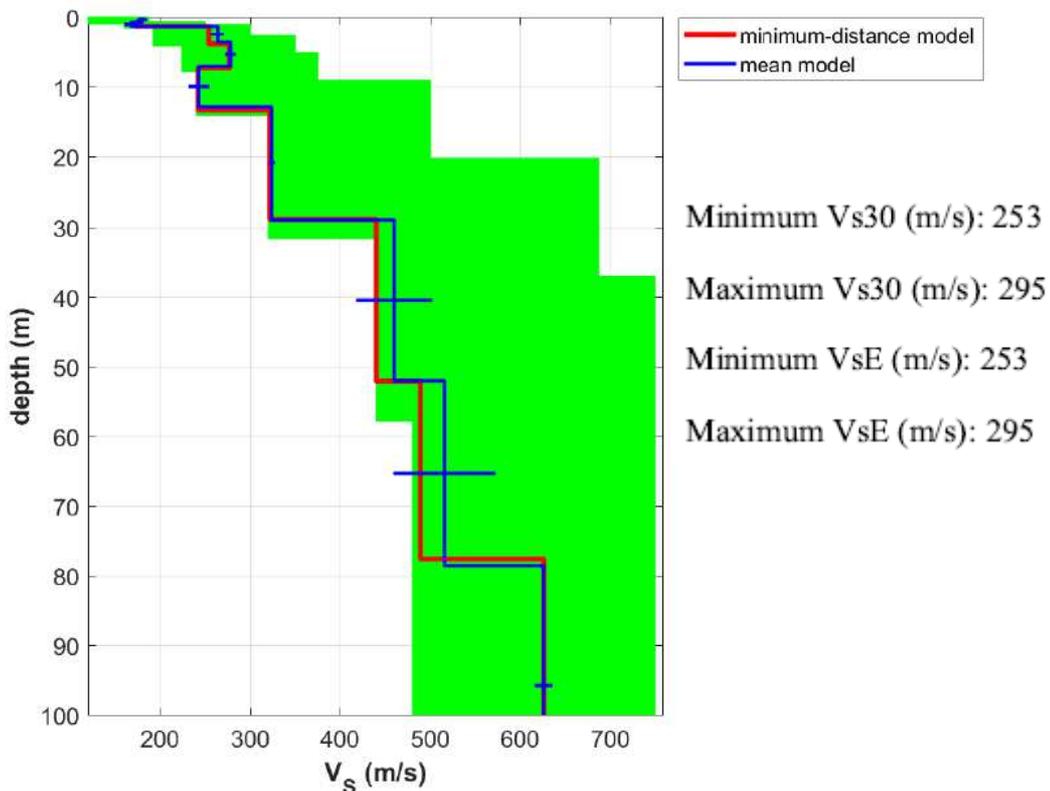
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 287, 287

Shear-wave velocities (m/s): 180, 168, 264, 278, 243, 324, 460, 516, 626, 640, 684, 952

Thicknesses (m): 0.7, 0.6, 2.2, 3.5, 5.8, 16.1, 23.1, 26.6, 34.4, 57.9, 107.6

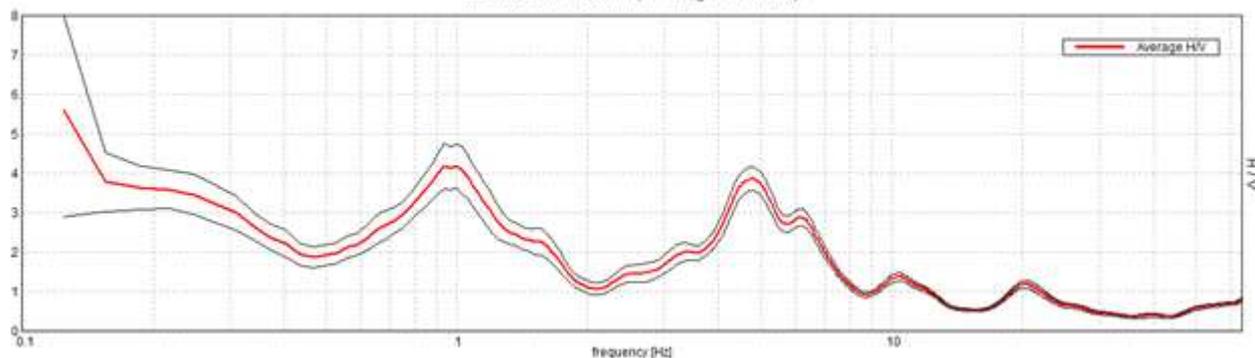
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 60 52 146 153 112 204 432 542 807 849 973 1958



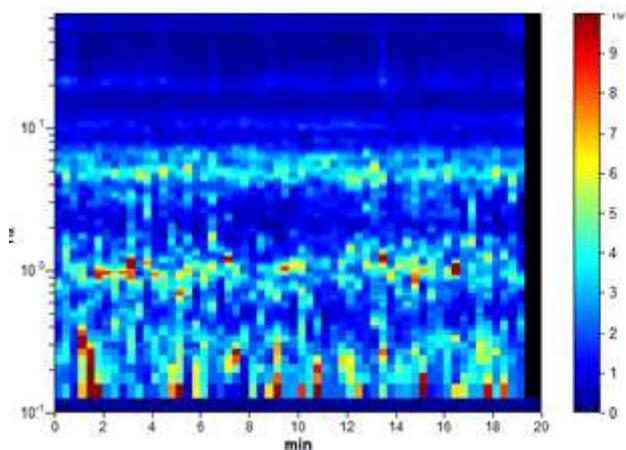
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

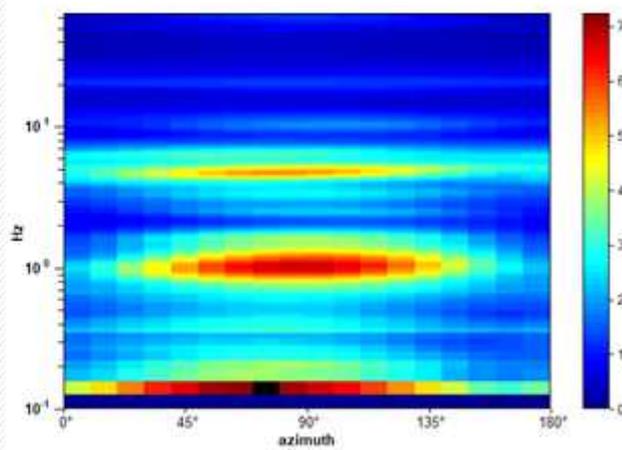
Max. HVV at 4.78 ± 0.88 Hz. (In the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	4.78 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5737.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 230 times	OK	

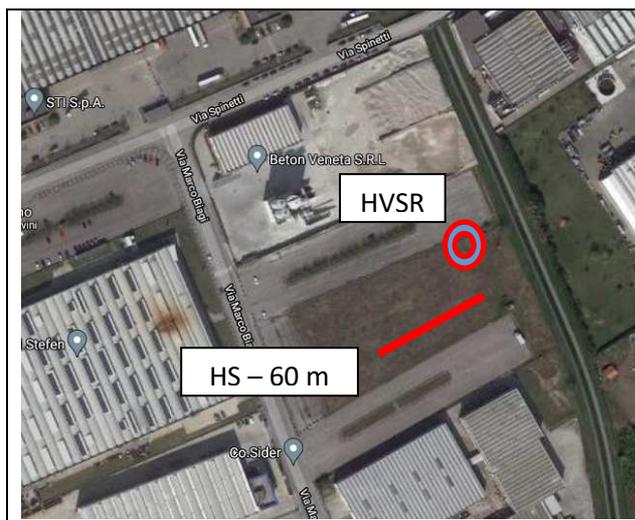
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	3.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	7.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.86 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18315 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \alpha(f_0)$	0.8757 < 0.23906		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2974 < 1.58	OK	

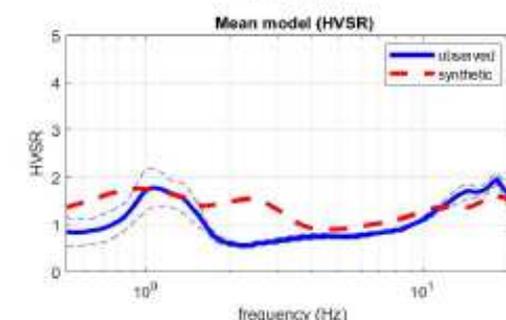
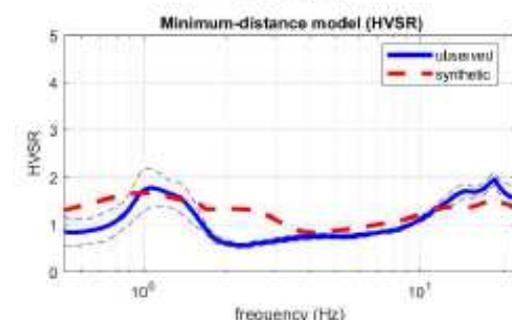
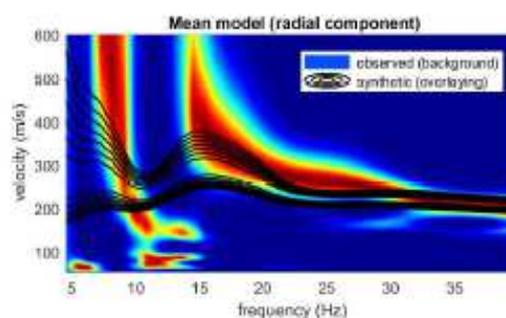
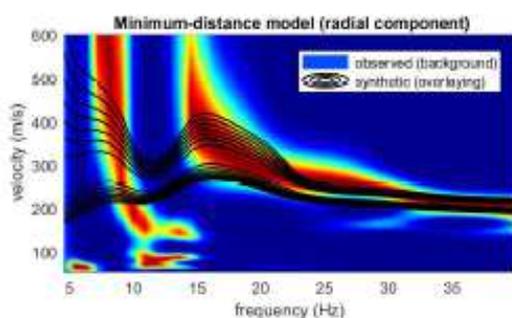
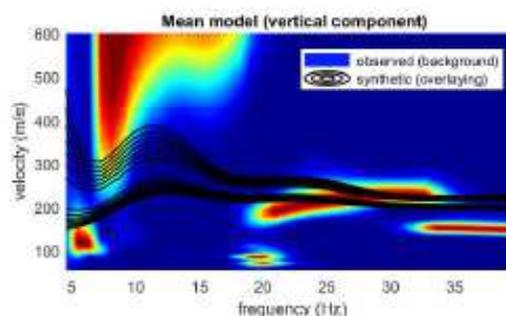
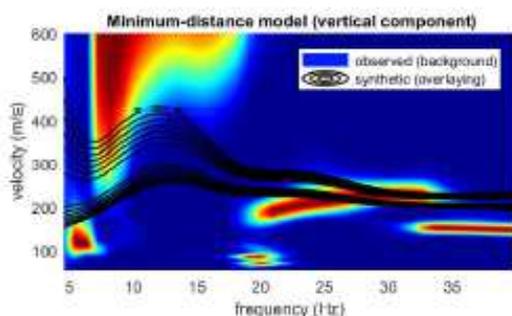
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	287 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1,04 Hz	2,17	1 Hz	4
			4,78 Hz	< 4

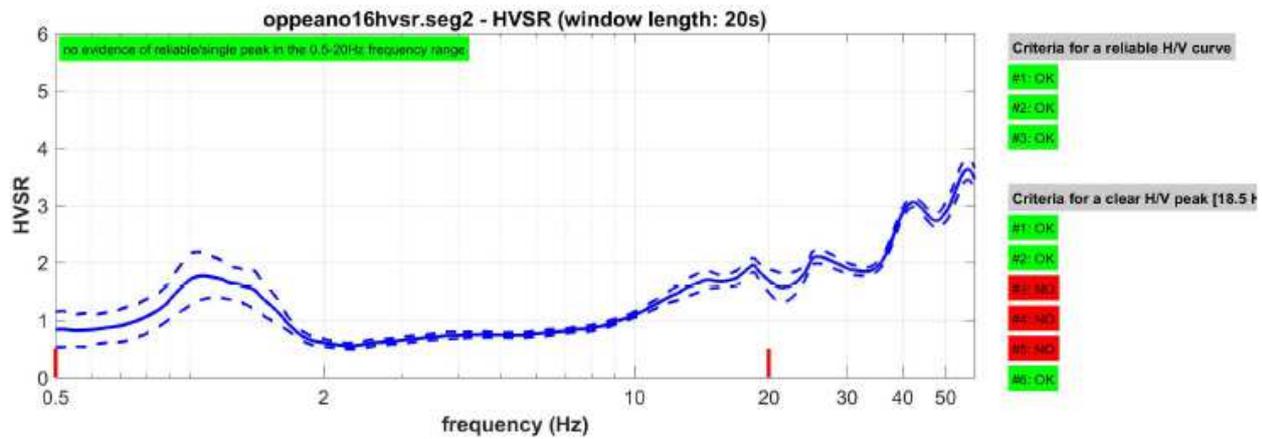
INDAGINE GEOFISICA – Via Marco Biagi - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVS coordinate UTM 33
E 192471	E 192529
N 5026913	N 5026961

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 344, 344

Shear-wave velocities (m/s): 151, 248, 299, 276, 375, 334, 443, 604, 750, 718, 639, 997

Thicknesses (m): 0.7, 0.8, 1.6, 1.0, 8.8, 11.6, 18.7, 13.1, 0.0, 0.0, 98.3

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 41 123 174 149 289 211 394 769 1204 1075 838 2151

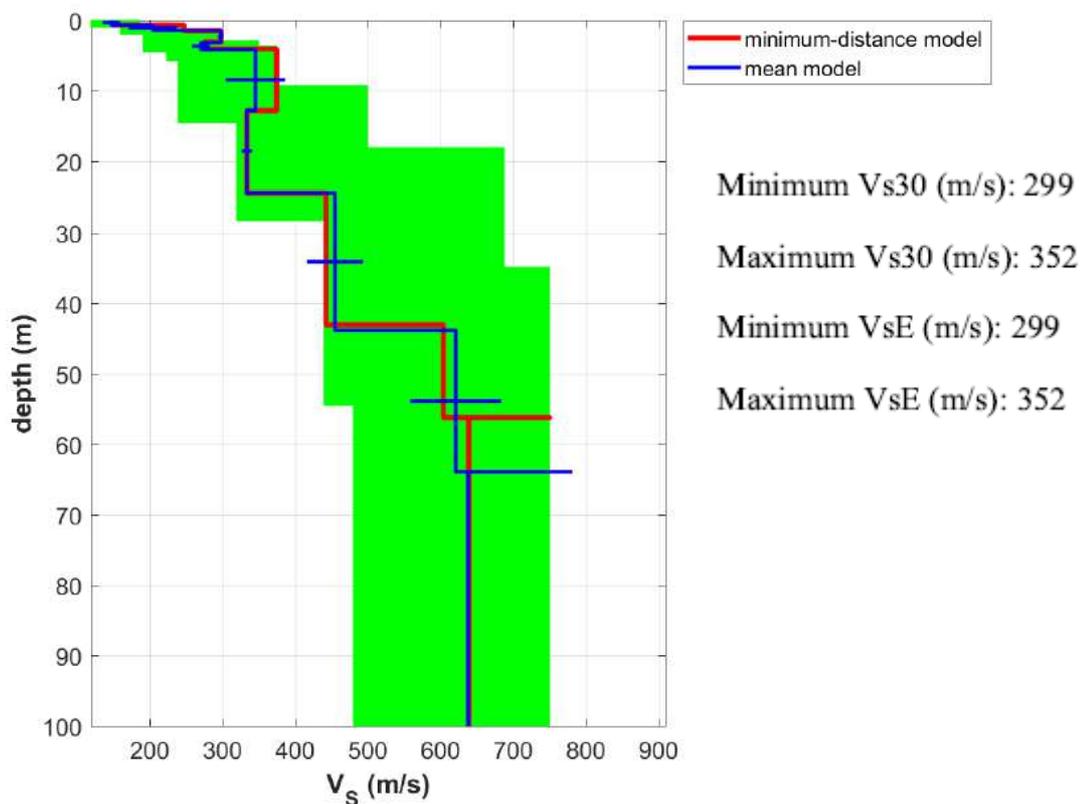
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 334, 334

Shear-wave velocities (m/s): 148, 205, 298, 271, 346, 334, 455, 621, 732, 718, 638, 1017

Thicknesses (m): 0.7, 0.8, 1.7, 1.0, 8.6, 11.6, 19.5, 20.0, 0.0, 0.0, 99.4

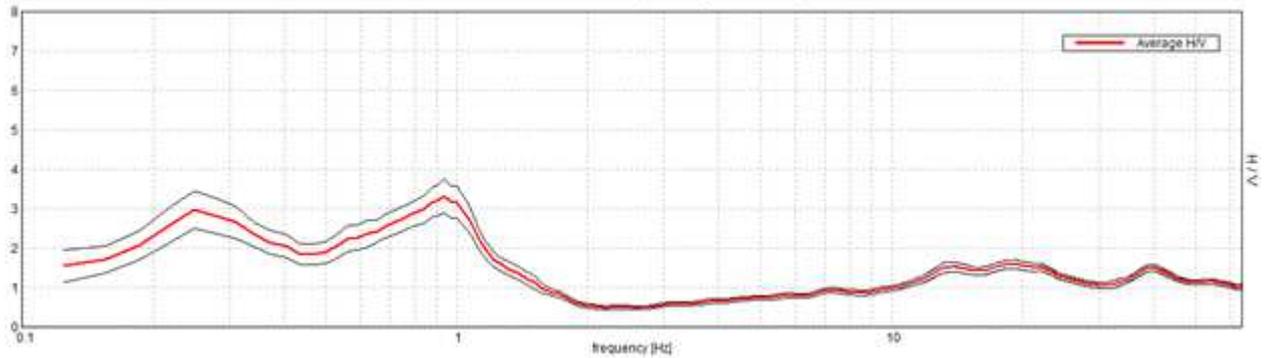
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 40 82 173 145 243 215 418 814 1142 1082 837 2244



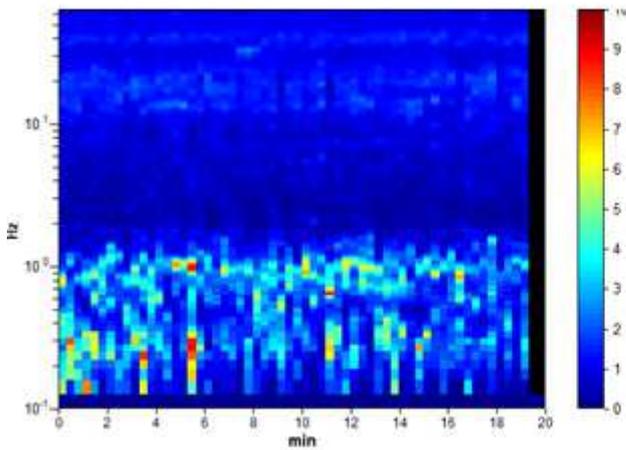
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

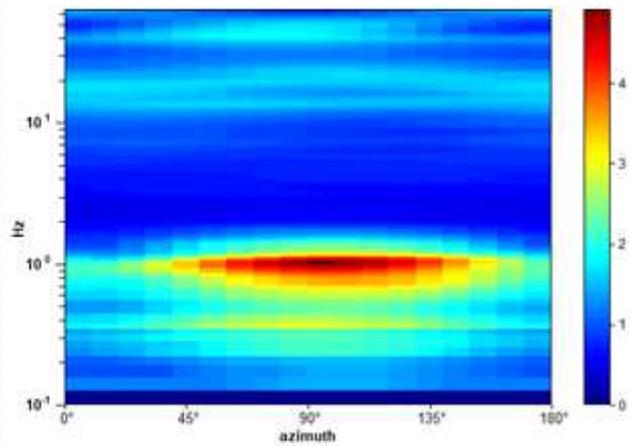
Max. H/V at 19.25 ± 3.61 Hz. (In the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	19.25 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	23100.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 925 times	OK	

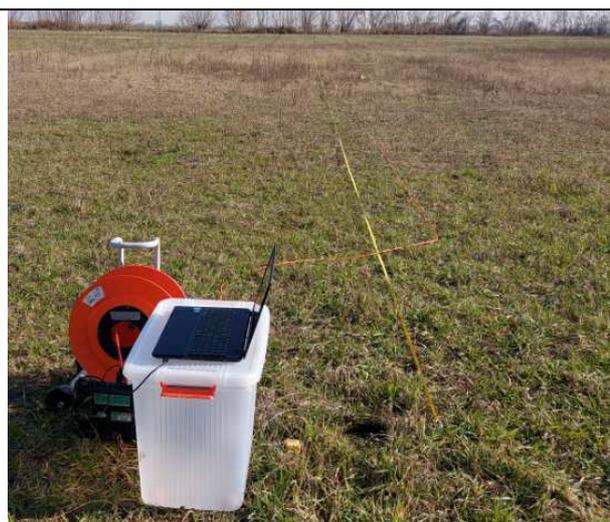
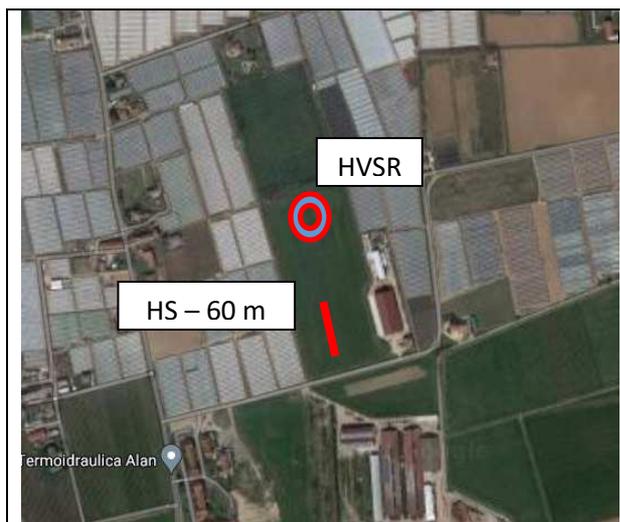
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	6.281 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.60 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18727 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \theta(f_0)$	3.60501 < 0.9625		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.107 < 1.58	OK	

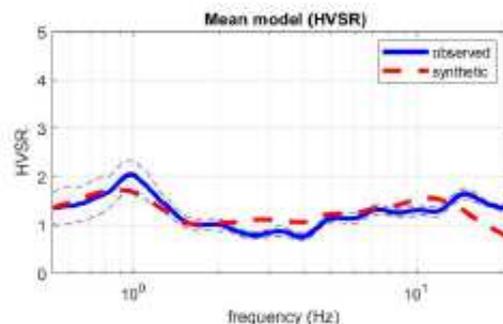
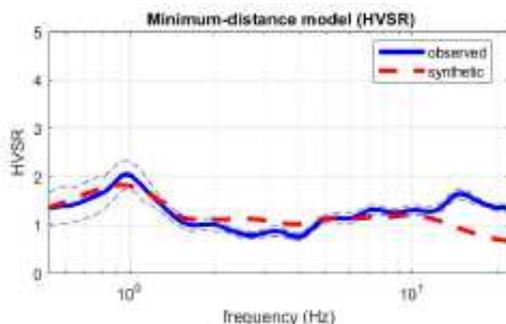
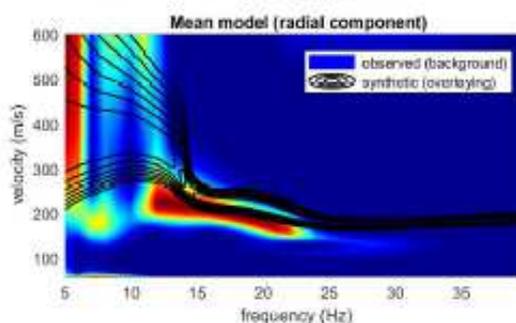
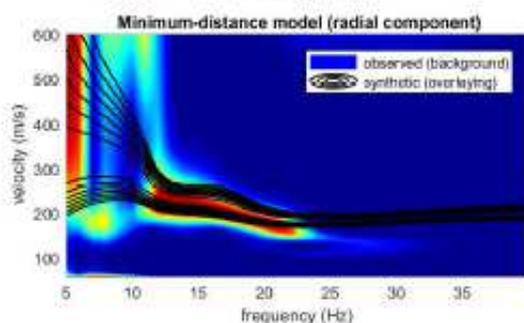
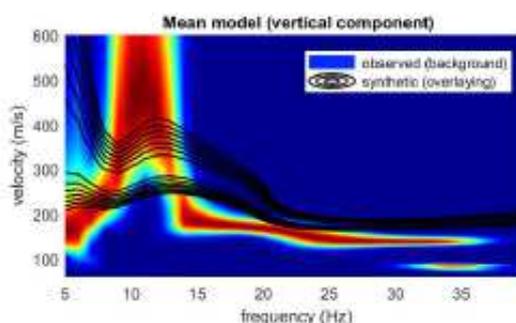
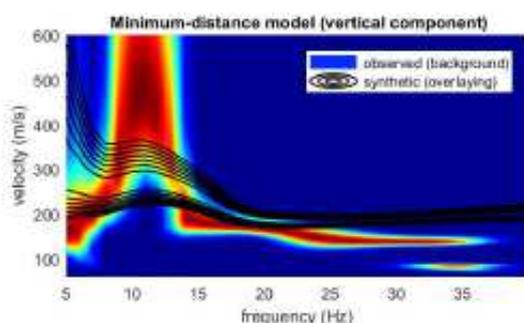
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	334 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1 Hz	2	0,8 Hz	3
	18,5 Hz	>2	19,25 Hz	< 2

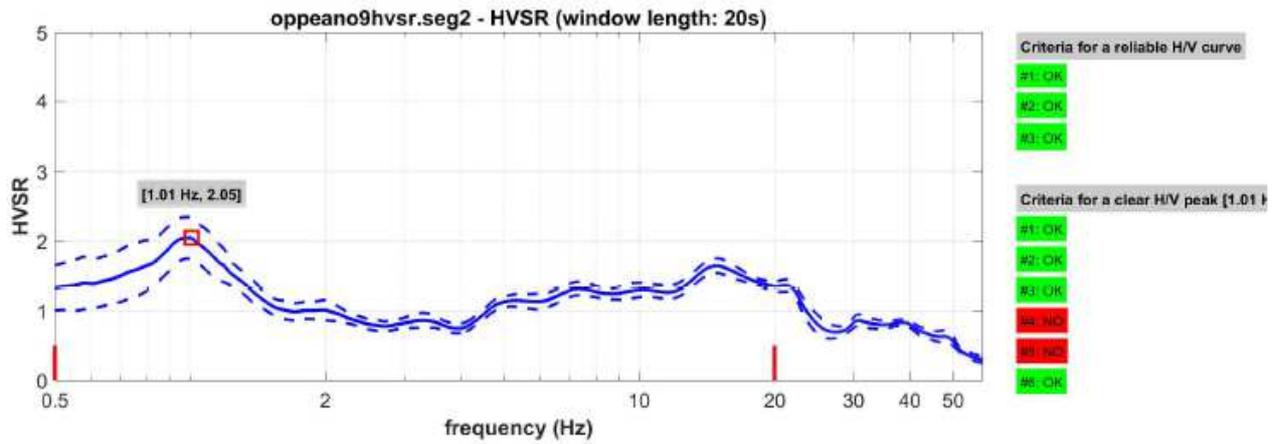
INDAGINE GEOFISICA – Via Bosco Riondo- OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSr coordinate UTM 33
E 190853	E 190825
N 5027429	N 5027575

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 380, 380

Shear-wave velocities (m/s): 186, 307, 272, 240, 376, 415, 463, 503, 564, 594, 594, 1021

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.0, 2.4, 4.7, 15.9, 28.5, 0.0, 0.0, 0.0, 94.7

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 71 177 143 105 282 348 441 510 655 727 720 2270

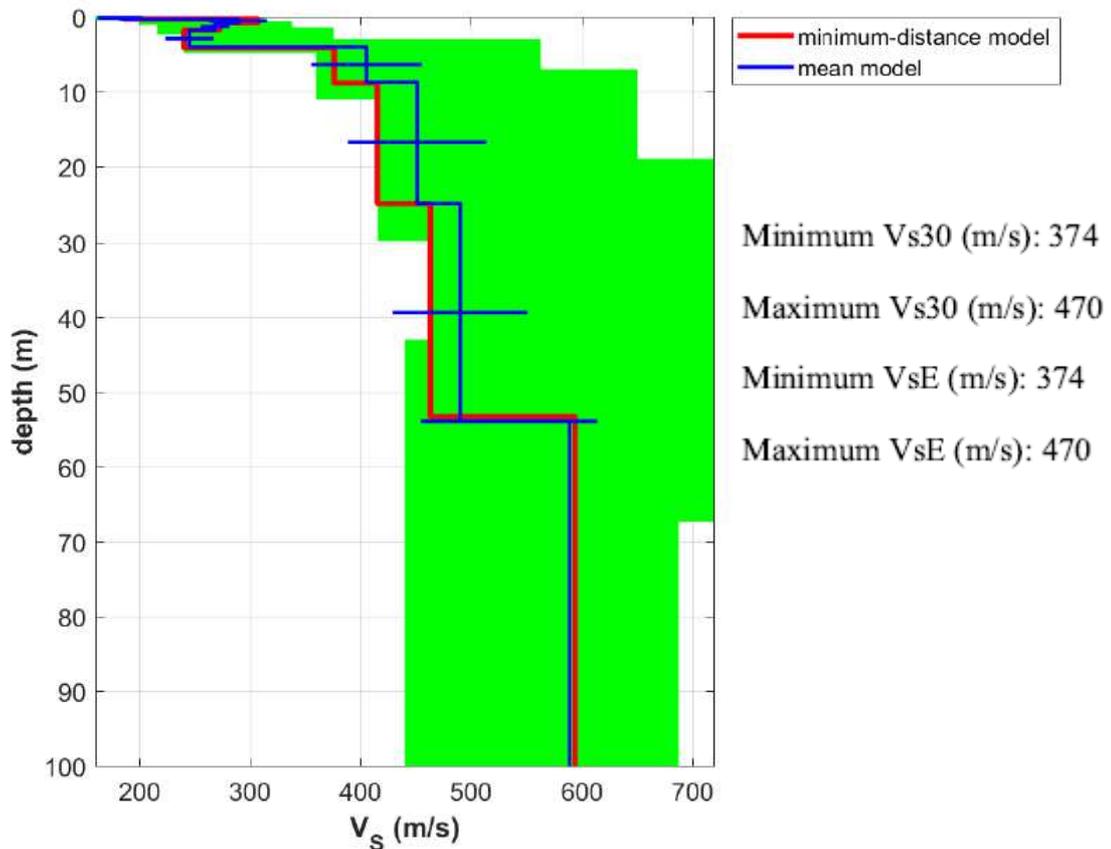
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 406, 406

Shear-wave velocities (m/s): 182, 289, 268, 245, 405, 451, 490, 505, 539, 597, 589, 1030

Thicknesses (m): 0.3, 0.5, 1.0, 2.2, 4.7, 16.0, 29.1, 0.0, 0.0, 0.0, 98.1

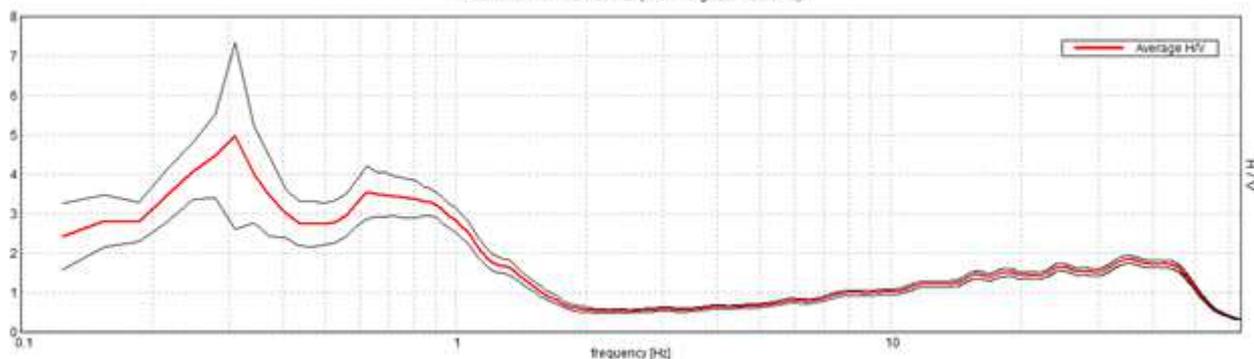
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 69 159 139 113 331 415 497 513 594 735 707 2314



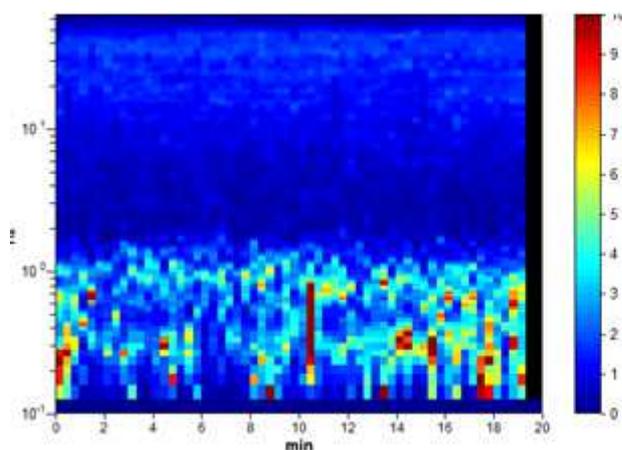
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

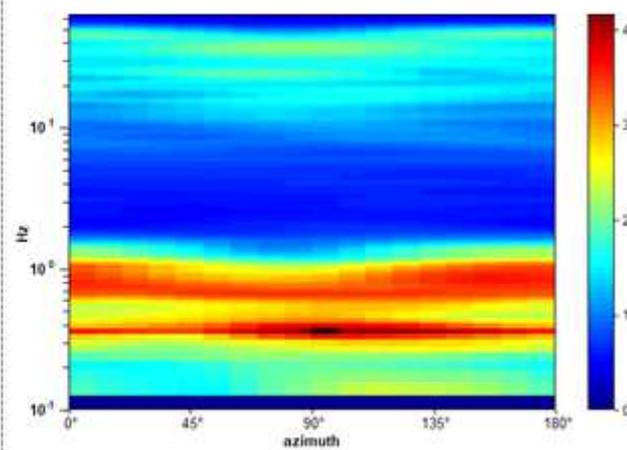
Max. H/V at 18.75 ± 3.63 Hz. (In the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	18.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	22500.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 901 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	5.594 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	53.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.52 > 2		NO
$f_{peak}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19361 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \sigma(f_0)$	$3.63024 < 0.9375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.098 < 1.58$	OK	

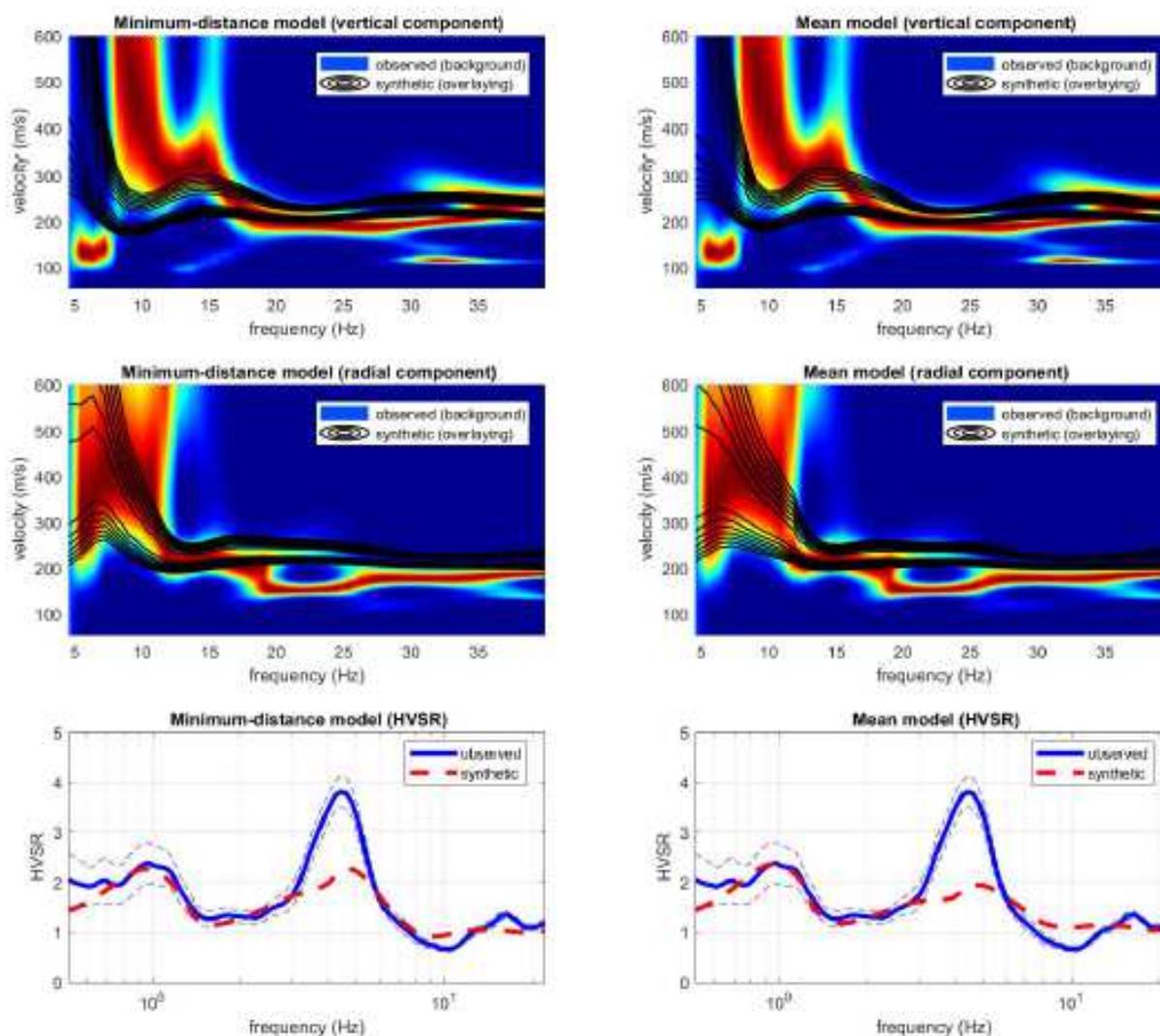
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	406 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1,01Hz	2,05	0,6 Hz	>3
	15 Hz	<2	18,75 Hz	< 2

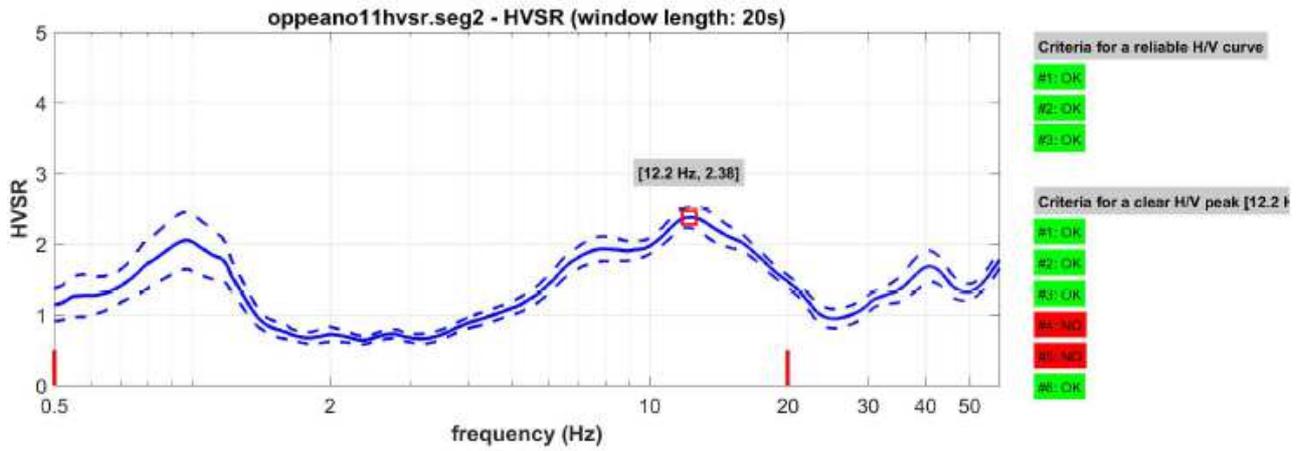
INDAGINE GEOFISICA–Via Antonio Salieri-OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSR coordinate UTM 33
E 191775	E 191817
N 5028781	N 5028855

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 417, 417

Shear-wave velocities (m/s): 153, 211, 287, 304, 335, 397, 685, 645, 748, 755, 754, 1497

Thicknesses (m): 0.4, 0.6, 1.2, 2.5, 3.4, 11.5, 23.0, 31.5, 0.0, 0.0, 115.4

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 42 80 197 206 234 330 995 874 1186 1209 1197 5097

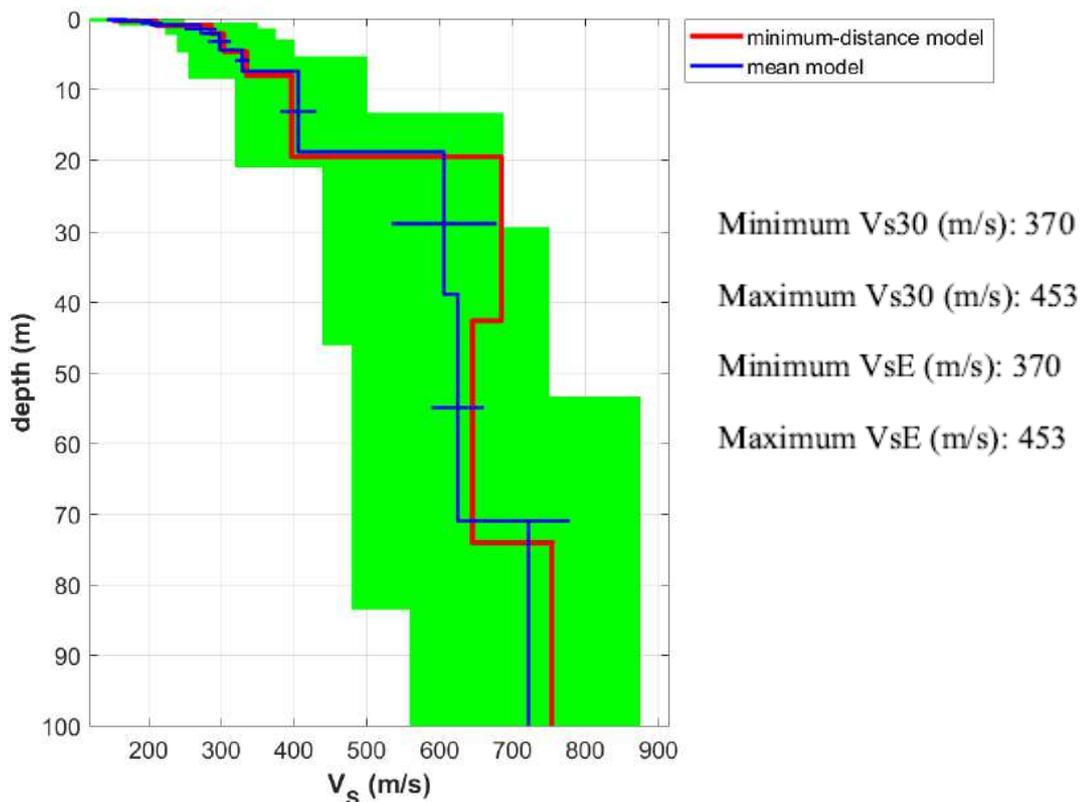
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 411, 411

Shear-wave velocities (m/s): 157, 205, 272, 298, 329, 406, 606, 625, 721, 702, 722, 1477

Thicknesses (m): 0.3, 0.6, 1.1, 2.3, 3.1, 11.4, 19.9, 32.1, 0.0, 0.0, 111.1

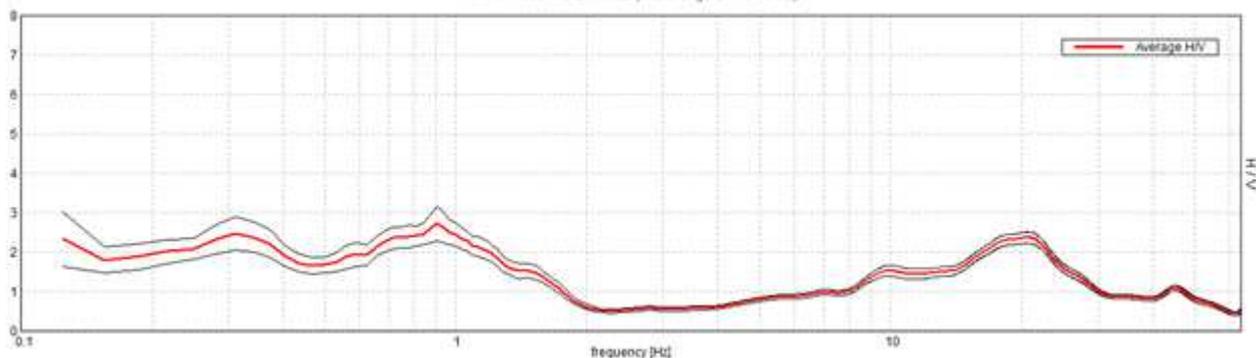
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 46 79 166 184 219 344 770 815 1101 1036 1091 4952



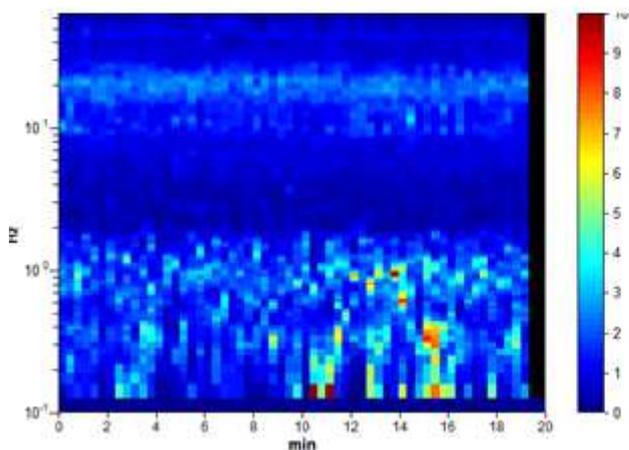
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

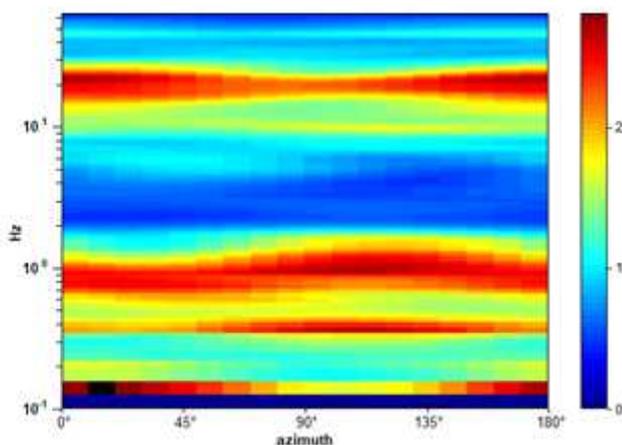
Max. HVV at 20.63 ± 4.0 Hz. (In the range 2.0 - 21.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$20.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$24750.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 991 times	OK	

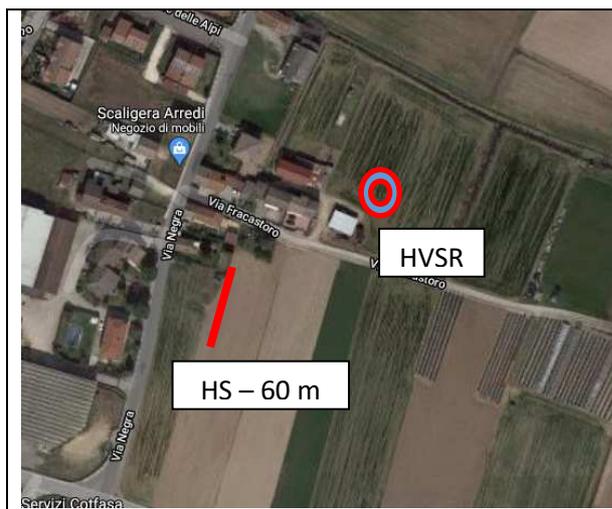
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.5 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	28.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.37 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.19377 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \alpha(f_0)$	$3.99645 < 1.03125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1445 < 1.58$	OK	

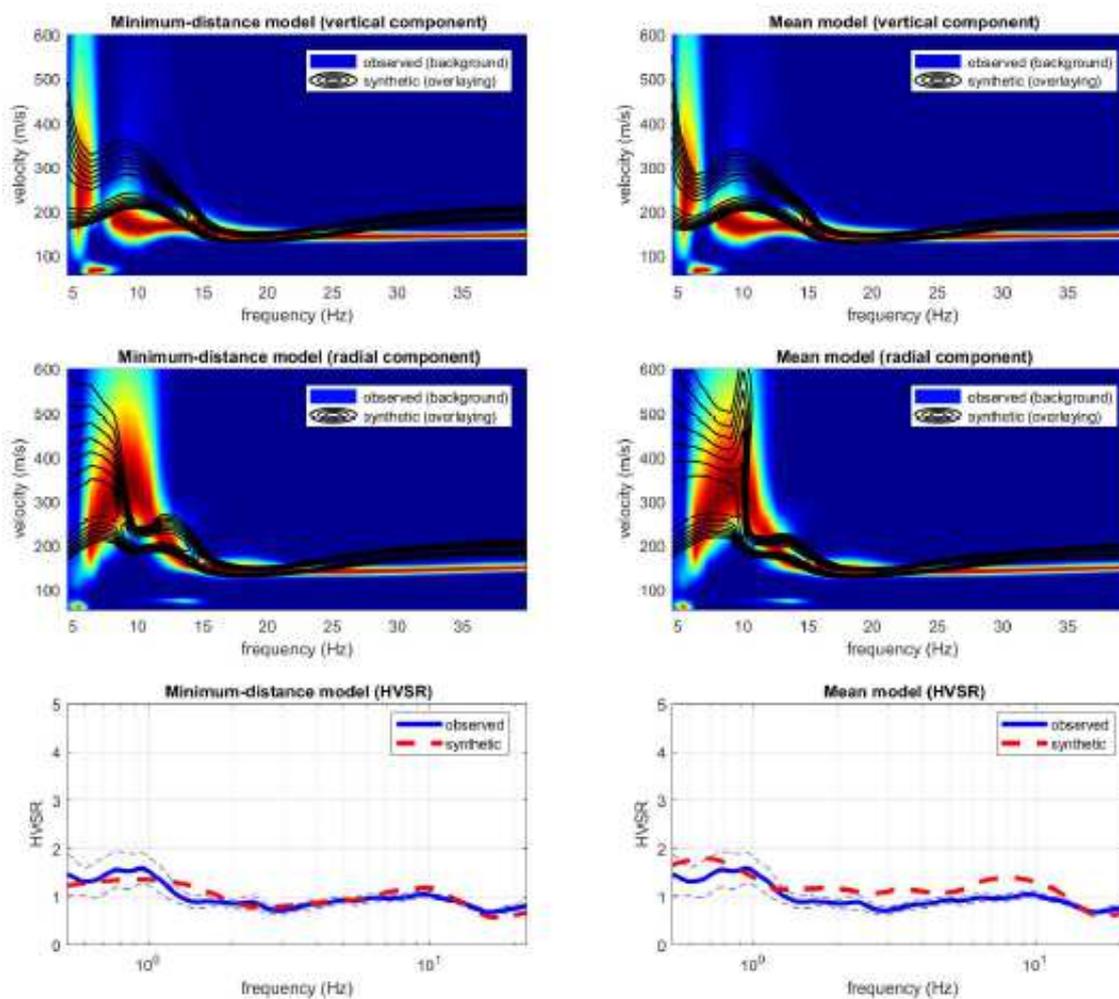
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	411 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1 Hz	2	0,8 Hz	<3
	12,02 Hz	2,38	20,63 Hz	>2

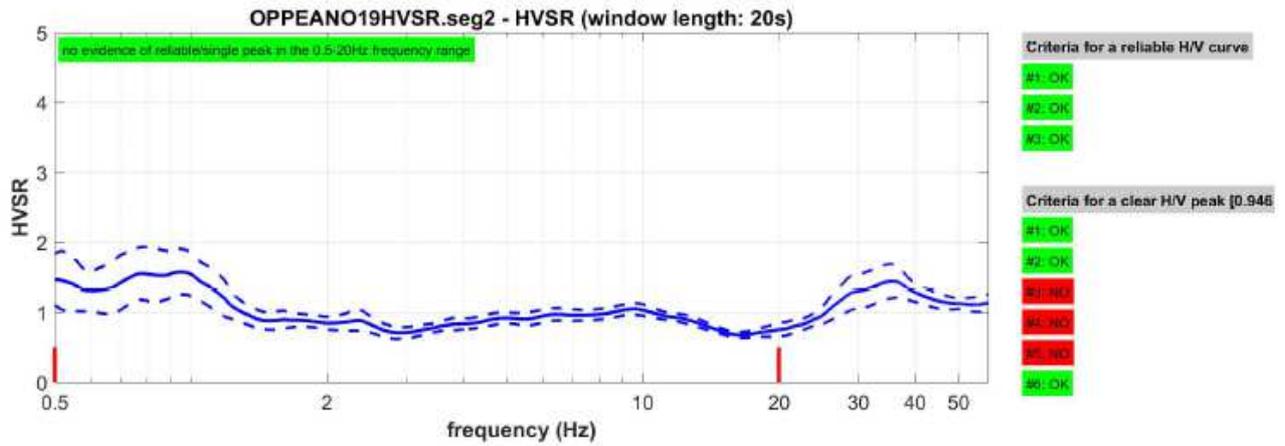
INDAGINE GEOFISICA – Via Fracastoro - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSr coordinate UTM 33
E 200736	E 200827
N 5023177	N 5023245

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 296, 296

Shear-wave velocities (m/s): 108, 170, 285, 201, 344, 333, 248, 327, 371, 407, 539, 620

Thicknesses (m): 0.3, 0.2, 1.1, 3.3, 4.5, 10.5, 1.8, 11.5, 14.7, 24.2, 115.8

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 20 52 193 75 284 216 115 206 270 328 594 796

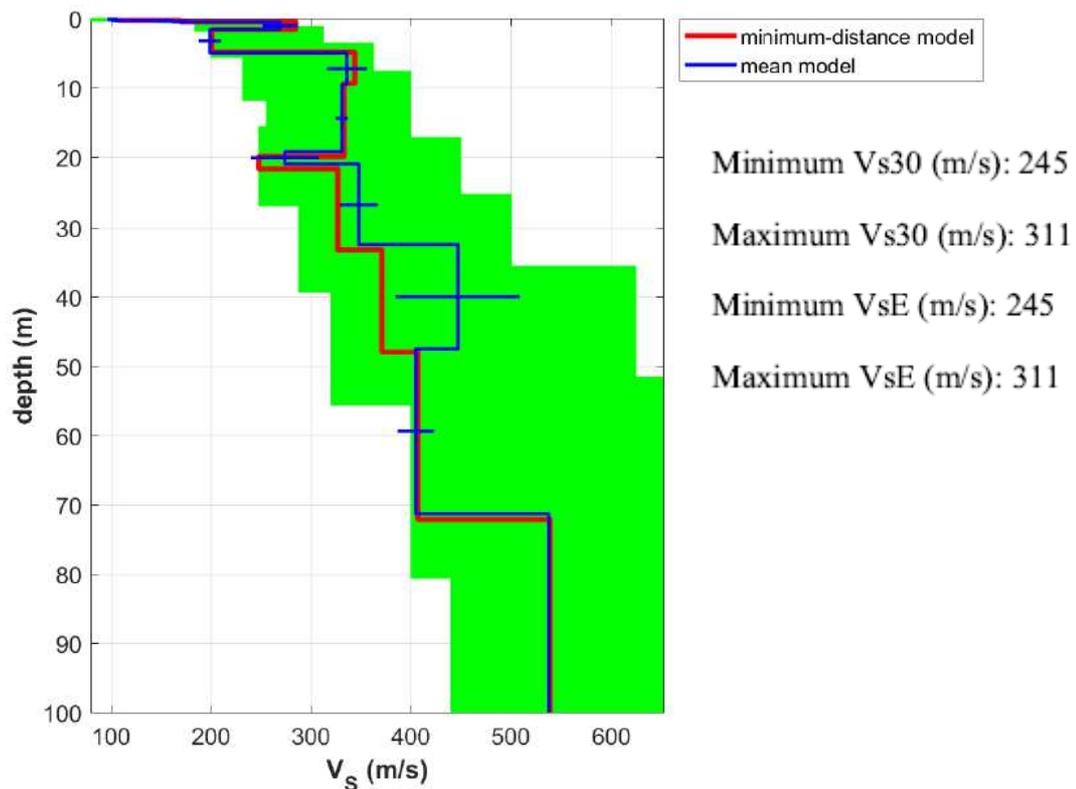
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 299, 299

Shear-wave velocities (m/s): 102, 162, 269, 199, 336, 331, 274, 348, 447, 405, 538, 841

Thicknesses (m): 0.3, 0.2, 1.1, 3.4, 4.6, 9.7, 1.7, 11.5, 15.1, 23.8, 114.4

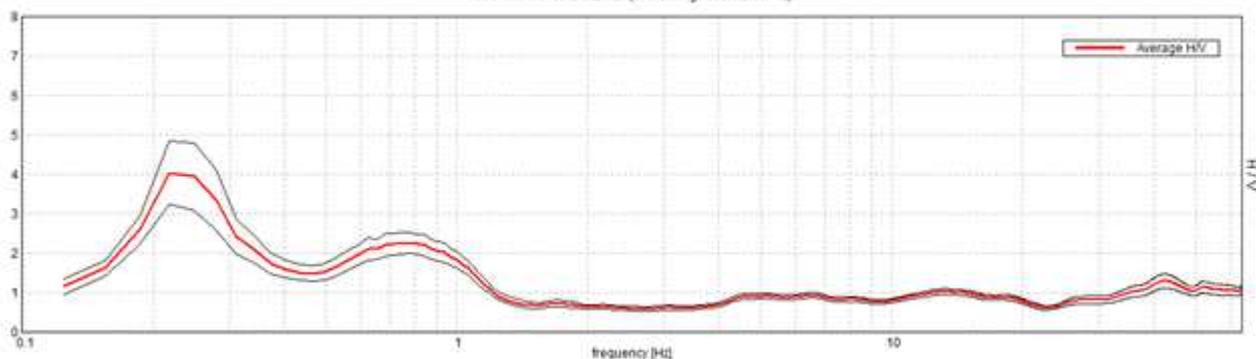
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 17 47 160 78 238 212 142 235 400 325 591 1511



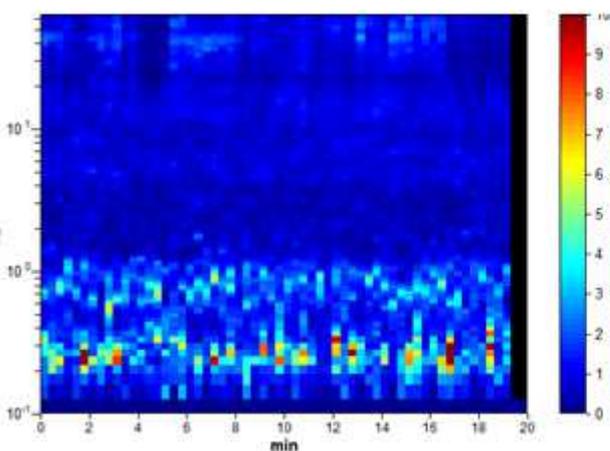
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

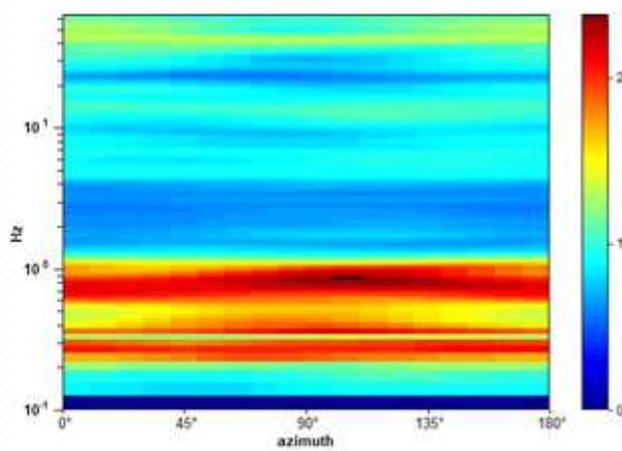
Max. H/V at 1.0 ± 0.2 Hz (in the range 1.0 - 20.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1200.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 49 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	1.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.85 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.203 < 0.05$		NO
$\sigma_f < a(f_0)$	$0.203 < 0.1$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2019 < 1.78$	OK	

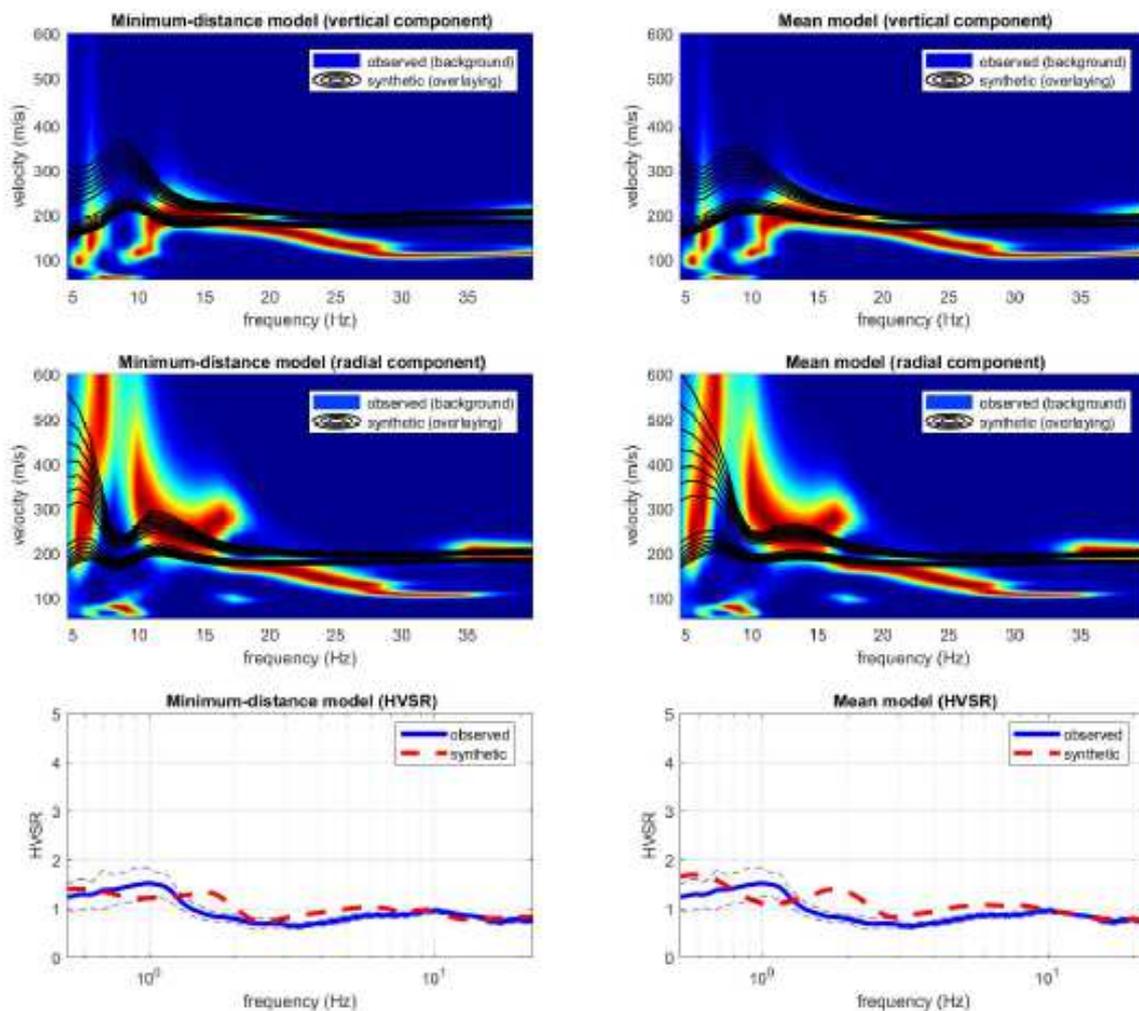
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	299 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	0,9 Hz	<2	0.6 Hz	2

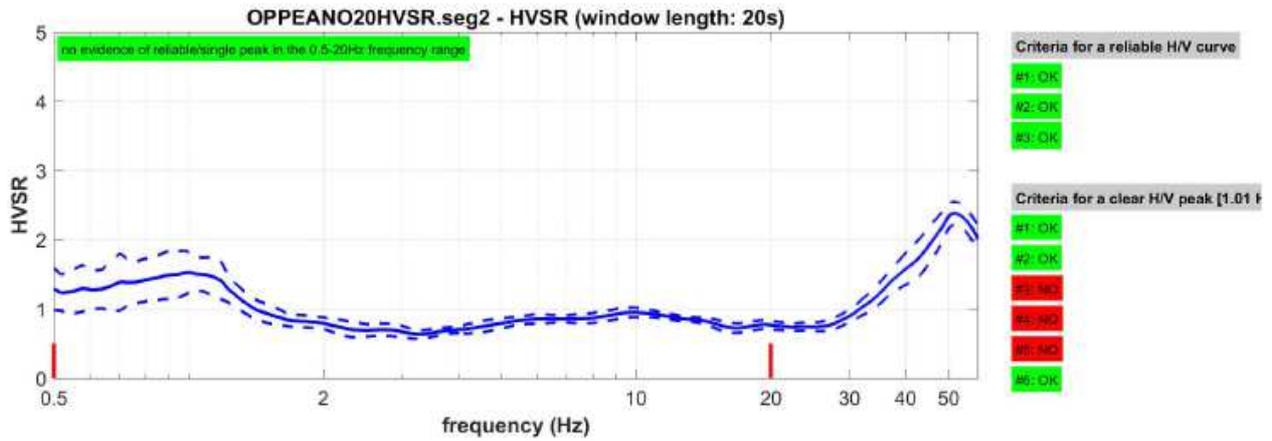
INDAGINE GEOFISICA – Via Napoleonica - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSR coordinate WGS84
E 199999	E 200047
N 5023489	N5023507

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 256, 256

Shear-wave velocities (m/s): 124, 140, 256, 224, 254, 309, 282, 233, 391, 606, 442, 692

Thicknesses (m): 0.3, 0.2, 1.0, 2.2, 5.6, 6.5, 5.8, 15.3, 16.1, 20.7, 104.1

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 27 37 142 96 150 179 151 100 297 764 389 994

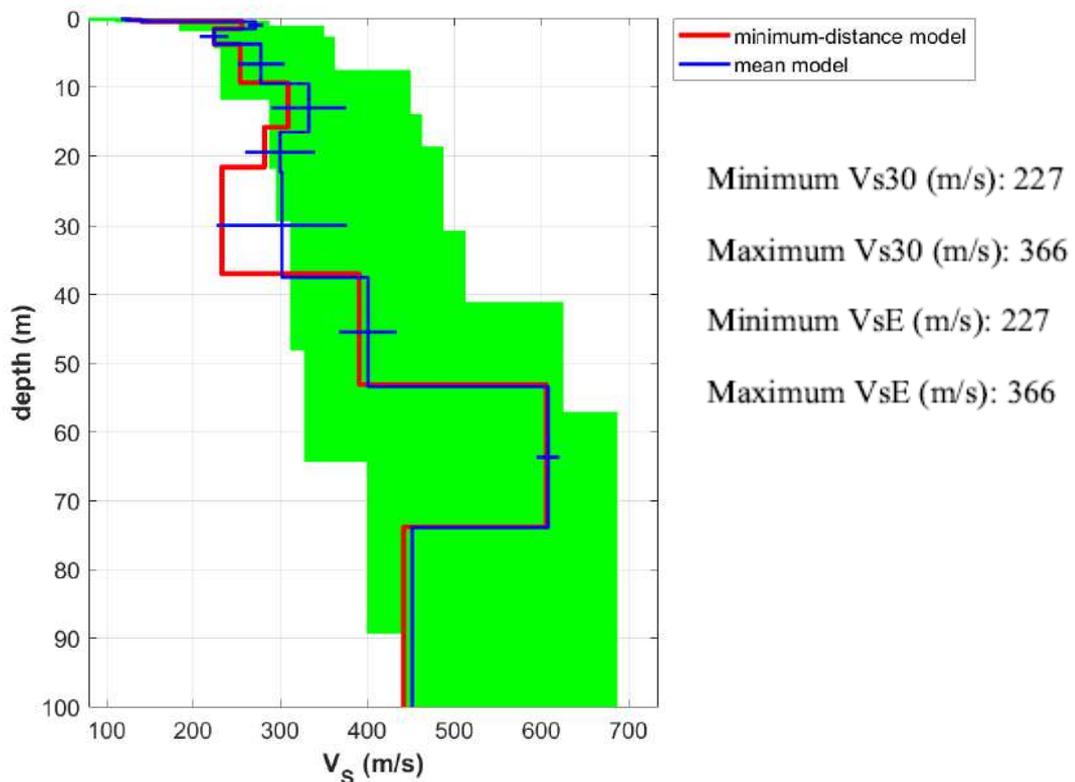
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 288, 288

Shear-wave velocities (m/s): 123, 142, 272, 224, 278, 333, 300, 302, 401, 608, 452, 821

Thicknesses (m): 0.3, 0.2, 1.0, 2.2, 5.8, 7.1, 5.8, 15.2, 15.9, 20.5, 103.2

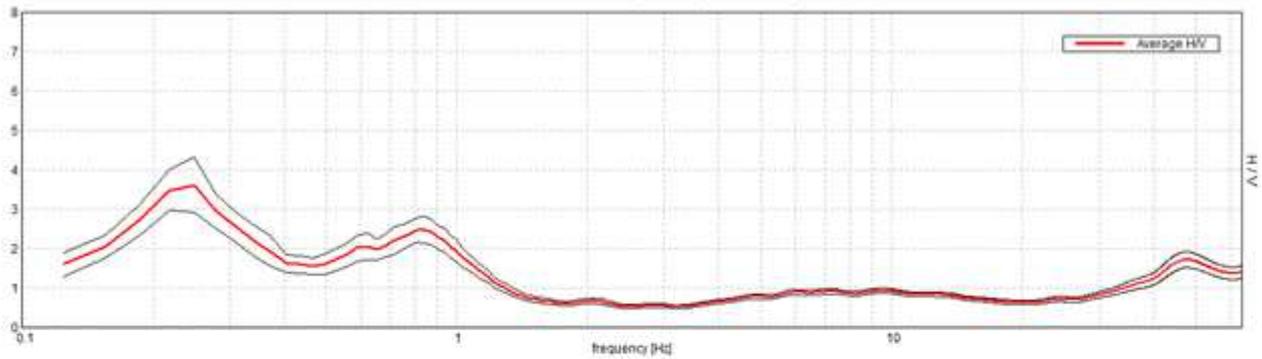
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 27 38 163 95 164 214 172 174 316 770 407 1428



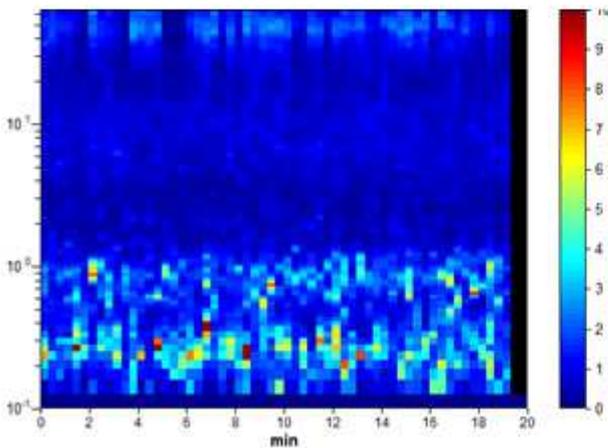
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

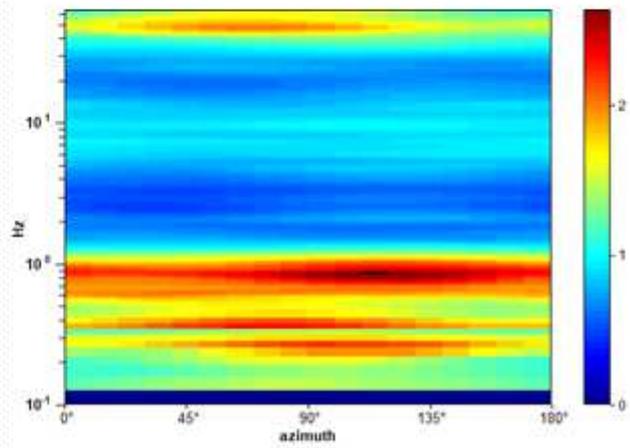
Max. H/V at 1.0 ± 0.18 Hz. (In the range 1.0 - 20.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1200.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 49 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

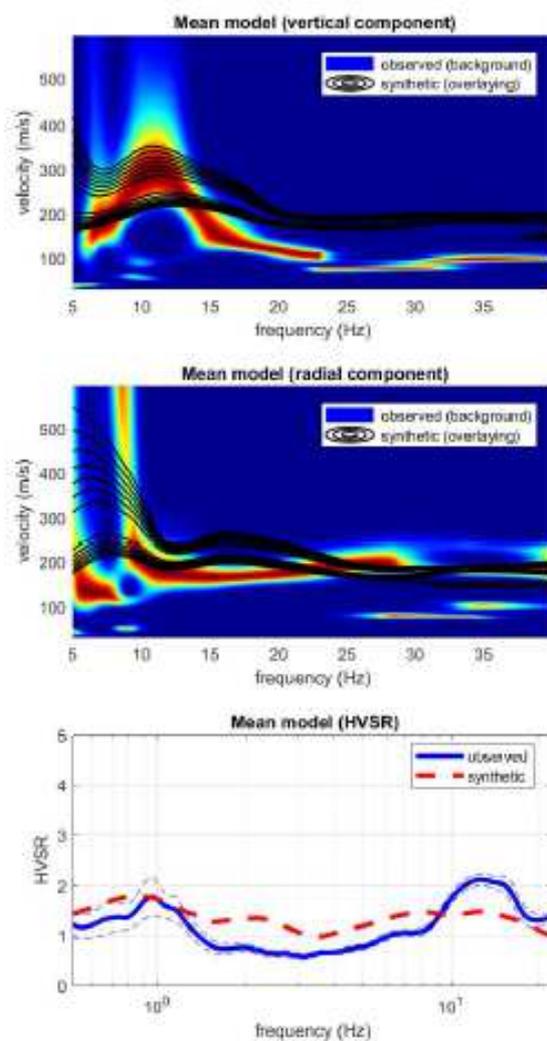
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	1.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.93 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18257 < 0.05$		NO
$\sigma_f < a(f_0)$	$0.18257 < 0.1$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2758 < 1.78$	OK	

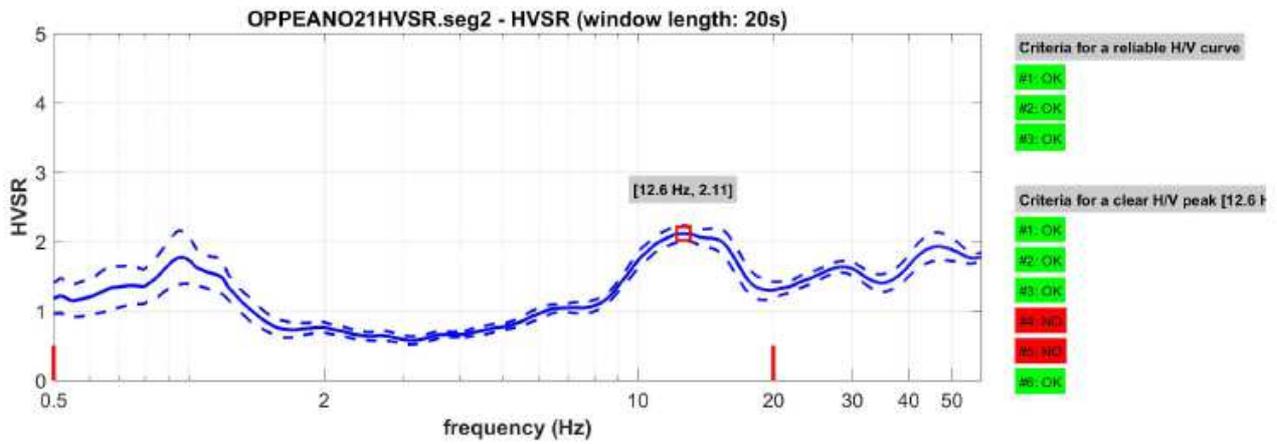
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	288 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1 Hz	<2	0,8 Hz	>2

INDAGINE GEOFISICA – Via Treviso - OPPEANO VR

<p>HS coordinate UTM 33</p>	<p>HVSR coordinate UTM 33</p>
<p>E 196976</p>	<p>E 197014</p>
<p>N 5023158</p>	<p>N 5023182</p>

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 334, 334

Shear-wave velocities (m/s): 166, 115, 196, 243, 302, 374, 437, 318, 384, 592, 603, 966

Thicknesses (m): 0.3, 0.2, 0.8, 1.7, 1.6, 9.5, 6.6, 12.0, 8.0, 20.6, 110.1

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 49 22 69 112 173 274 398 194 288 725 750 2014

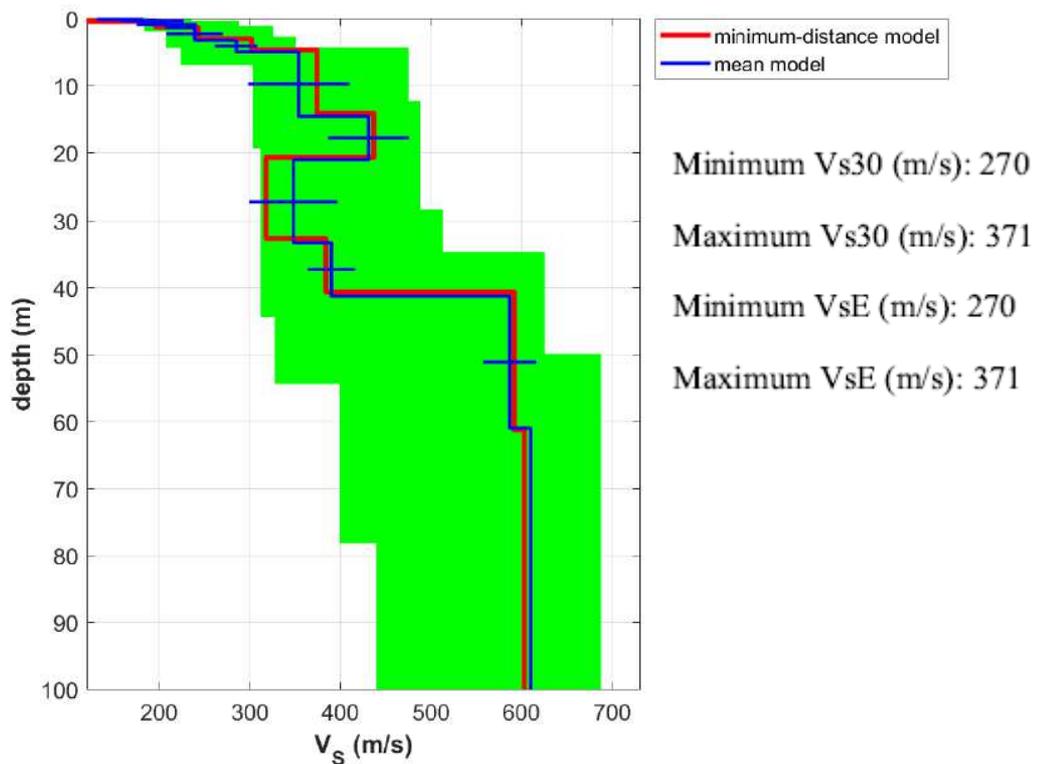
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 337, 337

Shear-wave velocities (m/s): 157, 194, 208, 239, 285, 354, 431, 348, 390, 587, 610, 992

Thicknesses (m): 0.3, 0.2, 0.9, 1.9, 1.7, 9.6, 6.5, 12.2, 7.9, 19.7, 107.2

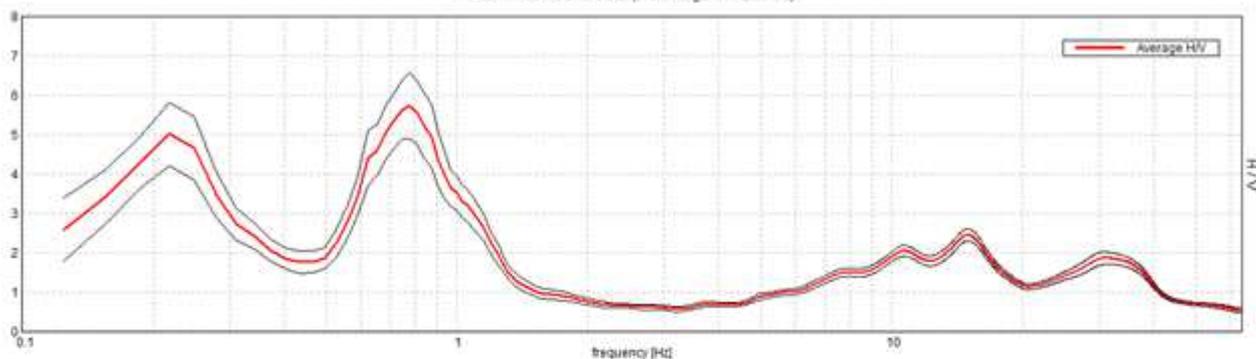
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 45 71 80 109 156 244 383 236 299 709 770 2129



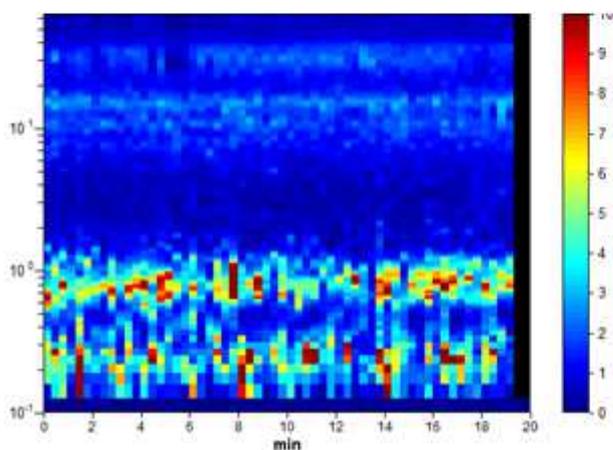
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

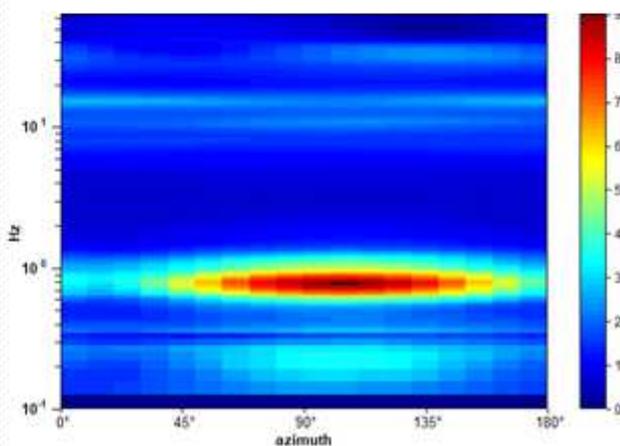
Max. H/V at 1.0 ± 0.18 Hz. (in the range 1.0 - 20.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1200.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 49 times	OK	

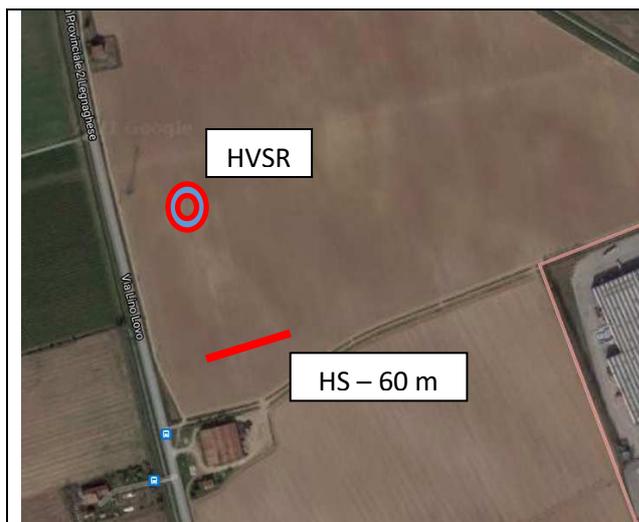
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.52 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18311 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \alpha(f_0)$	$0.18311 < 0.1$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4337 < 1.78$	OK	

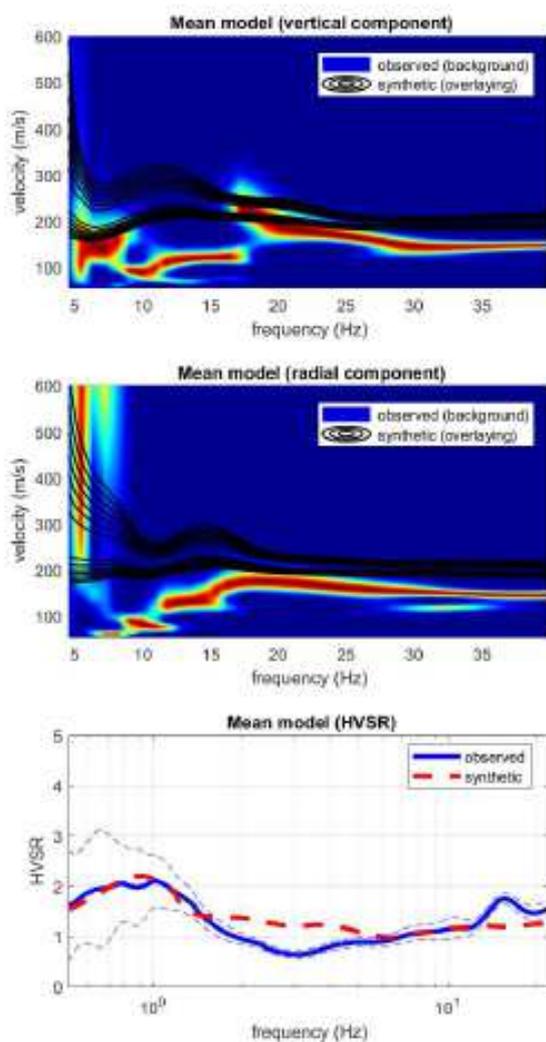
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	337m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1 Hz	<2	0,8 Hz	>5
	12,6 Hz	2,11	16 Hz	< 2

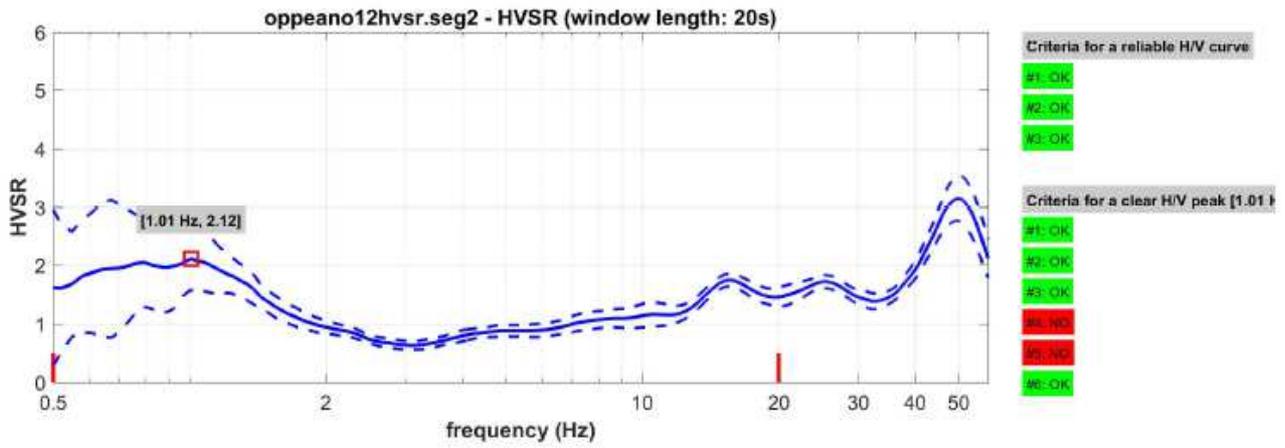
INDAGINE GEOFISICA – Via Lovo - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSr coordinate UTM 33
E 191719	E 191709
N 5027152	N 5027309

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 313, 313

Shear-wave velocities (m/s): 142, 168, 283, 244, 329, 270, 471, 474, 728, 242, 700, 1055

Thicknesses (m): 0.3, 0.4, 1.2, 2.5, 3.1, 12.2, 16.3, 37.5, 0.0, 0.0, 120.2

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 36 53 151 113 225 134 467 448 1109 109 1026 2428

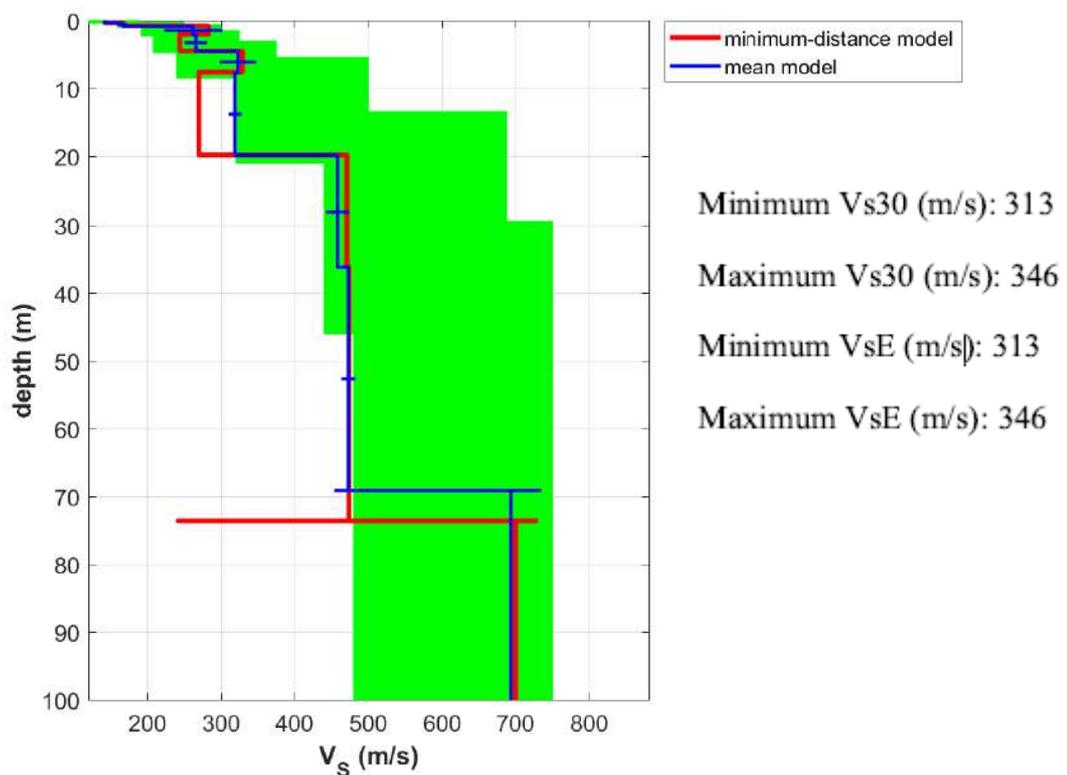
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 335, 335

Shear-wave velocities (m/s): 142, 166, 262, 266, 323, 319, 458, 473, 671, 533, 694, 1207

Thicknesses (m): 0.4, 0.5, 1.2, 2.5, 3.2, 12.1, 16.3, 32.9, 0.0, 0.0, 120.3

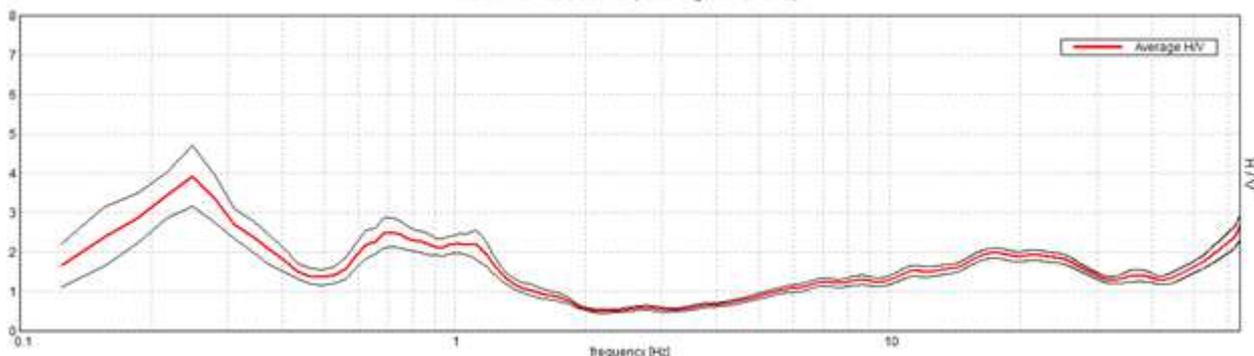
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 36 53 129 136 209 193 437 444 935 581 1007 3226



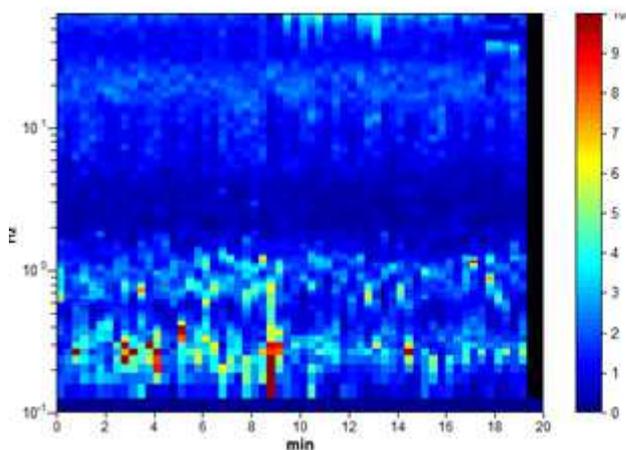
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

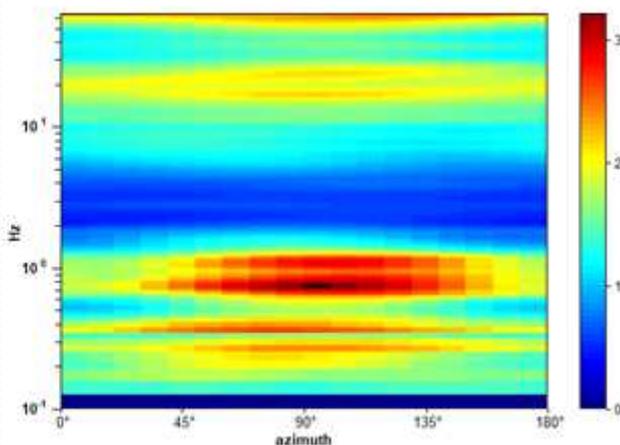
Max. H/V at 1.03 ± 3.56 Hz. (In the range 1.0 - 20.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.03 > 0.50	OK	
$\Omega_c(f_0) > 200$	1237.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 50 times	OK	

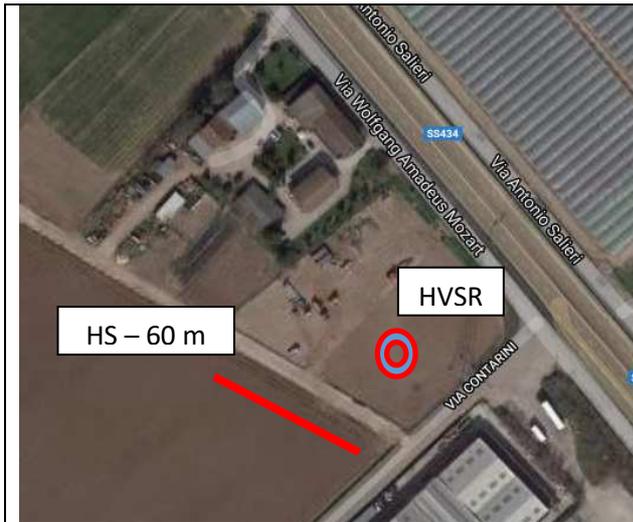
Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	1.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.23 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 3.45651 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \alpha(f_0)$	$3.56453 < 0.10313$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2402 < 1.78$	OK	

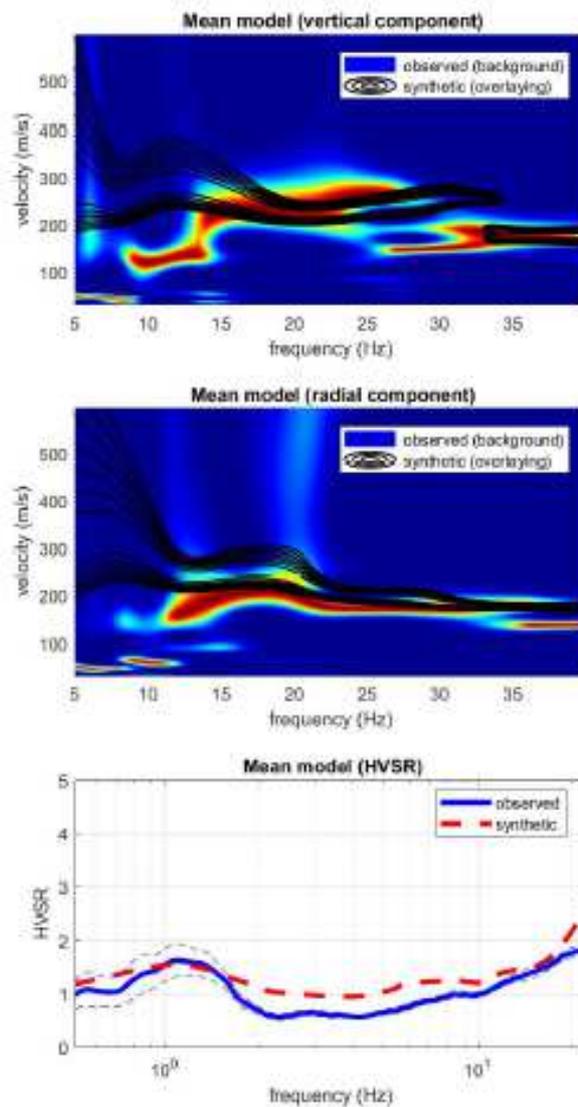
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	335 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1,01 Hz	2,12	1,03 Hz	>2
	17 Hz	<2	17 Hz	2

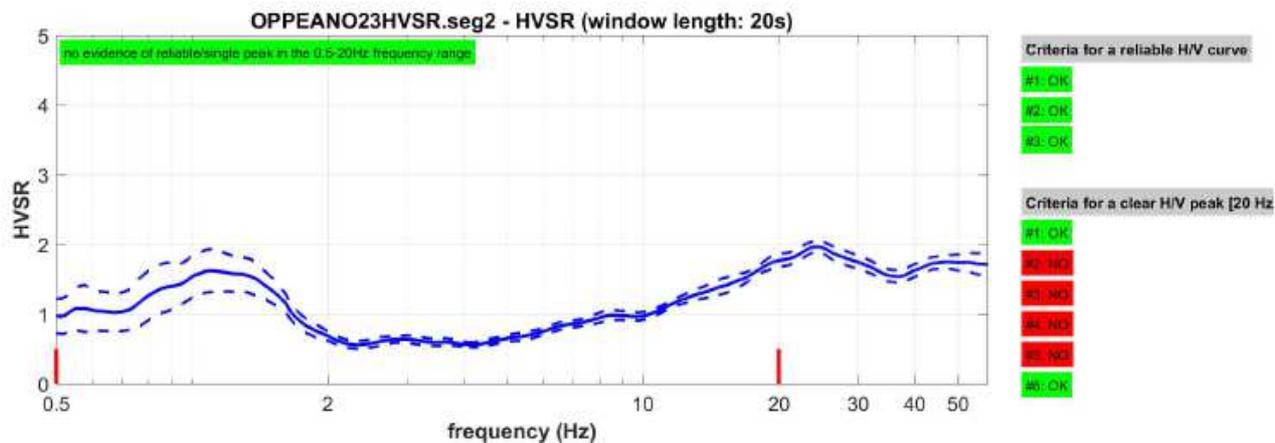
INDAGINE GEOFISICA – Via Contarini - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSr coordinate UTM 33
E 192181	E 192263
N 5027955	N 5027980

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 336, 336

Shear-wave velocities (m/s): 51, 139, 316, 378, 352, 386, 380, 256, 514, 594, 609, 778

Thicknesses (m): 0.3, 0.4, 1.0, 2.2, 2.5, 7.0, 15.0, 16.2, 0.0, 0.0, 81.9

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 5 34 195 293 246 307 287 122 539 732 757 1281

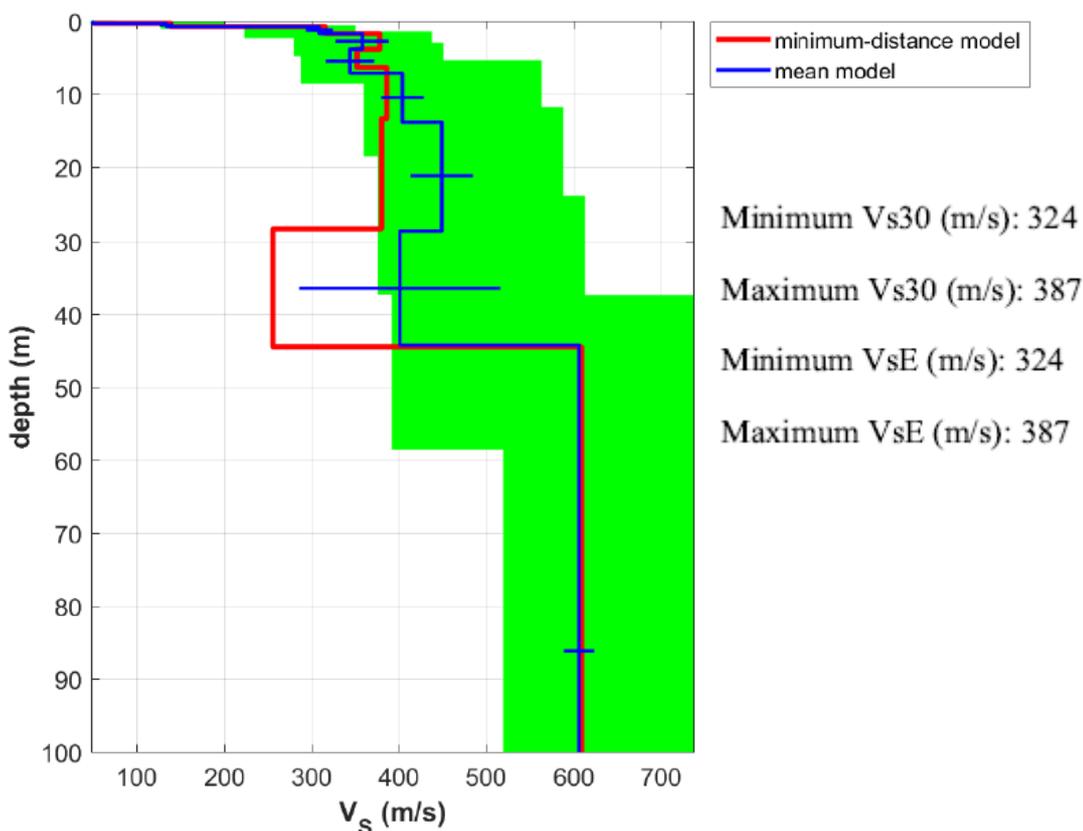
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 369, 369

Shear-wave velocities (m/s): 50, 134, 309, 358, 344, 404, 449, 401, 509, 550, 606, 872

Thicknesses (m): 0.3, 0.4, 1.0, 2.1, 3.3, 6.7, 14.8, 15.7, 0.0, 0.0, 83.8

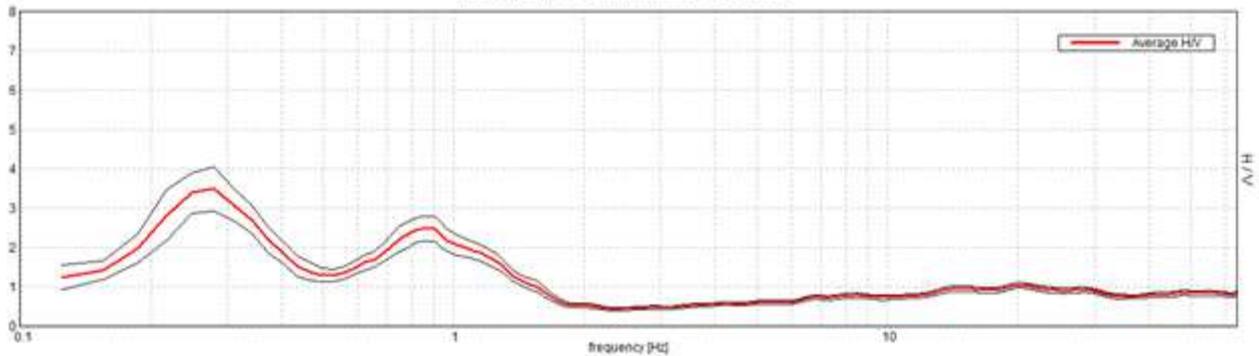
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 4 32 185 254 234 338 407 316 528 624 756 1629



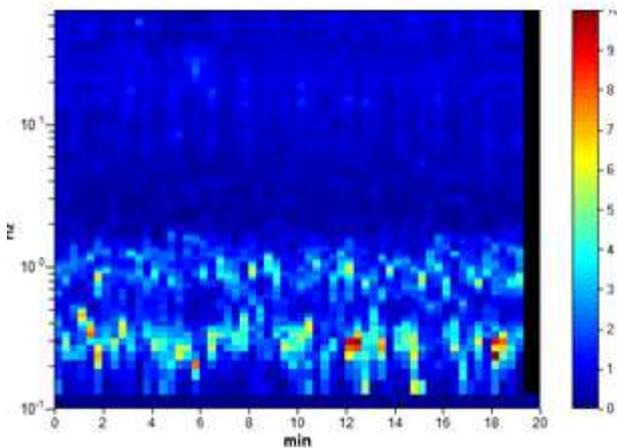
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

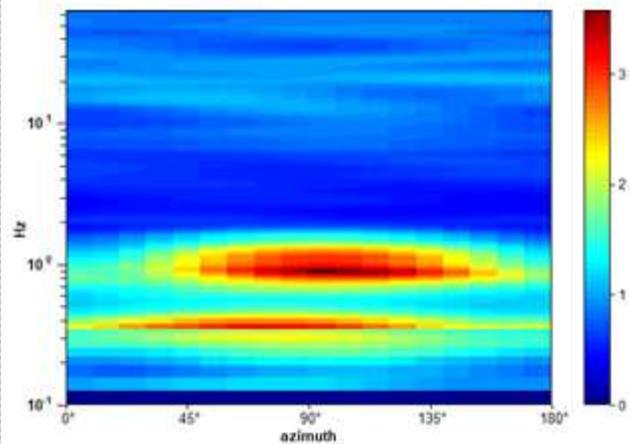
Max. H/V at 1.0 ± 0.21 Hz. (in the range 1.0 - 20.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1200.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 49 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	1.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.10 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.20611 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \alpha(f_0)$	$0.20611 < 0.1$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2665 < 1.78$	OK	

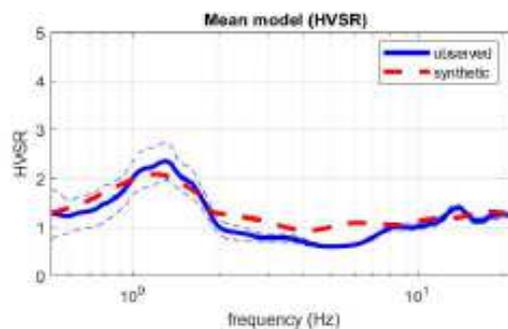
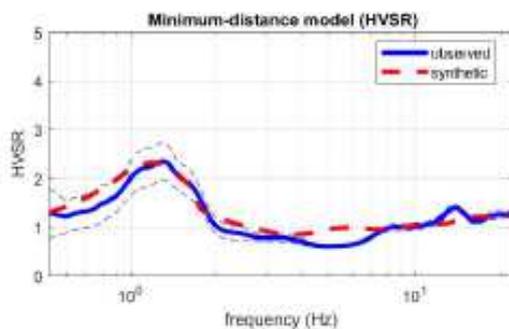
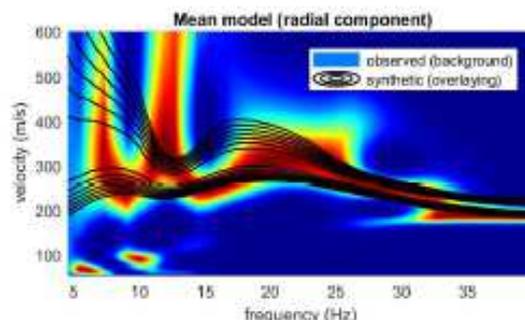
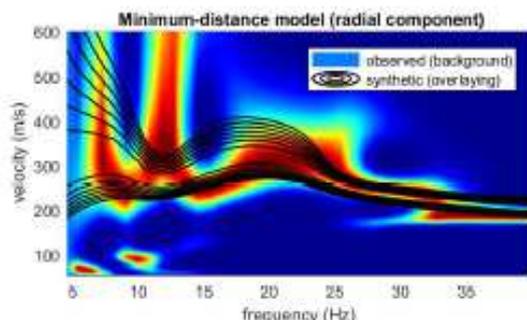
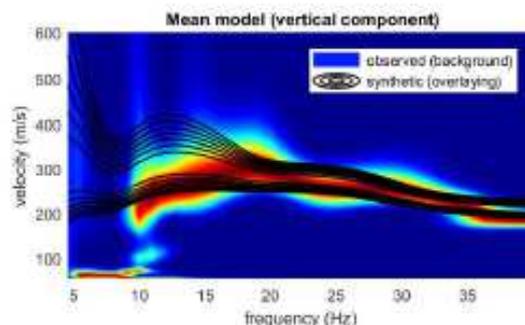
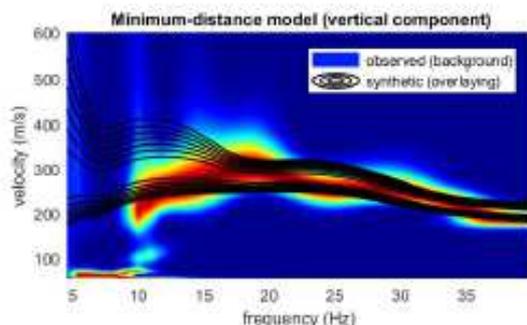
	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	369 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1,2 Hz	<2	0,8 Hz	<3

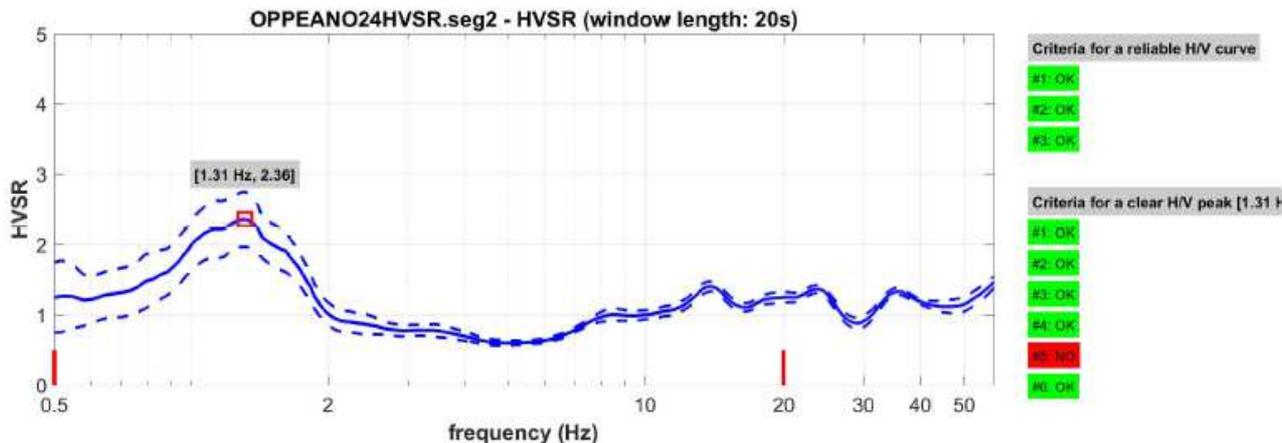
INDAGINE GEOFISICA – Via Spartidori - OPPEANO VR



HS coordinate UTM 33	HVSr coordinate UTM 33
E 192589	E 192648
N 5028761	N 5028867

HS - Analisi multi-componente della dispersione delle onde di superficie e HV





Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 372, 372

Shear-wave velocities (m/s): 223, 297, 223, 314, 435, 362, 403, 409, 501, 560, 644, 1017

Thicknesses (m): 0.3, 0.4, 1.0, 2.1, 2.4, 8.5, 12.4, 23.9, 0.0, 0.0, 81.0

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 113 208 95 189 389 264 326 334 512 649 862 2248

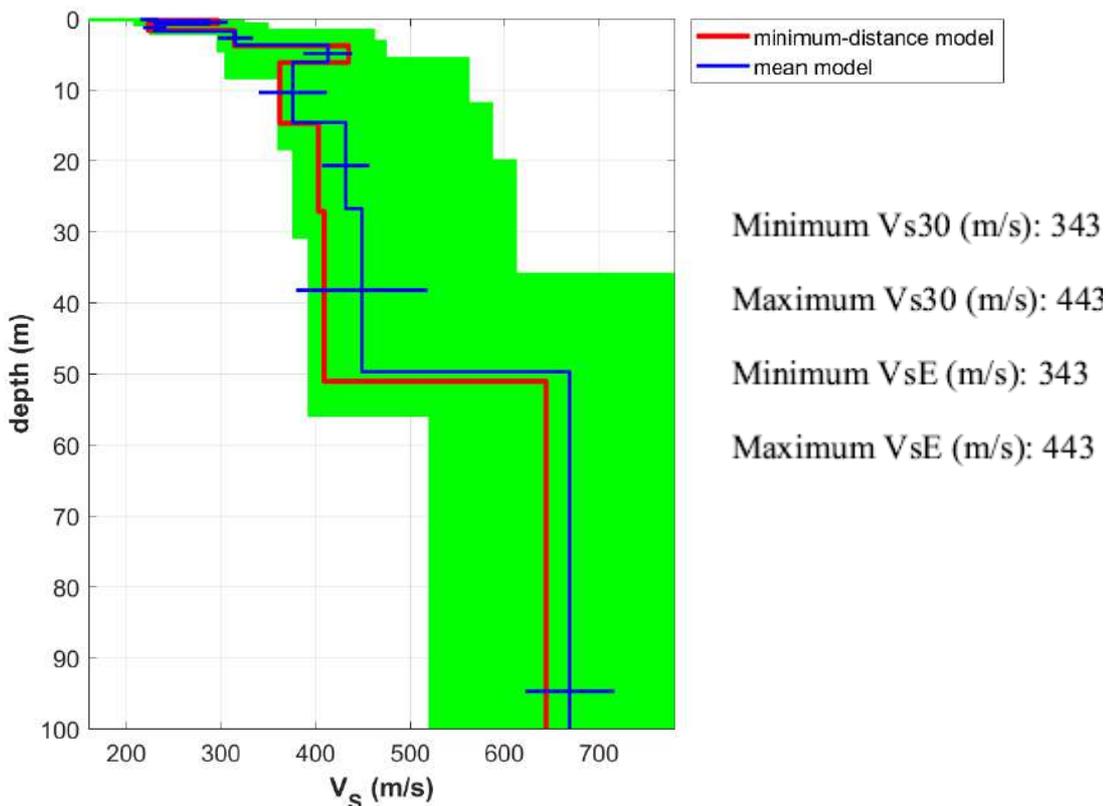
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 388, 388

Shear-wave velocities (m/s): 224, 288, 230, 315, 413, 376, 432, 449, 492, 559, 669, 1025

Thicknesses (m): 0.3, 0.4, 1.0, 1.9, 2.4, 8.5, 12.1, 23.0, 0.0, 0.0, 89.9

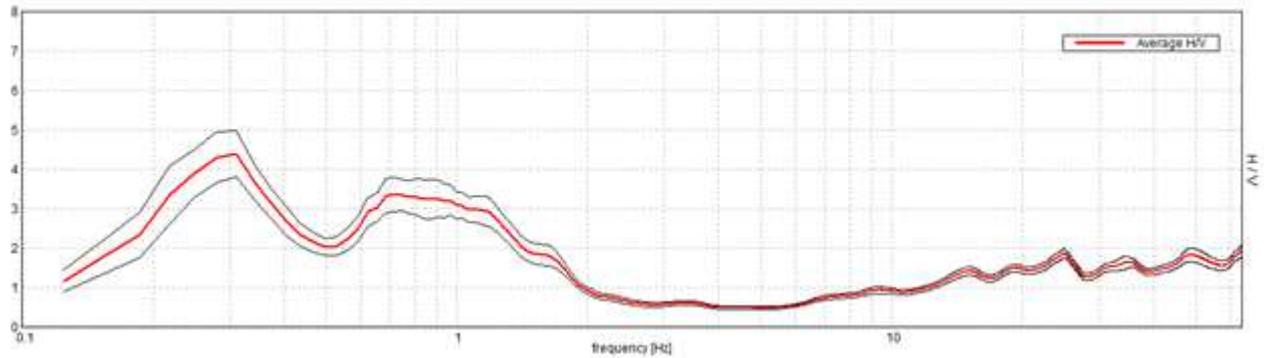
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 110 183 101 200 347 287 381 409 492 646 935 2285



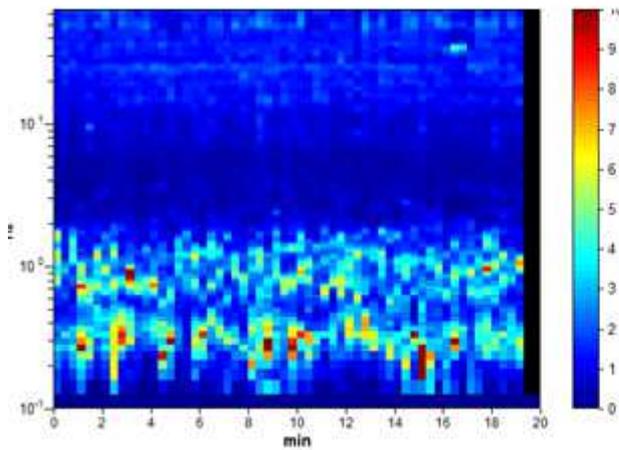
ANALISI HVSR da TROMINO (Software GRILLA)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

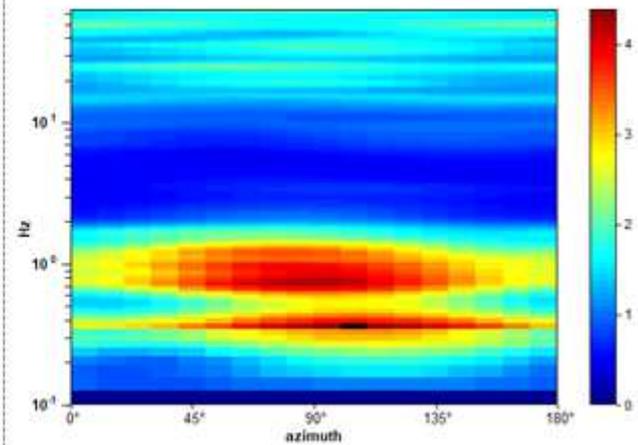
Max. H/V at 1.03 ± 0.25 Hz. (In the range 1.0 - 20.0 Hz)



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.03 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1237.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 50 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.10 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.24036 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \sigma(f_0)$	$0.24788 < 0.10313$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3296 < 1.78$	OK	

	HS - HoliSurface®		HVSR Tromino	
PARAMETRO VsE/Vs30	388 m/s			
FREQUENZE del TERRENO	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>	<i>frequenza</i>	<i>H/V</i>
	1,31 Hz	2,36	1,03 Hz	3
	14 Hz	<2	14 Hz	<2