



**PROTEZIONE CIVILE**  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

# MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELLA MS

REGIONE VENETO

COMUNE DI GODEGA DI SANT'URBANO



Regione	Soggetto realizzatore	Data
REGIONE VENETO	<b>Studio HgeO con Treviplan</b> Badia Polesine Treviso Filippo Baratto, geologo Raffaella Checchinato, geologo Paolo Furlanetto, urbanista Matteo Gobbo, urbanista Elena Parolo, urbanista	Dicembre 2015



**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E INDIRIZZI DI LAVORO</b>	<b>1</b>
2.1	NORMATIVA	1
2.2	INDIRIZZI DI LAVORO	2
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E TETTONICO</b>	<b>6</b>
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
4.2	LITOLOGIA	8
4.2.1	LITOLOGIE QUATERNARIE	8
4.3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	8
4.3.1	RETE IDRICA SUPERFICIALE	8
4.3.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO	9
4.4	ASSETTO TETTONICO	10
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA DEL TERRITORIO</b>	<b>10</b>
5.1	SISMICITÀ STORICA DEI DISTRETTI	12
5.2	SISMICITÀ STRUMENTALE DEI DISTRETTI	14
5.3	NEOTETTONICA E SORGENTI SISMOGENETICHE	16
5.4	SISMICITÀ STORICA DEL TERRITORIO COMUNALE	16
5.5	PERICOLOSITÀ SISMICA DI RIFERIMENTO	17
5.5.1	PERICOLOSITÀ SISMICA BASE	17
5.5.2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	19
<b>6</b>	<b>CARTA GEOLOGICO-TECNICA (CGT_MS)</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)</b>	<b>22</b>
7.1	ELEMENTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA	22
7.1.1	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	22
7.1.2	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	27
7.1	DEFINIZIONE DELLE ZONE STABILI ED INSTABILI SISMICAMENTE	28
7.1.1	ZONE STABILI NON SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA	28
7.1.2	ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA	28
7.1.3	ZONE INSTABILI PER AZIONE SISMICA	28
7.2	DESCRIZIONE DELLA CARTA MOPS	28
7.2.1	ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA	29
7.2.2	ZONE INSTABILI PER AZIONE SISMICA	29
<b>8</b>	<b>LIVELLO D'ANALISI DI TIPO 2°</b>	<b>31</b>
8.1	AMPLIFICAZIONE MORFOLOGICA	31
8.2	AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA	31
8.3	STRUMENTAZIONE E METODO DI MISURA	36
8.3.1	STRUMENTAZIONE	36
8.3.2	PROCEDURA	37
8.3.3	RISULTATI OTTENIBILI CON LA HVSR	39
<b>9</b>	<b>RISULTATI DELLO STUDIO DI 2° LIVELLO</b>	<b>39</b>
9.1	ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO - PGA	40
9.2	RIGIDITÀ DEL SUOLO	40
9.3	STIMA DEL PERIODO DI RISONANZA FONDAMENTALE DEL TERRENO	41
9.4	AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA	42
9.5	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - MS	43
9.5.1	STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE ICMS	44
9.6	SOTTOSUOLO E FREQUENZE	47
9.7	FREQUENZA E STRUTTURE	47
<b>10</b>	<b>PRESCRIZIONI</b>	<b>49</b>
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>52</b>

**ELABORATI:**

Schede: 1 ÷ 26

Allegati: H

Tavole: Carta delle Indagini  
Carta geologico\_tecnica  
Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)  
Carta di Microzonazione sismica (MS)



## 1 PREMESSA

La microzonazione sismica (MS), cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico con i possibili effetti indotti dallo scuotimento, è uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se realizzato e applicato già in fase di pianificazione urbanistica.

Essa costituisce, quindi, un supporto fondamentale agli strumenti di pianificazione urbanistica comunale per indirizzare le scelte urbanistiche verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

L'Amministrazione comunale di Godega di Sant'Urbano a seguito dell'entrata in vigore della DGR n. 1896/2014 e della DGR n. 598 del 21 aprile 2015 finalizzate a finanziare gli studi di microzonazione sismica comunale, ma anche gli interventi strutturali di rafforzamento locale o di miglioramento sismico relativo a costruzioni pubbliche e private, come da OCDPC 171/2014, ha incaricato il sottoscritto studio HgeO di redigere lo studio di **Microzonazione di 1° Livello** nonché **l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)** dell'insediamento urbano in territorio comunale.

Gli accordi contrattuali con il Comune hanno previsto anche una estensione al 2° Livello, pur non necessario per le finalità di finanziamento e di conoscenza richieste dalle citate DGR 598/2015.

Di seguito si illustrano le modalità esecutive del lavoro ed i risultati.

## 2 NORMATIVA E INDIRIZZI DI LAVORO

### 2.1 NORMATIVA

Con la DGR 1896/2014 e la DGR n. 598/2015, che fanno capo alla OCDPC 171 del 19.06.2014, la Struttura regionale competente (Dipartimento LLPP - Sicurezza Urb. Polizia Locale e R.A.S.A. - Sezione Lavori Pubblici - Oss. Reg. Appalti - PO Edific. in zona sismica, opere in c.a. e carpenteria metallica), indica che, nell'ambito della redazione degli studi di microzonazione sismica, i Comuni devono necessariamente predisporre anche le analisi per le Condizioni Limite per l'Emergenza (CLE), di cui all'art. 18 dell'O.P.C.M. n.4007/12. Ciò al fine di incentivare e promuovere tutte le iniziative volte al miglioramento delle attività di emergenza a seguito di eventi sismici. Ma di ciò verrà detto in apposita Relazione illustrativa.

Con delibera della Giunta n. 1572 del 03.09.2012, la Regione Veneto ha, inoltre, di integrare la documentazione da allegare alla pianificazione urbanistica mediante lo studio di "Microzonazione sismica", il quale deve fornire un supporto sulle modalità costruttive degli interventi, in modo da garantire un'adeguata sicurezza degli insediamenti e delle infrastrutture.

Con le disposizioni normative ora citate viene chiesto di redigere da parte dei comuni finanziati, gli Elaborati di Microzonazione sismica di 1° Livello nonché le analisi per le Condizioni Limite per l'Emergenza (di seguito CLE).

## 2.2 INDIRIZZI DI LAVORO

La metodologia dello studio si basa sulle procedure illustrate nei manuali prodotti dal Dipartimento della Protezione Civile nazionale "Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica - parte I, II, III – Conferenza Stato e Regioni (2008)"; sull'Allegato "A" della DGRV 1572/2013; sul D.M. 14.01.208 "Norme tecniche per le Costruzioni"; nonché su quanto disposto dalla OCDPC 171/2014 e dalla DGR 598/2015

La normativa vigente in materia prevede l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nella pianificazione del territorio. Vengono codificate a livello procedurale secondo 3 distinti livelli, con grado di dettaglio via via crescente. Si veda la *Tabella 1*, tratta dall'Allegato A della DGR 1572/2013.

PROCEDURA DI MICROZONAZIONE SISMICA								
SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	Verifica di assoggettabilità	(soglia)	1°livello	(soglia)	2°livello	(soglia)	3°livello
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi				cartografia			Analisi stabilità
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti				cartografia			Analisi stabilità
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana				cartografia	Analisi di stabilità	Fs prossimo a 1	Analisi stabilità
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	zona 4 pga>0,100 zona 3 pga<0,100	pga di sito >0,125		raccolta dati - cartografia	ABITATI* PREV.URBAN.* Eventuale verifica	PREV.URBAN.*	Cedimenti
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	zona 4 pga>0,100 zona 3 pga<0,100	pga di sito >0,125		raccolta dati - cartografia	ABITATI* PREV.URBAN.* Eventuale verifica	PREV.URBAN.*	Liquefazione
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	zona 4 pga>0,100 zona 3 pga<0,100	pga di sito >0,125		raccolta dati - cartografia	ABITATI* PREV.URBAN.*	PREV.URBAN.*	Cedimenti
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc...)				H=10 m; a>15°	Effetti topografici		
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita - arrotondata				h=1/3H; a e a2>15°	Effetti topografici		
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi				Vs30<800m/s; C<0,25 Vs30<800m/s; C<0,25	Effetti litologici	h/l>0,65/Cv<1	Effetti lito-geometrici
P4b	Zona di fondovalle stretta (C>0,25) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale				Vs30<800m/s- C>0,25	Effetti litologici		Effetti lito-geometrici
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deliziosa-lacustre				Vs30<800m/s	Effetti litologici		
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)				Vs30<800m/s	Effetti litologici		
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale				Vs30<800m/s	Effetti litologici		
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse				cartografia	Comportamenti differenziali		
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole				cartografia			Comportamenti differenziali

ABITATI\* = centri abitati esistenti  
PREV.URBAN.\* = esistenza di previsioni urbanistiche espansive

Tabella 1: Schema procedurale associato ai 3 livelli di studio di microzonazione per differenti scenari di pericolosità sismica locale. (tratta da Allegato A DGR 1572/2013 Regione Veneto).

Scendendo, ora, nel particolare della procedura adottata, si riportano le metodologie ed i risultati attesi per i tre diversi Livelli di studio:

Il **Livello 1°** consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. E' un'analisi delle condizioni geologiche, geomorfologiche e morfologiche in chiave sismica e fornisce indicazioni sugli approfondimenti necessari. Si tratta anche di un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette la zonazione del territorio in termini dei diversi effetti prodotti dall'azione sismica, desunti sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

In pratica, lo studio consiste nell'analisi e rielaborazione in chiave sismica dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi del PAT (carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica, ecc.) e di altri studi geologici I.S. esistenti e si realizza con la redazione di una Relazione tecnica e di cartografie tematiche quali: *Carta delle indagini*, *Carta geologico-tecnica*, e *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)* dove viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo come da *Tabella 2*, in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Questo 1° Livello si applica all'intero territorio comunale od all'ambito di applicazione dello specifico strumento urbanistico.

In particolare, nella MOPS sono state riportate anche le aree soggette ad instabilità o quanto meno di attenzione (ZA), amplificazione e/o con comportamenti differenziali, dove si rendono necessari i successivi livelli di approfondimento. Soprattutto, in relazione alle previsioni urbanistiche di tipo espansivo e di incremento del carico urbanistico, che possono interessare le seguenti zone con i relativi effetti:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
P1 a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità per frana
P1 b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
P1 c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
P2 a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	Instabilità per cedimenti e/o liquefazioni
P2 b	Zona con depositi granulari fini saturi	
P2 c	Zona caratterizzate da coltri di terreni di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	
P3 a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc..)	Amplificazioni topografiche
P3 b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	
P4 a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
P4 b	Zona di fondovalle stretta ( $C > 0.25$ ) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale .	
P4 c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide delizioso - lacustre	
P4 d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loess )	
P4 e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
P5 a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali
P5 b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	

Tabella 2: Scenari di pericolosità sismica ed effetti (tratta Allegato A - DGR 1572/2013 Regione Veneto).

Il **Livello 2°** si applica in sede di P.I. a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del “centro abitato” così come previsti dalla normativa vigente.

E' richiesto e ritenuto sufficiente nelle aree prive di particolari complicazioni, nelle quali sono attesi solo effetti di amplificazione (P3, P4c, P4d, P4e; P1c, P2, P4a). Esso permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione, di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici. Per questi tipi di valutazioni si eseguono indagini geofisiche e geognostiche ed una stima dei Fattori di amplificazione tramite formule ed abachi messi a disposizione dal Dipartimento nazionale di Protezione Civile.

Il **Livello 3°** è obbligatorio in fase di progettazione sia quando il 2° livello dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione topografiche e litologiche (P4b); sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità dei versanti (zone P1, della Tabella 2), e dei cedimenti e/o liquefazioni (zone P2) e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. Oppure, dove sono previsti opere ed edifici di rilevante interesse



pubblico. Per questo tipo di analisi sono richieste indagini in sito e in laboratorio ed elaborazioni più approfondite.

Per quanto riguarda le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone P5 della Tabella 2) non viene richiesta la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore dello scenario inerente, in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

Le procedure fanno riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e possono essere implementate considerando altri periodi di ritorno.

### 3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO

Il Comune di Godega di Sant'Urbano si trova nella parte nordorientale della Provincia di Treviso. Il territorio comunale appartiene all'alta pianura trevigiana.

Esso si estende a valle delle colline moreniche di Colle Umberto e delle Prealpi Carniche: Cansiglio e Monte Cavallo; ma a monte del limite superiore delle risorgive.

Il Comune confina: a nord con i comuni di Cordignano ed Orsago, ad est sempre con il comune di Orsago e con il comune di Gaiarine mentre a sud con i comuni di Gaiarine, Codognè e San Fior, infine ad ovest con San Fior e Colle Umberto.

Oltre al Capoluogo si trovano le Località di Bibano e di Pianzano.

Il territorio comunale è compreso nei Fogli IGM a scala 1:100.000 nr. 38 e nr. 39. Esso ricade negli elementi a scala 1:10.000 della CTRN n. 085050, 085060, 085090, 085100.

Si veda la **Scheda 1** per l'inquadramento.

La superficie è di 24.34 Km<sup>2</sup>; mentre la quota media sul livello medio mare è di +52 metri. La topografia è pianeggiante con debole inclinazione verso SE con un gradiente variabile da 1% nella parte nord fino a valori di qualche per mille nella parte bassa del territorio comunale.

Le principali infrastrutture che interessano il territorio comunale sono la SR n. 13 Pontebbana, la ferrovia Treviso-Udine e l'Autostrada A28, che attraversano il territorio in direzione W÷E.

## **PROCEDURA DI 1° LIVELLO**

### **4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E TETTONICO**

#### **4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

Il territorio comunale si trova sulla porzione nordorientale dell'alta pianura trevigiana, a valle dell'anfiteatro morenico di Vittorio Veneto, depositato da uno dei rami del ghiacciaio del Piave (ramo lapisino) durante il Pleistocene e in particolare nell'ultima fase glaciale (Last Glacial Maximum) che si estende dai 24000 ai 15000 anni BP.

In tale periodo il ghiacciaio del Piave si divide tra la Valle Lapisina, impostata su una discontinuità tettonica e il Vallone Bellunese. Il passaggio del ghiacciaio produce un'azione di sovraescavazione sui rilievi alpini e prealpini, erodendoli e modellandoli (esarazione glaciale), allargando le valli già esistenti e/o creando nuove valli glaciali. Durante il loro stazionamento e in seguito con il loro ritiro, tali lingue glaciali depongono sul loro fronte di avanzata e sui lati numerosi tipi di depositi sedimentari (morene frontali e laterali, terrazzi di kame, sandur, depositi fluvioglaciali).

Quando inizia la fase di scioglimento delle varie lingue glaciali del Piave nella Valle Lapisina, nel Vallone Bellunese e nella stretta di Quero si verificano numerosi fenomeni gravitativi. In particolare per la Valle Lapisina la frana del Fadalto blocca il deflusso delle acque con la formazione del lago di Santa Croce e la successiva deviazione del corso del Piave verso il Vallone Bellunese e il canyon di Quero.

Al termine della massima fase glaciale (da 15000 anni BP fino a circa 8000 anni BP), con lo scioglimento delle masse glaciali, inizia un'intensa attività di sedimentazione nella porzione terminale delle vallate alpine, con deposizione di sedimenti grossolani da parte delle acque fluvioglaciali. Tali sedimenti vanno a colmare sia le conche di escavazione glaciale a monte dei cordoni morenici creando i cosiddetti sandur che la fascia a valle dei depositi morenici stessi, creando dei conoidi con forma a ventaglio. All'esaurirsi delle ingenti portate legate alle masse d'acqua di fusione è subentrata l'attività fluviale che ha ricoperto i potenti spessori di depositi fluvioglaciali grossolani con modesti spessori (alcuni m) di depositi più fini, derivati dall'erosione dei vicini rilievi da cui tali corsi d'acqua si originano o per incisione e rimaneggiamento della matrice fine dei depositi glaciali più antichi.

Quindi nell'alta pianura trevigiana in esame, ossia la zona tra l'attuale Vittorio Veneto e il torrente Monticano, si riconoscono due unità geomorfologiche risalenti al Quaternario, di età comprese tra il Pleistocene e l'Olocene: l'unità dell'Anfiteatro morenico di Vittorio Veneto e l'unità del conoide Cervada-Meschio (**Scheda 2 e Scheda 3**).

- L'unità dell'Anfiteatro morenico di Vittorio Veneto comprende tutta la piana di Vittorio Veneto, il lembo orientale del Comune di Conegliano, il Comune di Colle Umberto e parte dei comuni di Cappella Maggiore e San Fior e Fregona. Tale Unità è costituita innanzitutto da tre livelli di cerchie moreniche frontali, disposte in maniera concentrica, con i depositi morenici più antichi all'esterno ovvero più a Sud e i depositi morenici più recenti all'interno ovvero più verso Nord.

Essi si “appoggiano” lateralmente ai rilievi di età terziaria, costituiti da litologie argillose, arenacee e conglomerati che circondano Vittorio Veneto e che sono stati scavati dal ghiacciaio stesso. Le tre cerchie moreniche testimoniano che il ritiro della lingua glaciale è avvenuto in tre fasi. Questi cordoni morenici, che assumono la forma di modesti rilievi collinari potenti fino a un centinaio di m, sono costituiti da ciottoli e blocchi di litologie diverse, immersi in matrice sabbioso-limosa, talora argillosa, di colore giallastro. In questa Unità sono inoltre compresi anche i depositi della piana che sta a monte dei rilievi morenici, piana sulla quale sorgono i centri abitati di Vittorio Veneto e San Giacomo di Veglia e Cappella Maggiore. Questa piana è caratterizzata quindi da depositi fluvioglaciali costituiti da livelli prevalentemente ghiaiosi con ciottoli, alternati a livelli ghiaioso-sabbiosi, prevalentemente di natura calcarea e dolomitica, aventi spessore di 10-20 m e con un livello superficiale di ossidazione di pochi decimetri. In questa unità sono compresi anche i depositi lungo il corso degli scaricatori fluvioglaciali che hanno inciso da entrambe i lati le cerchie moreniche. I varchi di tali scaricatori coincidono con gli attuali percorsi del Cervada, del Mellarè e del Meschio.

- L'unità del conoide Cervada-Meschio si divide in una porzione settentrionale di Alta Pianura e una porzione meridionale di Bassa Pianura, quest'ultima posta a valle del limite superiore delle risorgive. L'intera unità geomorfologica comprende parte dei comuni di Cappella Maggiore, Colle Umberto, San Fior, San Vendemiano, Conegliano, Godega di Sant'Urbano, Orsago, Cordignano, Sarmede, Codognè, Gaiarine, Fontanelle, Mansuè, Mareno di Piave, Portobuffolè e Vazzola. Tale conoide rappresenta i depositi fluvioglaciali messi in posto dagli scaricatori fluvioglaciali che si sono creati un varco attraverso i depositi morenici durante la fase postglaciale. Tali torrenti glaciali hanno quindi trasportato i sedimenti grossolani verso valle, depositandoli sotto forma di coni e dando origine talora a digitazioni che si sono spinte fino alla Bassa Pianura. La porzione alta del conoide Cervada-Meschio è racchiusa tra i fiumi Livenza e Monticano che coincidono rispettivamente all'incirca con il fianco settentrionale del Megafan del Piave a valle di Nervesa e con il fianco occidentale del conoide del fiume Cellina. Tale conoide è costituito da depositi per lo più ghiaioso-sabbiosi, con tracce di paleoalvei a rami anastomizzati (braided). In particolare nella porzione afferente al torrente Meschio sono riconoscibili le gettate torrentizie deposte circa 7000 anni BP.

A valle del limite superiore delle risorgive inizia la porzione di Bassa Pianura del conoide Cervada-Meschio, costituito in prevalenza da terreni fini limoso-argillosi, ma con numerose fasce e lembi di terreni ghiaioso sabbiosi affioranti e caratterizzata da forme dossive più o meno delineate e tracce di paleoalvei piuttosto rettilinei e monocursali, evidenziati dall'umidità del terreno.

## 4.2 LITOLOGIA

### 4.2.1 LITOLOGIE QUATERNARIE

Dall'analisi storica geologica si evince che la zona in esame è caratterizzata in profondità (alcune centinaia di metri) da substrato roccioso terziario (alternanza di argilliti, marne, arenarie e conglomerati) su cui si sono depositati terreni quaternari di origine prima glaciale (, con la presenza del ramo glaciale del Piave proveniente dalla Val Lapisina, poi fluvioglaciali con lo scioglimento delle cappe glaciali e più recentemente alluvionali, con lo stabilirsi dell'attuale rete fluviale.

In particolare il territorio di Godega di Sant'Urbano è caratterizzato da terreni quaternari del Pleistocene e dell'Olocene. La zona è caratterizzata dai depositi fluvioglaciali successivi al ritiro glaciale, su cui, in corrispondenza dell'area di divagazione del fiume Meschio, si sono impostati sedimenti fini limoso-argillosi con lenti sabbiose e talora ghiaiose, recenti di origine alluvionale, dotati di spessori di qualche metro.

Tali litologie vengono di seguito classificate secondo le unità geologico-litotecniche della Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT\_MS).

- **GWca - Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia di conoide alluvionale (ca).** Caratterizzano la zona settentrionale del Comune.
- **SCca - Sabbie argillose e Sabbie limose, miscela di sabbia-argilla-limo.** Si tratta di depositi alluvionali recenti, che interessano un'ampia parte del territorio a Sud del capoluogo, interessando anche Pianzano, Bibano sino ai confini meridionali del Comune.
- **RI - Terreni contenenti resti di attività antropica (terreni di riporto):** è stato segnato un sito in cui è stato riportato materiale. La zona si trova tra via Nazionale e via Costella nella parte NW del Comune.

## 4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

### 4.3.1 RETE IDRICA SUPERFICIALE

La rete idrografica del Comune di Godega di Sant'Urbano fa capo al bacino tributario del fiume Livenza. Dal un punto di vista idraulico, il territorio è delimitato a Nord dal fiume Meschio (fuori Comune), che presenta una lunghezza di circa una trentina di chilometri. Nasce in una conca sotto le pendici del Col Visentin, all'interno del comune di Vittorio Veneto, in località Savassa, e snoda il suo corso successivo tra i comuni della sinistra Piave attraversando, nella sua breve corsa verso sud, i comuni di Colle Umberto e Cordignano. Esso sfocia nel Livenza (fuori Comune), che segna il confine con il Friuli Venezia Giulia, poco lontano da Sacile.

I corsi d'acqua principali che attraversano il territorio comunale sono: il fosso Albinella, La fossa Zigana e la fossa Rossa che fanno capo al canale Resteggia, il torrente Codolo e la Fossa Albina che confluiscono invece nel fiume Rasego. La rete idrografica di drenaggio delle acque superficiali

segue la pendenza naturale del territorio e di conseguenza la direzione prevalente di deflusso è da NW a SE.

Per quanto riguarda le criticità di tipo idraulico, il Comune di Godega di Sant'Urbano è interessato solo in maniera molto marginale dal rischio idraulico individuato dal PAI in quanto sussiste solo una area a pericolosità idraulica P1 collocata a Ovest di via Levada – via Baver nella parte SE del Comune. Essa ha una superficie di circa 230 Ha lungo il canale Albina. Questa area non risulta altamente urbanizzata, ma con uso del suolo di tipo prevalentemente agricolo.

#### 4.3.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico i depositi ghiaiosi della conoide che costituisce il territorio comunale danno luogo ad una fascia di sedimenti che ospita un “sistema freatico indifferenziato” in quanto esiste un unico corpo acquifero libero. Questo è vero nella fascia settentrionale del Comune.

Procedendo verso sud, al ridursi delle granulometrie dei depositi si incontra un’alternanza di strati ghiaioso-sabbiosi e limoso-argillosi, denominata “sistema multifalde in pressione”, caratterizzato da più acquiferi sovrapposti e pressurizzati, ospitati nei terreni più grossolani e isolati l’uno rispetto all’altro dai terreni più fini. La zona di passaggio tra il sistema indifferenziato e quello multifalde viene indicato come fascia delle risorgive o fontanili ed è caratterizzato da emergenze idriche spontanee. Il Comune di Godega di Sant'Urbano è interessato dalla fascia delle risorgive già a partire da poco a sud della sede ferroviaria Conegliano-Pordenone sino al confine meridionale. Si veda la *Figura* sotto.

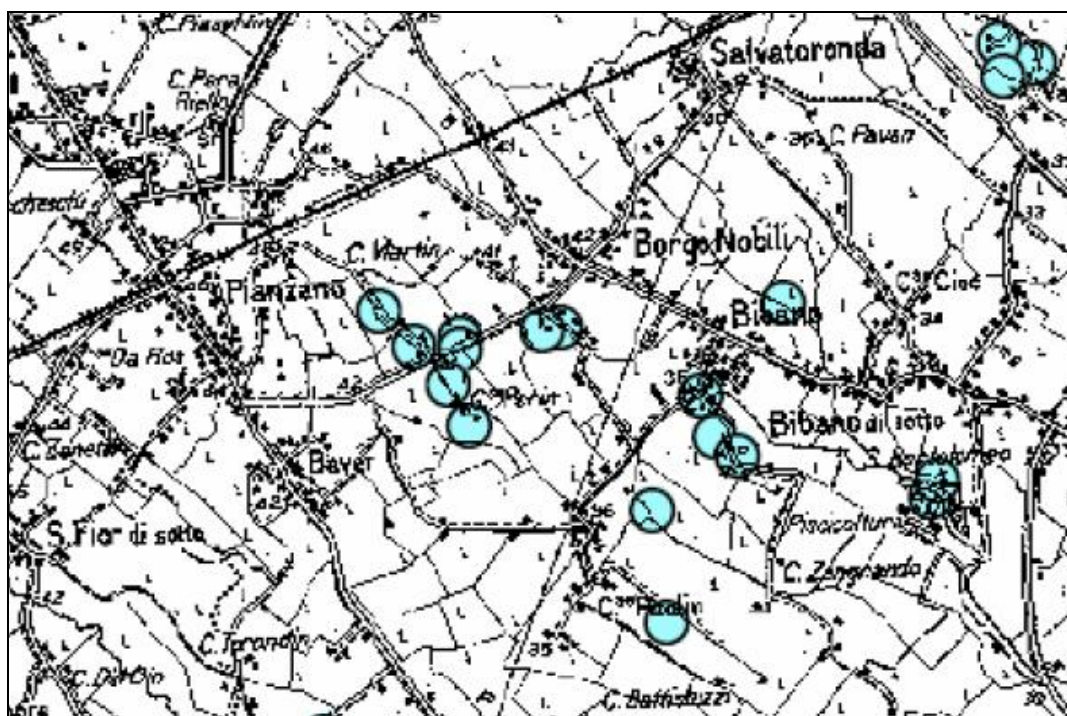


Figura 1: Ubicazione delle risorgive in ambito comunale

Sulla base delle misure inserite nel PAT, la soggiacenza della tavola d'acqua diminuisce progressivamente da Nord verso Sud. essa rimane, comunque, sempre entro valori bassi: qualche metro al massimo dal piano campagna. La circolazione idrica sotterranea è orientata verso SE e segue l'andamento regionale dei flussi sotterranei e superficiali.

#### 4.4 ASSETTO TETTONICO

Dal punto di vista tettonico l'area alto trevigiana è attraversata da due sistemi di lineamenti: un sistema orientato NNW-SSE e un altro con direzione NE-SW.

Il primo sistema (NNW-SSE) è rappresentato localmente dalla *Linea di Montaner* che continua verso W nella *Linea di Longhere-Fadalto-Cadola*. Essa è una faglia transpressiva sinistra che ha funzionato da rampa laterale del sovrascorrimento "Bassano-Valdobbiadene-Vittorio Veneto".

Il secondo sistema (NE-SW) è normale al precedente ed ha un orientamento parallelo alle dorsali prealpine (Montello, colline tra Vittorio Veneto e Valdobbiadene). Tale sistema è composto da sovrascorrimenti sudvergenti (Linea di Bassano, Linea di Maniago, con direzione valsuganense e costituisce la porzione più esterna del *thrust belt* neogenico che ha dato origine alle Dolomiti e alla fascia prealpina.

Tale secondo sistema è rappresentato nell'area di Godega San'Urbano dalla *Linea di Aviano (o del Montello)* che, qui, passa per la zona artigianale posta al confine NW con Colle Umberto e la *Linea di Sacile*, che attraversa completamente il Comune nella sua mezzeria.

## 5 CARATTERIZZAZIONE SIMOGENETICA DEL TERRITORIO

La classificazione sismogenetica nazionale (ZS9) fa ricadere il Veneto nelle zone 905 e 906 (**Scheda 5**). La zona 905 comprende la fascia pedemontana tra Bassano del Grappa e il confine con il Friuli-Venezia Giulia; la zona 906 si estende lungo la fascia pedemontana da Bassano fino al Lago di Garda.

Il tipo di fagliazione, cui imputare i terremoti verificatisi in queste due aree, è quello di faglia inversa, dovuta a movimento compressivo legato alla convergenza tra placca adriatica ed europea, con profondità ipocentrale media stimata di 8 Km.

Il Comune di Godega Sant'Urbano ricade nella porzione sud-occidentale della zona 905.

Altra fonte di dati per quanto riguarda le sorgenti sismogenetiche, ossia le strutture responsabili dei vari terremoti, è costituita dal **DISS** (Database of Individual Seismogenic Sources), redatto da ricercatori dell'INGV a partire dagli anni '90. In tale database sono individuate sorgenti individuali (IS), composite (CS) o dibattute (DS). Tale database, aggiornato ed evoluto nel tempo, costituisce uno strumento per lo sviluppo di modelli di pericolosità sismica ed è ritenuto a tutt'oggi il più avanzato archivio di sorgenti sismogenetiche in ambito europeo.

Le sorgenti individuali (IS) rappresentano una struttura certa o presunta, associata ad almeno un evento sismico significativo ( $M > 5.5$ ) riportato nel database o riconosciuto tramite indagini paleosismologiche.

Le sorgenti composite (CS) invece rappresentano un'area di inviluppo che può comprendere le località di più eventi significativi del passato o di possibili eventi in futuro.

Le sorgenti dibattute (DS) comprendono aree su cui non c'è ancora concordanza interpretativa.

La fascia pedemontana veneta ricade nelle IS101, IS102, IS 113, IS 124, IS 125 e IS127, mentre è compresa nelle CS007 e CS060 (**Scheda 6**).

In particolare la zona di Godega Sant'Urbano ricade a metà tra la IS 101 Montello, collegata al sovrascorrimento Montello-Conegliano, e la IS 124 Cansiglio, collegata al sovrascorrimento di Caneva. La IS101 è caratterizzata da Magnitudo  $M_w = 6.5$  mentre la IS124 ha  $M_w = 6.1$ . (**Scheda 7**).

Per la sorgente IS 101 non ci sono indizi di forti terremoti storici associati poichè, nonostante gli elementi geomorfologici e geologici quali terrazzi fluviali deformati e diversione del Piave (vedi Benedetti et al., 2000) confermino l'attività recente dei fronti di deformazione del sovrascorrimento Montello-Conegliano, non si hanno chiare informazioni che diano modo di capire in che percentuale queste deformazioni avvengono attraverso eventi sismici e in che percentuale in modo asismico.

Il Comune si colloca inoltre nella parte basale della CS060 Montebelluna-Montereale, che si estende appunto dal Comune di Montebelluna a quello di Montereale Valcellina.

Il Veneto in un recente studio<sup>1</sup> da parte dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), che fornisce il Servizio di monitoraggio e allarme sismico alla Protezione Civile Regionale, è stato suddiviso in 9 "distretti sismici" sulla base di dati sismologici, elementi geologico-strutturali e informazioni relative alla cinematica e alla tettonica attiva (**Scheda 8**). Viene definito distretto sismico "un'area all'interno della quale si ritiene che i terremoti possano essere identificati da alcuni elementi sismogenetici comuni". I distretti sismici veneti sono i seguenti:

1	Giudicarie (G)	4	Pedemontana Nord (PN)	7	Alto Bellunese-Dolomiti (B)
2	Lessini-Schio (L)	5	Alpago-Cansiglio (A)	8	Pianura Veneta Est (PVE)
3	Pedemontana Sud (PS)	6	Claut (C)	9	Pianura Veneta Ovest (PVO)

Il territorio di Godega di sant'Urbano ricade per la sua porzione occidentale nel **distretto Pedemontana Sud (PS)** e per la sua porzione orientale nel **distretto Alpago-Cansiglio (A)**.

Il **distretto PS** è delimitato ad Ovest dal lineamento della Schio-Vicenza (SCHV), ad Est dal margine occidentale del massiccio del Cansiglio, che fa parte degli elementi paleogeografici

<sup>1</sup> Vedi: M. Sugam, L. Peruzza "Distretti sismici del Veneto" – Centro Ricerche sismologiche, Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale Cussignacco (UD) e Sgonico (Ts) - pubbl. su Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, Vol. 52 n.4 supplement, Dicembre 2011

riconducibili alla strutturazione della Piattaforma Friulana, a Nord dall'Altipiano di Asiago e a sud dalla pianura lungo l'asse Vicenza-Treviso (**Scheda 9**).

Tale distretto comprende la Flessura Pedemontana (FP), da cui trae il nome, come elemento geologico-strutturale principale, ovvero un sovrascorrimento detto piega a ginocchio, con asse ENE-WSW e vergenza S-SE; il sovrascorrimento detto Linea Bassano-Valdobbiadene (BV) a sviluppo ENE-WSW, localizzata nella porzione di pianura a sud dei rilievi prealpini e il sovrascorrimento del Montello (M), a sviluppo ENE-WSW ubicata al di sotto della pianura a sud del rilievo del Montello. In accordo con tali importanti elementi sono presenti inoltre vari sovrascorrimenti e pieghe minori con andamento parallelo e linee trascorrenti ad esse ortogonali con funzione di svincolo.

L'assetto strutturale di tale distretto trae origine dall'evento compressivo del Messiniano-Pliocene, propagatosi all'interno della catena sudalpina e sovrapponendosi su sistemi già strutturati.

Questo distretto presenta anche attualmente una notevole attività tettonica che si manifesta tramite una velocità di compressione di qualche mm/anno. La stretta di Quero ed il Montello sono gli elementi geologici e morfologici appartenenti al distretto Pedemontana Sud che suscitano maggiore interesse dal punto di vista delle faglie attive e, quindi, sismico. Tuttavia il potenziale sismico della zona è ancora dubbio, in quanto non si comprende la relativa assenza di sismicità delle sue faglie classificate come "capaci" di generare forti terremoti.

Il **distretto A** comprende la parte montana del bacino del Piave, fino a Belluno, l'area del Fadalto fino a Vittorio Veneto, il massiccio del Cansiglio e la zona di pianura grossomodo tra il fiume Meschio e il torrente Cellina fino alla fascia delle risorgive (**Scheda 10**).

Questo distretto è caratterizzato dal passaggio tra due sistemi strutturali: da quello valsuganese, con direzione ENE-WSW (Linea di Bassano, Linea del Montello o di Aviano, Linea di Maniago) a quello tilaventino dell'area friulana con direzione E-W, attraverso la faglia transpressiva di Longhere-Fadalto-Cadola che ha funzionato da rampa laterale per il sovrascorrimento di Bassano. Tale assetto strutturale è attribuito alla fase compressiva Miocenico-Pliocenica

## 5.1 SISMICITÀ STORICA DEI DISTRETTI

La ricostruzione storica dei terremoti si basa sul Catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI04, poi aggiornato al CPTI11), realizzato per creare la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale. Tale catalogo comprende 2550 eventi, dal 217 a.C. al 2002, aventi una soglia di intensità epicentrale  $I_0 \geq V/VI$  della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) o magnitudo da onde di superficie  $M_w^2 \geq 4.0$ .

Il distretto Pedemontana Sud è stato interessato da un evento distruttivo risalente al *25 febbraio 1695* localizzato nella zona *di Asolo*. Tale sisma ha avuto l'intensità più alta tra i sismi registrati in Veneto, pari a  $I_0=IX-X$  MCS, e magnitudo  $M_w=6.61$ , che risulta paragonabile a quella dei massimi eventi registrati in Friuli durante il terremoto del 1976. Tale sisma ha raggiunto la soglia della

---

<sup>2</sup>  $M_w$ = magnitudo momento;  $M_D$  = magnitudo di durata;  $M_L$  = magnitudo locale



distruzione e ha interessato pesantemente l'area tra Bassano del Grappa e Valdobbiadene. Si sono registrati poi numerosi altri eventi che hanno superato la soglia del danno posta a  $I_0=VI$  MCS.

Per quanto riguarda l'intero Distretto gli eventi antichi più importanti sono:

- il terremoto del 778 con epicentro Treviso,  $I_0=VIII-IX$  MCS e  $M_w = 5.84$ ;
- il terremoto del 1268, sempre a Treviso, con  $I_0=VII-VIII$  MCS e  $M_w = 5.37$ .

L'evento maggiore degli ultimi due secoli risale al *12 giugno 1836*, con epicentro *Bassano del Grappa*, che ha raggiunto la soglia del danno significativo con  $I_0=VII-VIII$  MCS e  $M_w = 5.48$ . Si ricordano inoltre una serie di eventi dannosi, riferiti alla seconda metà del XIX secolo.

In particolare per *Bassano del Grappa* è riportato l'evento del 12/6/1836 ( $I_0=VII-VIII$  MCS); per *Valdobbiadene* sono riportati gli eventi del 19/7/1860 ( $I_0=VII$  MCS), del 10/6/1895 ( $I_0=VI-VII$  MCS), del 4/3/1900 ( $I_0=VI$  MCS) e del 24/7/1943 ( $I_0=VI-VII$  MCS); per *Asolo* sono riportati gli eventi del 25/2/1695 ( $I_0=IX-X$  MCS); del 14/4/1887 ( $I_0=VII$  MCS), del 12/7/1919 ( $I_0=V-VI$  MCS) e del 12/9/1921 ( $I_0=IV$  MCS).

Il distretto Alpagò-Cansiglio è stato interessato sia da vari eventi che hanno superato o raggiunto la soglia di distruzione ( $I_0=IX$  MCS) che da altri che hanno prodotto forti danni, documentati già a partire dal XV secolo.

Gli eventi maggiori sono datati 1873 e 1936. Il maggior evento risale al 29 giugno 1873 ( $I_0=IX-X$  MCS,  $M_w = 6.33$ ) e la sua sequenza sismica è durata più di un anno. Tale evento ha distrutto o provocato forti danni a vari centri dell'Alpagò e anche alla città di Belluno.

Il secondo importante evento sismico del distretto A è il terremoto del Cansiglio del 18 ottobre 1936 ( $I_0=IX$  MCS,  $M_w = 5.9$ ). Ancora una volta sono state coinvolte le aree dell'Alpagò precedentemente colpite e anche alcuni centri della pianura veneto-friulana.

Anche l'evento di Sequals del 25 ottobre 1812 ( $I_0=VII-VIII$  MCS,  $M_w = 5.7$ ), che ha indotto però deboli effetti in Veneto viene inglobato in questo distretto. Si elencano poi tre eventi minori (1937, 1939 e 1966) e altri sotto soglia (es. 27/12/1933 e 17/1/1935).

Nella sottostante Figura è riportato un grafico che illustra la relazione tra Intensità, scossa, effetti e magnitudo di un sisma, per comprendere i valori dei terremoti sopra elencati.

Intensità $I_{MCS}$	Scossa	Effetti	MAW - MD
I	strumentale		$\leq 2.6 - 2.3$
II	leggerissima		3.0 - 2.7
III	leggera		3.4 - 3.0
IV	mediocre	Percezione	3.9 - 3.4
V	forte		4.3 - 3.9
VI	molto forte		4.8 - 4.5
VII	fortissima	Danno	5.1 - 4.9
VIII	rovinosa		5.5
IX	disastrosa		5.9
X	disastrosissima	Distruzione	6.5
XI	catastrofica		7.0
XII	grande catastrofe		> 7.3

Figura 2: Relazione orientativa tra intensità macrosismica, effetti e magnitudo strumentali

## 5.2 SISMICITÀ STRUMENTALE DEI DISTRETTI

Le registrazioni strumentali dal 1977 in poi indicano per il **distretto PS** una sismicità dell'area da bassa a moderata, con vari eventi di magnitudo maggiore di 3, che è il limite teorico della soglia di percezione di un sisma. Tali eventi risultano localizzati nella porzione esterna della catena alpina, ossia in corrispondenza della Flessura Pedemontana e della zona del Montello.

Dal 1977 al 2010 la magnitudo massima  $M_D$  registrata nell'area della Pedemontana Sud è pari a 3.3 e riguarda gli eventi riportati nella **Scheda 11**.

Eventi con  $M > 3.0$  sono avvenuti lungo il corso del Brenta nel 2002 nei mesi di maggio, luglio e settembre e, poi, nel 2006: Tra dicembre 2004 e gennaio 2005, grazie ad una campagna di monitoraggio con stazioni mobili, si è registrato nell'area di Valdobbiadene uno sciame sismico con magnitudo tra 1.7 e 3.3.

L'evento più intenso si è registrato il 4 dicembre 2004 ( $M_D = 3.3$ ). Il 6 dicembre 2009 nella zona del Monte Grappa sono stati registrati due eventi con  $M_D$  di 2.7 e 3.3. Nella zona del Montello si sono avuti gli eventi del 9 ottobre 2008 con  $M_D = 3.3$  e del 23 giugno 2010 con  $M_D$  circa = 3.2.

Il 13 settembre 2011 si è avuto un evento con  $M_L = 3.7$  percepito molto bene a Moriago della Battaglia che rappresenta il sisma più energetico rilevato in epoca strumentale nel distretto in oggetto.

Si riporta anche l'evento del 14 ottobre 1980 con  $M_D = 4.0$ , avvenuto a Mel, nel distretto della Pedemontana Nord, al confine con la Pedemontana Sud, essendo il terremoto più forte degli ultimi decenni avente una prevalente componente trascorrente.

I meccanismi focali di tali eventi sono in genere di tipo dip-slip (estensionali) e trascorrenti.

L'analisi della distribuzione temporale dei terremoti nel distretto della Pedemontana Sud di cui il Comune di Godega di Sant'Urbano fa parte, evidenzia una sismicità recente modesta ma al contrario una sismicità passata molto elevata, concentrata soprattutto nella porzione orientale del distretto. A questa area infatti è associato il terremoto di Asolo del 1695 ( $I_0 = IX-X$  MCS,  $M_w = 6.61$ ),

al quale è stato attribuito il più alto livello di intensità macrosismica fino ad ora rilevato per il Veneto; nonché il terremoto di Bassano del 1836, che costituisce il sisma più intenso degli ultimi 200 anni.

In seguito a questi eventi metà dei comuni veneti ricadenti nel distretto "Pedemontana sud" sono stati sottoposti ad un'applicazione precoce di norme antisismiche: alcuni sono stati classificati sismici già con il Regio Decreto del 22 novembre 1937; il gruppo più numeroso è stato poi inserito in zona sismica II° con l'ordinanza del 1982, mentre il resto dei comuni vi è passato con l'Ord. 3274/2003.

Nel distretto A (**Scheda 12**) la sismicità strumentale, registrata dal 1977 al 2010, indica diversi eventi con magnitudo superiore a 3. Tra l'altro la localizzazione di alcuni eventi prima degli anni '90 (es. terremoto dell'ottobre 1980 con  $M_d=4.0$ ) non è ben vincolata. Inoltre risulta difficile definire con precisione i limiti di tale distretto in quanto certi elementi strutturali stanno subendo una progressiva rotazione e si è riscontrato un aumento della sismicità da SW verso NE. Si può dire comunque che in genere gli eventi si concentrano nella crosta superiore, con prevalenza tra 8 e 13 Km di profondità. Gli eventi con magnitudo  $> 3$  sono allineati lungo una fascia a direzione NE-SW, in accordo con i fronti dei principali sovrascorrimenti.

La massima magnitudo ( $M_D=3.6$ ) è stata registrata per l'evento del 28 dicembre 2006 nei pressi della città di Belluno. Il meccanismo focale di questo evento è attribuito ad un regime trascorrente, anche se ci sono interpretazioni controverse.

Questo distretto è stato soggetto più volte ad aumenti della sismicità, spesso interpretati come sciame o sequenze, che però hanno trovato modesto riscontro nel database degli eventi localizzati, mentre hanno rivestito una certa importanza nel monitoraggio a stazione singola. Ad esempio tra l'11 e il 14 dicembre 2003 è stato localizzato uno sciame nella zona dell'Alpago, registrato da più stazioni, con 8 eventi localizzati in Comune di Puos d'Alpago e uno in località Monte Pramaggiore tra il 13 e il 14 Dicembre. La  $M_D$  di questi eventi era compresa tra 2.0 e 2.7. La microsismicità si è poi ridotta progressivamente, ritornando a livelli normali.

Discorso a parte va fatto per la zona della Val Lapisina e del Fadalto. Qui tra la fine del 2010 e l'inizio del 2011 sono stati segnalati ripetuti fenomeni acustici, descritti come "botti" o "boati", talvolta associati a modeste vibrazioni di vetri e suppellettili. Il sistema di allarme sismico dell'OGS non evidenziava tuttavia in tale periodo incrementi di sismicità dell'area. E' stata comunque avviata una campagna di misure sismometriche tramite una rete di stazioni portatili. Le misure effettuate in tale ambito hanno evidenziato una stretta correlazione tra le segnalazioni della popolazione e micro eventi locali. L'ipotesi emersa è che i boati e le vibrazioni percepite siano legate a circolazione sotterranea di fluidi e repentini cambi di pressione nel sistema acquifero locale di tipo carsico.

### 5.3 NEOTETTONICA E SORGENTI SISMOGENETICHE

Nella zona in studio la fase tettonica attuale (neotettonica) è caratterizzata da regime compressivo legato allo scontro tra microplacca Adria e placca Europea, che porta nell'area veneta e, in particolare, nella porzione veneta orientale a processi di sollevamento e raccorciamento crostale che arriva ai valori massimi nell'area del Friuli centrale.

Le misure geodetiche hanno fornito dati per modelli cinematici del movimento della microplacca Adria che stimano una convergenza di 2-3 mm/anno. Le datazioni su alcuni terrazzi fluviali<sup>3</sup> evidenziano un tasso costante di scorrimento negli ultimi 300.000 anni di 1.8-2 mm/anno per la sola faglia del Montello. Le strutture neotettoniche di maggior significato sono i sovrascorrimenti con orientazione ENE-WSW; seguono in ordine di importanza retroscorrimenti e faglie subverticali ad orientamento NW-SE con prevalente componente trascorrente (**Schede 13 e 14**).

Per il distretto Pedemontana Sud le sorgenti sismogeniche composite più attive, individuate dal DISS, sono: la sorgente individuale *Thiene-Bassano* (ITIS127), risultante quiescente in epoca storica; la struttura *Bassano-Cornuda* (ITIS102), cui viene associato il terremoto di Asolo del 25 febbraio 1695; nonché la sorgente individuale di *Monte Grappa* (ITIS113) Quest'ultima viene interpretata come il *back-thrust* della più grande sorgente di Bassano-Cornuda e ad essa è associato il terremoto di Bassano del 1836,  $M_w=5,48$ .

Nel distretto Alpago-Cansiglio gli elementi tettonici principali sono i sovrascorrimenti SE vergenti, il più esterno dei quali è la linea di Sacile a cui si associa la Linea del Fadalto, trascorrente, che funge da svincolo che frammenta il fronte trascorrente. Tale svincolo, che costituisce un sistema di rampe oblique a direzione dinarica, avrebbe quindi funzione sismogenica. Appartiene a questo distretto la sorgente composita Montebelluna-Montereale (ITCS060) che va dal Montello fino allo sbocco in pianura del Cellina. All'interno di questa struttura ricade la sorgente individuale del Cansiglio (ITIS124), a cui è associato il terremoto del Cansiglio del 18/10/1936 ( $M_w=5.9$ ) e la sorgente individuale Polcenigo-Montereale (ITIS125) a cui è stato associato il terremoto del Bellunese del 1873 ( $M_w=6.33$ ).

### 5.4 SISMICITA' STORICA DEL TERRITORIO COMUNALE

La ricostruzione storica degli eventi sismici che hanno caratterizzato il territorio comunale è stata fatta utilizzando il database macrosismico italiano DBMI11 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>). Il DBMI11 rappresenta l'integrazione e l'aggiornamento del DBMI04, per cui è stato consultato per estrarre le seguenti informazioni.

In particolare, il Comune di Godega Sant'Urbano (per le coord. 45.940 - 12.342) appare otto volte. Nella *Figura* seguente, sono elencati i vari eventi registrati con indicati, oltre alla intensità in scala MCS al sito in esame ( $I_s$ ), la data (Anno, Mese, Giorno, Ora, Minuto) in cui si è verificato l'evento  $A_x$ , l'intensità massima epicentrale in scala MCS ( $I_o$ ) e la magnitudo momento ( $M_w$ ).

---

<sup>3</sup> Benedetti et al., 2000

Storia sismica di Godega di Sant'Urbano [45.928, 12.399]						
Numero di eventi: 8						
Effetti	In occasione del terremoto del:					
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw	
7-8	1936 10 18 03:10	BOSCO CANSIGLIO	267	9	6.12 ±0.09	
4	1952 01 18 01:36	POLCENIGO	108	5	4.57 ±0.18	
NF	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09	
3	1996 02 27 11:13	Barcis	150	5	4.48 ±0.11	
3	1996 04 13 13:00	CLAUT-BARCIS	164	5-6	4.62 ±0.10	
NF	2001 07 17 15:06	Merano	663	6	4.84 ±0.09	
3	2004 07 12 13:04	Alpi Giulie	366		5.19 ±0.09	
3	2004 12 04 22:20	Valle del Piave	115	5	4.18 ±0.14	

Figura 3: Storia sismica di Godega di Sant'Urbano (tratto da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani versione 2011)

Dalla Figura risulta che gli eventi più intensi sono da attribuirsi alla zona del Bosco del Cansiglio (18/10/1936) di 7-8.

## 5.5 PERICOLOSITA' SISMICA DI RIFERIMENTO

La distribuzione e la caratterizzazione delle zone sismogenetiche finora riconosciute 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.

### 5.5.1 PERICOLOSITA' SISMICA BASE

La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche e deve essere descritta con un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  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

I risultati dello studio di pericolosità sono forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta definiti in

corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno ( $T_r$ ).

La **Scheda 15**, sintetizza per il capoluogo di Godega Sant'Urbano i parametri sismici ora elencati e le accelerazioni al bedrock.

Per poter definire la pericolosità sismica di base ci si basa su una procedura disponibile anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Nella "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 e recepita dall'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" il Comune di Godega di Sant'Urbano risulta caratterizzato da un valore di  $a_g$ , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi di Cat. A caratterizzati da  $V_s > 800$  m/s, compreso tra 0.225g e 0.250g nella parte centro-settentrionale, mentre oscilla tra 0.200g e 0.2222g nella parte meridionale. Si veda la **Scheda 16**.

Per gli aspetti amministrativi con uno sguardo a fini edificatori, il Comune di Godega di Sant'Urbano rientra nella *classe 2* della nuova zonizzazione sismica con grado di accelerazione orizzontale al suolo ( $\alpha_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni tra 0.15 e 0.25g e con accelerazione orizzontale di ancoraggio allo spettro di risposta elastico (NTC 2008) pari a 0,25 g. Si rammenta che le classi sono:

Classe 1 - E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Sismicità alta, PGA oltre 0,25g.

Classe 2 - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti. Sismicità media, PGA fra 0,15 e 0,25g.

Classe 3 - I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti. Sismicità bassa, PGA fra 0,05 e 0,15g.

Classe 4 - E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse). Sismicità molto bassa, PGA inferiore a 0,05g.

La Regione Veneto con Deliberazione del Consiglio regionale n.67/2003 ha recepito la classificazione sismica del territorio comunale stabilita con la citata ordinanza n. 3274/2003 e per tale zona prescrive che "nei territori dei comuni classificati sismici in zona 2, chiunque intenda procedere a costruzioni, riparazioni e sopraelevazioni, fermo restando l'obbligo della concessione edilizia o della dichiarazione di inizio attività, è tenuto a depositare presso il Comune competente per territorio il progetto, in doppio esemplare, sottoscritto da un tecnico abilitato e iscritto al relativo albo professionale, nei limiti delle proprie competenze, nonché dal direttore dei lavori, ai sensi dell'art. 17 della legge 64/74".

Con D.G.R. n. 1572 del 3.9.2013 sono state approvate le nuove Linee Guida per la microzonazione sismica per i comuni inseriti negli appositi elenchi. La stessa prevede che dal 1° marzo 2014 tutti gli strumenti urbanistici siano adottati secondo le disposizioni in essa contenute,

abrogando la DGR 3308/2008.

Parimenti sono da seguire le disposizioni emanate con il D.M. 14.01.2008 e la successiva Circ. Min. 617/2009 per zone con tale grado di sismicità.

In ultima, si riporta il calcolo della disaggregazione della pericolosità sismica dedotta dai dati INGV. Questa ha lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo - distanza di un evento. I dati riportati nella **Scheda 17** sono stati desunti dalle “Mappe interattive di pericolosità sismica” dell’INGV e sono relativi ai punti della griglia evidenziati. I terremoti che potranno interessare il territorio comunale con maggiore probabilità avranno Magnitudo (M) di ~5.24 a distanza di circa 7.56 km dal concentrico del Comune.

Si fa comunque presente che, come tutte le zone sismogenetiche del territorio italiano, anche quella contrassegnata al n. 905 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 esiste quindi l’effetto distanza.

Secondo il § 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 905 in cui afferisce il territorio di Godega di sant'Urbano vale  $M_{wmax} = 6,60$ .

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 Saone	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

Tabella 3: Valori  $M_{wmax}$  per le zone sismogenetiche di ZS9 (Gruppo di lavoro 2004)

### 5.5.2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Partendo dalle caratteristiche sismo-tettoniche complessive della zona e delle principali manifestazioni sismiche, sia epicentrali, sia di risentimento dalle altre zone sismo-genetiche presenti nella zona, la pericolosità sismica del territorio comunale sarà approfondita in relazione alle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Le caratteristiche sismiche di un'area sono definite dalle sorgenti sismo-genetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi aspetti sono comunemente indicati come “pericolosità sismica di base” e sono quelli considerati per la classificazione sismica, come visto sopra.

Da queste caratteristiche deriva il moto di input atteso, per il calcolo del quale non sono considerate le caratteristiche locali e il territorio è trattato come se fosse uniforme ed omogeneo cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S ( $V_s$ ) è maggiore di 800 m/s (suolo A dell'Eurocodice 8 -parte 1, EN 1998-1, 2003, dell'OPCM 3274/2003, del DM 14/9/2005 e DM 14.1.2008).

Il moto sismico può essere però modificato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali. Alcuni depositi e forme del paesaggio possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni dovute alle caratteristiche locali sono comunemente definite "effetti locali".

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno (RSL) è perciò uno dei più efficaci strumenti per rappresentare la pericolosità sismica e, quindi, per prevenire e ridurre il rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili. Tale studio deve essere redatto in conformità agli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica" allegato alla DGR 1572/2013.

A completamento dei caratteri sismici locali, qui si sintetizza dicendo che

- La suddivisione del territorio, in sottozone a diversa pericolosità sismica locale si basa sia sulla sismicità di base cioè la distanza dalle sorgenti sismogenetiche e l'energia, frequenza e tipologia dei terremoti attesi; sia sull'amplificazione locale collegata alle caratteristiche topografiche, geomorfologiche, geolitologiche e idrogeologiche del sito.
- L'azione sismica sulle costruzioni è, di norma, valutata a partire da una "sismica di base" in condizioni teoriche di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.
- La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche e deve essere descritta con un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.
- I risultati dello studio di pericolosità sono forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno ( $T_r$ ).
- L'azione sismica definita deve tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche del sottosuolo presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la Risposta Sismica Locale (RSL).

**Di seguito si illustrano i risultati dell'analisi sismica per il Livello 1.**



## 6 CARTA GEOLOGICO-TECNICA (CGT\_MS)

La procedura di 1° Livello si basa sull'identificazione degli elementi geologici, idrogeologici e geomorfologici presenti nel territorio comunale, che hanno valenza dal punto di vista sismico, ossia possono dare amplificazione sismica. Degli aspetti idrogeologici e geomorfologici si è fatto cenno precedentemente. Qui, si puntualizzano i terreni caratterizzanti il sottosuolo comunale.

Tali elementi significativi dal punto di vista sismico vengono quindi inseriti nella Carta Geologico-Tecnica, la quale serve alla definizione del modello di sottosuolo ed è funzionale alla realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica.

I contenuti della Carta Geologico Tecnica sono nello specifico:

- Terreni di copertura (spessore > 3 m) e/o Substrato geologico;
- Forme di superficie e sepolte (conoide alluvionale, falda detritica, cavità sepolte, scarpate con  $h \geq 10$  m, scarpate sepolte, orli di terrazzo, dorsali o creste, assi vallivi sepolti, cavità o picchi isolati);
- Elementi tettonico strutturali (faglie, assi di pieghe) e tracce delle sezioni geologiche;
- Elementi geologici e idrogeologici (sondaggi o pozzi che hanno raggiunto o non raggiunto il substrato geologico; profondità falda in sabbie /ghiaie).

Per quanto riguarda i terreni, il territorio di Godega di Sant'Urbano è caratterizzato in superficie essenzialmente da quattro tipi di **litologie**:

- Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia di conoide alluvionale (GWca). Caratterizzano la zona settentrionale del Comune.
- Sabbie argillose e Sabbie limose, miscela di sabbia-argilla-limo (SCca). Si tratta di depositi alluvionali recenti, che interessano un'ampia parte del territorio a Sud del capoluogo, interessando anche Pianzano, Bibano sino ai confini meridionali del Comune.
- Terreni contenenti resti di attività antropica (terreni di riporto RIzz): è stato segnato un sito in cui è stato riportato materiale. La zona si trova tra via Nazionale e via Costella nella parte NW del Comune.

Per gli **aspetti morfologici** non sono state evidenziate forme di superficie significative naturali quali i paleoalvei poichè le testimonianze delle divagazioni sono minime oppure occultati dall'urbanizzazione e dall'antropizzazione anche dei terreni agrari. Parimenti, elementi morfologici come le scarpate non sono interessanti secondo la normativa poichè di modesta e/o nulla elevazione, anche quelle antropiche degli svincoli autostradali.

Tra gli **elementi tettonico-strutturali** si è segnalata la faglia capace identificata come *Linea di Aviano o Linea del Montello*, il cui tracciato passa all'estremo lembo NW del territorio entra la ZAI e la Linea di sacile che, invece, taglia quasi baricentricamente il Comune e, soprattutto, Bibano.

Tra gli **elementi geologici e idrogeologici** si sono inseriti i sondaggi a disposizione più profondi, ubicati nella zona di pianura, aventi una profondità di 4 m, che non hanno intercettato il substrato sismico. Nella medesima CGT si sono anche inseriti i punti con misurazione della tavola d'acqua sotterranea, che risulta mediamente ad una profondità compresa tra 0.8 e 3.1 metri di profondità.

## 7 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)** sintetizza le valutazioni fatte in chiave sismica sugli elementi territoriali di carattere litologico, idrogeologico e geomorfologico, suddividendo la superficie comunale in tre possibili categorie:

- 1) *aree stabili non suscettibili di amplificazione sismica;*
- 2) *aree stabili suscettibili di amplificazione sismica;*
- 3) *aree instabili per azione sismica.*

Prima di illustrare i risultati si fa cenno alla metodologia assunta per la definizione di tale aree.

### 7.1 ELEMENTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

L'amplificazione sismica di un territorio può essere associata alle caratteristiche 1) stratigrafiche; a quelle 2) topografiche; 3) oppure ad entrambe.

1. L'**amplificazione stratigrafica** è legata alla tipologia litologica, allo spessore dei materiali sciolti di copertura, al grado di fratturazione degli ammassi rocciosi, al grado di consolidamento dei depositi sciolti, al contatto tra litologie molto differenti e alla presenza di acqua nei terreni sotto forma di falda freatica o artesiane.
2. L'**amplificazione topografica** è dovuta alla concentrazione delle onde sismiche in corrispondenza di particolari forme territoriali quali: creste, cime isolate, orli di scarpata o di terrazzo, conoidi e falde detritiche.

#### 7.1.1 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Gli elementi che possono comportare o meno amplificazione sismica sono:

#### **Suoli**

Nel valutare l'amplificazione stratigrafica si suddividono i terreni in due categorie in funzione del valore  $V_s$  (m/s) ossia della velocità di propagazione delle onde di taglio nei terreni stessi. Per la risposta sismica si suddividono i terreni in *suoli A*, non amplificabili, con  $V_s > 800$  m/s, e *suoli diversi da A*, con  $V_s < 800$  m/s. Nella sottostante Tabella sono riportate le varie categorie di suoli, suddivise in base ai valori di  $V_s$ .


Categoria di suolo	Descrizione	Esempi di depositi quaternari associati
<b>A</b> $V_s > 800$ m/s	- rocce di basamento (es: filladi) - rocce sedimentarie massive o in banchi spessi (es: calcari, dolomie, arenarie ben cementate), con fratturazione debole o assente, affioranti o coperte da depositi quaternari di spessore non superiore a 3 metri	- depositi glaciali di fondo fortemente consolidati
<b>diversa da A</b> $V_s < 800$ m/s  $V_s$ decrescente  	- depositi clastici molto grossolani, ghiaie e sabbie cementate - rocce sedimentarie a stratificazione sottile, - rocce tenere (es: marna) - rocce di basamento o sedimentarie massive molto fratturate	- depositi glaciali di fondo normal consolidati - detrito di falda cementato - accumuli di frana a grossi blocchi - depositi alluvionali grossolani cementati
	- ghiaie e sabbie normalmente consolidate e non cementate	- depositi glaciali non consolidati - detrito di falda non cementato - depositi alluvionali - coltre detritico-colluviale
	- depositi di sabbie fini, silt o argille non consolidate - torbe - depositi vulcanici sciolti recenti	- depositi alluvionali fini - depositi transizionali (di laguna, deltizi, di cordone litorale ecc.) - coltre eluvio-colluviale

Tabella 4: Categorie di suolo (tratta da Allegato A DGR n. 3308/2008<sup>4</sup>)

Le formazioni rocciose aventi  $V_s > 800$  m/s e i soprastanti depositi quaternari con spessore  $< 3$  metri (o  $< 5$  m<sup>4</sup>) sono considerati bedrock sismico, che non genera, cioè, amplificazione stratigrafica. Le restanti litologie con  $V_s < 800$  m/s sono considerate amplificabili e, quindi, "sensibili" all'azione di un sisma.

Si distinguono, suddividendo il territorio in zone, i terreni "non amplificabili", dai terreni "amplificabili" in funzione del loro valore di  $V_s$ .

Per definire le caratteristiche litologiche locali si sono ubicate in apposita cartografia - **Carta delle indagini** - le indagini geognostiche e geofisiche esistenti, evidenziando eventualmente quelle che hanno raggiunto il substrato roccioso.

Le indagini geotecniche ubicate nella *Carta delle indagini* derivano sia dagli elaborati redatti per il P.A.T., sia da nuove indagini (HVSr) eseguite per questo lavoro. E si tratta di:

- nr. 4 indagini geoelettriche;
- nr.4 indagini sismiche FTN
- nr. 1 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S);
- nr. 18 trincee esplorative o sondaggi superficiali (T);
- nr. 20 misurazione tromografiche a stazione singola (HVSr). Le misure HVSr fanno parte delle analisi eseguite per il livello superiore al 1°.

*Sulla base delle analisi dei dati acquisiti si evidenzia che il territorio in studio è inseribile in parte nella classe delle aree stabili suscettibili di amplificazione sismica e in parte nelle aree instabili.*

<sup>4</sup> *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Parti I e II, 2008 a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile*

### Faglie capaci

Oltre ai limiti normali tra unità litologiche diverse, ossia legati a semplici cambiamenti del tipo di ambiente deposizionale, si devono considerare anche le faglie considerate “capaci”, definibili come faglie sismiche con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni, che possono riattivarsi e produrre deformazioni in superficie.

Il Comune di Godega Sant'Urbano è posto a ENE del rilievo del Montello considerato una sorgente sismogenetica. Il territorio comunale è sfiorato a NW dalla Linea del Montello, un sovrascorrimento ad orientazione NE-SW, sud-vergente; ma è attraversato completamente anche dalla Linea di Sacile circa con gli stessi caratteri geometrici della prima, seppure più corta - **Schede 18 e 19**. I dati caratteristici delle linee sono reperiti dal catalogo ITHACA dell'ISPRA

*La fascia a cavallo di tali Linee, presa pari a 200 m su ogni lato della linea, rientra nelle zone suscettibili di instabilità ( $Z_{FAC}$ ) per cui ogni intervento ricadente in questa fascia dovrà essere oggetto di uno studio di 3° Livello. Per quella di Sacile si sovrappongono altre tipologie d'instabilità; pertanto la fascia diventa "Zona di attenzione per instabilità differenti" (Faglia capace più liquefazione di tipo 1).*

### Aree con soggiacenza < 15 m e Liquefazione

La normativa vigente indica che affinché avvenga il fenomeno della liquefazione devono verificarsi contemporaneamente i seguenti fattori predisponenti: **1)** sisma con intensità  $\geq$  VIII grado della scala ESI2007 – (**Scheda 20**); **2)** scuotimento sismico prolungato; **3)** accelerazione massima attesa sul piano campagna  $> 0.1g$ ; **4)** profondità media stagionale della falda  $<$  di 15 m da p.c.; **5)** sedimenti con granulometria che rientra in un fuso ben definito (vedasi la *Figura 4*).

La liquefazione può interessare terreni incoerenti sciolti o poco addensati, saturi d'acqua, per temporanea perdita della resistenza al taglio dovuta all'incremento della pressione interstiziale al momento dello scuotimento.

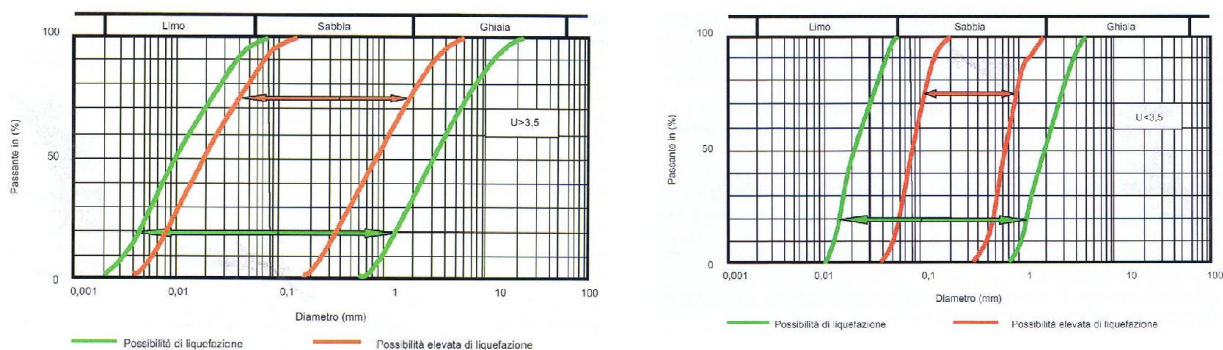


Figura 4: Fasce granulometriche critiche in funzione del coefficiente di uniformità ( $U > 3.5$ ) e ( $U < 3.5$ )

Sulla base della Carta Idrogeologica redatta per il PAT, la soggiacenza media della tavola d'acqua sotterranea nel territorio comunale varia da qualche metro (>3÷5 m) nella zona centrale e soprattutto settentrionale (10÷15 m) a 1.5 m andando verso la fascia delle risorgine.

La tavola d'acqua risulta, in media, ad una profondità che ricade entro i 15 m da p.c., limite fissato dalla normativa e che a seconda della tipologia granulometrica dei terreni distribuiti nel territorio entro i 20 metri di profondità può contribuire al grado di liquefazione potenziale. Infatti, nelle zone dove maggiore è la percentuale sabbioso-limosa come per esempio nella maggior parte del territorio posto a Sud del Capoluogo il rischio potenziale di liquefazione può essere maggiore rispetto alle altre zone comunali poste a Nord.

Una prima valutazione, a livello di piano, del potenziale pericolo di liquefazione è stata fatta anche mediante metodi "empirici". Tra i metodi empirici si sono utilizzati quello di Ambraseys (1991) e quello di Galli (2000), che correlano la distanza epicentrale del sito in studio con la magnitudo di soglia del sisma, cioè con quella magnitudo che può indurre fenomeni di liquefazione in terreni suscettibili. La relazione di Ambraseys (1991) è la seguente:

$$M_c = -0.31 + 2.65 \times 10^{-8} \times dist \times 100000 + 0.99 \text{Log}_{10}(dist \times 100000)$$

quella di Galli (2000)

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

dove *dist* è la distanza epicentrale espressa in km.

Se il rapporto  $M/M_c$  è maggiore o uguale a 1 sarà probabile il verificarsi di fenomeni di liquefazione.

Nella **Scheda 21** si evidenzia che, utilizzando entrambi i metodi citati, sulla base dell'estratto dal Catalogo Sismico Nazionale dei terremoti che hanno interessato la zona, esiste la possibilità che avvenga tale fenomeno di liquefazione.

Anticipando la descrizione del 2° Livello di approfondimento di analisi eseguito, si fa presente che dall'interpretazione dei dati acquisiti con le indagini HVSR nel territorio comunale si danno delle valutazioni sul potenziale pericolo di liquefazione. In questo caso, si è utilizzato uno dei metodi semplificati in grado di valutare la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato (CSR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR). Cioè in pratica si ha:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1 (di 1.25 secondo l'Eurocodice 8).

La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso

correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche e statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da indagine geofisica. Si è utilizzata la formula di Boulanger e Idriss (2004) per metodi semplificati validi per il 2° Livello di approfondimento sismico. Per la spiegazione delle formule assunte si rimanda a bibliografia tecnico-scientifica pubblicata.

Il software<sup>5</sup> utilizzato per i calcoli permette anche di valutare sulla base dei dati inseriti anche l'Indice di liquefazione (IL).

Inserendo i valori Vs ricavati, la profondità della tavola d'acqua desunta dalle indagini PAT, ed gli altri parametri richiesti ne emerge un generale risultato positivo delle zone investigate, con un Indice di Liquefazione basso o molto basso ( $IL = 0$ ). Da evidenziare che, cautelativamente, proprio perchè terreni ghiaiosi con varia percentuale di matrice media e medio-fine nei calcoli si è imposto una percentuale massima di fine pari al 5%.

La **Scheda 22** riporta, come esempio di calcolo, l'elaborazione fatta utilizzando il metodo semplificato ora illustrato relativamente al sito nr. 21.

Da ultimo, si riporta il grafico dedotto da più metodi sperimentali, che consente di stimare la distanza critica d'innescio dei fenomeni di liquefazione del sottosuolo.

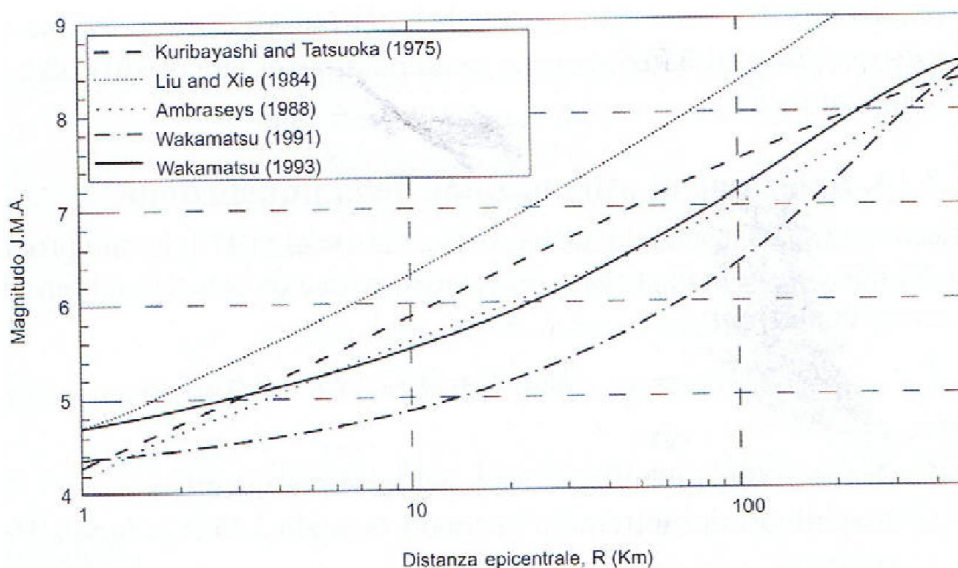


Figura 5: Relazione tra distanza epicentrale dove sono registrati episodi di liquefazione e magnitudo delle onde superficiali in JMA (Japan Meteorological Agency)

Si nota che, per terremoti di magnitudo Richter 6.6 (caratteristica della sorgente sismica più prossima) corrispondente indicativamente al grado 5 sup÷6 inf della JMA, la distanza critica oscilla arriva a 20 Km considerando i principali metodi (Ambraseys, Kuribayashie Tatsuoka; Wakamatsu 1993).

Pertanto dopo una analisi geologica del territorio si è deciso di perimetrare le aree soggette a liquefazione come mostrato nella **Carta MOPS** allegata.

<sup>5</sup> Liquef della Programgeo

### **Cedimenti differenziali**

I tipi di cedimenti legati all'azione sismica sono quelli dovuti a densificazione di terreni insaturi, quelli dovuti a liquefazione dei terreni saturi e quelli dovuti a collasso di cavità sotterranee. La densificazione in condizioni insature è un tipo di cedimento, anche differenziale, che può avvenire nei terreni sabbioso-limosi, sia naturali che di riporto, messi in posto piuttosto recentemente. Cedimenti per densificazione possono avvenire in corrispondenza di limiti tra terreni a caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. Per avere indicazioni sulla granulometria e lo stato di addensamento dei terreni è necessario avere almeno dati di indagini in situ (es. prove penetrometriche, SPT, etc) o in laboratorio.

*Nel Comune di Godega di Sant'Urbano si sono classificate come zone a cedimenti differenziali tutte la zona dove c'è stato riporto di materiale a sud di via Nazionale.*

#### **7.1.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA**

Il fenomeno dell'amplificazione topografica è legato alla focalizzazione delle onde sismiche in corrispondenza di particolari elementi topografici e morfologici quali: creste, rilievi isolati, scarpate superficiali e/o sepolte, orli di terrazzo, incisioni vallive, conoidi alluvionali e falde detritiche.

Partendo dal D.M. 14.01.2008 si ricava che l'altezza minima degli elementi geomorfologici da considerare ai fini sismici è di 30 m; in accordo con le indicazioni degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica..." del Dipartimento della Protezione Civile nazionale. Tuttavia è bene valutare anche le forme con altezza compresa tra 10 e 30 m.

Le scarpate, che comprendono sia quelle di tipo strutturale che di erosione o degradazione che i pendii in genere, nonché le pareti di cave e di dighe in terra, vengono considerate ai fini sismici se hanno altezza superiore a 10 m e pendenza superiore a 15°. Inoltre, sono considerate sia le scarpate superficiali che quelle sepolte.

Per i terrazzi l'altezza minima è 10 m, come per le scarpate. Si devono considerare sia i terrazzi naturali, quali quelli fluviali o fluvioglaciali; sia quelli artificiali in terreni riportati o nell'ambito di cave.

In particolare le creste, per essere significative ai fini dell'amplificazione devono avere larghezza della sommità sensibilmente inferiore rispetto alla base.

La stima è la risposta dello scenario considerato, nel caso peggiore, cioè nel caso in cui l'incidenza del treno d'onde avvenga perpendicolarmente alla direzione di allungamento della cresta o della scarpata. In tutti i casi in cui il treno d'onde associato al movimento sismico non sia perpendicolare allo sviluppo della cresta o della scarpata, è lecito attendersi effetti di amplificazione morfologica attenuati rispetto a quanto riportato più avanti.

*Nel Comune di Godega Sant'Urbano. non sono presenti strutture e forme ricadenti in tale tipologia di amplificazione sismica.*

## 7.1 DEFINIZIONE DELLE ZONE STABILI ED INSTABILI SISMICAMENTE

Di seguito si definiscono, come indicato dalle Normative vigenti in materia e dalle Linee Guida nazionali e regionali, le zone con le quali si suddivide il territorio in relazione alla pericolosità o meno di amplificazione sismica.

### 7.1.1 ZONE STABILI NON SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

Si tratta di zone caratterizzate da morfologia subpianeggiante ( $<15^\circ$ ) o, comunque, con pendenza regolare; sono suoli di tipo A, cioè non amplificabili ( $V_s > 800$  m/s); sono prive di elementi che possono risentire di amplificazione topografica e sono prive di fenomeni di instabilità quali: frane di vario tipo, cedimenti legati a collasso di cavità sotterranee o densificazione di terreni insaturi o liquefazione di terreni saturi e non sono soggette a rischio di rotture della superficie topografica per riattivazione di faglie capaci.

*In queste zone la risposta sismica è quella attesa, ossia non si ipotizzano effetti di alcuna natura se non lo scuotimento, che è funzione della magnitudo e della distanza ipocentrale del terremoto.*

### 7.1.2 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

Queste zone non sono soggette a fenomeni di instabilità quali: frane di vario tipo, cedimenti legati a collasso di cavità sotterranee e/o a densificazione di terreni insaturi; oppure a liquefazione di terreni saturi. Parimenti, non sono soggette a rischio di rotture della superficie topografica per riattivazione di faglie capaci.

*Tali zone, tuttavia, presentano caratteristiche litologiche che le rendono soggette a possibile amplificazione stratigrafica (suoli  $\neq$  A) e/o elementi morfologici che possono essere soggetti ad amplificazione topografica (creste, dorsali, scarpate, etc.).*

### 7.1.3 ZONE INSTABILI PER AZIONE SISMICA

Le zone instabili per azione sismica possono essere soggette, in seguito ad un sisma, a: **1)** instabilità di versante quali frane di crollo, colate, scivolamenti; **2)** cedimenti per liquefazione di terreni saturi o per densificazione di terreni insaturi; **3)** cedimenti per crollo di cavità sotterranee; **4)** rotture in superficie per riattivazione di faglie capaci.

## 7.2 DESCRIZIONE DELLA CARTA MOPS

Il territorio del Comune di Godega Sant'Urbano ricade in due classi della zonizzazione sismica: **1)** zone stabili suscettibili di amplificazione sismica e **2)** zone instabili per azione sismica.

Non sono presenti nel territorio suoli di tipo A, non amplificabili, che definiscono zone *stabili e non suscettibili di amplificazione sismica*.



### 7.2.1 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

La zona stabili amplificabile è rappresentata da:

- **Zona 1:** comprende le ghiaie e ciottoli con granulometria assortita e la miscela di Ghiaia e sabbia del conoide alluvionale (ca), che si sviluppa soprattutto nella pizzone Nord del territorio comunale. Presentano un cappello superficiale di alterazione da poche decine di centimetri a un metro circa, mentre la loro potenza può essere di un centinaio di metri

### 7.2.2 ZONE INSTABILI PER AZIONE SISMICA

Sulla base della Carta della Fragilità del PAT comunale, delle analisi degli elementi geologici precedentemente descritti presenti nel territorio di Godega di Sant'Urbano ed in funzione delle stime basate sulle indagini geologiche pregresse e non, di tipo diretto (prove penetrometriche, sondaggi, trincee) e indiretto (sismiche) si è ritenuto di perimetrare:

- una zona classificandola "Zona di Attenzione" -  $ZA_{FAC}$  per faglie attive e capaci, che comprende una fascia di terreni larga 200 m su ogni lato della faglia inversa detta "Linea del Montello", classificata attiva dal Progetto ITHACA. Tale ZA ha una direzione NE-SW e interessa l'angolo NW del territorio comunale nei pressi della ZAI.
- esiste, poi, un'altra fascia di tipo "Zona di Attenzione  $ZA_{FAC}$ ", ma poichè va a sovrapporsi ad altra area instabile è stata classificata come "Area di sovrapposizione di zone di attenzione per instabilità differente", qui rappresentata dalla zona a rischio liquefazione.
- zona di attenzione  $ZA_{LQ1}$  per Liquefazione di tipo 1, legata a presenza di livelli di litologie sabbioso-limose, con soggiacenza della falda compresa tra 1.0 e 15 m. Si è identificata come Zona con questo tipo di instabilità buona parte del territorio. L'esclusione di una minima porzione a NW deriva dall'elaborazione dei dati acquisiti in situ, che hanno dato potenzialmente pericolo basso, associato a ghiaie più pulite. Da verificare, comunque, in fase di progetto.
- zona caratterizzata da possibili cedimenti differenziali in corrispondenza di un'area con terreni scadenti di ex cava e/o di aree con materiale di riporto, della quali non si conosce bene la natura del materiale di riempimento e il grado di compattazione.

Queste ora descritte sono zone intese come "zone suscettibili di instabilità" originariamente previste da ICMS (2008) e che vengono riferite al Livello 1.

Si tratta di zone nelle quali i dati a disposizione non sono sufficienti, in quantità e/o tipologia, per definire se l'instabilità si verificherà effettivamente in caso di evento sismico.

In particolare, le Linee standard per gli studi di microzonazione sismica versione 3.0 definiscono tali ZA come zone, che nel Livello 1 e 2, non possono essere ancora classificate come zone effettivamente instabili, fintanto che non vengano esperiti i necessari approfondimenti propri del Livello 3. In questo modo le ZA vengono differenziate in maniera esplicita dalle "zone suscettibili di

instabilità" (ZS), che possono essere identificate solo nel momento in cui vengono effettuati approfondimenti di tipo quantitativo.

Infatti, nel Livello 3 per le zone suscettibili di instabilità (instabilità di versante, liquefazioni, cedimenti differenziali, faglie attive e capaci) si dovranno definire a quale dei due tipi è inseribile la zona in studio:

- ZS: Zone di Suscettibilità
- ZR: Zone di Rispetto

Per entrambi i tipi di zone sarà possibile riportare un parametro che quantifichi il fenomeno. Concettualmente il significato dei due tipi di zone è il seguente:

- *Zone di Suscettibilità (ZS)*: sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifici per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche semplificati, è possibile definire la pericolosità in termini quantitativi.
- *Zone di Rispetto (ZR)*: sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifica per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche avanzati, è possibile quantificare con maggior accuratezza la pericolosità. Tale quantificazione è finalizzata all'analisi dettagliata di aree limitate sulle quali possono essere presenti opere vulnerabili.

Per le faglie attive e capaci il parametro quantitativo richiesto è la dislocazione massima (DISL).

## **PROCEDURA DI 2° LIVELLO**

### **8 LIVELLO D'ANALISI DI TIPO 2°**

Si premette, come già esplicitato prima, che il Livello di analisi di tipo 2°, in accordo con la Amministrazione comunale ed in riferimento alle Linee Guida Regionali (Allegato A) della DGR 1572/2013 è stato applicato, nella prospettiva del Piano degli Interventi facente parte del Piano Regolatore Comunale (PRC), a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase 1 e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del “centro abitato” così come previsti dalla normativa vigente.

Si rammenta, anche come dettato dalla stessa DGR 1572/2013, che è richiesto e ritenuto sufficiente nelle aree prive di particolari complicazioni, nelle quali sono attesi solo effetti di amplificazione (P3, P4c, P4d, P4e; P1c, P2, P4a). Esso permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione, di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici. Per questi tipi di valutazioni si eseguono indagini geofisiche e geognostiche ed una stima dei Fattori di amplificazione tramite formule ed abachi messi a disposizione dal Dipartimento nazionale di Protezione Civile.

Illustrati, nei Capitoli precedenti, i risultati conseguiti con il Livello 1° dello studio di microzonazione sismica comunale, si passa ad elencare le procedure ed i risultati dello studio di Livello 2°.

Sulla base della Carta della microzonazione sismica omogenee in prospettiva sismica (MOPS) si sono individuate le classi di approfondimento di studio ed il relativo livello, come mostrato nella Tabella 1 e nelle Linee Guida regionali e nazionali.

Come previsto dalla normativa vigente, e già descritto nel capitolo precedente, la procedura di secondo livello è obbligatoria, per le zone suscettibili di effetti di 1) *amplificazione morfologica* e 2) *amplificazione litostratigrafica*.

#### **8.1 AMPLIFICAZIONE MORFOLOGICA**

*Per quanto riguarda il territorio in studio non si sono individuate condizioni morfologiche potenzialmente suscettibili di effetti di amplificazione morfologica, soprattutto nelle zone interessate dall'edificato.*

#### **8.2 AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA**

Relativamente alle possibili amplificazioni sismiche su base litologica, la procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (**Fa**). Gli studi sono condotti con metodi quantitativi

semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e geometriche e sono utilizzati per "zonizzare" l'area di studio in funzione del valore di  $F_a$ .

A differenza degli aspetti morfologici dove la procedura di 2° Livello fornisce valori di  $F_a$  solo per l'intervallo  $0.1 < T_0 < 0.5s$ , a causa codici di calcolo bidimensionale che sono influenzabili da moto di input nel periodo  $0.5 < T_0 < 1.5s$ ; per gli effetti litologici la procedura dà valori di  $F_a$  per entrambi gli intervalli di periodo considerati.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia dei materiali presenti nel sito (litologie ghiaiose e litologie argilloso limose);
- stratigrafia del sito;
- andamento con la profondità delle Vs fino a valori pari o superiori a 800 m/s; in mancanza del raggiungimento del bedrock ( $V_s \geq 800$  m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s.
- spessore, peso di volume e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Anche questa procedura semplificata prevede l'impiego di abachi di riferimento, oltre la conoscenza dei parametri sopra elencati.

Gli abachi utilizzati sono quelli formulati dal Dipartimento di Protezione Civile - ICMS 2008 - reperibili nel Volume III degli "Indirizzi....".

Gli ICMS (2008) definiscono, nell'ambito degli studi di Livello 2, una serie di abachi finalizzati all'individuazione di un valore che caratterizzi le microzone stabili suscettibili di amplificazioni locali in termini di fattori di amplificazione.

Le amplificazioni dovute ad effetti litostratigrafici sono espresse con due fattori numerici ( $F_a$  e  $F_v$ ) da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo ( $F_a$ ) e alto periodo ( $F_v$ ).

Tra i parametri di amplificazione, potrà essere inserito anche  $F_t$  (amplificazione topografica valida solo per rilievi in roccia), che sarà espresso con la stessa simbologia e le stesse classi degli altri parametri di amplificazione.

I valori riportati negli abachi sono la media dei risultati ottenuti da 7 simulazioni condotte con 7 accelerogrammi diversi per ciascun livello energetico (0.06g, 0.18g o 0.26g), su ciascun litotipo, spessore H e per ciascuno dei tre profili di Vs.

Le zone stabili e le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali hanno come attributo un parametro che quantifica l'amplificazione locale del moto sismico di base.

- Le **zone stabili** sono caratterizzate sempre da un'amplificazione uguale a 1.0.
- Le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** sono invece caratterizzate da classi di fattori di amplificazione. Se dalle analisi sviluppate con gli abachi o attraverso simulazioni

numeriche vengono riscontrate delle deamplificazioni, per convenzione si attribuirà alla microzona un valore uguale a 1.0.

Si sono utilizzati gli abachi degli ICMS (2008) mancando quelli definiti a scala regionale, che dovrebbero rappresentare la situazione sismotettonica regionale a seconda delle caratteristiche peculiari degli ambienti che le caratterizzano. Nello specifico, l'attribuzione di  $F_a$  e  $F_v$  è stata raggiunta utilizzando il software "Sisma3" della Programgeo, di cui la **Scheda 23** ne riporta un esempio; mentre la tabella sottostante esemplifica un abaco contenuto nelle Linee Guida.

Tutte le elaborazioni effettuate prevedono, da norma, la presenza di un bedrock sismico avente  $V_s = 800$  m/s al di sotto della profondità  $H$ .

Prima di passare alla descrizione dei risultati, qui, si fanno due precisazioni:

- Per ciascun spessore  $H$  si è anche calcolato il periodo proprio del sito  $T$  con la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo del modello stratigrafico

necessario qualora si voglia utilizzare le schede di valutazione di altre Regioni (es. Lombardia)

- Sia per gli abachi ICMS 2008 utilizzati, sia per le eventuali schede di valutazione regionale si fa riferimento, di norma, ad una stratigrafia, anche per  $T$ , fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è  $\geq 800$  m/s (suolo di tipo A). Si sottolinea, qui, che la condizione  $V_s \geq 800$  m/s è alquanto ottimistica per gran parte delle rocce del substrato roccioso italiano. Infatti, generalmente, i litotipi italiani pur avendo un comportamento classificabile come suolo di classe A, presentano una  $V_s < 800$  m/s. L'applicazione rigida della norma porterebbe a non classificare in classe A buona parte del territorio italiano, sia con rocce sedimentarie ma anche ignee e metamorfiche. Su tale base si è considerato bedrock sismico anche i terreni che presentassero  $V_s$  leggermente inferiori a 800 m/s (da 700 m/s in su).

Le tabelle ICMS 2008 contenute nelle Linee Guida nazionali sono ordinate per litotipo (Argille, Sabbie e Ghiaie) e, all'interno di ciascun litotipo, per tipo di profilo di velocità assunto (costante, variabile linearmente con la massima pendenza compatibile con il valore di  $V_s/H$ , e variabile linearmente con pendenza intermedia fra costante e massima).

La scelta del tipo di profilo va fatta sulla base delle conoscenze specifiche ottenute con il Livello 2: in generale quando lo spessore di sottosuolo diventa considerevole (diverse decine di metri), è poco probabile che il profilo di velocità si mantenga costante, ed è quindi preferibile orientarsi

verso le tabelle riferite al profilo variabile linearmente con pendenza intermedia. Il profilo con pendenza massima fornisce in genere risultati più cautelativi e andrebbe utilizzato quando si può effettivamente ipotizzare che ci siano gradienti molto accentuati con la profondità.

I dati relativi a spessori H molto elevati (da 50 a 150 metri) sono inseriti per consentire di riferirsi a situazioni in cui è prevedibile che le proprietà dei terreni siano gradualmente crescenti con la profondità, senza contrasti di impedenza evidenti. Tali situazioni sono quelle per le quali sono definite le categorie di suolo B, C e D delle Norme tecniche per le costruzioni.

Fattore di amplificazione FA	Tipo di terreno Ghiaia	a <sub>g</sub> (g)		Profilo di velocità							
		0.26g		Lineare pendenza intermedia							
		V <sub>s</sub> (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	-	1.80	1.74	1.80	1.38	1.21	1.10	1.05	1.01	1.01
	10	-	-	2.02	1.70	1.47	1.33	1.25	1.17	1.06	1.02
	15	-	-	-	1.93	1.69	1.51	1.37	1.25	1.12	1.04
	20	-	-	-	1.97	1.79	1.62	1.47	1.35	1.18	1.06
	25	-	-	-	1.97	1.79	1.64	1.51	1.39	1.21	1.08
	30	-	-	-	1.91	1.69	1.62	1.50	1.40	1.22	1.09
	35	-	-	-	1.59	1.60	1.54	1.48	1.39	1.22	1.09
	40	-	-	-	1.50	1.52	1.48	1.41	1.36	1.21	1.09
	50	-	-	-	1.42	1.39	1.32	1.31	1.27	1.17	1.07
	60	-	-	-	1.33	1.33	1.30	1.22	1.18	1.12	1.04
	70	-	-	-	-	1.27	1.26	1.22	1.15	1.06	1.00
	80	-	-	-	-	1.21	1.20	1.19	1.15	1.04	0.98
	90	-	-	-	-	1.14	1.15	1.15	1.12	1.04	0.96
	100	-	-	-	-	1.08	1.10	1.11	1.09	1.03	0.95
	110	-	-	-	-	1.02	1.06	1.06	1.05	1.01	0.95
120	-	-	-	-	0.97	1.01	1.03	1.03	0.99	0.93	
130	-	-	-	-	0.91	0.97	0.99	0.99	0.97	0.92	
140	-	-	-	-	0.91	0.94	0.96	0.97	0.94	0.91	
150	-	-	-	-	0.87	0.91	0.93	0.94	0.93	0.89	

Tabella 5: Esempio di utilizzo dell'abaco ICMS 2008 (Dip. Prot. Civ.)

Il valore di Fa determinato deve essere approssimato alla prima cifra decimale ed utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1÷0.5 s e 0.5÷1.5 s.

Si precisa che la scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° Livello è stata motivata ed a ciascun parametro utilizzato è stato assegnato un grado di attendibilità, secondo il seguente schema:

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 6: Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati

Si evidenzia, come riportato nel paragrafo 2.4.1 degli ICMS (2008), che le geometrie delle zone stabili e stabili suscettibili di amplificazioni locali, definite nel Livello 1, nella stesura delle Carte di microzonazione sismica di Livello 2 e 3, possono essere modificate.

Come per le situazioni morfologiche, si possono presentare due situazioni:

- il valore di  $F_a$  è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di  $F_a$  è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello), o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
  - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
  - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
  - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Le categorie di suolo definite secondo la classificazione contenuta nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono:

Categoria	Descrizione
A	Annessi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 7: Categorie di suolo (NTC 2008)

### 8.3 STRUMENTAZIONE E METODO DI MISURA

Al fine di conoscere le "peculiarità sismiche" (frequenza di risonanza,  $V_s$ , etc.) del territorio in studio, sono state eseguite nr. **20** indagini sismiche passive mediante tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), che hanno consentito di verificare le condizioni richieste dalla normativa e di ricostruire un adeguato modello stratigrafico e geofisico del sottosuolo, che è stato poi utilizzato per l'impiego degli abachi previsti dalla normativa vigente. L'ubicazione delle nuove indagini sono riportate sempre nella **Carta delle Indagini** utilizzata anche per i Livello 1.

#### 8.3.1 STRUMENTAZIONE

Per le indagini sismiche si è utilizzato un tromografo (Tromino) che misura il microtremore ambientale. Il tempo di registrazione è stato di 12 minuti. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 256 Hz. E' alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V e senza cavi esterni.

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

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

Pertanto, si può scrivere:

*segnale registrazione al sito "N" = sorgente x effetti di percorso x funzione trasferimento strumento*



Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi, poiché il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente *S* al sito *N* le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che, se da un lato l'informazione riguardante la sorgente è persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni concernenti il percorso del segnale e, in particolare, relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali del sottosuolo, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per questa campagna di misure, i dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. Tutte le misure a stazione singola in campo aperto sono state orientate secondo il Nord magnetico.

### 8.3.2 PROCEDURA

Il principio dell'indagine si basa sul fatto che un'onda che viaggia nel mezzo 1 (superficiale) è parzialmente riflessa dall'interfaccia che separa due strati: 1 e 2 (sottostante).

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (*l*) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore *H* del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza (*f<sub>r</sub>*) relativa alle onde S (o P) è data dall'espressione:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a due o più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione citata.

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per: il contenuto in frequenza; la risposta strumentale e l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

L'interpretazione delle registrazioni di campagna del rumore sismico sono state ricavate e analizzate ottenute mediante il software Grilla in dotazione al tromino fissando i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,
- rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

Queste hanno permesso di ricavare le curve HVSR.

Si sono, inoltre, ricavate le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri precedenti).

Le profondità H delle discontinuità sismiche nei casi di copertura + bedrock o bedrock like sono state ricavate tramite la formula:

$$H = \left[ \frac{V_0 \times (1 - \alpha)}{4 \hat{\nu}_1} + 1 \right]^{\frac{1}{(1-\alpha)}} - 1$$

dove:  $V_0$  è la velocità al tetto dello strato,  $\alpha$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del terreno,  $\nu$  la frequenza fondamentale di risonanza.

Nei casi stratigrafici più complessi si sono invertite le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

La significatività statistica dei picchi delle curve HVSR è stata fatta utilizzando il protocollo Sesame 2005. In particolare, i primi tre criteri della Tabella Sesame (2005) dicono se la registrazione è stata fatta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerato. Ed è opportuno che siano soddisfatti tutti tre. I secondi sei criteri dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che siano soddisfatti il maggior numero, ma eventuali NO su tutte

le righe non implicano che la registrazione è stata fatta male, bensì che non ci sono picchi significativi (tratto da Manuale di Grilla).

### 8.3.3 RISULTATI OTTENIBILI CON LA HVSR

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di tecnica sismica passiva HVSR sono:

- la *frequenza caratteristica di risonanza del sito*, che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi;
- la *frequenza fondamentale di risonanza di un edificio*, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito (free field) e capire se, in caso di sisma, la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la *velocità media delle onde di taglio  $V_s$*  calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la  $V_{s30}$  e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008;
- la *stratigrafia del sottosuolo* con un range di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

*Le indagini HVSR sono state eseguite, come raccomandato anche dalla normativa nazionale e regionale per gli studi microsismici di livello superiore al 1°, entro i perimetri che definiscono i nuclei abitati attuali e futuri, come da PAT e PI nel territorio comunale al fine di caratterizzare parametrizzare il più possibile la risposta di amplificazione.*

## 9 RISULTATI DELLO STUDIO DI 2° LIVELLO

Lo studio, le valutazioni in situ e le conseguenti analisi dei dati acquisiti con le tipologie d'indagine elencate sopra hanno permesso di approfondire la zonizzazione sismica del territorio, relativamente alle aree suscettibili ad amplificazione sismica, come da normativa, e già messe in luce con la procedura di 1° Livello.

### **Amplificazione litologica**

La valutazione della congruità o meno dei fattori di amplificazione sismica tra risultati di campagna e valori soglia normativi si basa, come detto, su una serie di indagini HVSR distribuite sul territorio e che hanno anche compreso alcune zone classificate già con il 1° Livello come instabili.

La Tabella seguente sintetizza invece i risultati emersi con le indagini HVSR eseguiti nell'intero territorio comunale. Si tenga conto che alcune di queste indagini sono state fatte comunque in zone già assoggettabili a procedure di 3° Livello, da normativa.

Di seguito, oltre ai fattori di amplificazione litologica esposti nella Tabella del prossimo Capitolo e di cui si è illustrata la metodologia nei capitoli precedenti, si sono anche calcolati i seguenti parametri sismici che caratterizzano il territorio comunale.

#### **9.1 ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO - PGA**

La valutazione dell'accelerazione massima del suolo attesa o Peak Ground Acceleration (PGA) è stata valutata con il Metodo di Midorikawa (1987). E' un metodo consigliato nel Manuale TC4 per microzonazione di 2° livello. Il fattore di amplificazione relativa per il picco di accelerazione (PGA) è fornito dalla relazione:

$$F_a = 68V_s^{-0.6} \text{ per } V_s < 1100 \text{ m/s}$$
$$F_a = 1 \text{ per } V_s \geq 1100 \text{ m/s}$$

dove  $V_s$  è la velocità media pesata delle onde S degli strati fino ad una profondità massima di 30 metri. Pertanto, qualora il bedrock si trovi ad una profondità superiore a 30 m, va considerata solo la media delle velocità degli strati compresi fra le profondità 0 e 30 m. Il valore dell'accelerazione di picco in superficie è dato dalla:

$$PGA(g) = a_{bedrock} F_a$$

dove  $a_{bedrock}$  è l'accelerazione sismica nel bedrock. Questo metodo non tiene conto degli effetti di amplificazione dovuti a irregolarità topografiche o del substrato.

*In sintesi e rimandando alla Tabella riassuntiva citata, i valori PGA con tale metodo oscillano tra  $a_g$  1.46 e  $a_g$  2.45, con valore medio di 1.94.*

#### **9.2 RIGIDITA' DEL SUOLO**

La classificazione dei sottosuoli dei siti investigati è stata fatta anche sulla stima dell'indice di sito, funzione del modulo di taglio medio e dello spessore degli strati di copertura. Si tratta di un Metodo proposto da Draft (1989) e adottato nel Chinese Aseismic Design Code for Structures. Il modulo di taglio medio viene stimato con la relazione:

$$G(kPa) = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \frac{\gamma_i}{9.81} V_{si}^2}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

in cui:

- $h(m)$  = spessore dello strato  $i$ -esimo;  
 $\gamma(kN/mc)$  = peso di volume naturale dello strato  $i$ -esimo;  
 $V_s (m/s)$  = velocità delle onde S dello strato  $i$ -esimo;  
 $n$  = numero degli strati di copertura.

Se lo spessore complessivo degli strati di copertura supera i 20 m vanno presi in considerazione nel calcolo solo i livelli fino a tale profondità. Secondo questo metodo va considerato come bedrock o bedrock-like qualsiasi livello con velocità delle onde S superiore a 500 m/s. L'indice di sito viene quindi calcolato con la formula:

$$\mu = 0.6\mu_g + 0.4\mu_h$$

dove  $\mu_g$  è il contributo del modulo di taglio medio all'indice di sito ed è fornito dalla relazione:

$$\mu_g = 1 - \exp[-0.66(G - 30000)10^{-5}] \quad \text{se } G > 30000 \text{ kPa};$$

$$\mu_g = 0 \quad \text{negli altri casi};$$

e  $\mu_h$  è il contributo dovuto allo spessore della copertura ed è dato dalla relazione:

$$\mu_h = \exp[-0.916(H - 5)^2 10^{-2}]$$

$$\mu_h = 0 \quad \text{se } H > 80 \text{ m}$$

$$\mu_h = 1 \quad \text{se } H \leq 5 \text{ m}$$

Dove H è lo spessore complessivo della copertura.

Nel caso in cui sia  $G > 500000$  kPa e contemporaneamente  $H \leq 5$  m bisogna porre  $\mu_h = \mu_g = 1$ . La classificazione del sito si ottiene dalla seguente tabella:

Tipo di sito	Rigido	Med. rigido	Med. soffice	Soffice
Indice di sito	$1 > \mu > 0.9$	$0.9 > \mu > 0.3$	$0.3 > \mu > 0.1$	$0.1 > \mu > 0$

Di norma, il fenomeno dell'amplificazione sismica si accentua al diminuire dell'indice di sito.

*Dalle analisi risulta che il territorio è inseribile nella classe "medio rigido" con un valore medio pari a 0.42, ma con estremi oscillanti tra 0.3 e 0.5.*

### 9.3 STIMA DEL PERIODO DI RISONANZA FONDAMENTALE DEL TERRENO.

Il periodo di risonanza fondamentale del terreno T può essere misurato direttamente attraverso la tecnica HVSR, o stimato attraverso correlazioni empiriche. Si è scelto la correlazione empirica basata sulla media pesata delle  $V_s$ <sup>6</sup>.

<sup>6</sup> codice numerico "Sisma3" della Programgeo

Il valore di T può essere stimato passando attraverso il calcolo della media pesata delle Vs all'interno del terreno di copertura:

$$\overline{V_s} = \frac{\sum_{i=1,N} V_{si} h_i}{H} \quad T = \frac{4H}{\overline{V_s}}$$

in cui H è lo spessore della copertura e  $V_{si}$  e  $h_i$  rispettivamente la velocità delle onde S e lo spessore dello strato i-esimo. *Dalle analisi risulta un T1 medio di 1.23s con estremi compresi tra 0.39s e 2.2s.*

#### 9.4 AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA

La Tabella sotto riporta in sintesi i risultati emersi con le 20 indagini HVSR eseguite nelle aree edificate e/o edificabili, ma anche nel restante ambito comunale.

Codice Indagine	Codice HVSR	Rigidità del suolo	Periodo di risonanza T1	Vs30 (m/s)	Classe suolo	Fa PGA	Fa ICMS	FV ICMS	Ss NTC	Livello di analisi	Frequenza di risonanza
20	1	0.5	1.87	407	B	1.85	1.8	1.1	1.2	3	45.38
21	2	0.4	1.14	375	B	1.94	1.3	1.5	1.2	3	55.63
22	3	0.5	1.29	353	C	2.01	1.4	1.9	1.4	2	56.88
23	4	0.5	1.26	494	B	1.65	1.6	1.1	1.2	3	29.97
24	5	0.3	1.07	276	C	2.33	1.2	1.7	1.4	2	48.44
25	6	0.5	1.41	363	B	1.98	1.6	1.7	1.2	3	63.50
26	7	0.5	1.18	405	B	1.85	1.3	1.5	1.2	3	32.19
27	8	0.5	1.22	352	C	2.02	1.3	1.6	1.4	2	34.69
28	9	0.4	1.13	427	B	1.81	1.4	1.4	1.2	3	28.13
29	10	0.5	1.33	602	B	1.46	1.3	1.1	1.2	3	12.72
30	11	0.4	1.20	389	B	1.90	2.0	1.3	1.2	3	19.69
31	12	0.4	1.24	398	B	1.87	1.3	1.5	1.2	3	6.38
32	13	0.4	1.15	390	B	1.81	2.0	1.6	1.2	3	5.31
33	14	0.4	1.38	330	C	2.10	1.4	2	1.4	2	20.00
34	15	0.4	2.20	455	B	1.73	1.8	1.2	1.2	3	7.19
35	16	0.3	1.25	268	C	2.37	1.2	1.9	1.4	2	63.97
36	17	0.4	0.39	444	B	1.67	1.5	1.4	1.2	3	27.05
37	18	0.4	1.08	429	B	1.79	1.3	1.6	1.2	3	29.03
38	19	0.3	1.26	254	C	2.45	1.2	1.7	1.4	2	40.94
39	20	0.4	0.51	340	C	2.18	1.4	1.9	1.4	2	31.25

**Annotazioni:**

- > Fa e Fv calcolati con Schede Dip. P.C. accelerazione a=0.26g.
- > Litologie prevalenti lungo la verticale: ghiaie±sabbiose o ghiaie in matrice limoso-sabbiosa (verso le risorgive)
- > La FaPGA è calcolata con il Metodo di Midorikawa (1987)
- > I valori di Fa e Fv sono arrotondati alla prima cifra decimale
- > I valori di Classe del suolo, delle Fa e Fv e Ss sono calcolati con software Sisma3
- > I valori di frequenza di risonanza sono dedotti dalle indagini HVSR con software Grilla

Tabella 8: Fattori di amplificazione litologica e parametri ricavati per i siti indagati

Si nota che il territorio investigato presenta valori di amplificazione (Fa) compatibili con la soglia Ss normativa (NTC/2008) per il 25%, essendo il fattore  $Fa \leq Ss$ ; mentre i restanti siti mostrano valori con  $Fa > Ss$ .

Inoltre, i suoli sono classificabili come "B" per circa il 65%, mentre i restanti sono di tipo "C".

Dalle valutazioni e sintetizzate nella tabella sopra emerge che nel 65% dei siti investigati/studiati esiste la necessità di approfondire le analisi nelle successive fasi di urbanizzazione del territorio, passando ad un Livello superiore (3°).

Le categorie di suolo definite secondo la classificazione contenuta nelle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono:

Classe	Descrizione	$S_s$
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.	1.00
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_0 a_{bedrock} \leq 1.20$
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi fra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_0 a_{bedrock} \leq 1.50$
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_0 a_{bedrock} \leq 1.80$
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ( $V_{s30} > 800$ m/s).	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_0 a_{bedrock} \leq 1.60$

$F_0$  è l'amplificazione spettrale massima, su bedrock orizzontale, e ha un valore minimo di 2.2; si ricava, come  $a_{bedrock}$ , dalla tabella allegata al D.M..

Tabella 9: Categorie di suolo (NTC 2008)

## 9.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - MS

Si premette, come indicato dagli Indirizzi nazionali che le zone classificate di "instabilità" della Carta di MS di Livello 2 sono la riproduzione fedele di quelle riportate nella Carta delle MOPS ovvero le Zone di Attenzione (ZA), in quanto in questo Livello non si richiedono ulteriori approfondimenti.

In particolare, ci si riferisce soprattutto alle  $ZA_{LQ}$  e alle  $ZA_{FAC}$  quando a ridosso dei nuclei abitativi, essendo quelle maggiormente interessate dall'attività antropica e/o relativamente edificate.

La norma indica che queste zone potranno avere geometrie, descrizioni e indicazioni diverse e aggiuntive nella Carta di MS di Livello 3, essendo state espletate indagini ed elaborazioni proprie di questo livello di approfondimento (ICMS, 2008).

Come anticipato nel commento ai dati del 1° Livello, nel 3° Livello di approfondimento le zone suscettibili di instabilità (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci) potranno essere di 2 tipi:

- ZS: Zone di Suscettibilità

- ZR: Zone di Rispetto

Per entrambi i tipi di zone sarà possibile riportare un parametro che quantifichi il fenomeno. Concettualmente il significato dei due tipi di zone è il seguente:

- *Zone di Suscettibilità (ZS)*: sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifici per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche semplificati, è possibile definire la pericolosità in termini quantitativi.
- *Zone di Rispetto (ZR)*: sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifica per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche avanzati, è possibile quantificare con maggior accuratezza la pericolosità. Tale quantificazione è finalizzata all'analisi dettagliata di aree limitate sulle quali possono essere presenti opere vulnerabili.

Il parametro che caratterizza una zona instabile per liquefazione è l'Indice del potenziale di liquefazione (IL), così come definito in Sonmez (2003).

Per le faglie attive e capaci il parametro quantitativo richiesto è la dislocazione massima (DISL).

Relativamente alla Zone di Attenzione  $ZA_{LQ1}$  presenti, le analisi di 2° Livello hanno permesso di confermare quanto già definito con il 1° Livello.

Rimane chiaro che con il Livello 2 si arriva a semplici indicatori di danno dei manufatti, poiché essi si basano su metodi dinamici semplificati. Si deduce che ai fini urbanistici e pianificatori le zone devono essere studiate con il 3° Livello di approfondimento.

#### 9.5.1 STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE ICMS

Analizzando, ora, la **Carta di Microzonazione sismica (MS)** del territorio in studio si possono fare le seguenti osservazioni:

- *Come già indicato, la Carta MS illustra le condizioni di amplificazione sismica nei siti ove sono ubicati o in previsione sia i nuclei abitati, sia i principali nuclei con edificato diffuso. In particolare, si sono analizzate le condizioni di amplificazione sismica relative alle località: Capoluogo comunale, Pianzano e San Biagio, Bibano di sopra e Bibano di Sotto, Salvarotonda, ZAI posta a NW, oltre a più limitati nuclei abitativi distribuiti lungo la viabilità principale dove sono previste future espansioni urbanistiche.*
- *Le zone studiate rientrano nelle classi di amplificazione definite dagli indirizzi nazionali con limiti di Fa ICMS 2008 tra 1.2 e 2.0, ma sono interessate anche da ZA a differente tipologia.*

Infine, si rammenta che nella classificazione areale del territorio mediante la stima delle Fa si possono presentare due situazioni:

1. Il valore di Fa è inferiore o uguale al valore di soglia Ss corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e, quindi, si applica lo spettro previsto dalla normativa. E' da notare che,



come suggerito anche dalle norme vigenti, esiste un'incertezza con valore  $\pm 0.1$  del risultato ottenibile con i metodi semplificati e ciò da una parte spinge a verificare in campo la condizione specie nella fase di progetto, dall'altra porta a classificare l'intero territorio come soggetto a verifiche sia di Livello 2, come fatto, ma anche di Livello 3.

2. Il *valore di Fa* è superiore al *valore di soglia corrispondente*: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica: è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° Livello), oppure utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, come indicato nel Capitolo precedente.

Analizzando la Carta si nota che esiste un'ampia area del territorio caratterizzata da fenomeni di instabilità in prospettiva sismica.

*In particolare, le caratteristiche litostratigrafiche dei materiali depositati, specie quelli più superficiali non ancora dotati di adeguato grado di addensamento, associate alla presenza di una falda poco profonda fa sì che esistano, come hanno mostrato le analisi fatte un pericolo di potenziale liquefazione se non uniforme almeno a "macchia di leopardo" tanto da indurre a classificare buona parte del territorio come soggetto a tale rischio potenziale.*

*Altri elementi destabilizzanti sono le due faglie capaci mappate dal progetto Ithaca, che attraversano il Comune nel suo lembo più estremo a NW interessando la zona industriale e nella "mezzeria" del territorio comunale.*

*Tutto ciò fa prescrivere che buona parte del Comune dovrà, in fase di progettazione e/o pianificazione esecutiva urbanistica ricade nella procedura di tipo 3.*

In sintesi, per quanto riguarda i fattori di amplificazione si evidenzia che.

**Capoluogo:** il capoluogo insistono su terreni ghiaioso-sabbiosi; Nello specifico, sono le ghiaie sabbiose e la miscela di ghiaia con sabbia dei depositi alluvionali di conoide (GWca), che caratterizzano prevalentemente il sito. Infine, è segnalato negli elaborati geologici del PRG e del PAT vigente una zona di terreni riportati e legati all'azione antropica (RIzz) a sud di via Nazionale. Questi ultimi, se confermati nella fase dei futuri interventi urbanistico-edilizi, sono generatori di "zona di instabilità" per cedimenti differenziali legati al probabile differente grado di addensamento e consistenza da punto a punto. Per il capoluogo, valori di amplificazione sismica Fa oscillano tra 1.3 e 1.8. I valori di Fa ricavati con gli abachi ICMS risultano per i siti 20 e 21 superiori a quelli fissati da normativa. Pertanto vale la obbligatorietà di analisi di 3 Livello con caratterizzazione meccanica e di RSL. La serie di sismostrati entro i primo 30 metri è caratterizzata da  $V_{s30}$  comprese tra 352 m/s e 407 m/s. I valori più alti si riferiscono alle indagini nr. 20 e nr.21 distribuite lungo l'asse principale del capoluogo e appartengono a terreni con addensamento/consistenza alta (terreni di classe NTC2008 "B"). Le zone periferiche (nr. 22 e 27) sono caratterizzate da  $V_{s30}$  inferiori a 360 m/s ad indicare terreni a media competenza (classe C). Le curve H/V (**Scheda 24**) presentano frequenza fondamentale mediamente alte (>35Hz) e di modesta ampiezza inferiore a 3

e a 2, che denotano modesti contrasti d'impedenza sismica all'interno del rispettivo sottosuolo. Non esiste un contrasto d'impedenza sismica evidente, nè ad una profondità "certa". I terreni ghiaioso-sabbiosi si approfondiscono fin o ad almeno 110÷120 metri di profondità oltre il quale è ipotizzabile il bedrock sismico, dalle curve H/V dei siti. Da notare che nella registrazione è presente una significativa inversione di velocità tra i 1.5 e i 4 Hz che può essere riferita alla presenza di terreni alluvionali con una percentuale di fine superiore a quella degli orizzonti che la precedono. Per i motivi ora esposti la zona rientra soggetta ad approfondimenti di 3° Livello.

**Pianzano:** l'abitato si sviluppa a cavallo della strada Vittorio V.+BaverLevada e poggia parte sulle ghiaie sabbiose (GWca) nella parte nord e parte sulle sabbie ternarie (SCca) a Sud. L'abitato è anche attraversato da una faglia attiva ( $ZA_{FAC}$ ) che vincola l'approccio urbanistico in tale zona, oltre al fattore liquefazione  $ZA_{LQ1}$ . Le indagini eseguite (H25-28-29-35-36-39) mostrano che la serie di sismostrati entro i primo 30 metri è caratterizzata da  $Vs_{30}$  comprese tra 268 m/s e 602 m/s. La zona è inseribile nella classe di suolo tipo "B" delle NTC2008 ad esclusione dei siti nr.35 e 39 (classe C). Le curve H/V presentano frequenza fondamentale superiori a 25 Hz, ad esclusione del sito nr. 29 (12.72 Hz). La presenza di picchi di tali frequenze e dotati di ampiezza  $>2.5$  induce a ritenere che il contrasto d'impedenza sismica sia moderato ed avvenga a scarsa profondità (1÷1.5 metri). Fa eccezione il sito nr. 36 (a Nord dell'abitato) dove l'ampiezza del picco è superiore a 3.5 denotando un forte contrasto di impedenza sismica tra i terreni di copertura ed il sottostante strato più competente, fattore che può generare intense amplificazioni sismiche. Anche qui, seppure non ovunque, è da segnalare una inversione di velocità a testimonianza di terreni più fini (anche in matrice) tra le frequenze 1.5÷4 Hz. I valori di  $F_a$  ricavati con gli abachi ICMS oscillano tra 1.2 e 1.6 (si veda la tabella relativa) e risultano generalmente superiori a quelli fissati da normativa. Pertanto vale anche per questa zona la obbligatorietà di analisi di 3 Livello con caratterizzazione meccanica e di RSL.

**Bibano:** il nucleo abitativo si sviluppa lungo via Bibano di Sopra e via Marconi. Il sottosuolo superficiale è caratterizzato da sabbie ternarie (SCca). L'abitato è anche attraversato da una faglia attiva ( $ZA_{FAC}$ ) che vincola l'approccio urbanistico in tale zona, oltre al fattore liquefazione  $ZA_{LQ1}$ . I fattori amplificativi ( $F_a$ ) oscillano tra 1.2 e 1.6. I valori trovati risultano in parte superiori ai limiti fissati dalla normativa (indagini nr. 23 e 37) e, quindi, gli interventi urbanistici necessitano di approfondimento di 3° Livello. La serie di sismostrati entro i primo 30 metri è caratterizzata da  $Vs_{30}$  comprese tra 254 e 494 m/s. I valori minori appartengono a terreni sabbioso-limosi deb. ghiaiosi a media compattezza (classe "C") presenti nella porzione Sud del nucleo abitativo; mentre quelli maggiori con classe del sottosuolo secondo le NTC 2008 di tipo "B" sono rilevabili nella porzione Nord di Bibano di sopra. Le curve H/V denotano picchi significativi a frequenze tra 30Hz e 40Hz. Si tratta di picchi di risonanza che non rivestono alcun interesse pratico dal punto di vista ingegneristico, in quanto corrispondono a contrasti di impedenza sismica ubicati a profondità inferiori ai 3 m dal P. C. Nel sito nr. 23 l'ampiezza è superiore a 3.5, denotando un forte contrasto di impedenza sismica tra i terreni di copertura ed il sottostante strato più competente e, quindi, possibili intense amplificazioni sismiche. Per i siti nr. 23 e 37 la relativa curva H/V mostra un secondo picco di contrasto stratigrafico tra 7.5 e 9.5 Hz, seppure con ampiezza modesta (2), che

denota il passaggio tra terreni con addensamento/consistenza media e terreni meccanicamente più competenti. Questi si sviluppano, osservando le curve H/V sino oltre i 110 metri oltre i quali si può ipotizzare l'esistenza del bedrock sismico. fa eccezione il sito 23 dove il substrato sismico sembra essere a breve profondità (~13 m).

**Z.A.I.:** l'area costituente la zona industriale del Comune poggia su terreni ghiaioso-sabbiosi, della classe GWca. Le indagini eseguite (H26 e più a sud H36) mostrano che la serie di sismostrati entro i primi 30 metri è caratterizzata da  $V_{s30}$  comprese tra 405 e 444 m/s (classe B della NTC2008 – terreni consistenti/addensati). I valori di  $F_a$  ricavati con gli abachi ICMS oscillano tra i valori 1.3 (H26), 1.5 (H136) e non risultano conformi a quelli fissati da normativa. Pertanto vale anche per questa zona la obbligatorietà di analisi di 3 Livello con caratterizzazione meccanica e di RSL. Le curve H/V presentano evidenti picchi a frequenze tra 25 e 35 Hz quindi con frequenze che rivestono alcun interesse pratico dal punto di vista ingegneristico, in quanto corrisponde a contrasti di impedenza sismica ubicati a profondità inferiori ai 3 m dal P. C. Interessanti sono le ampiezze, specie della nr.26 che denota un forte contrasto d'impedenza sismica che può indurre significative amplificazioni sismiche. L'area ZAI è anche interessata dalla presenza della faglia attiva con il relativo buffer di 400 metri. In questa fascia sono prescritte analisi di 3° Livello di approfondimento. Si rimanda, comunque, alle prescrizioni dei capitoli successivi.

## 9.6 SOTTOSUOLO E FREQUENZE

Analizzando i risultati H/V ottenuti nelle zone interessate dallo studio superiore al 1° Livello si possono fare le seguenti osservazioni:

La Frequenza fondamentale di risonanza caratteristica dell'intero territorio è mediamente pari a 33 Hz, quindi al di sopra a quelle che sono le normali profondità interessate dall'urbanizzazione, eccezione fatta per alcuni siti evidenziati sopra. La media delle  $V_{s30}$  ricavate dalle indagini HVSR, è pari a 373 m/s, quindi mediamente classe di suolo "B" secondo le NTC2008, ma con diversi siti in classe "C". Si è cercato di trovare una caratterizzazione di frequenza provando a raggruppare i risultati HVSR al fine di poter individuare delle possibili zone con caratteri di frequenza omogenei o quasi.

Il passaggio tra terreni differenti in senso latitudinale (da GW a SC) con le naturali interdigitazioni tra essi e la presenza, comunque, di una certa variabilità anche longitudinale dettata dai percorsi esondativi fluvioglaciali sono fattori che, assemblati, portano ad una "caoticità" della risposta sismica generale. Detto ciò si è, pertanto, valutato ciascuna area urbanizzata significativa considerando le caratteristiche sismiche locali, come illustrato nel paragrafo precedente.

## 9.7 FREQUENZA E STRUTTURE

Si fa cenno, qui, alle applicazioni che la metodologia d'indagine usata (HVSR) ed i parametri da essa derivati possono avere in relazione ai problemi di vibrazione delle strutture.

E' stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di costruzione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive dello stesso. Molto più gravoso è l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende ad aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura.

In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera.

Al fine di valutare tale rischio è, pertanto, necessario considerare se la frequenza di risonanza fondamentale dell'edificio corrisponde con uno dei picchi di risonanza del terreno di fondazione evidenziati con l'indagine HVSR.

E' risaputo che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere o calcolata secondo la formula seguente:

$$frequenza\ naturale\ dell'edificio \approx 10Hz/numero\ di\ piani$$

È la risonanza tra terreno e struttura data dalla relazione:

$$frequenza\ naturale\ dell'edificio \approx frequenza\ naturale\ della\ copertura\ di\ terreno$$

ad essere pericolosa perché induce alla massima amplificazione.

La combinazione delle due espressioni ora scritte porta alla relazione:

$$10Hz/numero\ di\ piani \approx Vs/4H$$

dalla quale si può ricavare una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso che possono determinare situazioni pericolose e devono quindi essere oggetto di studi approfonditi.

Si veda anche il grafico sottostante:

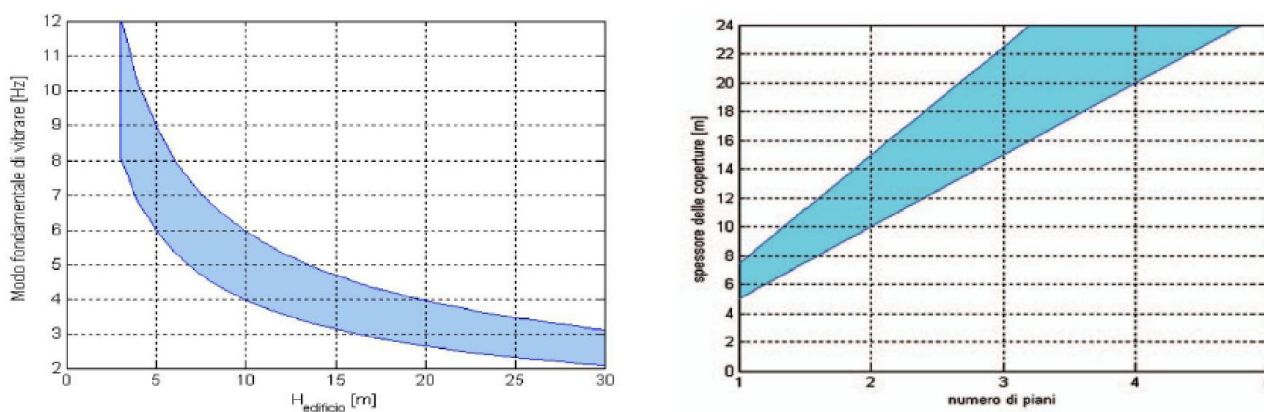


Figura 6: Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato. La zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.

A Godega di sant'Urbano le strutture edilizie sono prevalentemente regolari, abbastanza rigide e relativamente basse (normalmente non si superano i 5 piani), come del resto buona parte dell'edificato nazionale.

Esse rientrano nell'intervallo di oscillazione di  $0,1 \div 0,5$  s; mentre nel secondo intervallo tra 0.5-1.5 s sono le strutture più alte e flessibile che rientrano.

Da ciò, osservando il grafico sopra e le curve HVSR riportate sia nelle **Schede 24-25-26** e più dettagliatamente nell'**Allegato H**, si può valutare, da parte dei tecnici, la possibilità o meno di fenomeni di doppia risonanza degli edifici.

*Ad esempio, tornando a quanto scritto circa le frequenze di picco risultanti per le zone investigate si può ragionevolmente evidenziare che picchi di frequenza  $7 \div 9$  Hz, i quali compaiono in alcune curve H/V registrate, inducono a dire che saranno gli edifici di altezza  $\sim 5 \div 6$  metri ad essere soggetti a doppia risonanza.*

In fase di progettazione esecutiva pertanto si dovrà aver cura di verificare che a tali picchi non corrisponda la frequenza di risonanza fondamentale degli edifici.

## 10 PRESCRIZIONI

Si premette che per ogni intervento in progetto ricadente delle diverse zone perimetrate e classificate in chiave sismica del territorio comunale si dovranno adottare le procedure di indagine previste alle Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14.01.2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008) e relativa Circolare esplicativa, aggiornamenti e modifiche.

In particolare, si dovrà fare riferimento alle seguenti paragrafi e/o capitoli: Capitolo 3: Azioni sulle costruzioni, §3.2 Azione sismica; Capitolo 7: Progettazione per azioni sismiche (strutture nuove); Capitolo 8: Costruzioni esistenti, §8.7 Valutazione e progettazione in presenza di azioni sismiche; Allegato A: Pericolosità sismica; Allegato B: Tabelle che definiscono l'azione sismica nel territorio italiano.

La classe di suolo dovrà essere definita preferibilmente attraverso la misura diretta dei parametri sismici del sottosuolo in numero adeguato alle caratteristiche dell'opera.

Inoltre, per le "aree stabili suscettibili ad amplificazione sismica", dove si preveda di eseguire ristrutturazioni con modifiche strutturali, ampliamenti, nuove costruzioni ed opere infrastrutturali, si dovrà, oltre alle indicazioni normative citate sopra:

- A. Caratterizzare il terreno mediante indagini geologiche e geofisiche spinte fino a profondità tali da qualificare il volume significativo influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.
- B. Valutare l'effetto della risposta sismica locale (RSL) mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento. Il D.M. 14.01.08 raccomanda la misura diretta delle velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  e, per Categorie di Sottosuolo speciali o nel caso di specifiche analisi di

risposta sismica locale, impone di approfondire le conoscenze del sottosuolo mediante specifiche indagini in sito e prove di laboratorio, nonché di eseguire analisi numeriche di RSL.

- C. Come previsto dal DM 14.01.2008, qualora si addotti un approccio semplificato, la classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio "Vs" ovvero sul numero medio di colpi  $N_{spt}$  per terreni a grana grossa, e coesione non drenata media " $c_u$ ", per terreni a grana fine. Le misure in foro dovranno essere eseguite almeno ogni tre metri di profondità fino a quella prevista dal DM 14.01.2008. Le misure dirette delle onde di taglio "Vs" acquisite con metodi geofisici di superficie sono da preferire ai metodi indiretti. Dovranno essere allegati alla relazione geologica i grafici di misura e d'interpretazione delle prove in sito.
- D. Produrre uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo.
- E. Evitare, d'accordo con il progettista, l'effetto di doppia risonanza suolo-struttura. Infatti, è ormai consolidata la tesi che le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella dell'edificio.
- F. Valutare le amplificazioni locali di carattere litostragrafico qualora il bedrock sia a profondità superiore ai 3 metri. L'amplificazione potrà essere determinata come indicato dall'Eurocodice 8 (vedasi anche Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni).
- G. Nelle fasce di contatto tra litologie con caratteristiche elastiche molto diverse tra loro, oltre a quanto detto ora si dovrà verificare, attraverso prove in sito, se i contatti tra queste formazioni possono causare cedimenti differenziali. Si dovrà, anche, evitare di porre le fondazioni dei fabbricati "a cavallo" di litologie con caratteristiche marcatamente diverse.

Il territorio comunale presenta anche "zone di attenzione" i.s. quindi "suscettibili d'instabilità". Si danno le seguenti prescrizioni minime sotto gli aspetti di caratterizzazione sismica del sito, rimandando, comunque, a tutte le disposizioni normative inerenti le costruzioni come elencate all'inizio del capitolo, nonché come indicato nelle Linee Guida nazionali e regionali di indirizzo per gli studi di microzonazione sismica.

Qui, si evidenzia che:

- A. Il territorio è interessato da "faglie capaci", quindi "zona di attenzione  $ZA_{FAC}$ ". In questo studio, seguendo la normativa nuova, si è fissato planimetricamente un buffer di 200 metri per lato dello sviluppo indicato dal ISPRA (progetto Ithaca). E' auspicabile che per gli interventi che saranno pianificati in tale fasce e/o ad esso limitrofe venga verificato a livello puntuale se vi siano delle evidenze geologico-geomorfologiche di superficie tali da poter stabilire il grado di "riattivazione" della stessa faglia. Qualora il risultato dello studio dia conferma di ciò, oppure, sia incerto, il progettista dell'opera dovrà incrementare

l'accelerazione sismica prevista al bedrock e al suolo, e valutare eventuali cedimenti differenziali. Si potranno utilizzare valori provenienti da misure dirette puntuali delle onde di taglio ( $V_s$ ) eseguite in un sito adiacente a quello investigato, purché i litotipi, la morfologia superficiale e sepolta, l'idrogeologia, e le caratteristiche sismiche siano compatibili a quelle riscontrate nell'area in studio.

B. Nelle aree a potenziale cedimento per liquefazione di terreni saturi, la suscettività a questo fenomeno dovrà essere valutata attraverso prove in situ adeguate (SPT, SCPTU, etc) oltre a analisi di laboratorio. Gli Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – rapporto finale del Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni prevedono che possa essere omessa tale verifica solo quando si presenta almeno una delle seguenti condizioni:

- sisma atteso con magnitudo inferiore a 5;
- accelerazione massime attese in superficie minori di 0,1g;
- accelerazione massima attesa in superficie minore di 0,15g e terreni ricadenti in una delle seguenti categorie:
  - frazione fine passante al setaccio 200 ASTM FC maggiore del 20% con Indice plastico  $IP > 10$
  - $FC > 35\%$  e resistenza  $N_{160} > 20$
  - $FC > 5\%$  e resistenza  $N_{160} > 25$
- profondità media della falda maggiore a 15 metri da piano campagna per superfici piane e fondazioni delle strutture superficiali
- distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici suscettibili a liquefazione.

Per superfici pianeggianti gli effetti sono trascurabili se lo spessore dello strato più superficiale "non liquefacibile" è maggiore dello spessore del sottostante strato "liquefacibile".

C. Nelle aree suscettibili ad instabilità" per cedimenti differenziali legati a terreni riportati, si provvederà a: caratterizzare il sottosuolo mediante adeguate indagini geognostiche in situ e in laboratorio al fine di esplorare la variabilità spaziale dei caratteri stratigrafici e meccanici del deposito; nonché dei parametri sismici con la profondità. E' consigliabile acquisire i valori  $V_{s30}$  da misure dirette e non da quelle indirette

Chiaramente, anche per queste zone classificate "instabili" valgono anche le prescrizioni formulate per quelle "stabili amplificabili" ad iniziare dalla valutazione della risposta sismica locale (RSL) mediante specifiche analisi in situ ed in laboratorio.

## 11 CONCLUSIONI

Codesta Relazione illustra le modalità ed i risultati ottenuti con lo studio di Microzonazione sismica comunale di 1° e 2° Livello.

Lo studio è stato articolato sui 2 livelli previsti in fase di pianificazione, rimandando l'applicazione del 3° livello alla fase di progetto soprattutto per le zone di attenzione ZA di tipo FAC, LQ e FR. In realtà, quest'ultimo livello è necessario anche per costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, reti infrastrutturali (strade e ferrovie), poiché la loro interruzione comporta condizioni di emergenza, edifici pubblici e strategici, industrie con attività potenzialmente insalubre per l'ambiente ed il territorio.

Si ripete, in conclusione, che:

- le zone che ricadono nelle categorie di tipo "instabile" sono obbligatoriamente assoggettate, in fase di progettazione, all'esecuzione di studi specifici di 3° Livello. Pertanto queste aree vengono escluse dall'analisi di 2° Livello, che può dare degli indirizzi di approfondimento dello studio, in quanto si rimanda ai risultati di studi di maggior dettaglio che richiedono di volta in volta l'impiego di strumentazione di tipo geotecnico, geofisico, modellazione numerica ecc. ecc.
- le zone a "potenziale amplificazione morfologica e litologica" sono assoggettate all'esecuzione delle procedure di 2° Livello, per valutare mediante procedure semplificate semiquantitative, il grado di protezione che la normativa sismica nazionale può garantire nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica locale.

Con lo studio di **1° Livello** si sono costruite: la *Carta delle indagini*, la *Carta geologico-tecnica*, la *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)*, nonché la *Relazione tecnica*.

Con lo studio di **2° Livello** si è definita: la *Carta di Microzonazione sismica*. Quest'ultima carta, soprattutto, ha messo in luce quali zone all'interno del territorio comunale sono passibili di effetti di amplificazione sismica locale ed il relativo fattore di amplificazione  $F_a$  e  $F_v$ .

Nel 2° Livello si è anche definito la classe di appartenenza del suolo investigato secondo le NTC/2008, come pure le frequenze fondamentali e di risonanza ai fini urbanistici.

Da tener presente che, nella definizione del fattore di amplificazione  $F_a$  per le singole zone individuate in cartografia, si è considerato quanto indicato negli *Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica (2008)*, dove si definisce una scala di pericolosità areale relativa ad eventi sismici corrispondenti alle condizioni di progetto delle costruzioni ordinarie, dove si considera una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Pertanto, esso ha valore significativo per la pianificazione di emergenza e per quella urbanistica perché vincola, determina, esclude zone che potrebbero essere urbanisticamente appetibili sulla base di altre condizioni e/o presupposti pur tecnici. Nel contempo, lo studio aiuta, trattandosi di un documento tecnico, i tecnici comunali e gli amministratori a salvaguardare sia il territorio, sia gli abitanti che lo occupano.



Ma si tratta sempre di valori basati su dati relativi ad aree estese.

Questo deve essere sempre tenuto presente da parte di chi andrà poi a progettare strutture nel territorio. Infatti le NTC approvate con DM 14.01.2008 si riferiscono ad una specifica struttura e riguarda siti con limitata estensione planimetrica, diversamente dallo studio di Microzonazione sismica che opera su scala territoriale e che non può dare informazioni puntuali.

Pertanto, pur avendo Fa ed S (NTC 2008) stesso significato fisico, si deve considerare la "scala" di lavoro: più ampia quella del Fa; ristretta ai terreni di fondazione della struttura in progetto, quella di S.

*Inoltre, non trascurabile è la diversità circa la responsabilità civile tra chi cartografa zone omogenee nel fattore Fa e chi definisce il modello geotecnico del sottosuolo interessato dall'opera e sceglie il metodo di calcolo. Quest'ultimo deve essere il progettista come indicato dalle NTC/2008.*

Lo studio è stato realizzato utilizzando, per confronto con i valori sperimentali, i valori di Fa soglia pubblicati dal Dipartimento di Protezione Civile nazionale. Qualora i valori soglia fossero successivamente modificati, potrebbe rendersi necessario un confronto con i fattori di amplificazione stimati dal presente studio, con l'intento di verificare nuovamente il grado di protezione nei confronti dei fenomeni di amplificazione di sito, garantito dagli spettri sismici di progetto indicati dalla normativa vigente.

Checchinato Raffaella, geologo

Parolo Elena, urbanista

Baratto Filippo, geologo



*Baratto Filippo*

S C H E D E: 1 ÷ 26

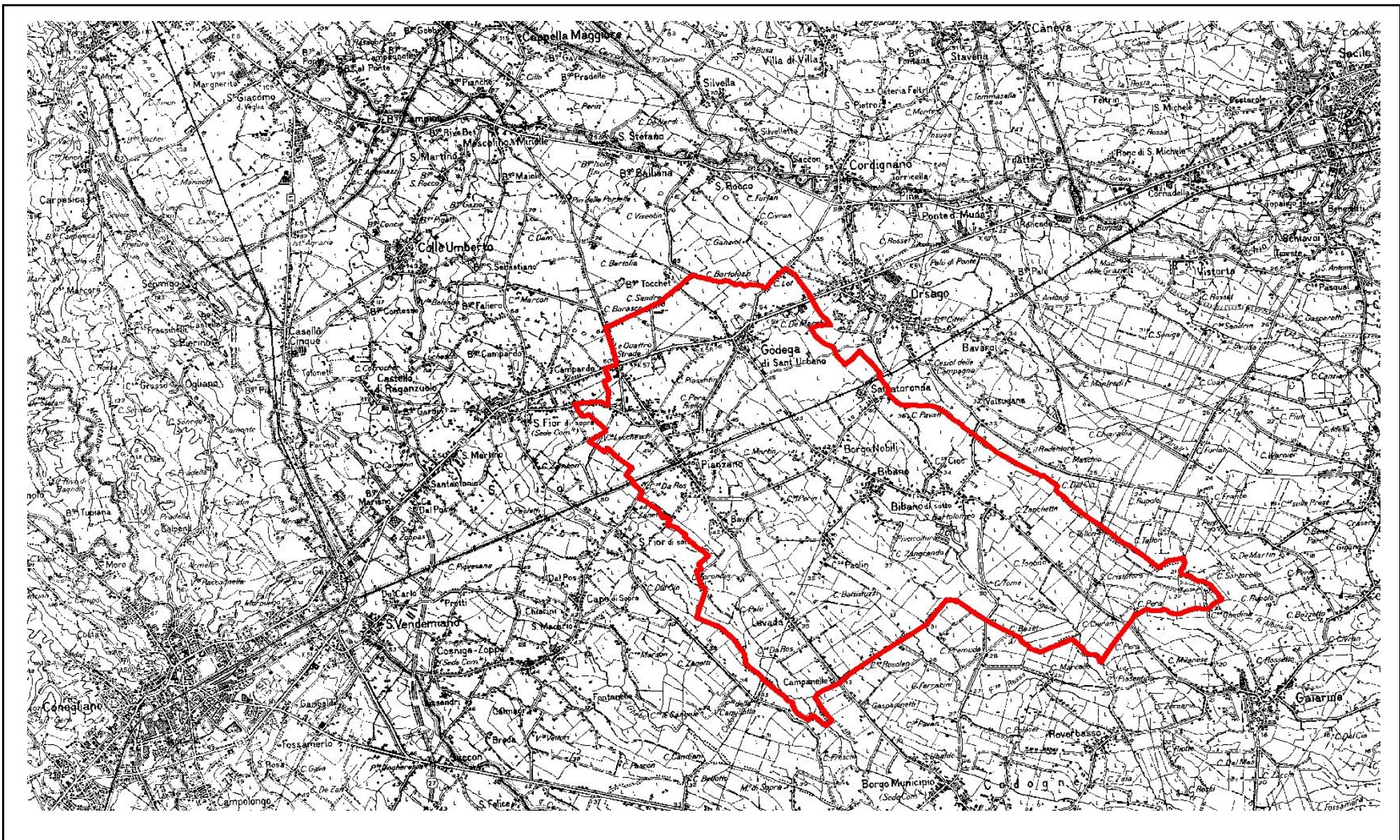
A L L E G A T O: H

E

CARTOGRAFIE:

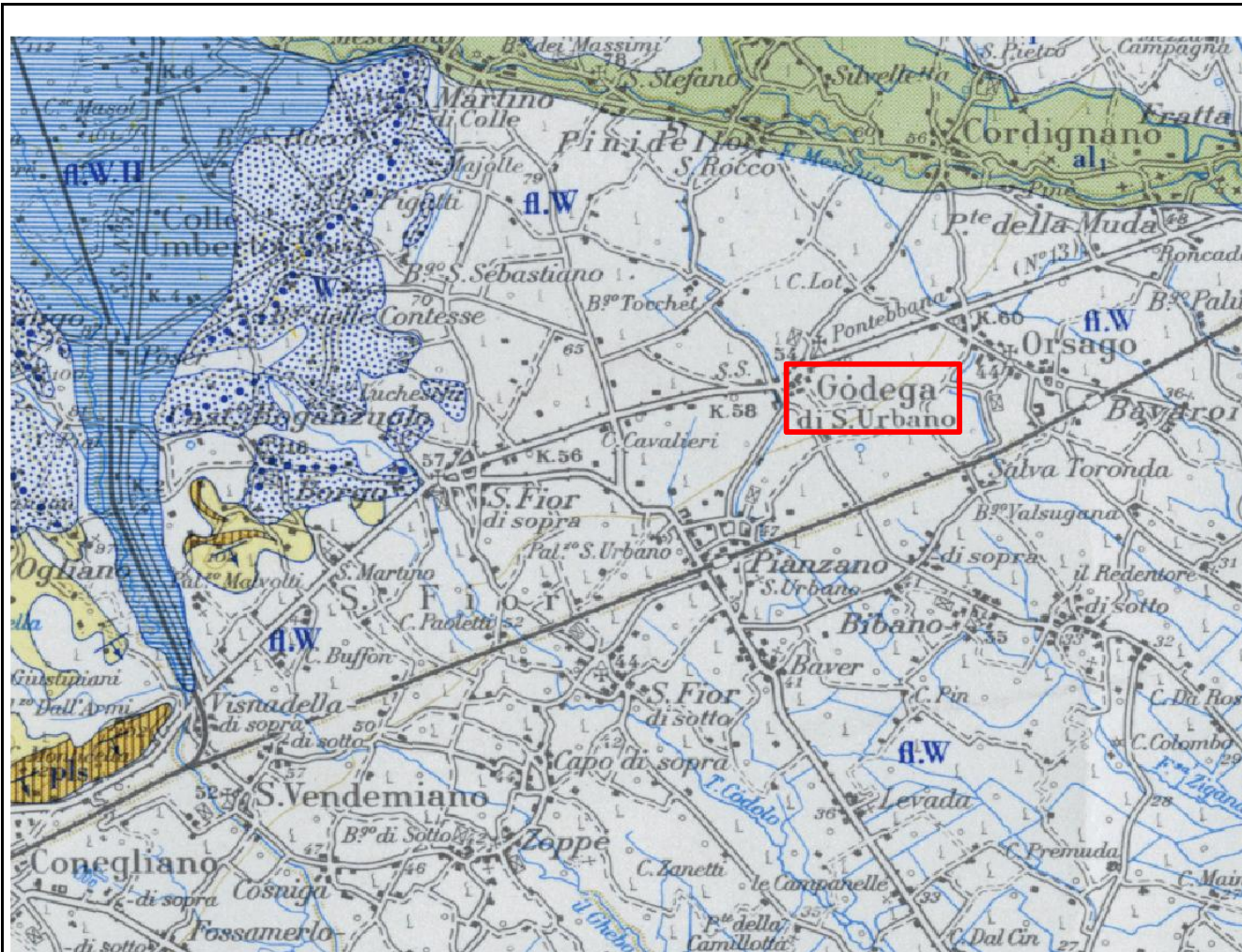
*(FUORI TESTO)*

CARTA DELLE INDAGINI  
CARTA GEOLOGICO-TECNICA  
CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)  
CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA



(fuori scala)









Inquadratura del Comune  
di Godega di Sant'Urbano  
**Scheda 1**



Olocene o Postglaciale (Alluvium)

**al<sub>1</sub>** Basso terrazzo ad alluvioni prevalentemente ghiaiose del grande conoide del Piave; alluvioni di fondovalle (*al<sub>1</sub>*).

Quaternario

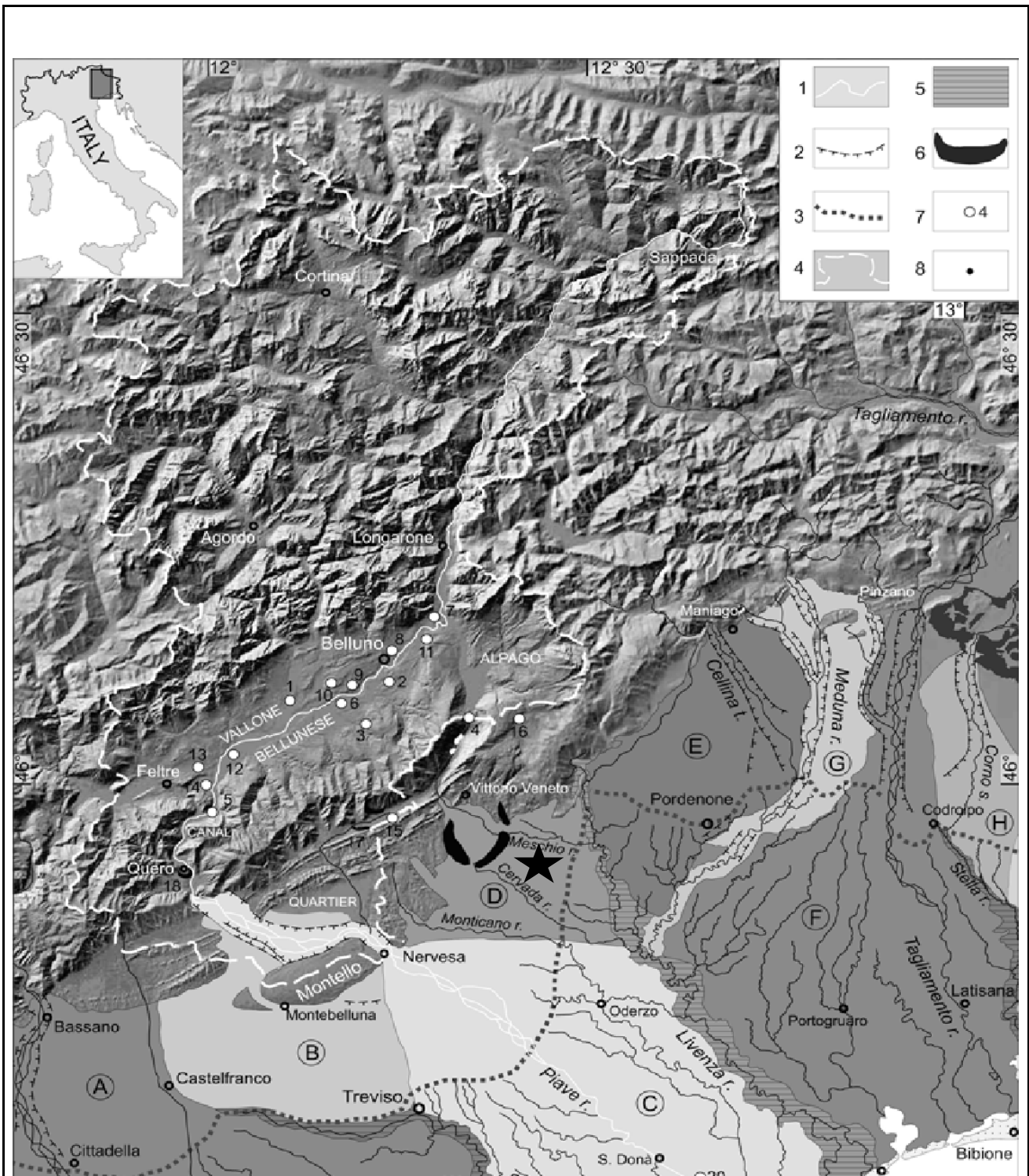
-  **Fluvio-glaciale o Pluviale Würm II**; scarpate del terrazzo. Verso sud esso sfuma nel "Sistema dell'alta Pianura" (F.I.W.I.).
-  Conoidi del **Fluvio-glaciale o Pluviale würmiano**.
-  **Fluvio-glaciale del massimo würmiano** (ricordato dalle cerchie moreniche Würm I di Quero e di Colle Umberto). Alluvioni ghiaiose (fluvio-glaciali dell'alta Pianura, a terreno bruno talora con dilavamento delle argille rosse carsiche site a monte (Montello ecc)), scarpate del terrazzo (Piave, Valmarino). **Pluviale würmiano** delle valli extraglaciali (p.I.W.I.).
-  **WÜRm** - Morenico ghiaioso fresco con terreno bruno, talora dilavato; cerchie principali.
-  **INTERGLACIALE RISS-WÜRm** - Conglomerati poligenici stratificati delle alte scarpate del Piave (Vidor, Bigolino, Segusino); in alto possono salire nell' **Anaglaciale Würm**.
-  **RISS eclico** - Loess argilloso giallo decalcificato, che copre il Mindel (nell'area morenica dell'antico ghiacciaio del Piave sino al Montello).
-  **FLUVIOGLACIALE RISS** - Testimoni dell'alto terrazzo a terreno argilloso arancio, sospeso sul **F.I.W.**; scarpate più conservate.
-  **RISS** - Morenico con paleosuolo argilloso arancio, notevolmente decalcificato ed esterno al Würm (morena del Piave insinuata a Valdobbiadene, cerchie esterne del Gal in Valmarino, ghiacciai locali delle vellette Combal-Valmarino-Cisò).

Pleistocene o Glaciale (Diluvium)

Estratto da Foglio geologico nr. 38  
(fuori scala)

Inquadramento geologico dell'area

Scheda 2



**Fig. 1 – Simplified map of the Piave River basin.** 1: Piave River; 2: fluvial terrace; 3: Upper limit of spring belt; 4: Piave River watershed; 5: Floodplain of groundwater-fed rivers; 6: Late Glacial Maximum (LGM) end-moraines systems; 7: Site cited in the text; 8: Site with radiocarbon dating. A: Brenta River system; B: Montebelluna megafan; C: Nervesa megafan; D: Cervada-Meschio fan; E: Cellina River fan; F: Tagliamento River megafan; G: Meduna River fan; H: Corno River fan. Sites cited in the text: 1: Sedico; 2: Modolo; 3: Valpiana; 4: Fadalto; 5: Marzai; 6: Cesa; 7: Ponte nelle Alpi; 8: La Venegia; 9: Belluno; 10: Chiesurazza; 11: Col Palù; 12: Lentiai; 13: Lipoi; 14: Cellarda; 15: Fornaci di Revine; 16: Palughetto; 17: Ca' Tron; 18: Palazzetto; 19: Torre di Fine; 20: Cortellazzo; 21: Cavallino.

★ Godega di Sant'Urbano

Estratto da: *Géo morphologie* 3/2009 - "Geomorphological evolution and sediment transfer in the Piave River system (northeastern Italy) since the Last Glacial Maximum"

Inquadramento geomorfologico dell'area

**Scheda 3**

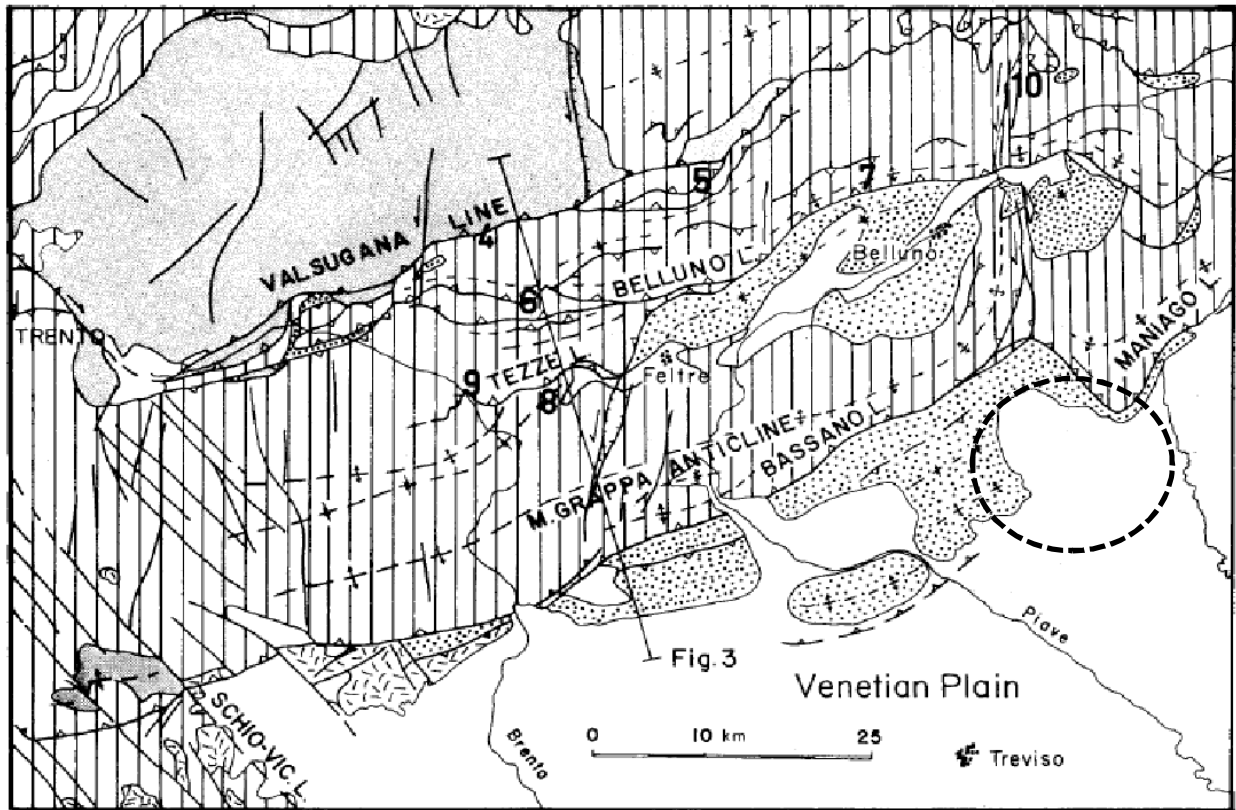
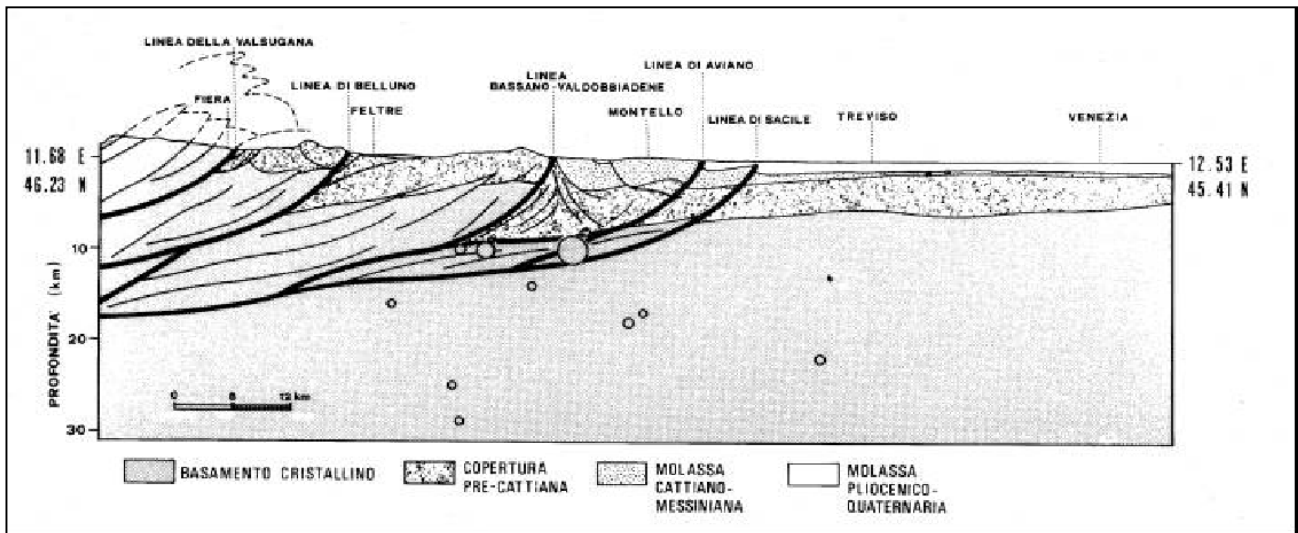
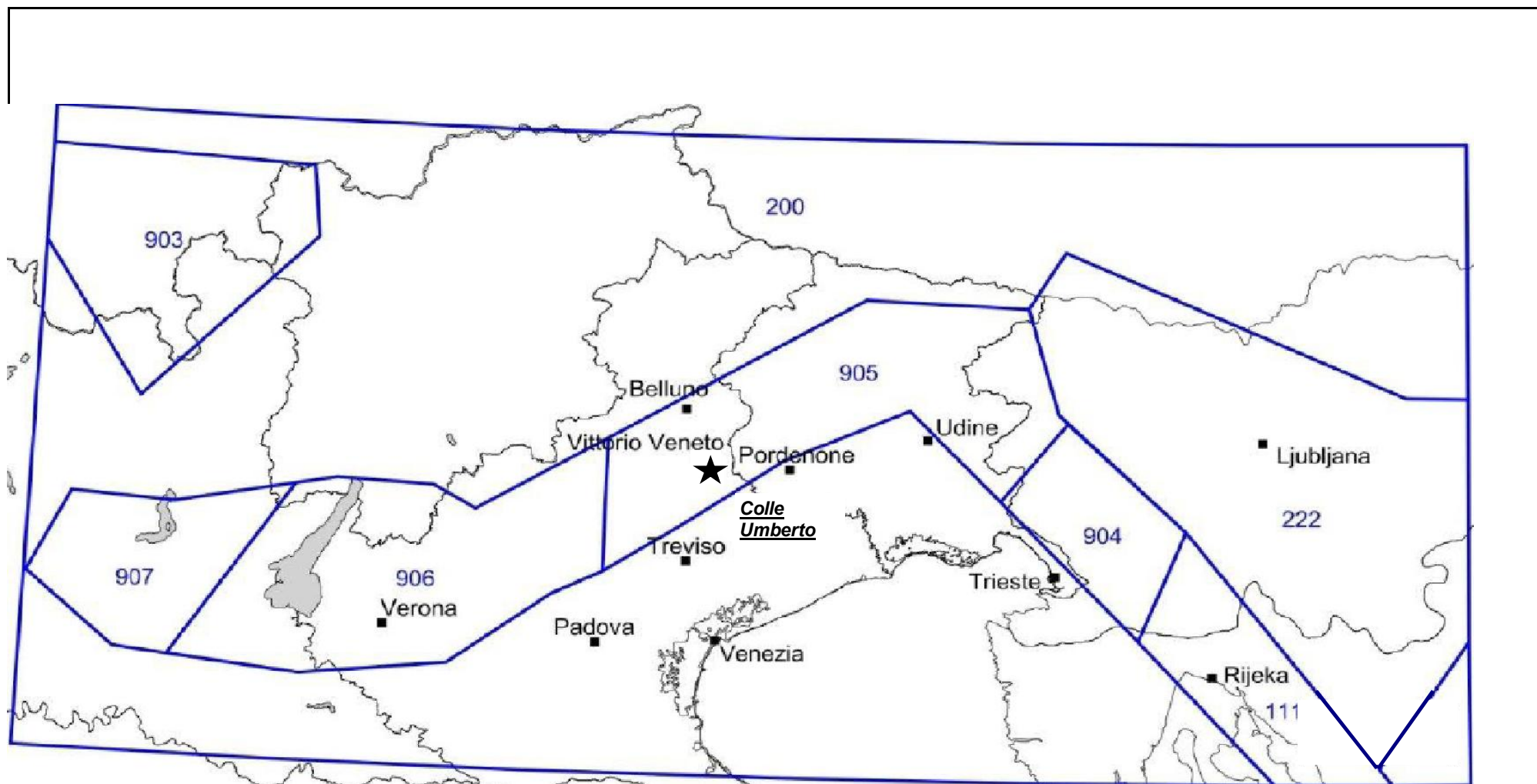


Fig. 2 - Simplified tectonic map of the Venetian Alps. Legend: 1, Hercynian crystalline basement and Permian Ignimbrites; 2, Late Permian and Mesozoic sedimentary cover; 3, Tertiary sediments, i.e. flysch and molasse; 4, Triassic and Tertiary volcanics; 5, Quaternary. Numbers indicate the relative figures shown in the text.



Schema tettonico e sezione di Alpi e Prealpi venete orientali  
**Scheda 4**



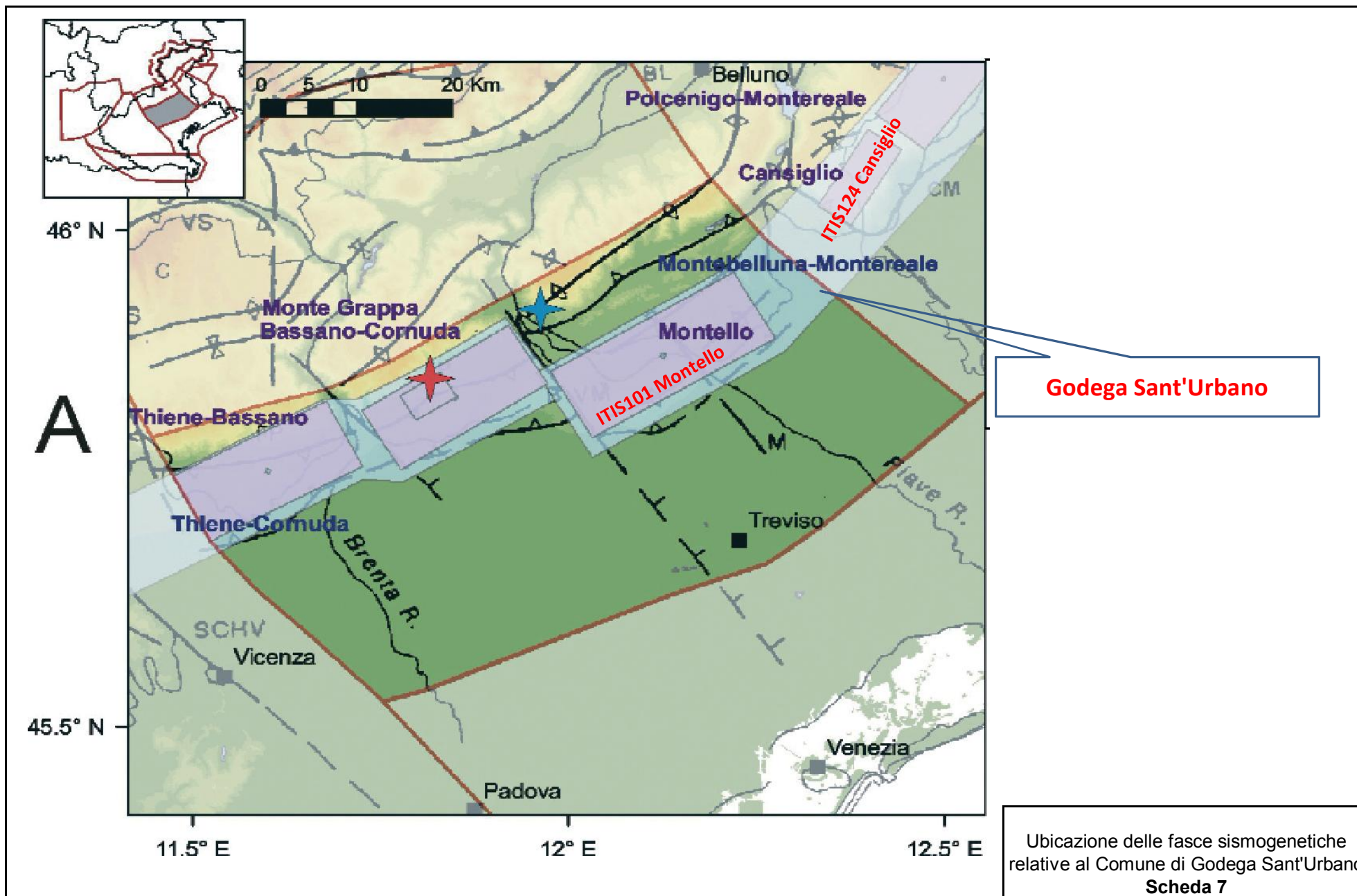
★ Godega di Sant'Urbano

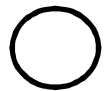
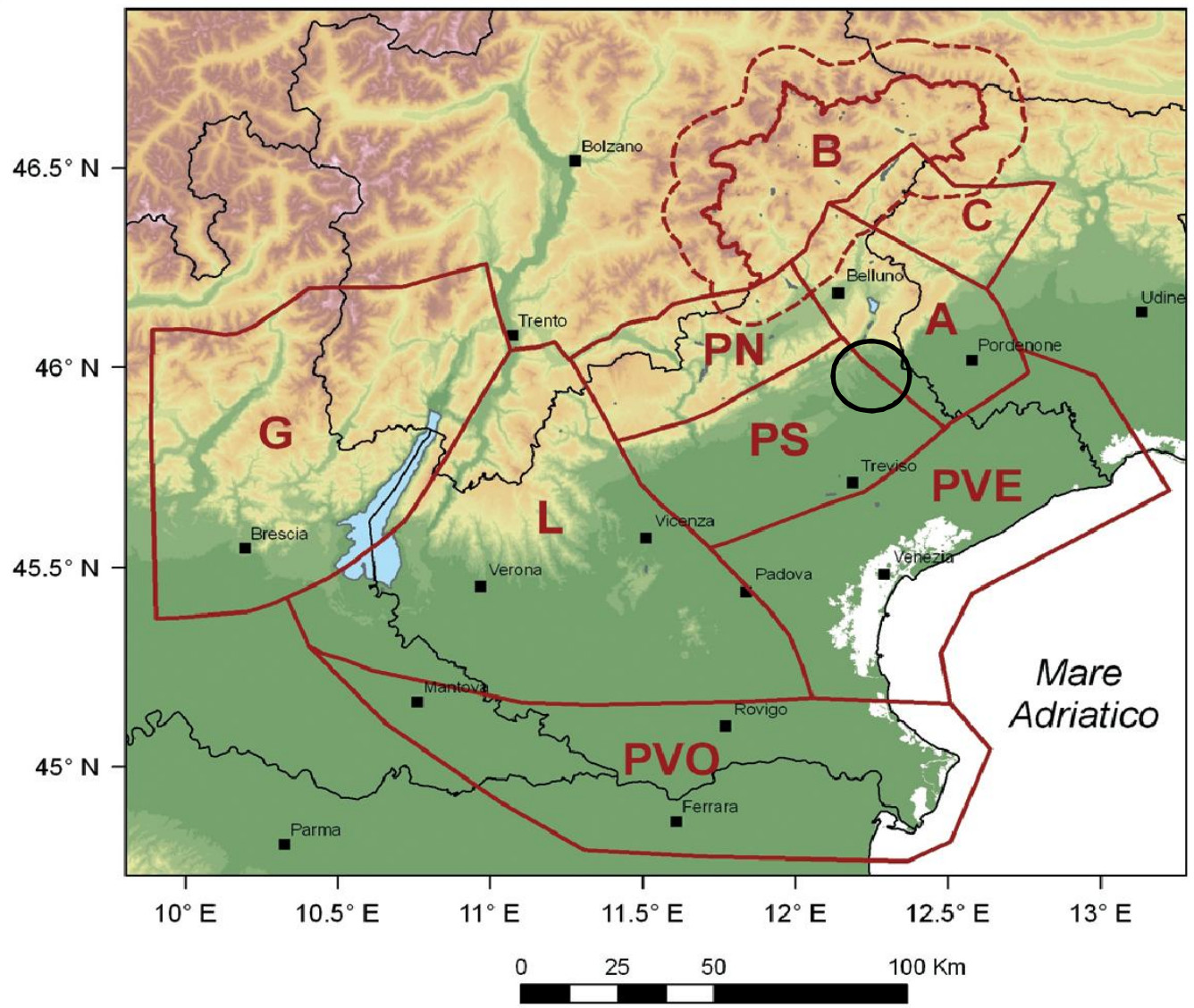
Zone sismogenetiche del Nord Italia

**Scheda 5**





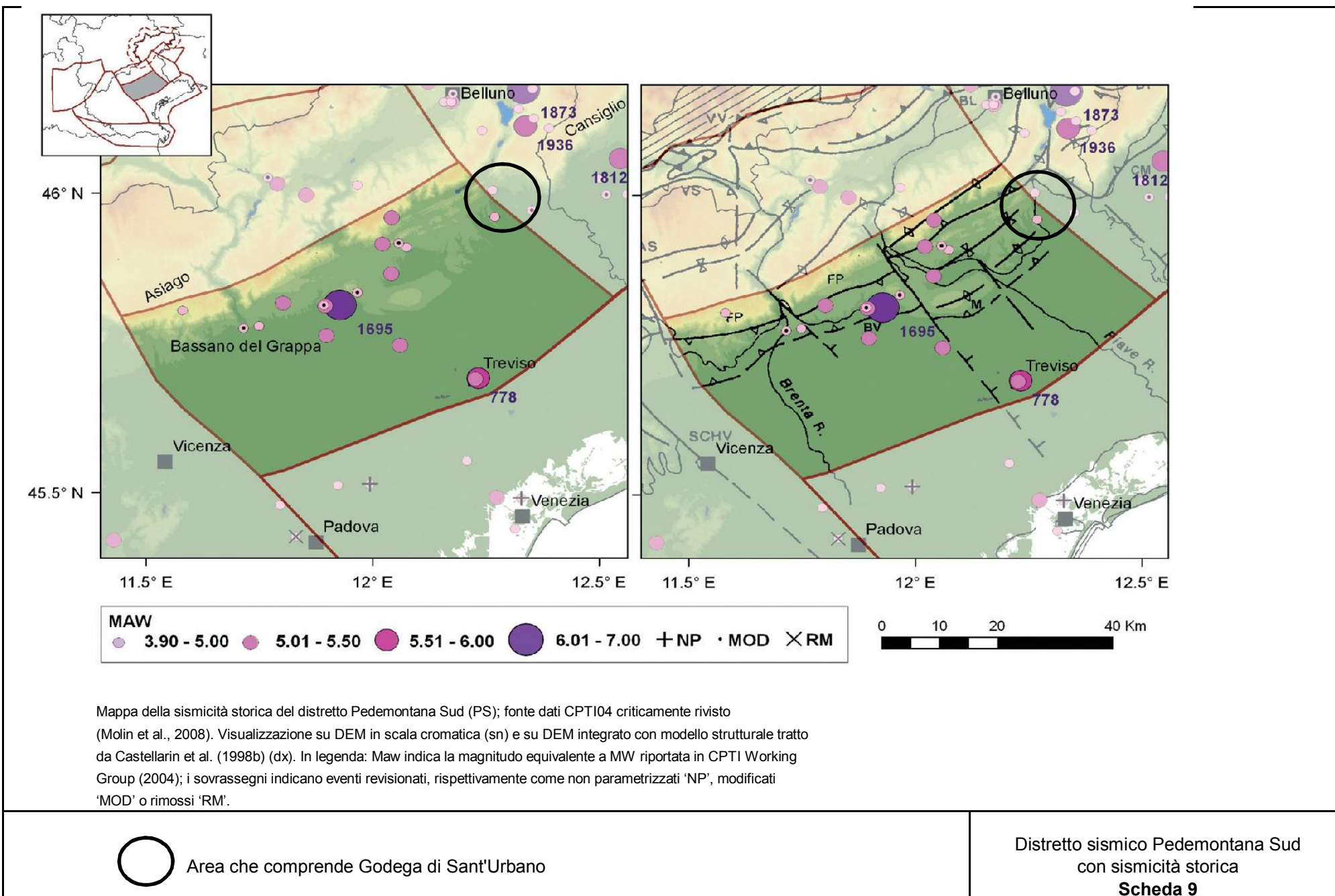


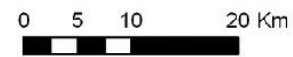
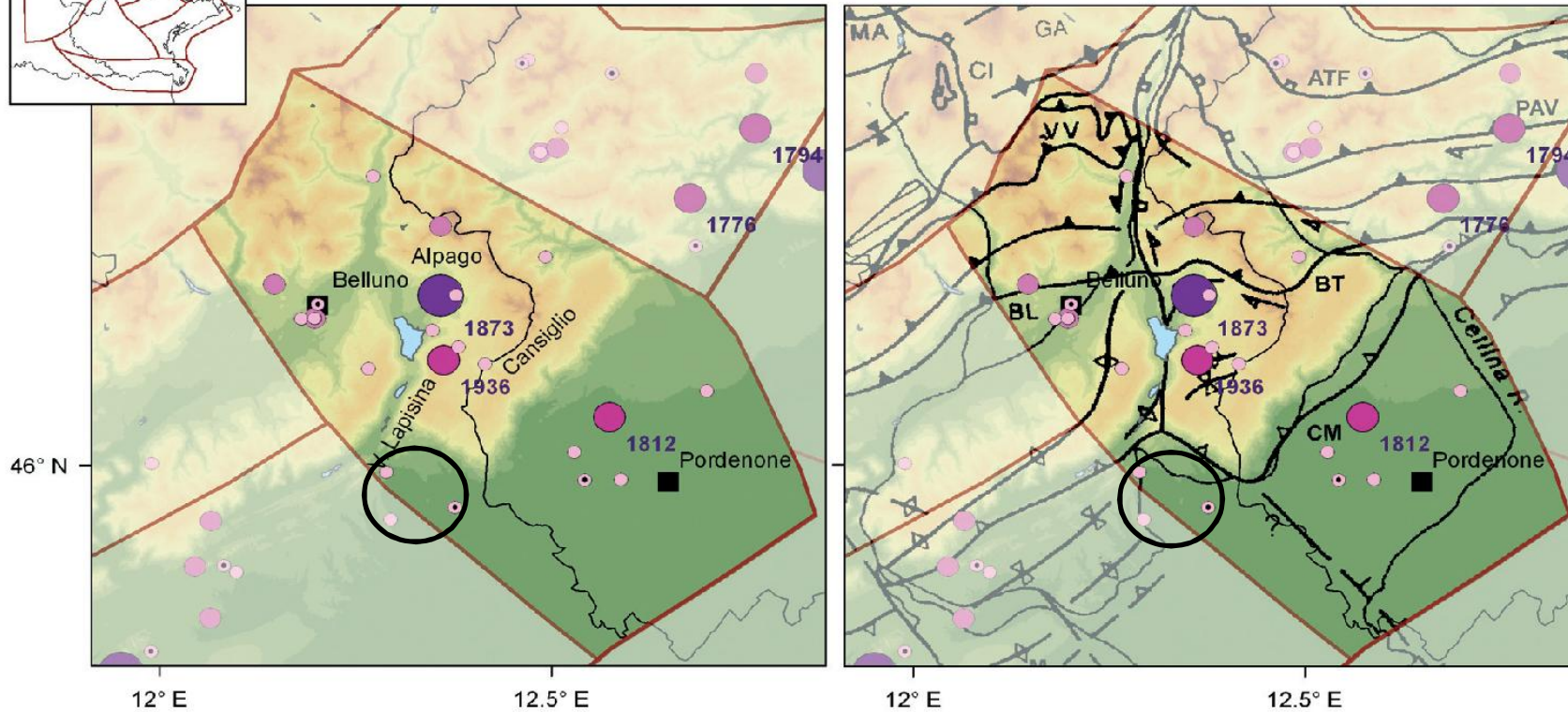
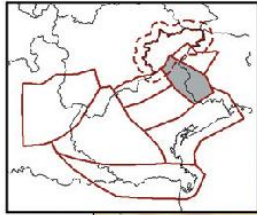


Area che comprende Godega di Sant'Urbano

Distretti sismici del Veneto

**Scheda 8**

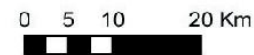
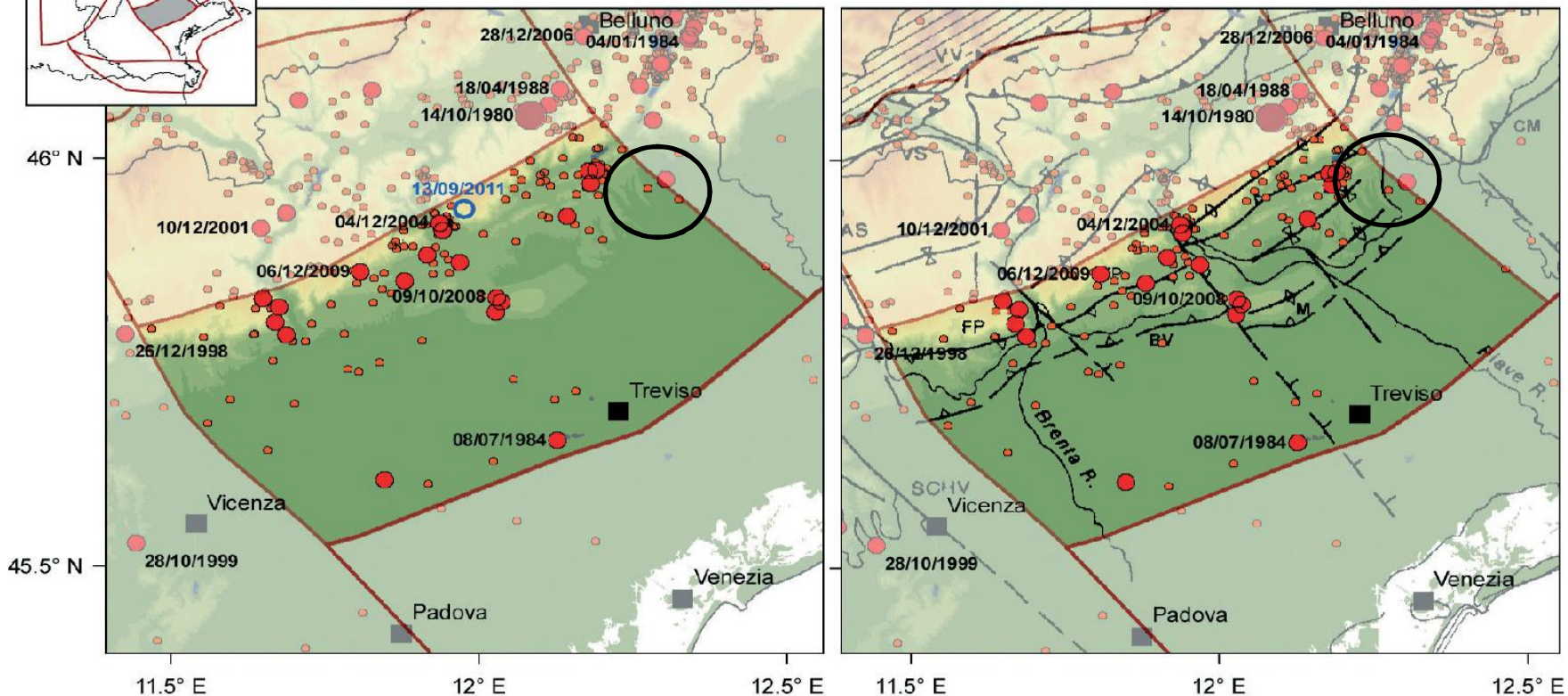
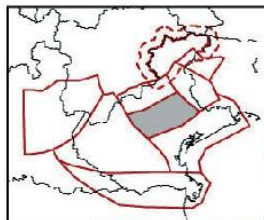




Mappa della sismicità storica del distretto Alpago-Cansiglio (A); fonte dati CPTI04 criticamente rivisto (Molin et al., 2008). Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin et al. (1998b) (dx). In legenda: Maw indica la magnitudo equivalente a MW riportata in CPTI Working Group, 2004; i sovrassegni indicano eventi revisionati, rispettivamente come non parametrizzati 'NP', modificati 'MOD' o rimossi 'RM'.

○ Area che comprende Godega di Sant'Urbano

Distretto sismico Alpago-Cansiglio  
con sismicità storica  
**Scheda 10**

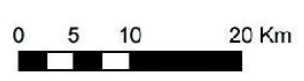
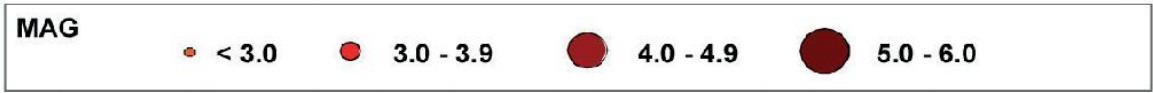
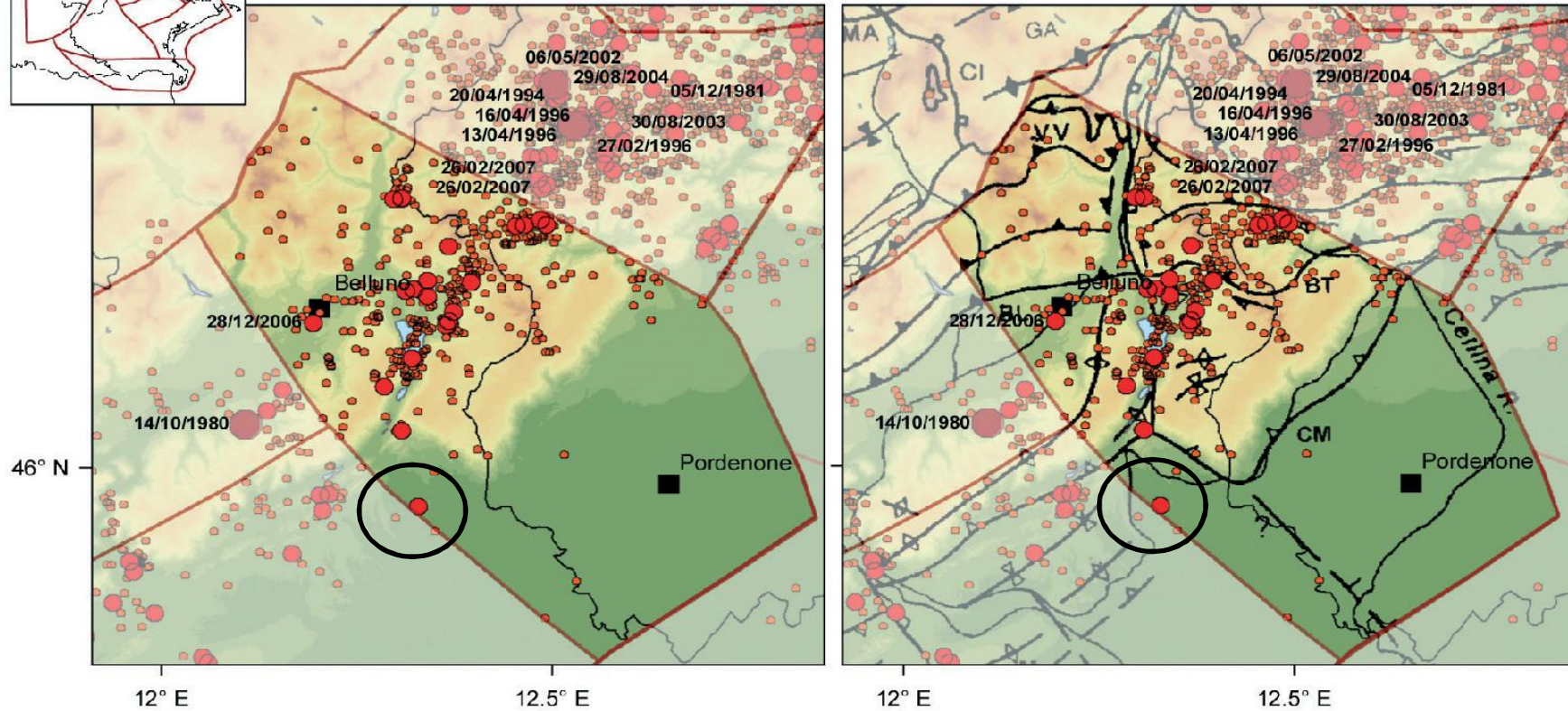
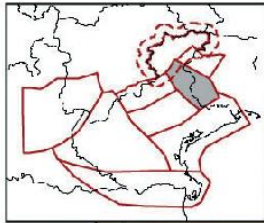


Mappa della sismicità strumentale del distretto Pedemontana Sud (PS); fonte dati OGS (vedi Tabella 3.1).  
 Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin et al. (1998b) (dx). In blu nella mappa di sinistra è riportata la localizzazione dell'ultimo evento significativo, avvenuto nella zona di Valdobbiadene il 13 settembre 2011 (ML=3,7).



Area che comprende Godega di Sant'Urbano

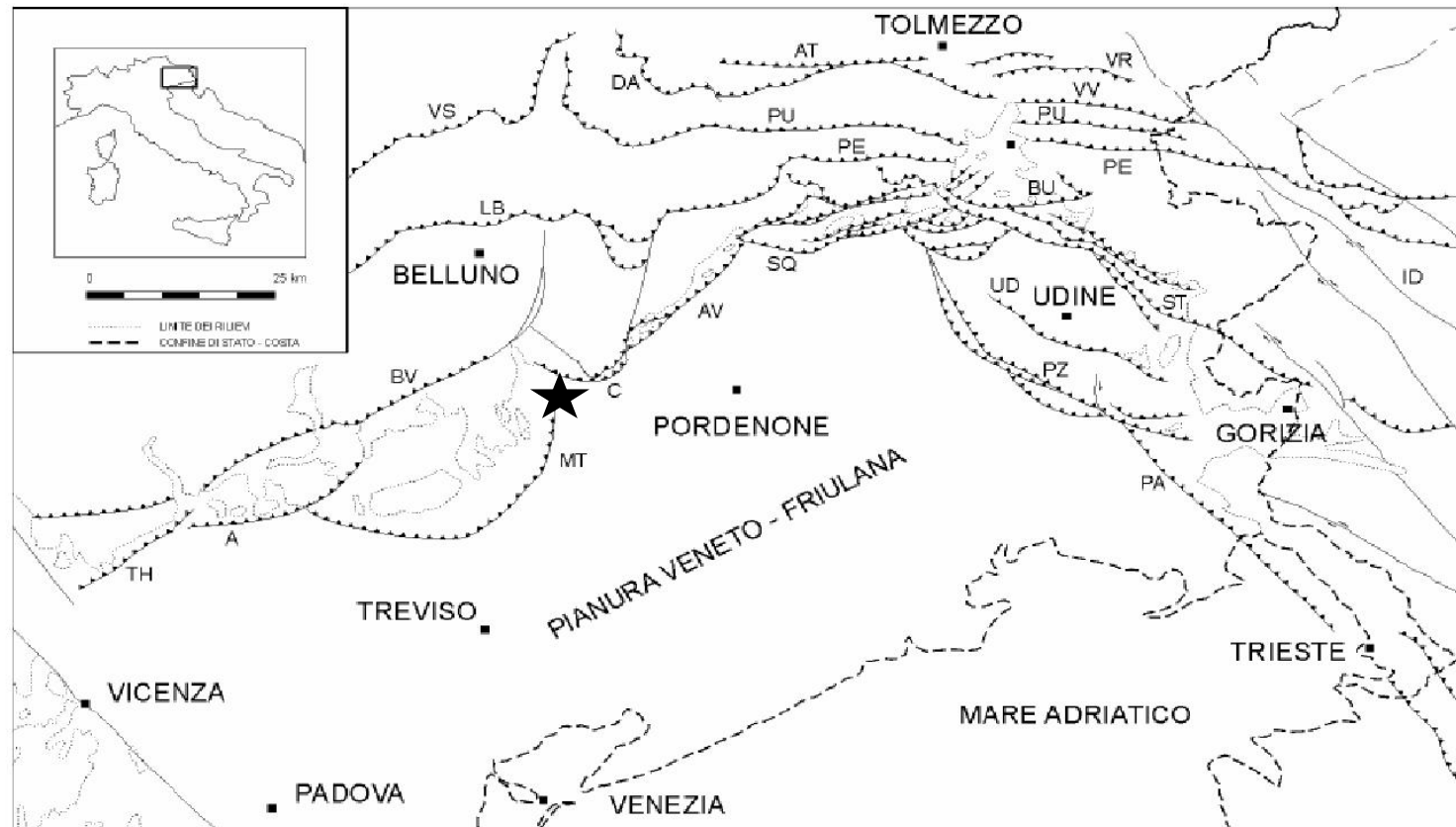
Distretto sismico Pedemontana Nord  
 con sismicità strumentale  
**Scheda 11**



Mappa della sismicità strumentale del distretto Alpego-Cansiglio (A); fonte dati OGS (vedi Tabella 3.1).  
 Visualizzazione su DEM in scala cromatica (sn) e su DEM integrato con modello strutturale tratto da Castellarin et al. (1998b) (dx).

Area che comprende Godega di Sant'Urbano

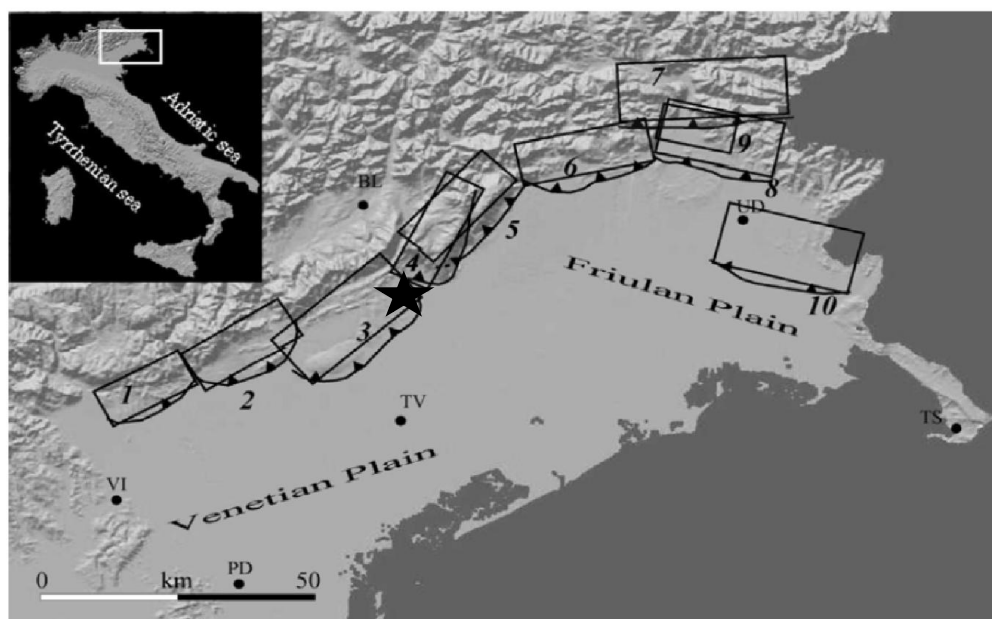
Distretto sismico Alpego-Cansiglio  
 con sismicità strumentale  
**Scheda 12**



Schema strutturale semplificato del Sudalpino orientale. Legenda: A: sovrascorrimento Asolo-Cornuda; AT: linea dell'Alto Tagliamento; AV: s. di Aviano; BV: s. Bassano-Valdobbiadene; BU: s. di Buia; C: s. di Caneva; DA: s. Dof-Auda; ID: l. di Idria; LB: l. di Belluno; MT: s. Montello-Conegliano; PA: s. di Palmanova; PE: s. periadriatico; PU: s. Pinedo-Uccea; PZ: s. di Pozzuolo; SQ: s. di Sequals; ST: s. Susans-Tricesimo; TH: s. Thiene-Bassano; UD: s. di Udine; VR: s. della Val Resia; VV: s. della Val Venzonassa.

★ *Comune di Gadega di Sant'Urbano*

Elementi strutturali  
sismogenici  
**Scheda 13**



**Fig. 2** - Sorgenti sismogenetiche nel Sudalpino orientale fra Vicenza e il confine con la Slovenia. La numerazione fa riferimento a quanto riportato in Tab. 1.

**Tab. 1** - Caratteristiche sismogenetiche delle sorgenti di Fig. 2.

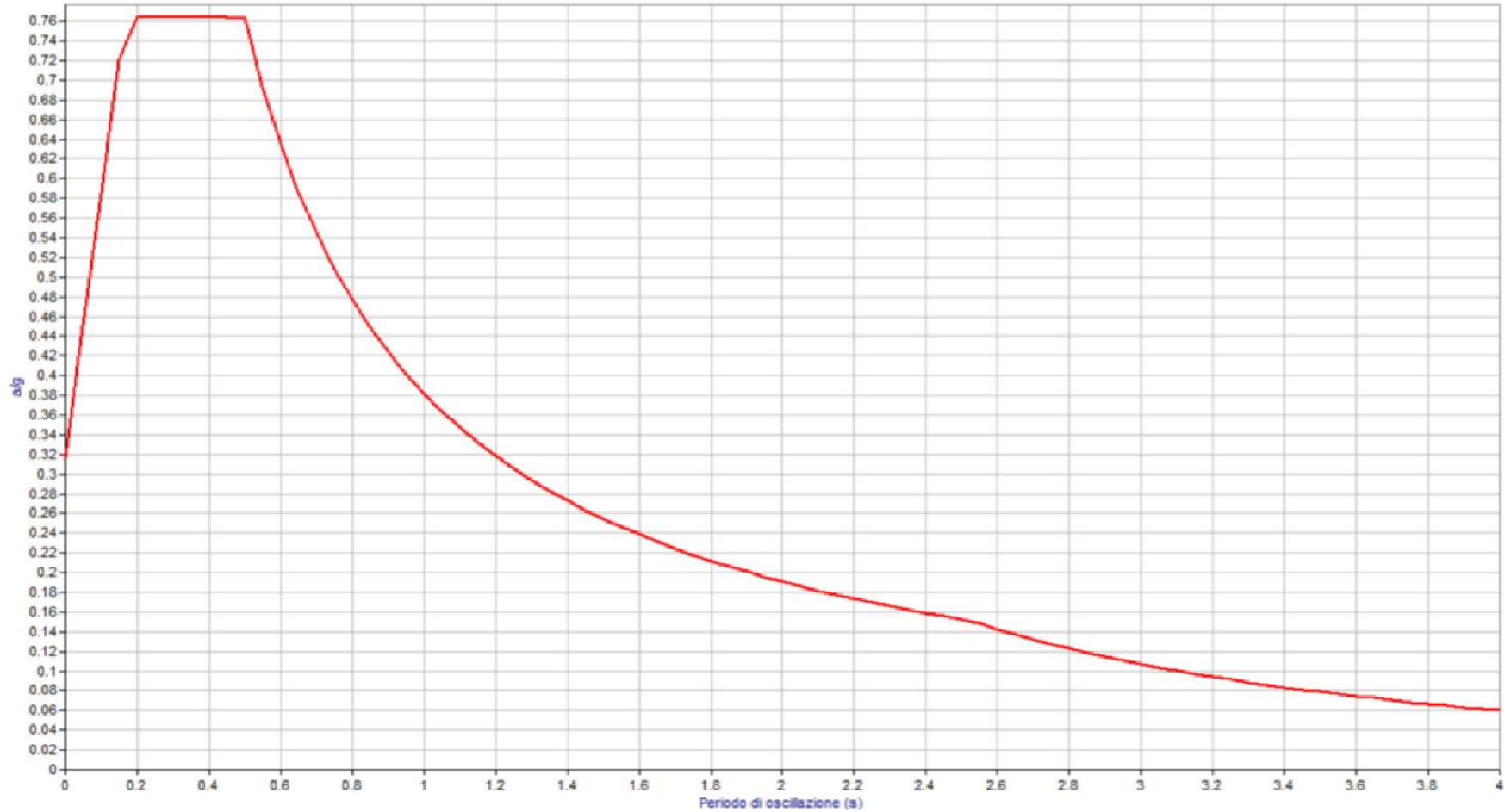
Seismogenic source	Rupt. length (km)	Downdip rupture width (km)	Rupt. area (km <sup>2</sup> )	Min depth (km)	Max depth (km)	Rake	Slip rate (mm/yr)	Mag	Associated historical earthquake
Thiene-Bassano (1)	20	9.5	190	0	5.75	100°	-	6.43	1117 (Jan. 3) (?)
Asolo-Cornuda (2)	22	11	242	0	6.2	100°	<1	6.49	1695 (Feb. 25)
Montello-Conegliano (3)	30	15	450	0	8.5	100°	<1	6.69	-
Mt. Cansiglio-Mt. Cavallo (4)	15	10	150	0	7	120°	<1	6.28	1936 (Oct. 18)
Polcenigo-Maniago (5)	21	11	231	0	6.2	100°	<1	6.43	1873 (June 29)
Maniago-Ragogna (6)	27	11	297	0	6.2	90°	<1	6.62	-
Periadriatic thrust (Pielungo-Gran Monte) (7)	35	15	525	0	9	75°	-	6.77	1348 (Jan. 25)
Susans-Tricesimo (8)	25	13	325	0	6	75°	<1	6.57	1976 (May 6)
Trasaghis (9)	14	9	126	8.5	14	70°	-	6.22	1976 (Sept. 15)
Pozzuolo (10)	30	15	450	0	7.5	55°	<1	6.69	1511 (March 26)

★ Godega di Sant'Urbano

Sorgenti sismogenetiche  
**Scheda 14**



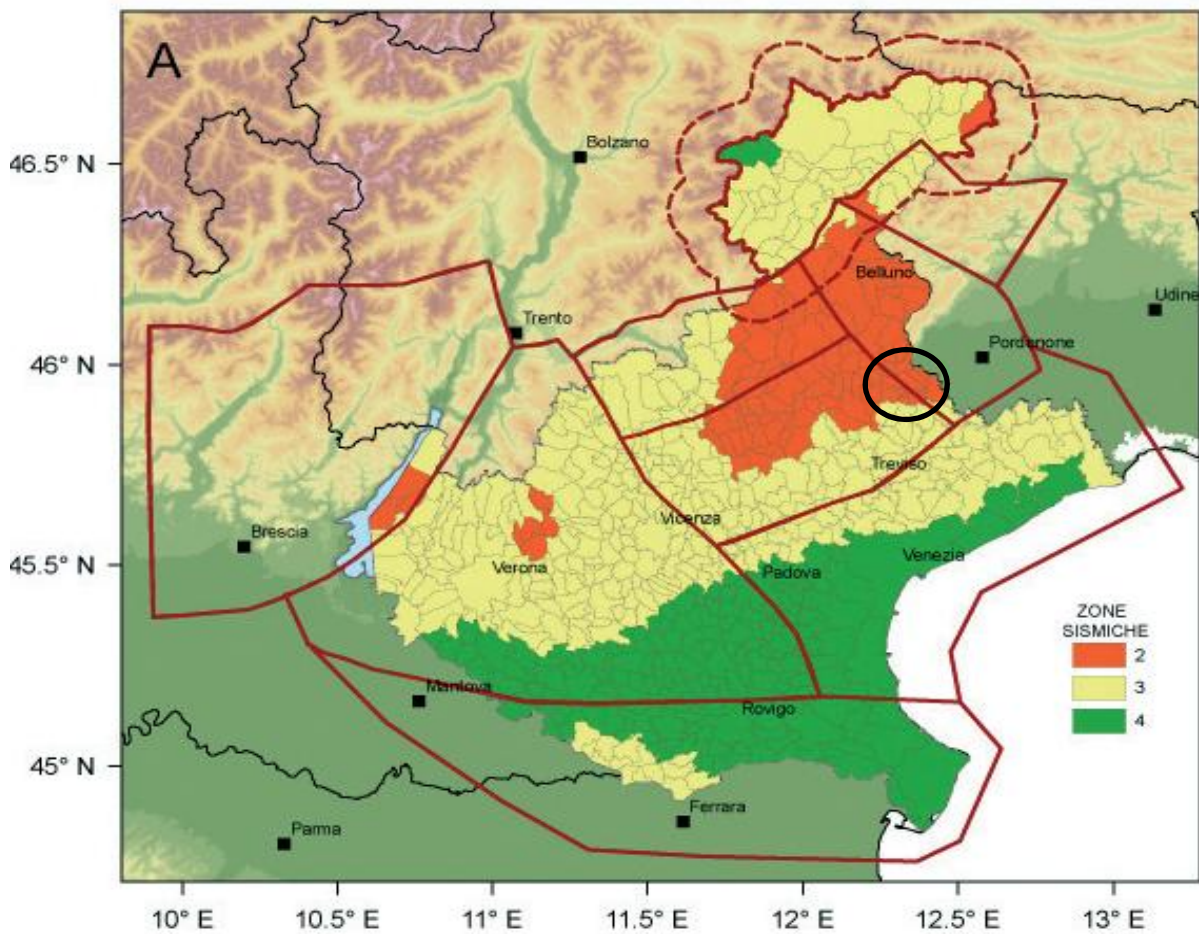
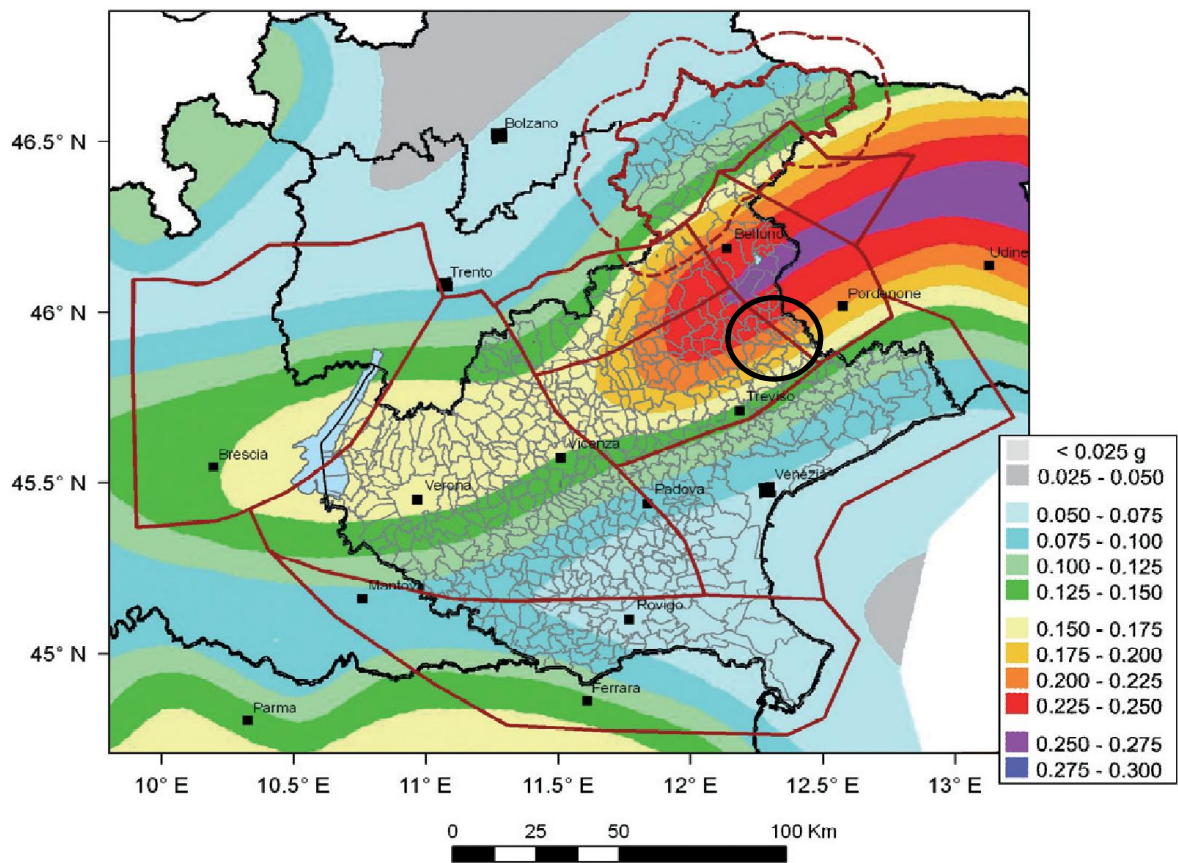
Spettro di risposta elastico delle accelerazioni D.M. 14.01.2008



latitudine\*:45.92887874628443 longitudine\*:12.397491931915283

ag bedrock(g):0.2317	cat.sottosuolo:Categoria C	cat.topogr.:Categoria T1	Componente orizz tale	prob.superamento%:10	periodo rif.(anni):50
Tempo ritorno(anni):475	F0:2.42	Tc(s):0.33	Ss:1.36	St:1.0	ag max(g):0.316

Forma spettrale e parametri sismici  
 su sito di riferimento rigido orizzontale  
 per Godega S.U. (zone del capoluogo)  
**Scheda 15**



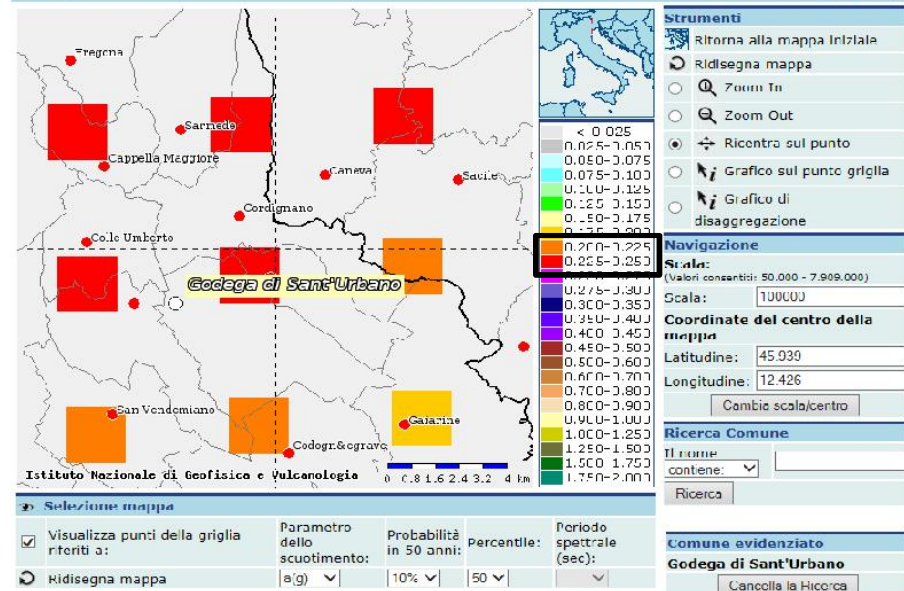
tratto da:

Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici

Sismicità dell'area di studio

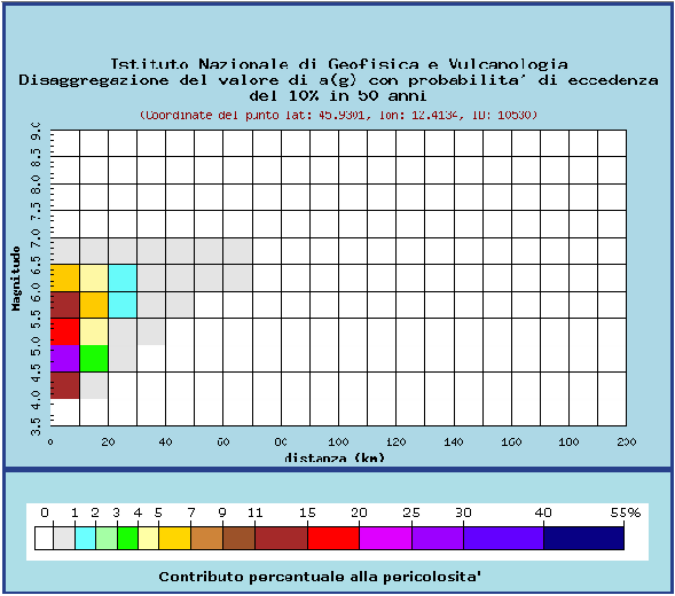
**Scheda 16**

# Mappe interattive di pericolosità sismica



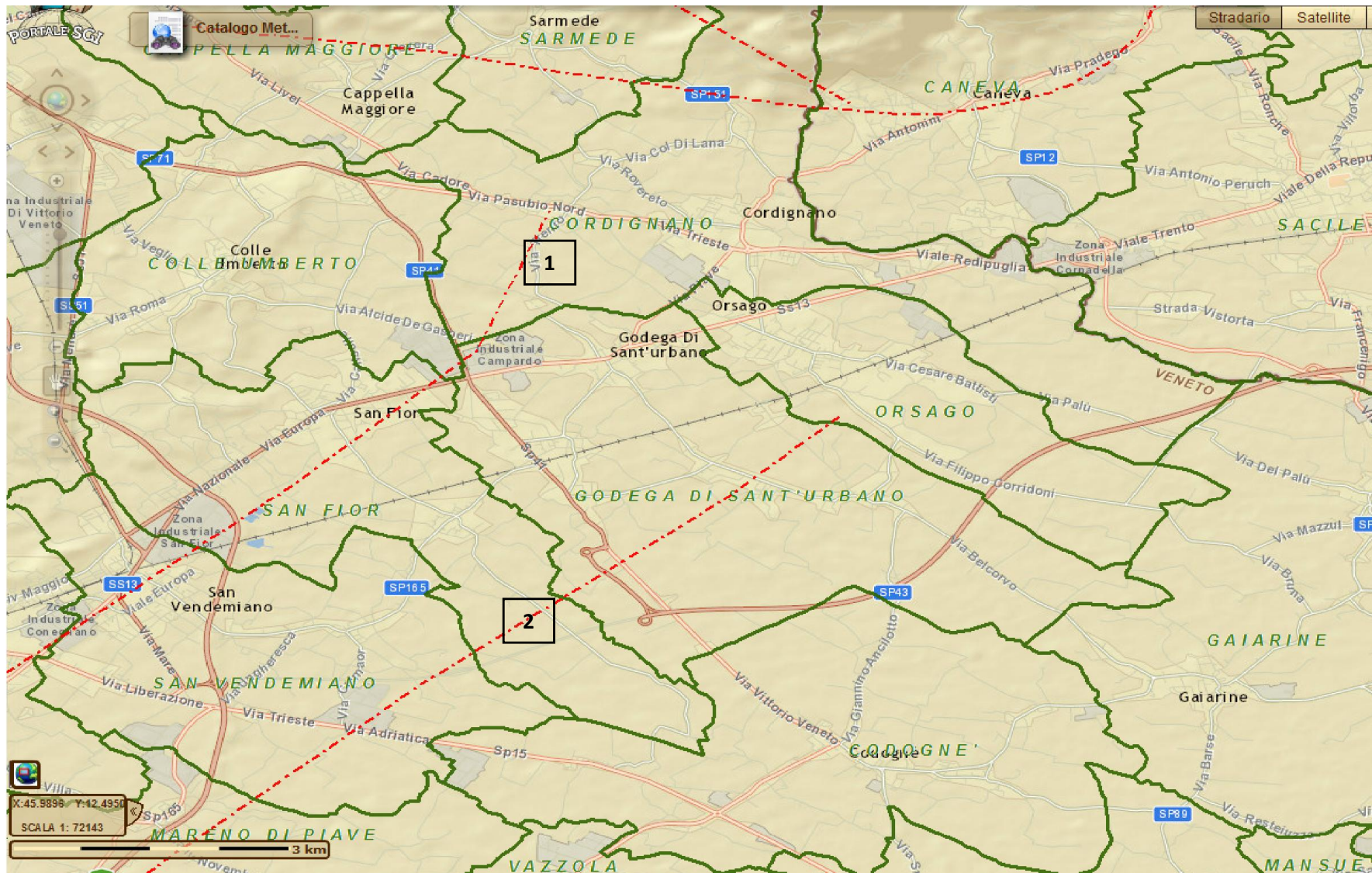
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.9301, lon: 12.4134, ID: 10530)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	11.700	26.000	19.000	11.800	6.320	0.802	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.694	3.210	4.790	5.190	4.460	0.738	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.053	0.604	1.340	1.760	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.013	0.243	0.548	0.136	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.094	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.240	7.560	0.756



Carta di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo ag con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli di Categoria A (Vs,30 > 800 m/s) subpianeggianti (categoria topografica T1 da N.T.C. 2008)

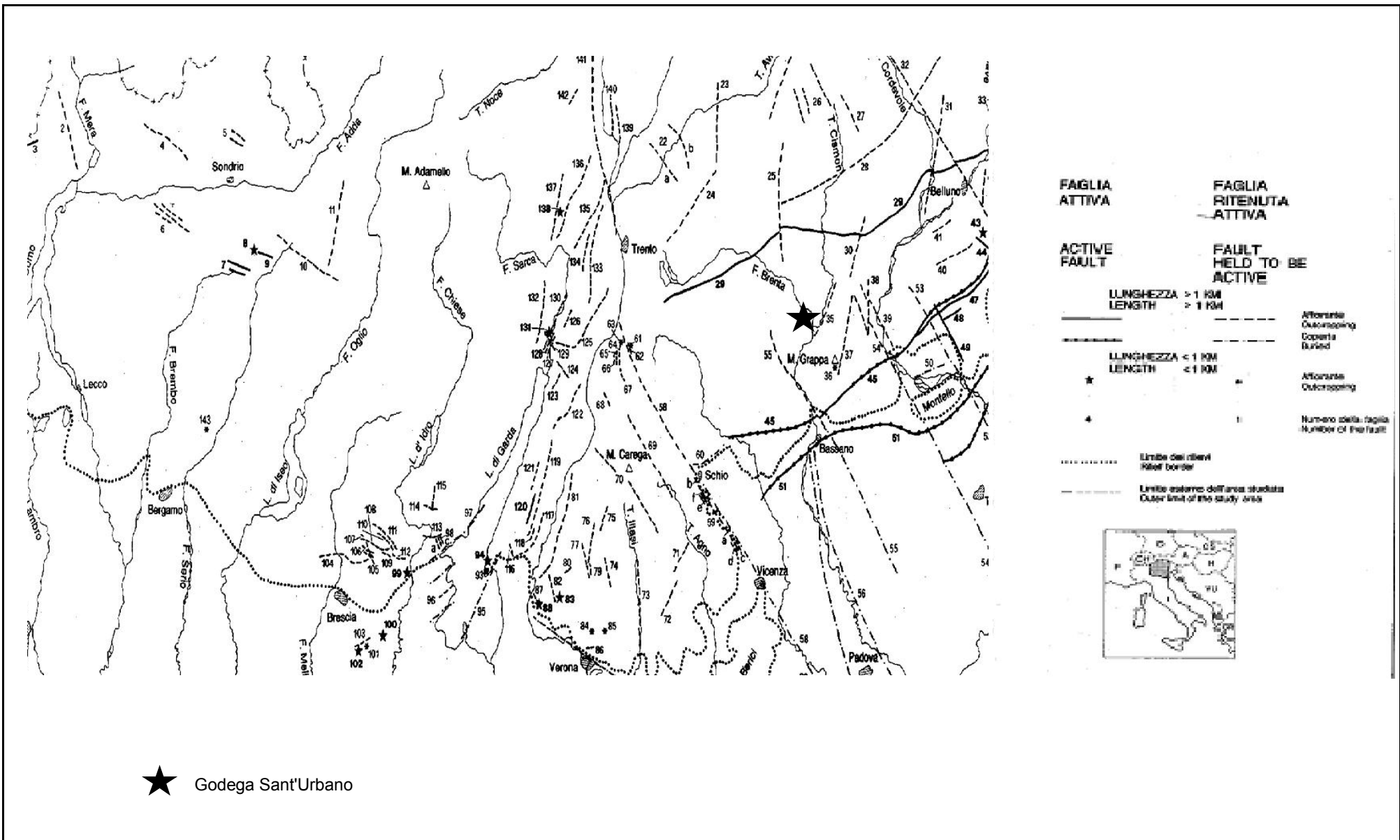
Pericolosità sismica locale  
**Scheda 17**



- - - - - 1 Linea di Aviano
- · - · - 2 Linea di Sacile

(da ISPRA)

Faglie capaci  
**Scheda 18**

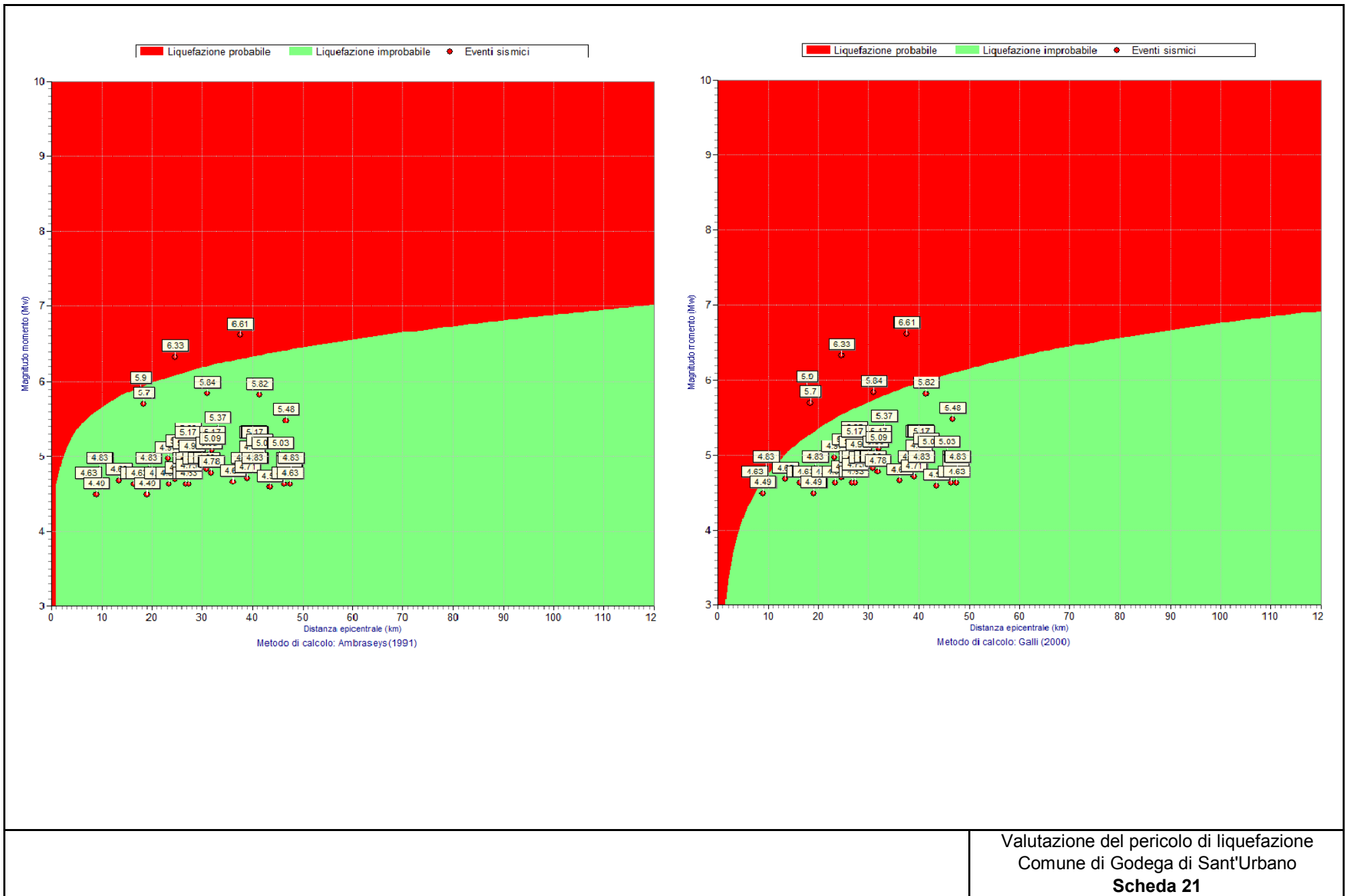


estr. da: "Inventario delle faglie attive fra i fiumi Po e Piave e il lago di Como" - "Il Quaternario" vol. 4(2) 1991, pp. 333-410  
 D. Castaldini et M. Panizza

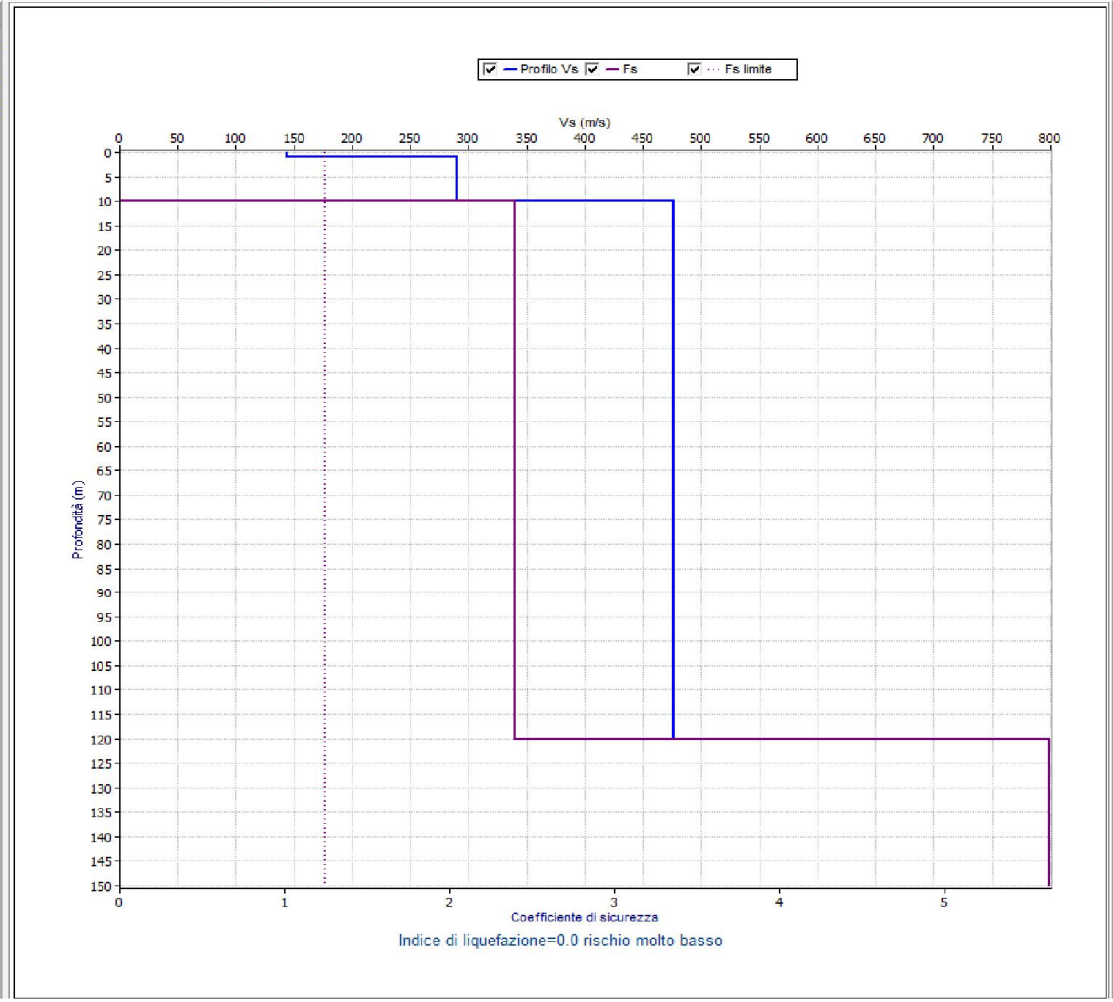
Carta delle Faglie Attive

Scheda 19

ESL-2007		PRIMARY EFFECTS		SECONDARY EFFECTS WITH GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL RECORD				OTHER SECONDARY EFFECTS		AFFECTED AREA AND TYPE OF RECORD	
		SURFACE RUPTURES	TECTONIC UPLIFT/SUBSID	GROUND CRACKS	SLOPE MOVEMENTS	LIQUEFACTION PROCESSES	ANOMALOUS WAVES AND TSUNAMIS	HYDROGEOLOGICAL ANOMALIES	TREE SHAKING	Affected Area	Type of Record
OBSERVED DAMAGING DESTRUCTIVE VERY DESTRUCTIVE DEVASTATING	I-III	Offset	Length	Width	Length	ENVIRONMENTAL EFFECTS ARE VERY RARE AND CANNOT BE USED AS DIAGNOSTIC					
	IV	ABSENT	ABSENT	Rare and local	Rare and local	Only devalered levels (setismites)	cm	Temporary level changes		Rare and local	Geological frequent and exceptionally geomorphological Geological and geomorphological characteristics
	VII	Rare and local	Permanent ground dislocations (< 10 cm)	mm	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	50 cm	dm	Temporary sea-level changes	Temp. turbidity changes	Local within epicentral zone	
VIII	cm	< 1 m	dm	10 <sup>3</sup> -10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup>	1 m	1-2 m	Waves < 1 m	Temp. F+Q changes	100 km <sup>2</sup>		
DESTRUCTIVE VERY DESTRUCTIVE DEVASTATING	X	dm	< 10 m	m	10 <sup>5</sup> -10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	0.5 m	3-5 m	Tsunamis	Temp. temperature changes	1,000 km <sup>2</sup>	Geological frequent and exceptionally geomorphological Geological and geomorphological characteristics
	XI	dm	> 10 m	> 1 m	> 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0.5 m	> 10 m	Giant waves	Temp. spring drying	5,000 km <sup>2</sup>	
DESTRUCTIVE VERY DESTRUCTIVE DEVASTATING	XII	metric	> 100 km	m	> 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	> 5 m	Tsunamis	Permanent river changes	Tree branches and tree-trunk falling, rupture, etc...	10,000 km <sup>2</sup>	Geological frequent and exceptionally geomorphological Geological and geomorphological characteristics
	XII	> 100 km	> 10 m	> 5 m	Far-field (200-300 km) significant landsliding	> 5 m	Giant waves	Permanent river changes	50,000 km <sup>2</sup>		
		Dip and strike-slip offset of coseismic ruptures	Permanent ground dislocation	Width and length of cracks and fractures in soils and rocks	Bulk volume of mobilised material	Dimension of liquified levels and sand boils	Transitory sea-level changes, standing waves and Tsunamis	Base-level changes in springs, rivers, aquifers	Tree branches and tree-trunk falling, rupture, etc...		



Andamento CRR							
N.	da (m)	a (m)	vs(m/s)	%fine	Gamma(kN/mc)	CSR	CRR
1	0,00	1,00	144	5	17,00	0,134	
2	1,00	10,00	290	5	18,00	0,207	
3	10,00	120,00	476	5	20,00	0,076	0,182
4	120,00	150,00	799	5	21,00	0,067	0,378



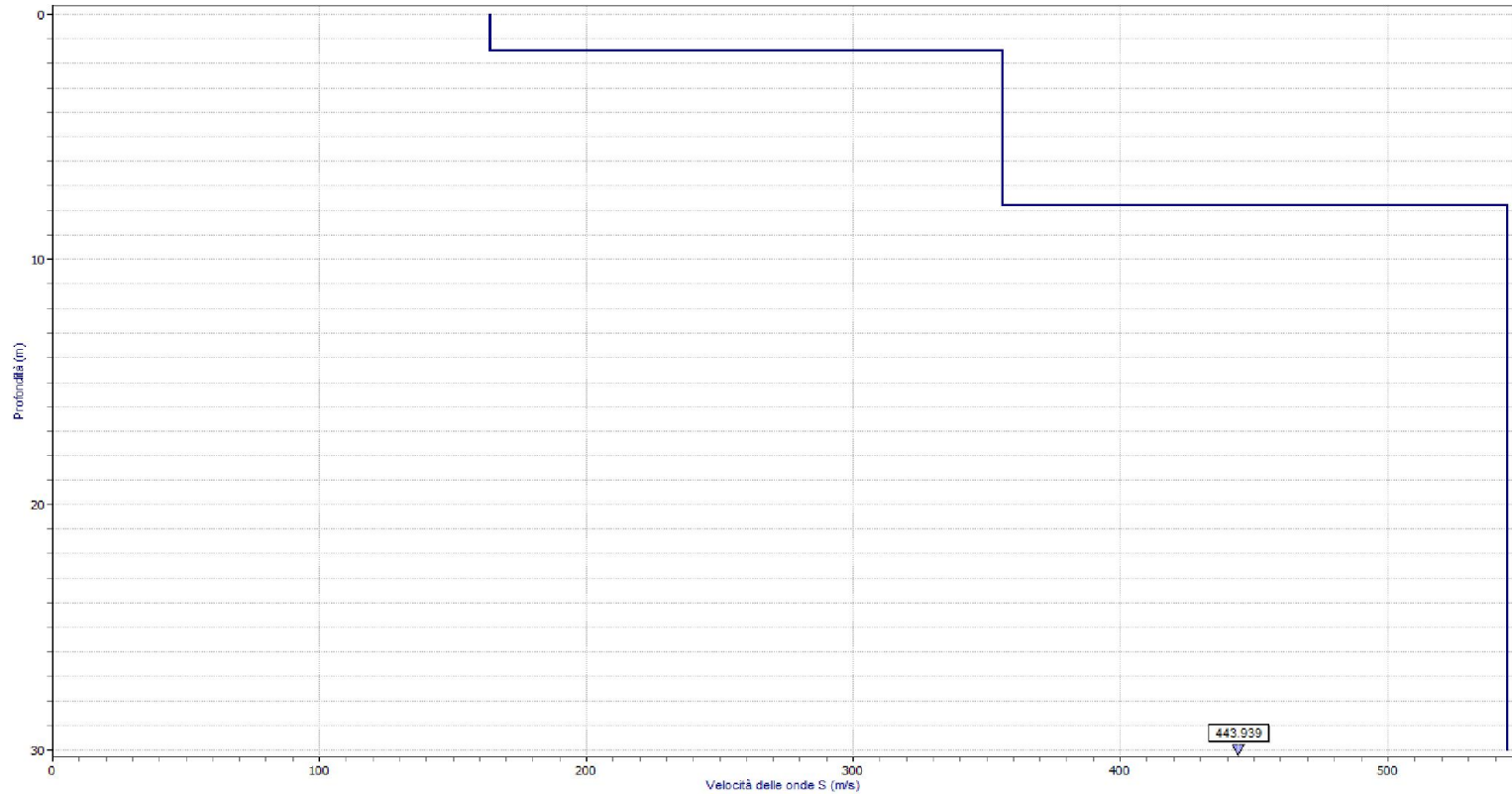


Stratigrafia copertura

N.	da (m)	a (m)	vs(m/s)
1	0.00	1.50	164
2	1.50	7.80	356
3	7.80	30.00	545

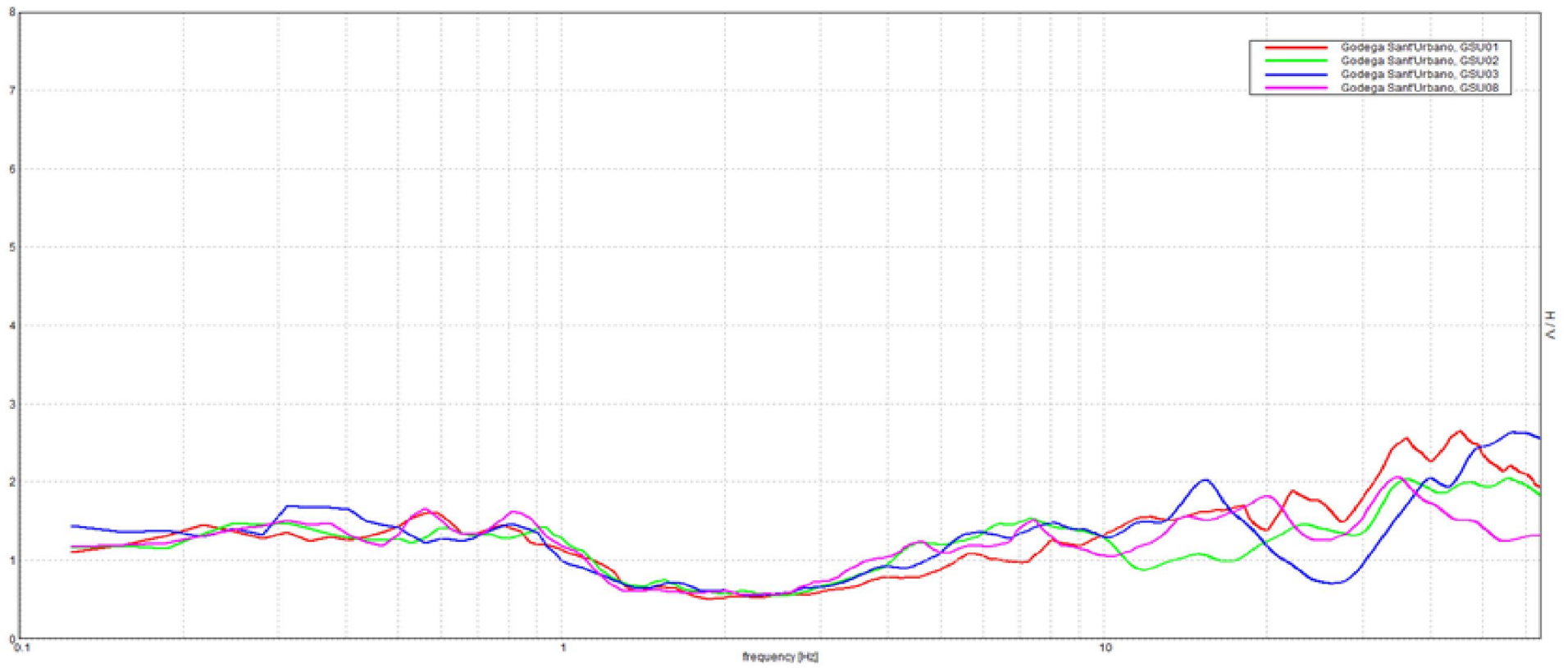
Amplificazione sismica stratigrafica con il criterio degli I.C.M.S.2008

— Profilo velocità onde S (m/s) Vs media della copertura (m/s)



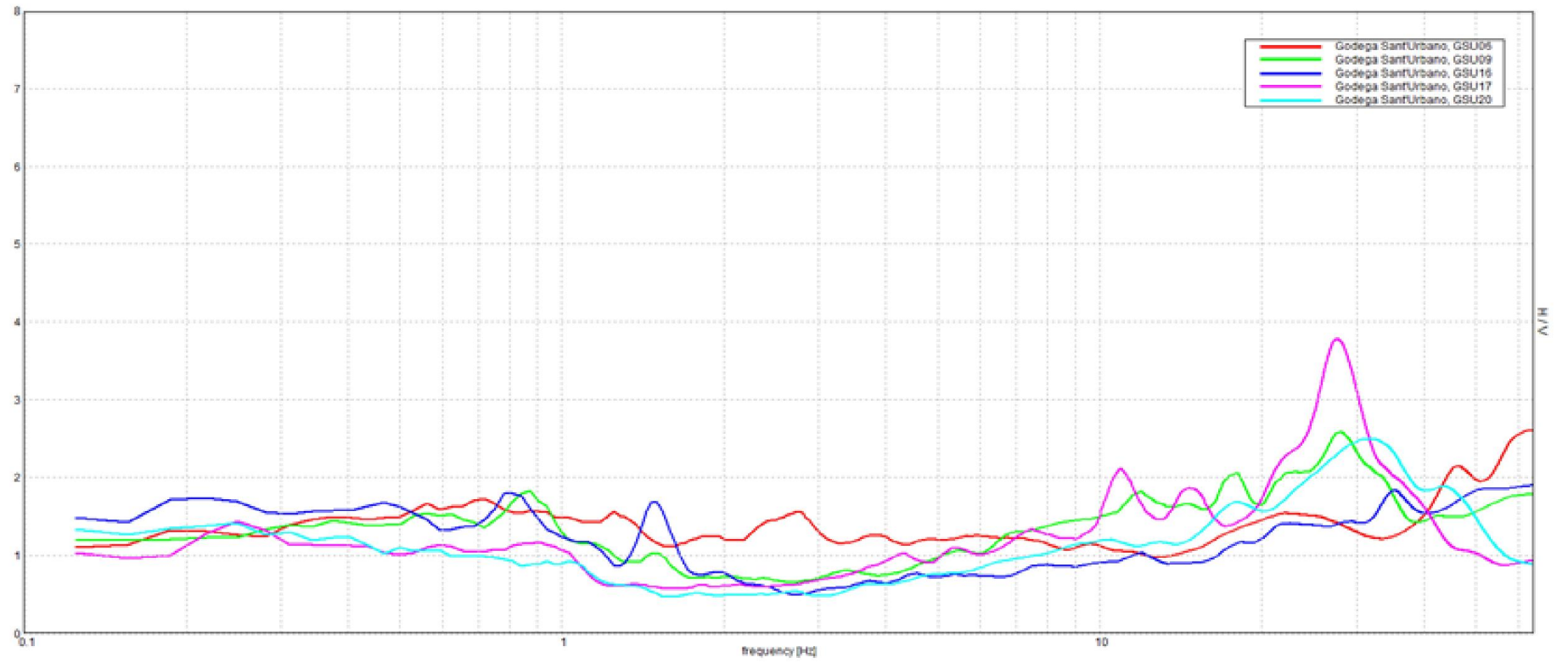
Fattore di amplificazione spettrale delle velocità (Fv) = 1.36  
Fattore di amplificazione spettrale delle accelerazioni (Fa) = 1.5

Average H/V.



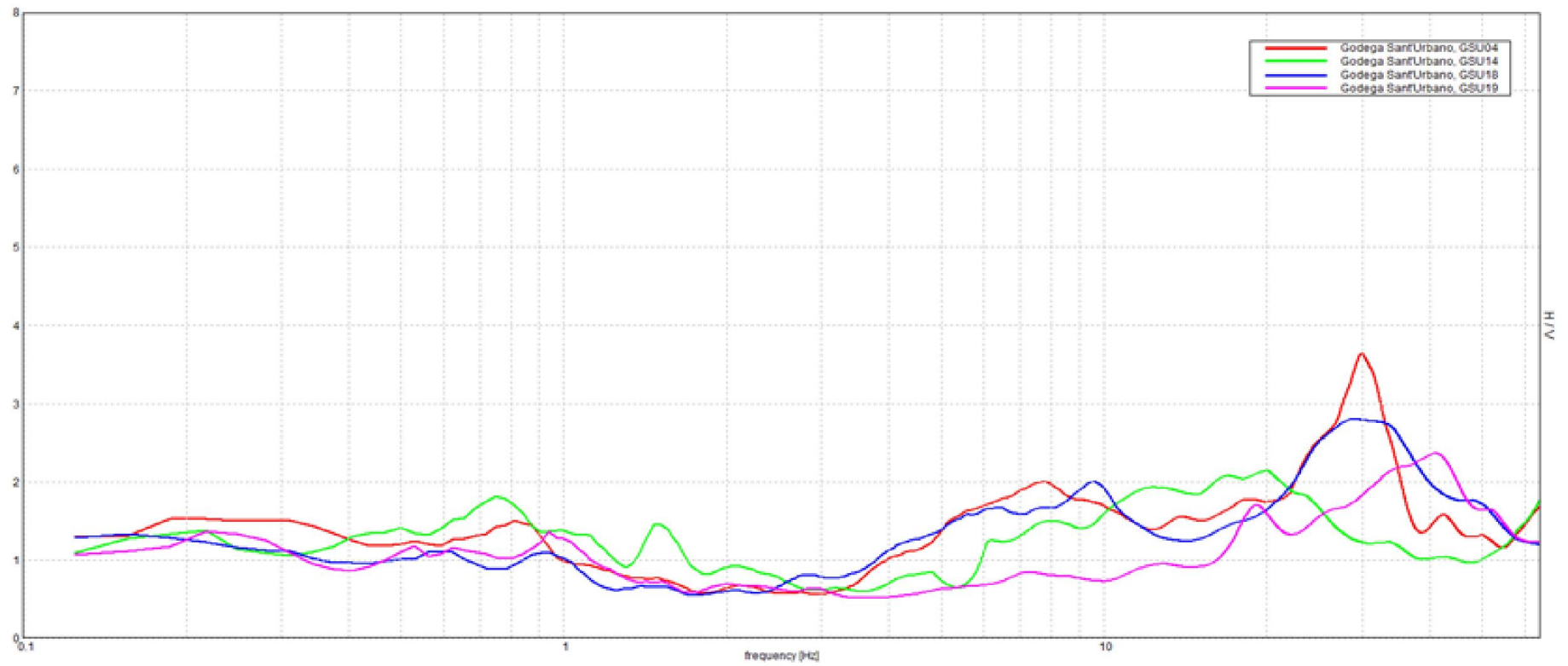
Curve H/V vs Hz  
Capoluogo  
**Scheda 24**

Average H/V



Curve H/V vs Hz  
Pianzano  
**Scheda 25**

Average H/V



Curve H/V vs Hz  
Bibano  
**Scheda 26**

# **ALLEGATO H**

**(INDAGINI)**



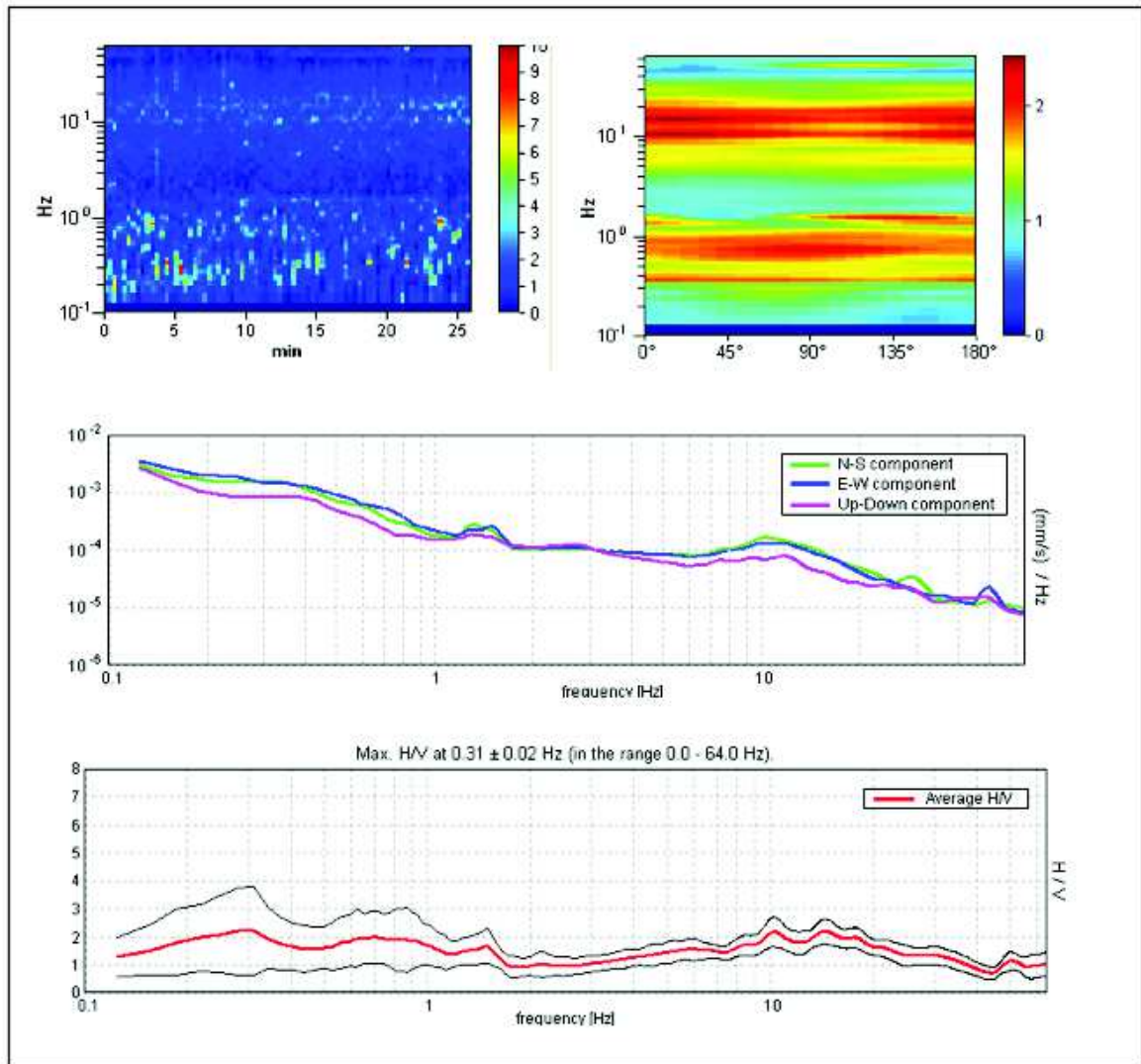


Fig.10a HV1. Dall'alto in senso orario: analisi temporale del rumore, analisi direzionale del rumore, spettri delle 3 componenti e rapporto H/V per il lotto 1

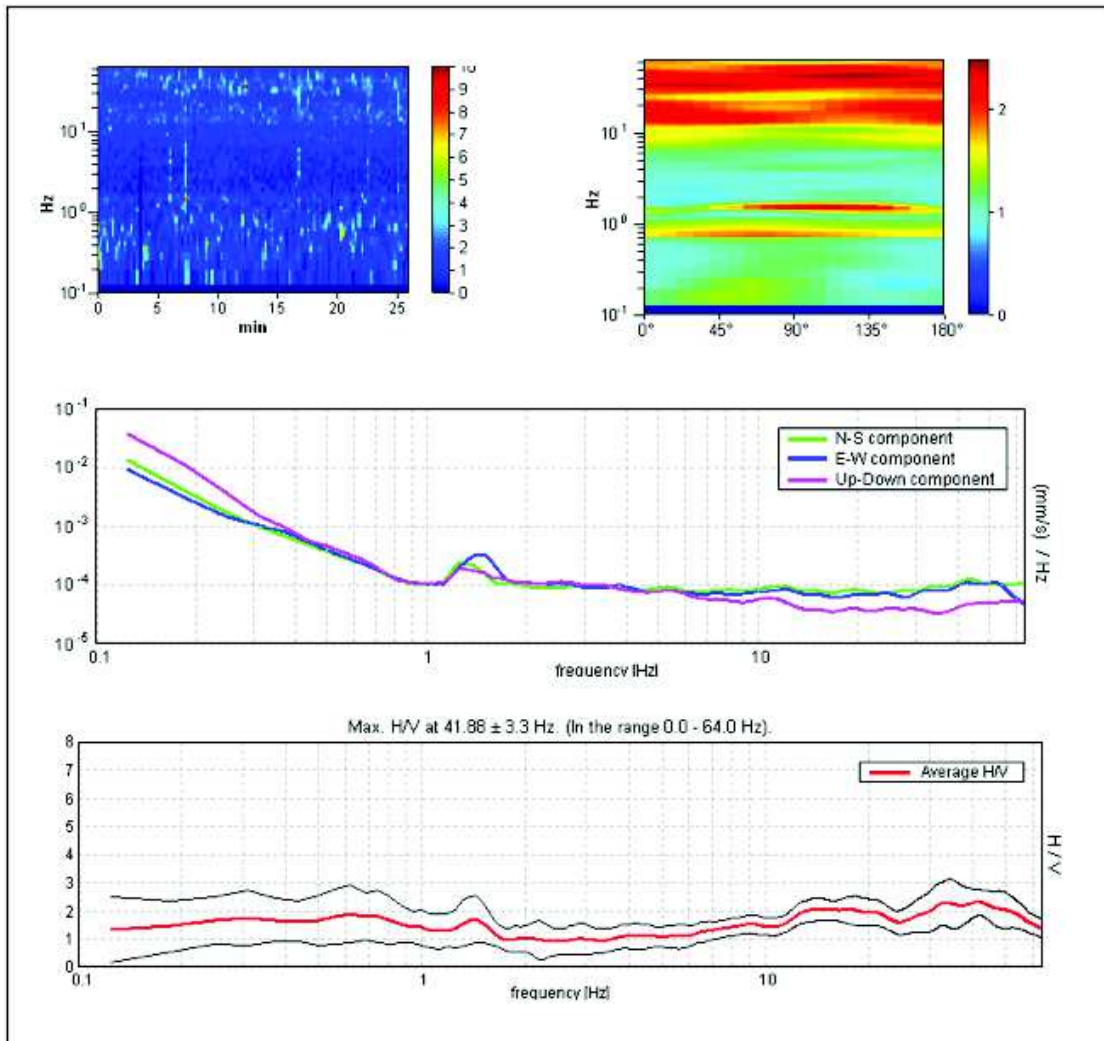


Fig.10b HV1. Dall'alto in senso orario: analisi temporale del rumore, analisi direzionale del rumore, spettri delle 3 componenti e rapporto H/V per il lotto 2



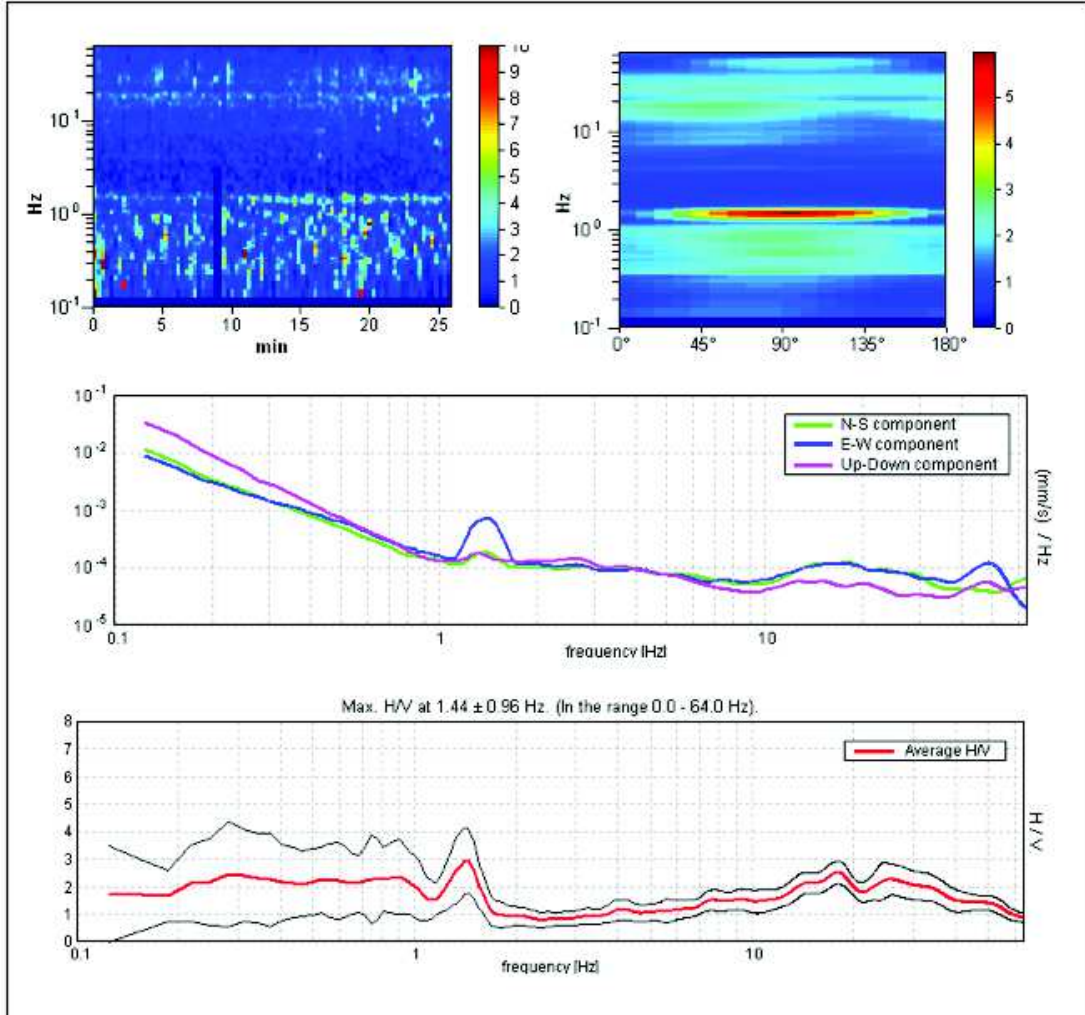


Fig.10c HV1. Dall'alto in senso orario: analisi temporale del rumore, analisi direzionale del rumore, spettri delle 3 componenti e rapporto H/V per il lotto 3

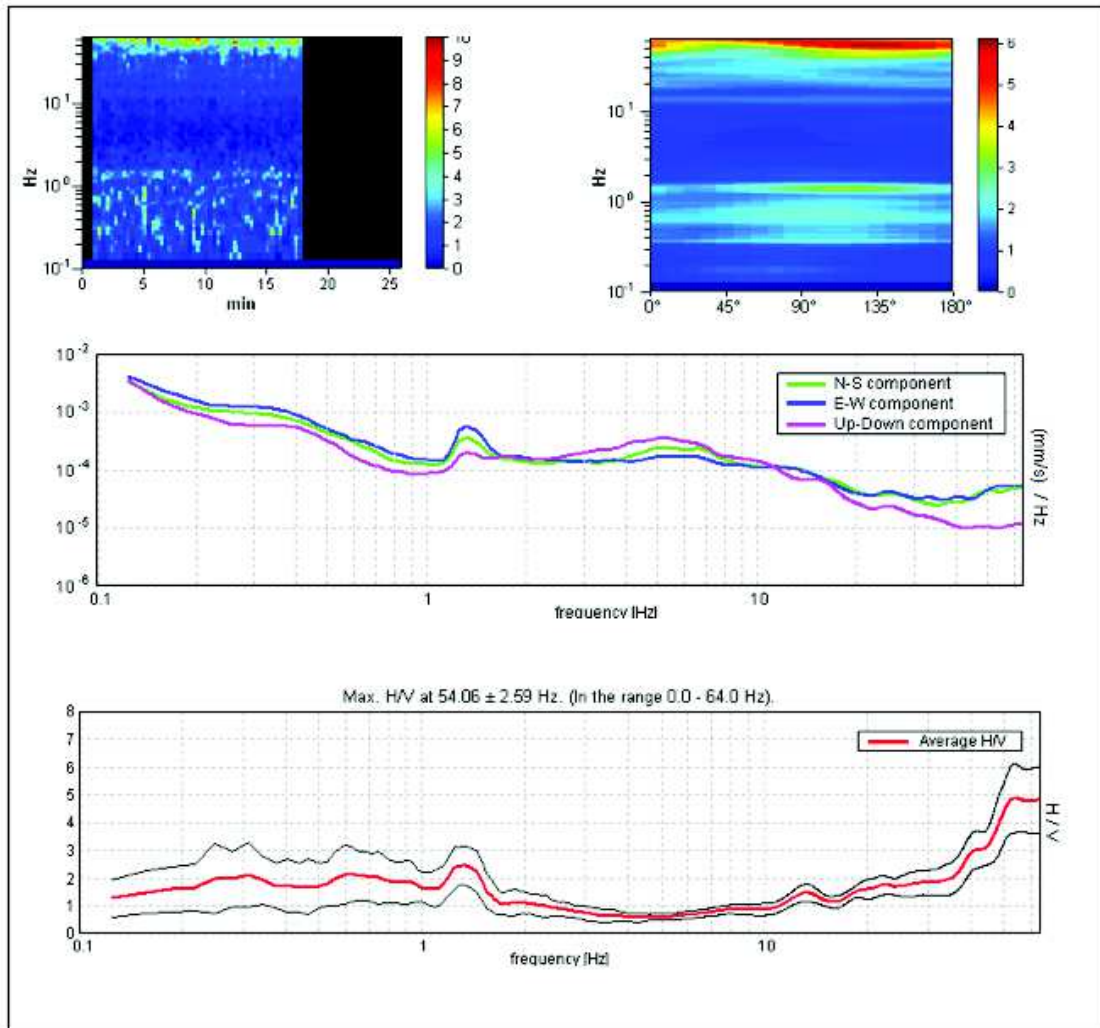


Fig.10d HV1. Dall'alto in senso orario: analisi temporale del rumore, analisi direzionale del rumore, spettri delle 3 componenti e rapporto H/V per il lotto 4

mitt. \_\_\_\_\_

contr. \_\_\_\_\_

operat. \_\_\_\_\_

staggio n. 1

iniziato \_\_\_\_\_

compl. \_\_\_\_\_

ordinate \_\_\_\_\_

liv. acqua \_\_\_\_\_

prof. max 3 mt.

metodo di perf. \_\_\_\_\_

data slm 55-30

note \_\_\_\_\_

azione \_\_\_\_\_

anni LORO G. MORD. di \_\_\_\_\_

BODEGA S. U. \_\_\_\_\_

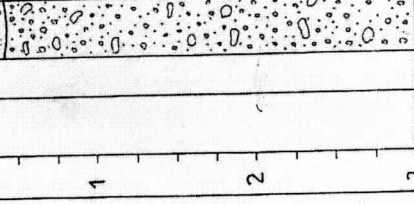
NOTE

P<sub>100</sub> % recuper. perf. \_\_\_\_\_

LOG

DESCRIZIONE TERRENO

Terreno sup. Limoso bruno con  
Ghiaia e ciottoli



Ghiaia con Sabbia bruna, ciottoli  
e blocchi (10-20 cm)  
asciutta



TREVISO, tel. 0422/55520

mitt. contr.

operat.

indagine n. 2

iniziato

liv. acqua

2 mt.

prof. max

metodo di perf.

note

nota sim 52.15

sizione

550 mt. ad EST del

climitoro di GODERA

NOTE

P<sub>0</sub> %  
q<sub>f</sub> recup. perf.

LOG

DESCRIZIONE TERRENO

Terreno sup. bruno limoso-Ghiosso  
con pari ciottoli

Ghiata con Sabbia (0.25-0.5 mm),  
ciottoli e blocchi (10-20 cm)  
asclutta

1



mitt. \_\_\_\_\_

aggio n. 3 \_\_\_\_\_

ordinate \_\_\_\_\_

la slm 40,20 \_\_\_\_\_

sizione \_\_\_\_\_

00 mt. SE dall' abt \_\_\_\_\_

ato di GODEGA S. U. \_\_\_\_\_

contr. \_\_\_\_\_

operat. \_\_\_\_\_

iniziato \_\_\_\_\_

compl. \_\_\_\_\_

liv. acqua \_\_\_\_\_

prof. max 3 mt.

metodo di perf. \_\_\_\_\_

note \_\_\_\_\_

**NOTE**

P<sub>o</sub>f, recup, perf, Ø

**LOG DESCRIZIONE TERRENO**

PP 03-1 kg/cm<sup>2</sup> → 1

Terreno sup. bruno scuro, limoso e debolmente Sabbioso

Terreno limoso bruno chiaro Sabbioso alla base

Ghiara con Sabbia, ciottoli e blocchi (Max. 10 cm )

3

2

TREVISO, tel. 0422/55520



nitt.

contr.

operat.

aggiog n. "

iniziato

compl.

dinate

liv. acqua

prof. max

3 mt.

metodo di perf.

la slm 42,30

note

zione

mt a NORD dalla

pore di SAN VANDOTTICIA

OTE

P<sub>10</sub>, %  
recup. perf.

LOG

DESCRIZIONE TERRENO

Terreno sup. bruno scuro limoso  
con Sabbia fine

Terreno limoso-sabbioso bruno  
chiaro

Ghiata e ciottoli con Sabbia  
umida

P<sub>1-15</sub> Kg / cm<sup>2</sup> →

2

1

3



Terrasist

TREVISO, tel. 0422/55520



mitt.

contr.

operat.

adagio n. 5

iniziato

compl.

ordinate

liv. acqua

prof. max 2 mt.

metodo di perf.

nota slm 53,500

note

sizione

350 mt. Mm da Casa

adriatic

NOTE

P<sub>rof.</sub> %  $\theta$ 

LOG

DESCRIZIONE TERRENO

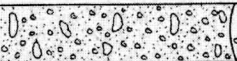
Terreno sup. nero limoso con

Ghiata sciolta

Ghiati con Sabbia grigia (pulita),  
ciottoli e blocchi (Max. 10-15 cm)

2

1



mitt. \_\_\_\_\_ contr. \_\_\_\_\_ operat. \_\_\_\_\_

stagio n. 6 \_\_\_\_\_ iniziato \_\_\_\_\_ compl. \_\_\_\_\_

rdinate \_\_\_\_\_ liv. acqua \_\_\_\_\_ prof. max 2 mt.

\_\_\_\_\_ metodo di perf. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ nota s/m 29.90 \_\_\_\_\_ note \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ sizione \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 00 mt. WSW da \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ casa BARTOL. 0721 \_\_\_\_\_

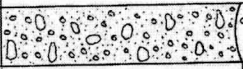
NOTE \_\_\_\_\_ P  
%  
of. recup. %  
perl. 0

LOG DESCRIZIONE TERRENO

Terreno sup. Limoso-Ghiainoso

Ghiata con Sabbia grigia (pulita)  
ciottoli e blocchi ( Max. 10-15cm)

1.8  
1  
2  
L5



TREVISO, tel. 0422/55520





mitt.

contr.

operat.

stagio n. 7

iniziato

compl.

rdinate

liv. acqua

prof. max

2,5 mt.

metodo di perf.

ota slm 25,5

note

sizione

0 mt. di Rtd. dia

asa PERA

NOTE

P<sub>tot</sub> %  
recup. perf. Ø

LOG

DESCRIZIONE TERRENO

Terreno sup. nero limoso Ghiaioso

1

2

3

L.S. 

Ghiaia con Sabbia grigia  
(0,2 - 0,3 mm.), ciottoli e  
blocchi (10 -15 cm. )  
leggermente umida

TREVISO, tel. 0422/55520


 SERRAVALLE

2

mitt.

contr.

operat.

daggio n. e

iniziato

compl.

rdinate

liv. acqua

prof. max

2,5 mt.

metodo di perf.

ota slm 44,50

note

sizione

000 mt. a bi della

litro di P1M/AWG

NOTE

P<sub>of</sub> %  
recup. perf.

Ø

LOG DESCRIZIONE TERRENO

Terreno sup. scuro Limoso-Ghiainoso

Ghiaino, ciottoli e blocchi (10-20cm)  
con Sabbia medio grossa



3

2

1

TREVISO, tel. 0422/55520



nitt.

contr.

operat.

aggio n. 9

iniziato

compl.

dinate

liv. acqua

prof. max 2,2 mt.

metodo di perf.

a slm 40,30

note

zione

t. ad EST dell' abbi-

di BAVER

OTE

P<sub>tot.</sub> % Ø

LOG DESCRIZIONE TERRENO

Terreno sup. nerastro limoso con  
ciottoli e resti organici

02-1 Kg/cm<sup>2</sup>

1

Lenti limoso-Argillose grigie  
alternate a Sabbie sciolte medie  
(0,2-0,3 mm.) brune

2

Piccole venute d'acqua

3

TREVISO tel. 0422/55520



mitt.

contr.

operat.

indagine n. 10

iniziato

compl.

ordinate

liv. acqua

prof. max 2 mt.

metodo di perf.

nota slm 35,36

note

posizione

550 mt. EST da

Casa VETTOREL

NOTE

P<sup>o</sup> %  
of recup. perf.

LOG

DESCRIZIONE TERRENO

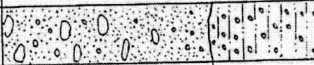
Terreno sup. limoso-Ghiaioso  
scuro

Sabbia media sciolta con Ghiaia  
ciottoli e blocchi (10-20 cm.)

← Piccole veggute d' acqua

2

1



TREVISO, tel.0422/55520



1.5

contr.

operat.

ft. \_\_\_\_\_  
 anno n. 11

iniziato

compl.

prof. max 2 mt.

nate

liv. acqua

metodo di perf. \_\_\_\_\_

slm 33,30

note

ione

VARIENTO PIRA

ITE

$P'_{of}$  %  
 recup. perf.  $\theta$

LOG

DESCRIZIONE TERRENO

Terrano sup. nerastro limoso -

Ghioloso

Ghiata con Sabbia ciottoli e  
 blocchi ( umida )

L.S.

2

1



TREVISO, tel. 0422/555520



A.5

ntt.

contr.

operat.

ggio n. 12

iniziato

compl.

inate

liv. acqua

prof. max 2 mt.

zione

metodo di perf.

a slm 37

note

zione

SS.E dall' abita

di BAUER

OTE

P<sub>of</sub>

%  
recup. perf.

θ

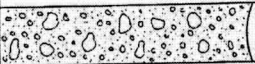
LOG DESCRIZIONE TERRENO

Terreno sup. limoso bruno scuro

L.S.

1

2



Ghiala con sabbia ciottoli e blocchi

TREVISO, tel.0422/55520



mitt. \_\_\_\_\_ contr. \_\_\_\_\_ operat. \_\_\_\_\_

daggio n. 13

iniziato

compl.

rdinate

liv. acqua

prof. max 2.5 mt.

metodo di perf. \_\_\_\_\_

ta slm 36.30

note \_\_\_\_\_

zione

0 mt. Nw da

sa MARCHESTIN

NOTE

P<sub>o</sub> %  
recup. perf.

Ø

LOG DESCRIZIONE TERRENO

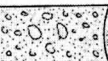
< 1 Kg/cm<sup>2</sup> →

1



Sabbia media grigia sciolta,  
localmente limosa con livelli  
Argillosi grigi decimetrici con  
resti vegetali

2



Ghiata con Sabbia sciolta  
e ciottoli

3

LS

TREVISO, tel.0422/55520



contr.

operat.

Int. maggio n. 14  
 annate

iniziato  
 liv. acqua

compl.

prof. max 2 mt.

metodo di perf.

12a slm 33.90 mt.

note

zione

50 mt. EST da

uso MARCHESIN

**DESCRIZIONE TERRENO**

NOTE

P<sub>10</sub> f. %  
 recup. perf. θ

LOG

Terreno sup. Limoso nerastro

Sabbia media localmente limosa  
 con livelli argillosi grigi

Ghiale con sabbia e ciottoli  
 satura

0.5 Kg/cm<sup>2</sup>



1

L.S.

2

1,5

TREVISO, tel. 0422/55520





mitt. contr. operat.

idaggio n. 15

iniziato

compl.

rdinate

liv. acqua

prof. max 2,5 mt.

metodo di perf.

ota slm 25,8

note

ezioni

00 mt. a NORD di

asa BAZET

NOTE

P<sub>10</sub>, %  
recup. perf.  $\theta$

LOG

DESCRIZIONE TERRENO

1  
Terreno sup. bruno scuro  
limoso-Sabbioso fine

2  
Sabbia limosa fine (0,1 - 0,2 mm.)  
grigia, sciolta, asciutta

3  
Argilla grigia debolmente Sabbiosa  
asciutta

1-1,5Kg/cm<sup>2</sup>

→ 2

3



mitt.

contr.

operat.

indagine n. 76

iniziato

compl.

ordinate

liv. acqua

prof. max 2,70

metodo di perf.

nota sim 49,90

note

posizione

BORGO MOBILI

NOTE

Prof. recup. perf. 0

LOG DESCRIZIONE TERRENO

Terreno sup. Agrario Limoso  
Sabbioso Bruno

Ghiata e Ciottoli con Sabbia

L.S.

3

2

1

TREVISO, tel. 0422/55520



1,8

committ.

contr.

operat.

sondaggio n. 17

iniziato

compl.

coordinate

liv. acqua

prof. max

4,20 mt.

metodo di perf.

quota slm 47,40

note

posizione

PIANZANO area ex

Cava

NOTE

P <sup>o</sup>	%	g
col.	recup.	perl.
1		
2		
3		
4		

LOG

DESCRIZIONE TERRENO

Ghiaie con Sabbie e ciottoli

Sabbie grige miste a Ghiaie

Sabbie limose gialle a vario  
grado di compattazione

LS

3,1

Argille cineree consolidate con

residui Torbosi

TREVISO, tel.0422/55520


 TREVISO

immitt.

contr.

operat.

indaggio n. 10

iniziato

compl.

ordinate

liv. acqua

prof. max 14m

metodo di perf. a rotazione e carotaggio continuo

nota sim

note

osizione

piazzola detta

EMMERI

NOTE

Pr. %  
o. l. recup. perf.

Ø

LOG DESCRIZIONE TERRENO

1				
2				
3				
4				
5				ghiaia grossa in matrice sabbiosa debolmente limosa
6				sabbia media e ghiaia
7				ghiaia media
8				ghiaia media con sabbia e rari biacchi
9				
10				
11				
12				
13				ghiaia media pulita
14				

comitt.

contr.

operat.

sondaggio n. 19

iniziato

compl.

coordinate

liv. acqua

prof. max 13m

metodo di perf. a rotazione, carotaggio continuo

quota slm

note

posizione

350 m E-SE

piazzale EMEB1

NOTE

P<sub>log</sub> % θ

LOG

DESCRIZIONE TERRENO

1

Terreno vegetale con ghiaia

ghiaia in matrice sabbiosa deb.  
limosa con ciottoli

13

TREVISO, tel. 0422/55520



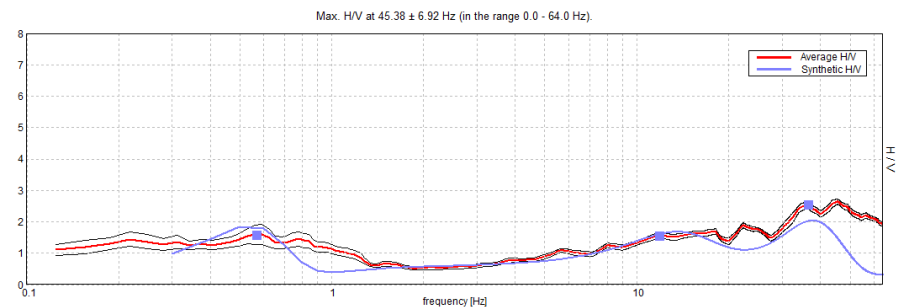
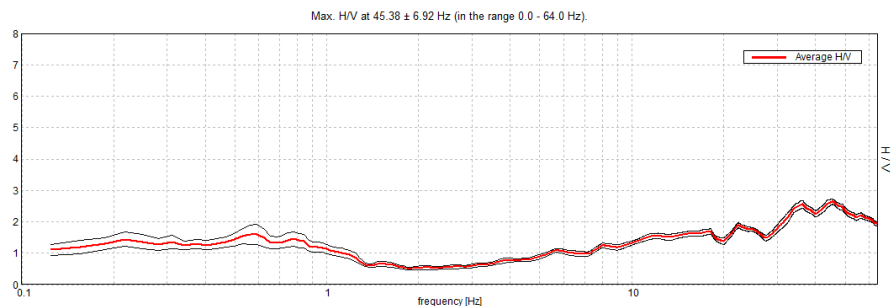
**GODEGA SANT'URBANO, GSU01**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 27/10/15 15:13:50 End recording: 27/10/15 15:25:50  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H01**

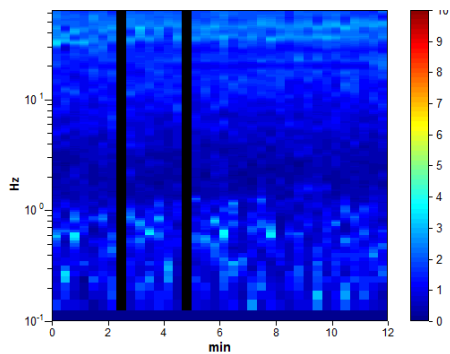
**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

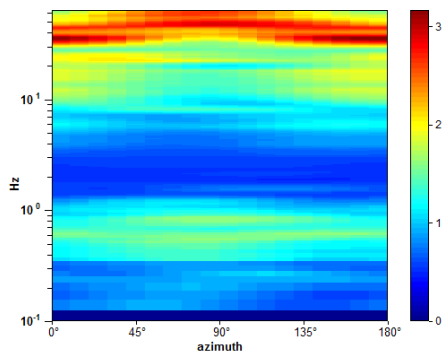


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.10	1.10	160	0.42
5.90	4.80	317	0.42
195.90	190.00	467	0.42
inf.	inf.	796	0.42

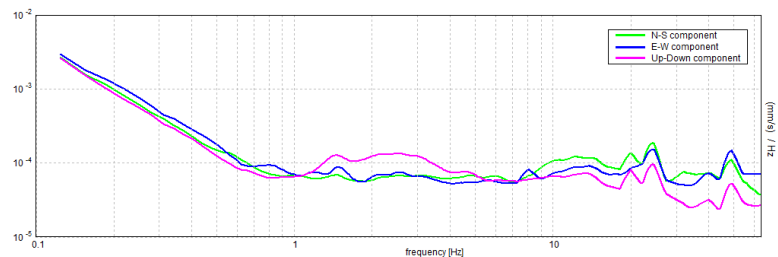
H/V TIME HISTORY



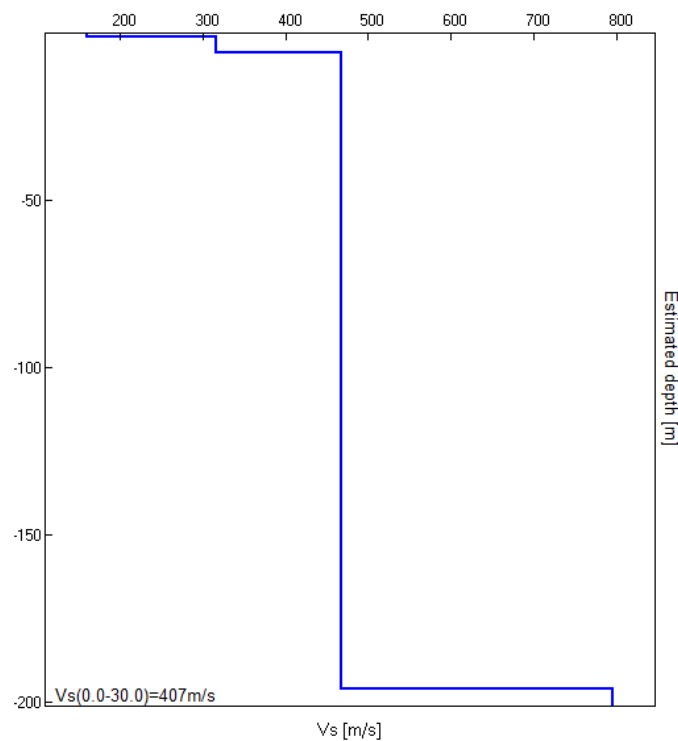
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



Vs(0.0-30.0)=407m/s

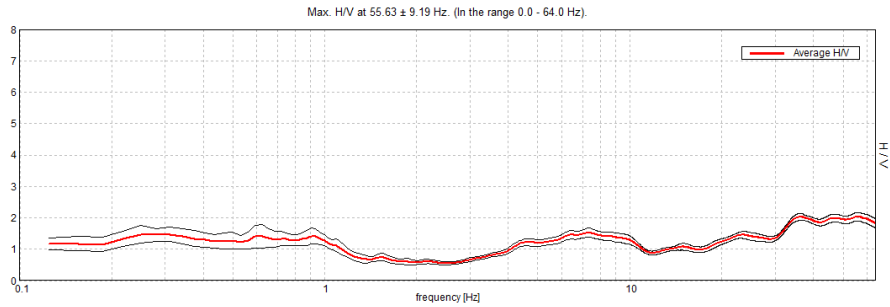


**GODEGA SANT'URBANO, GSU02**

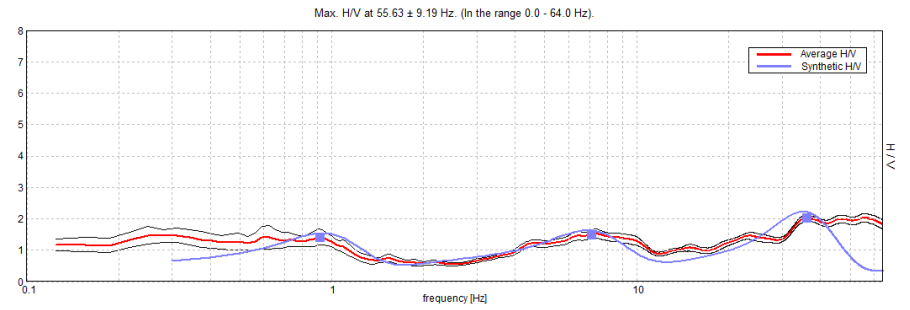
Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 27/10/15 15:51:19 End recording: 27/10/15 16:03:19  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 81% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H02**

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

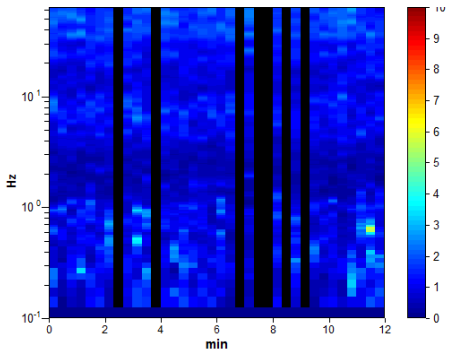


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

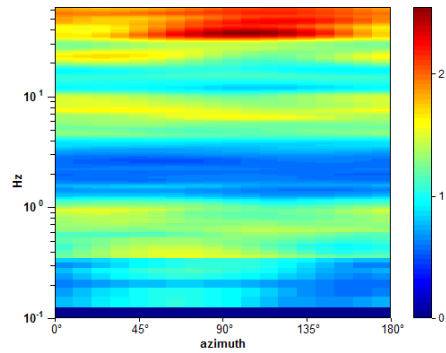


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	144	0.40
10.00	9.00	290	0.40
120.00	110.00	476	0.40
inf.	inf.	799	0.40

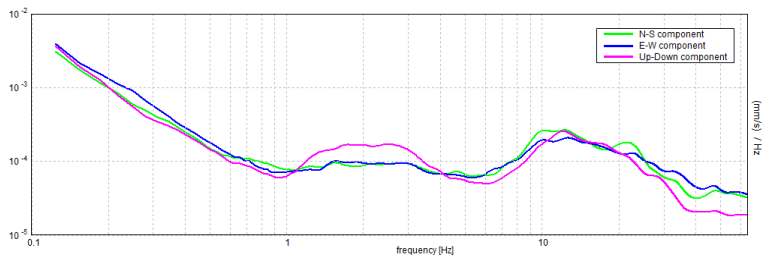
H/V TIME HISTORY



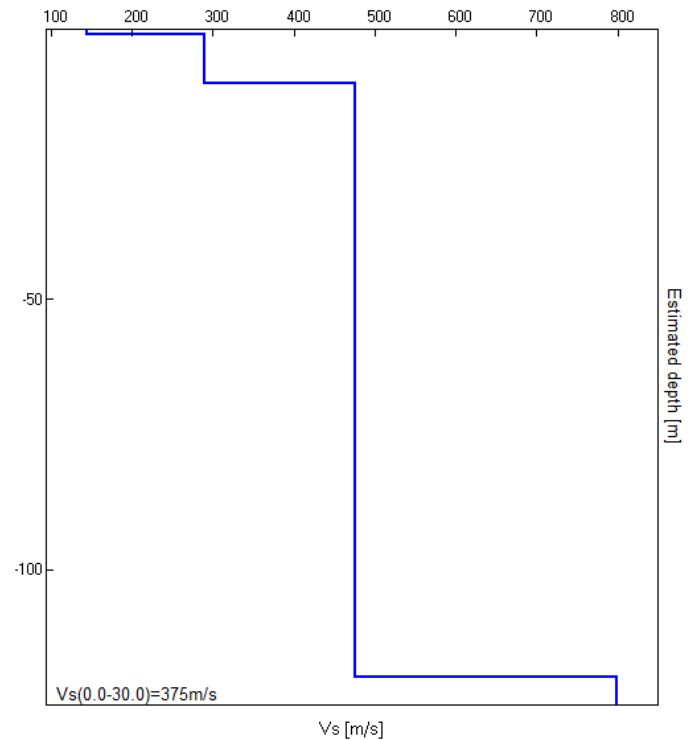
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



Vs(0.0-30.0)=375m/s



### GODEGA SANT'URBANO, GSU03

Instrument: TRZ-0104/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 27/10/15 16:21:59 End recording: 27/10/15 16:33:59

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

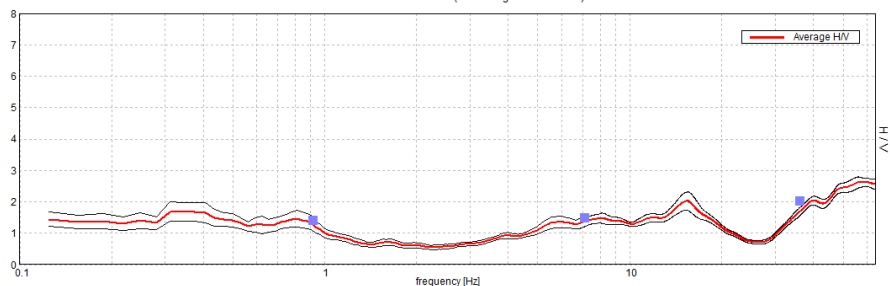
Smoothing: 10%

### Allegato H03

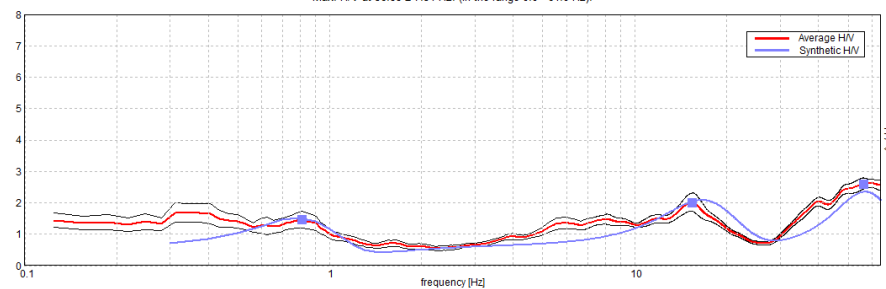
### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 56.88 ± 7.54 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



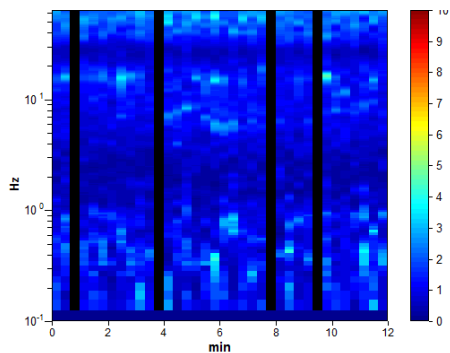
Max. H/V at 56.88 ± 7.54 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



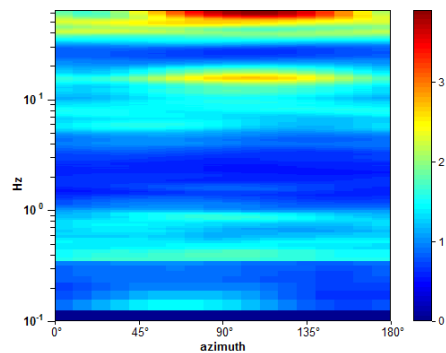
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	112	0.40
3.50	3.00	234	0.40
113.50	110.00	392	0.40
inf.	inf.	706	0.40

Vs(0.0-30.0)=353m/s

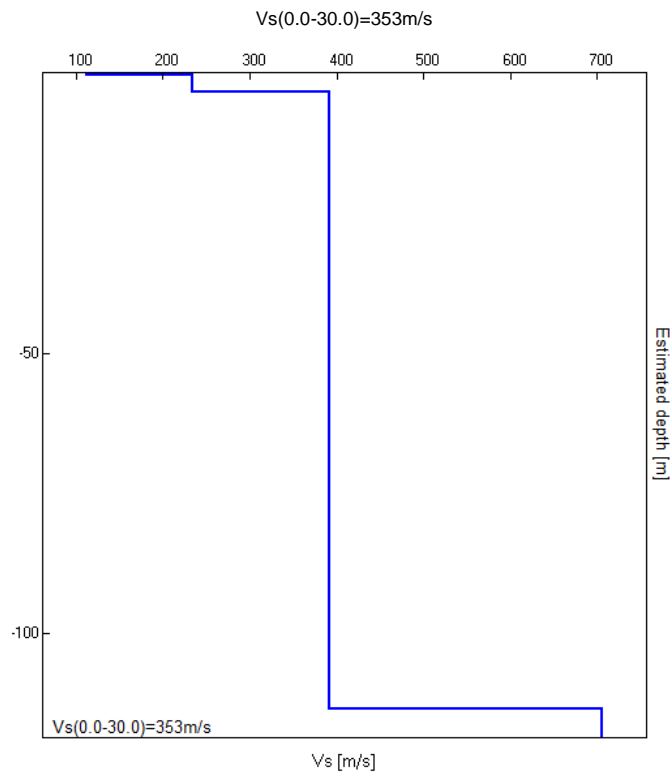
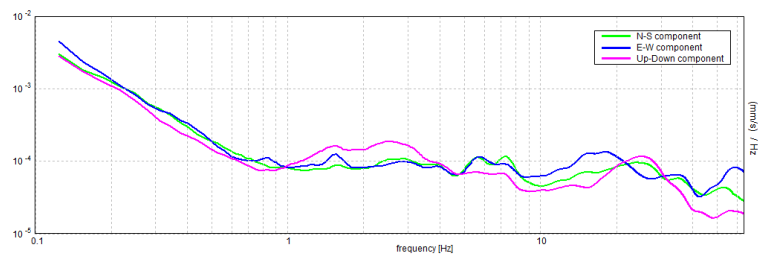
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA





**GODEGA SANT'URBANO, GSU04**

Instrument: TRZ-0104/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 27/10/15 16:46:14 End recording: 27/10/15 16:58:14

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

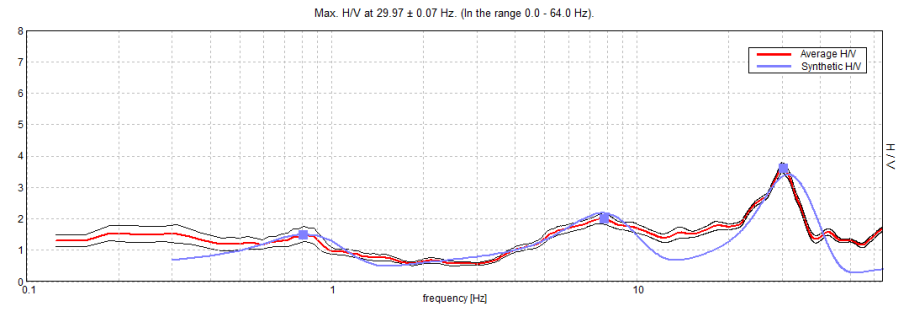
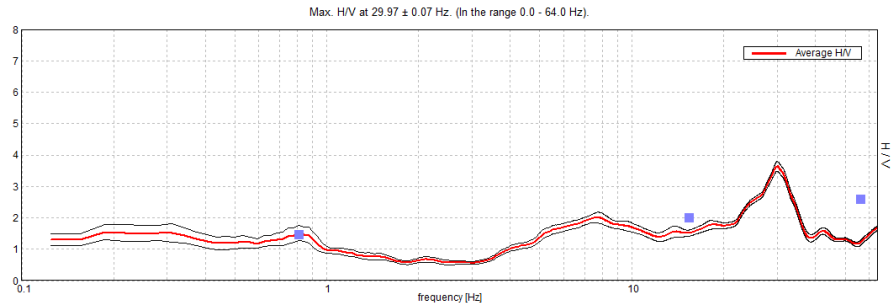
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

**Allegato H04**

**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

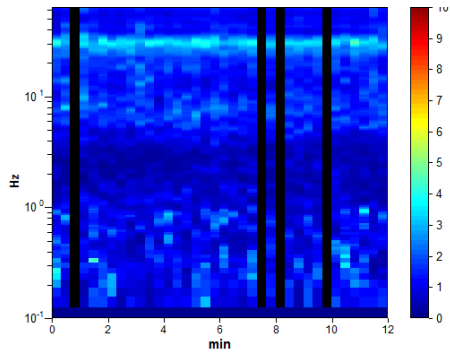
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



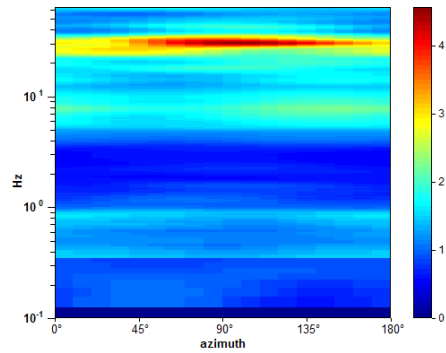
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	181	0.40
12.50	11.00	392	0.40
202.50	190.00	718	0.40
inf.	inf.	1208	0.40

Vs(0.0-30.0)=494m/s

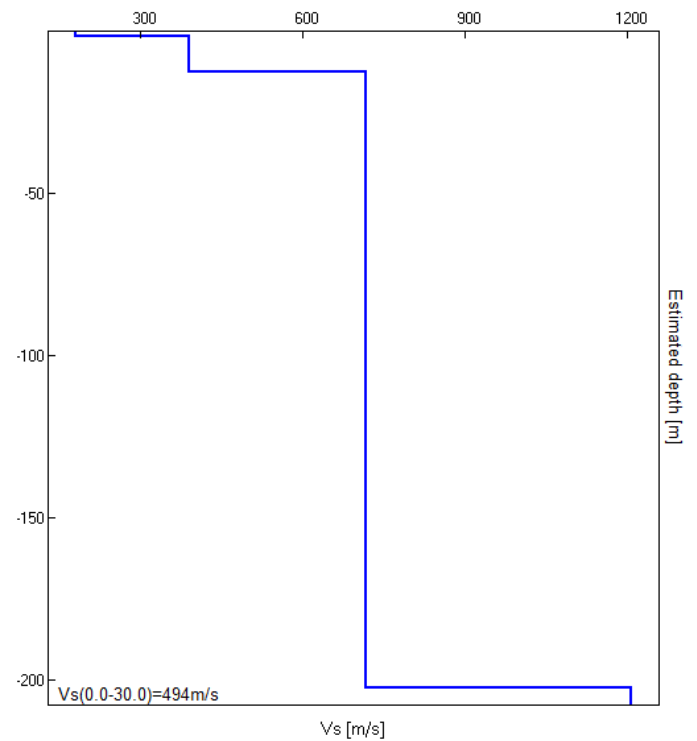
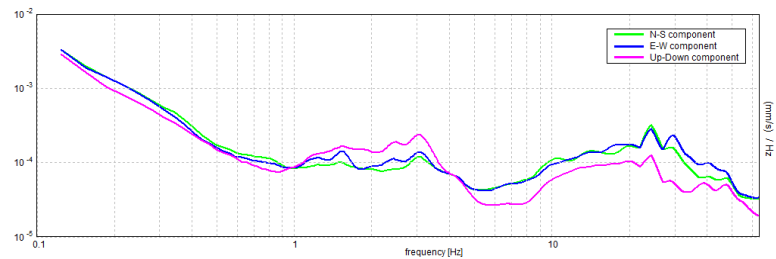
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



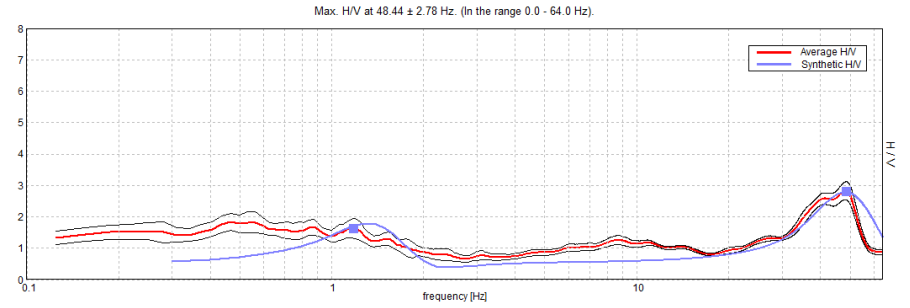
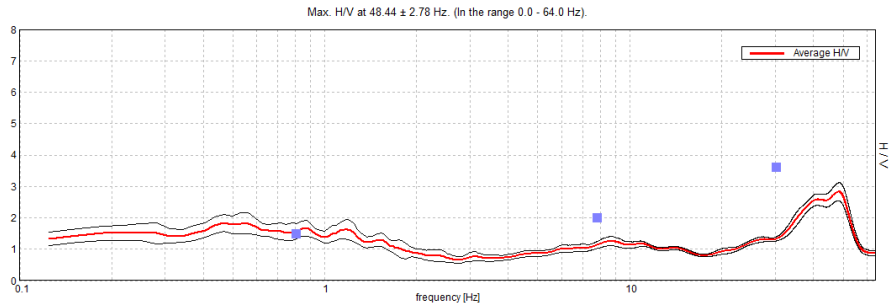
**GODEGA SANT'URBANO, GSU05**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 27/10/15 17:15:55 End recording: 27/10/15 17:27:55  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H05**

**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

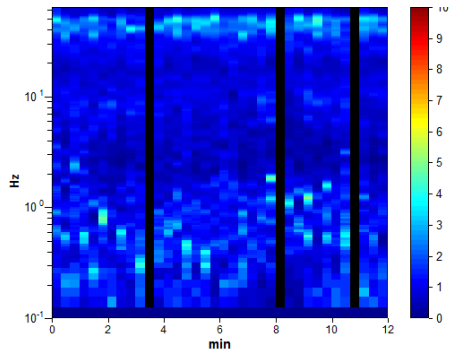
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



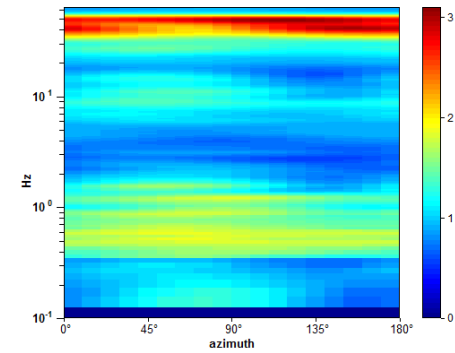
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.70	0.70	136	0.40
60.70	60.00	283	0.40
inf.	inf.	519	0.40

Vs(0.0-30.0)=276m/s

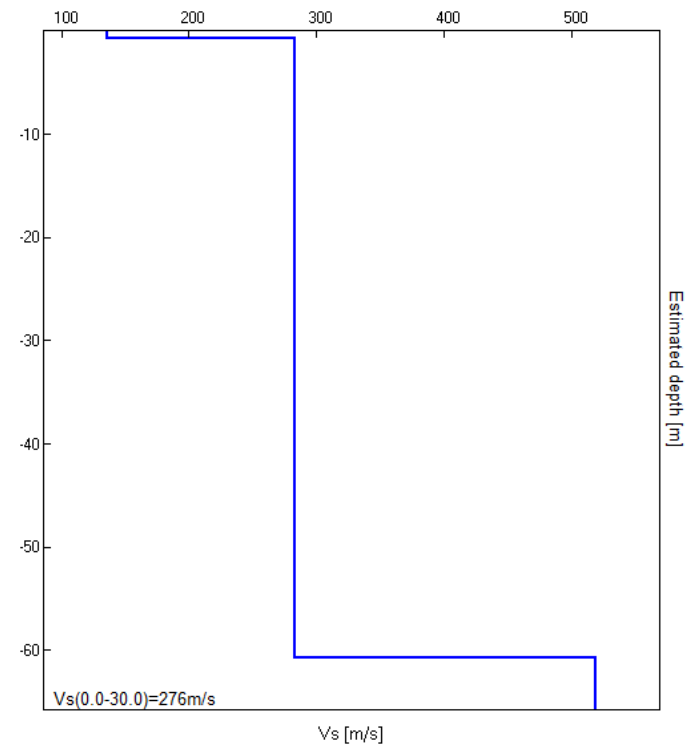
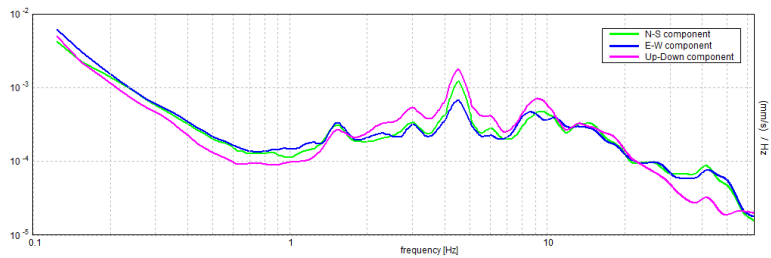
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



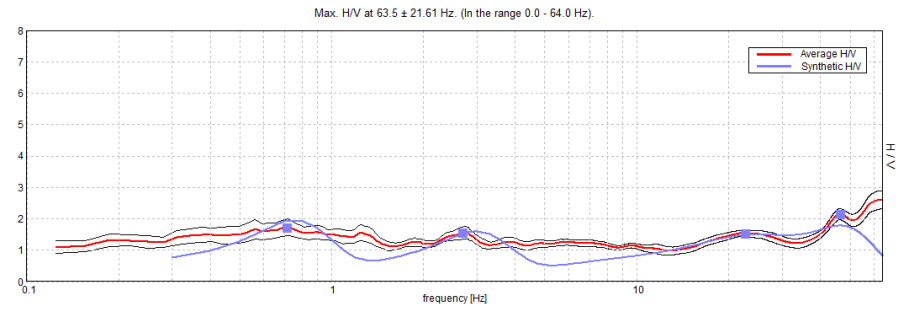
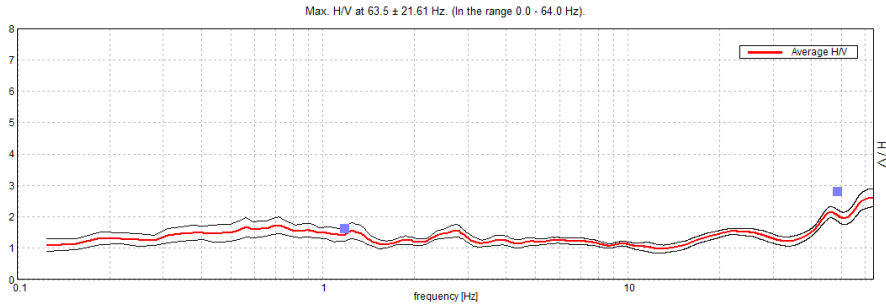
**GODEGA SANT'URBANO, GSU06**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 27/10/15 17:41:55 End recording: 27/10/15 17:53:55  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H06**

**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

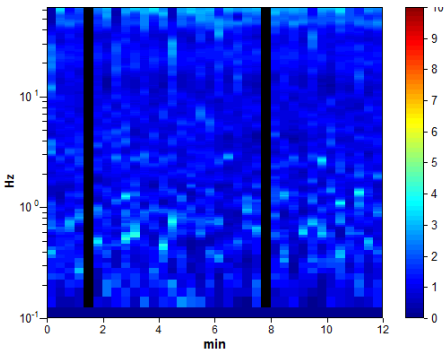
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



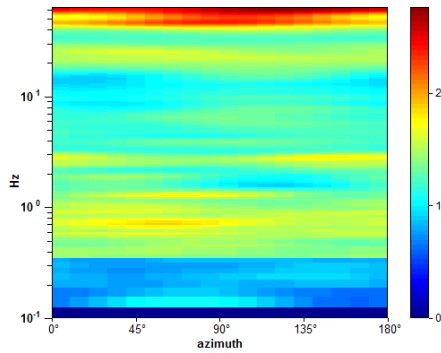
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.80	0.80	148	0.40
3.50	2.70	294	0.40
31.50	28.00	389	0.40
221.50	190.00	695	0.40
inf.	inf.	1178	0.40

Vs(0.0-30.0)=363m/s

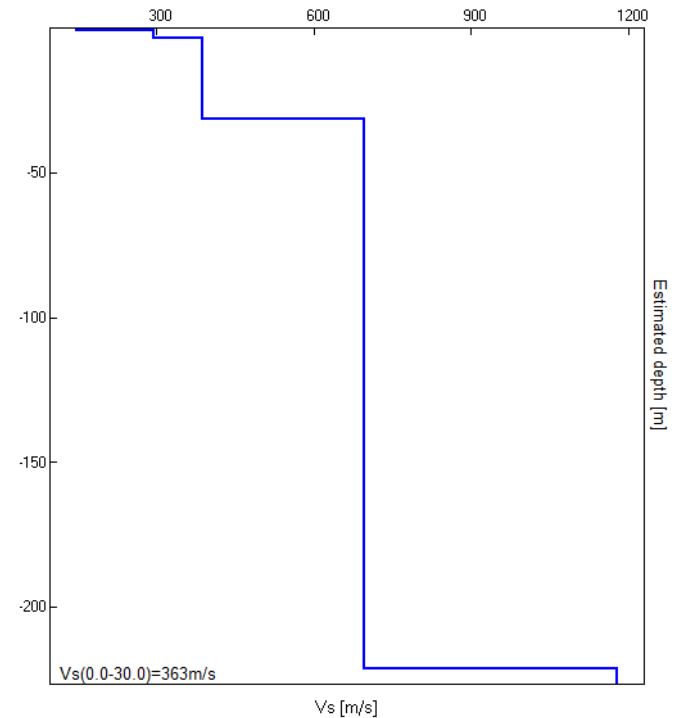
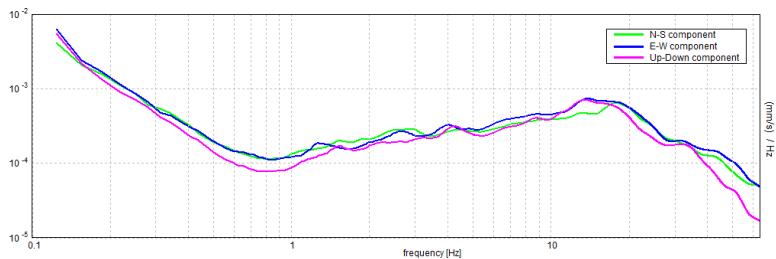
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



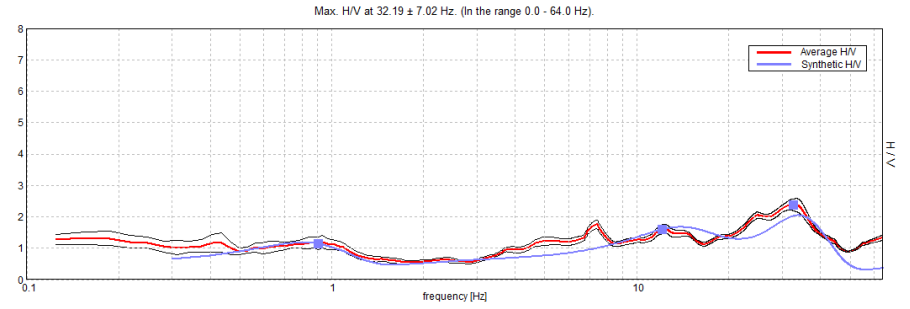
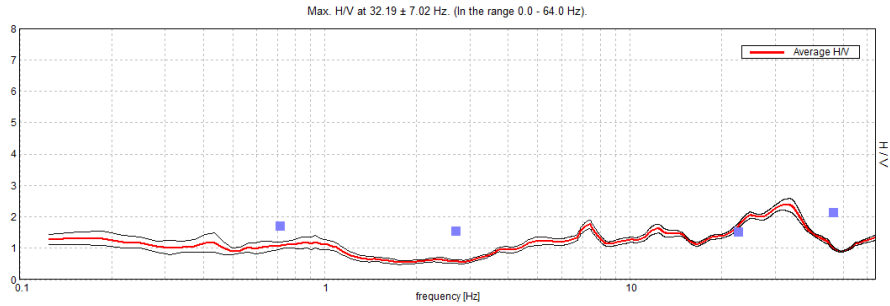
**GODEGA SANT'URBANO, GSU07**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 28/10/15 08:27:50 End recording: 28/10/15 08:39:50  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H07**

**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

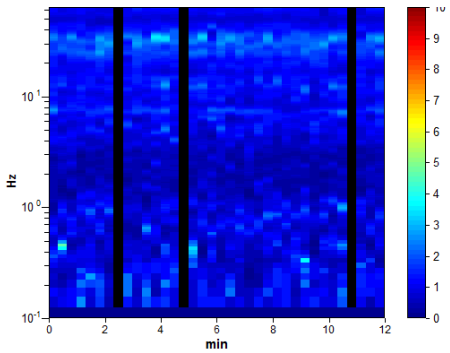
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



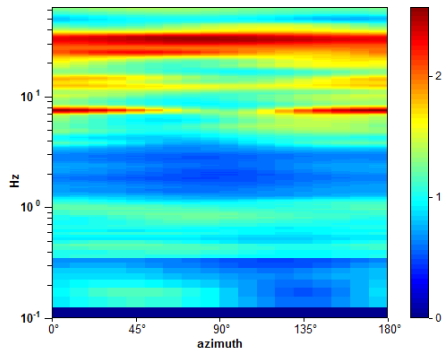
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.20	1.20	156	0.40
6.00	4.80	321	0.40
126.00	120.00	466	0.40
inf.	inf.	768	0.40

Vs(0.0-30.0)=405m/s

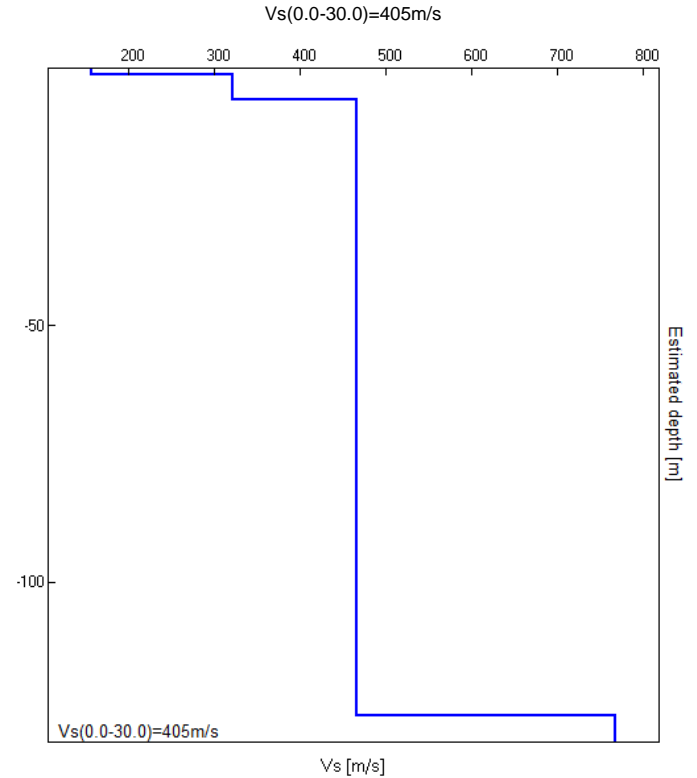
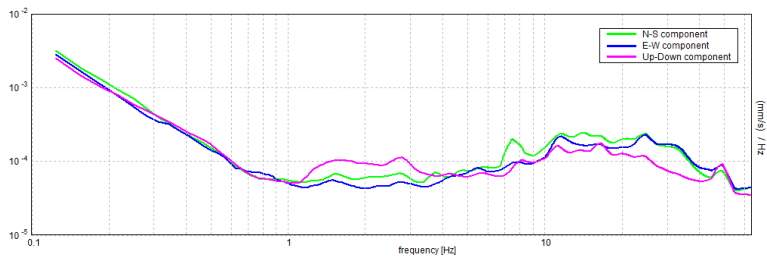
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



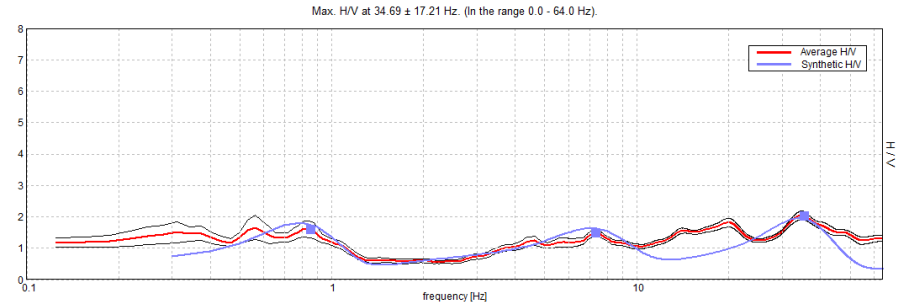
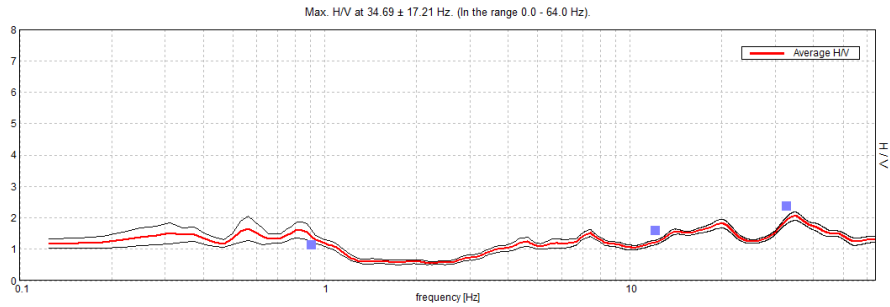
**GODEGA SANT'URBANO, GSU08**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 28/10/15 08:55:14 End recording: 28/10/15 09:07:14  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H08**

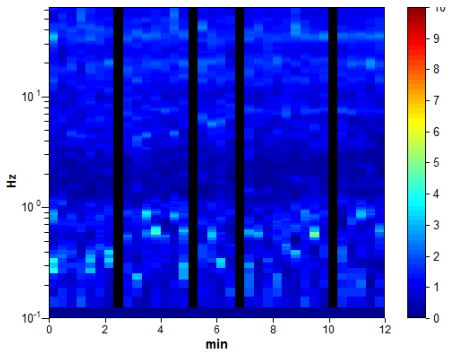
**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

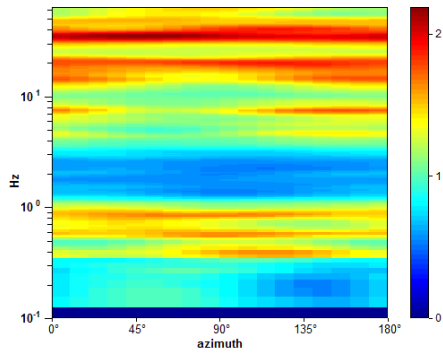


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	141	0.42
9.00	8.00	267	0.40
119.00	110.00	435	0.42
inf.	inf.	778	0.42

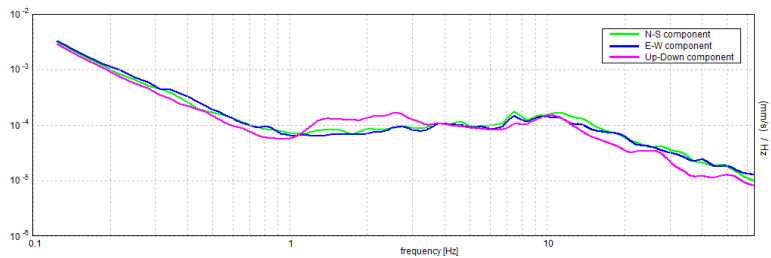
**H/V TIME HISTORY**



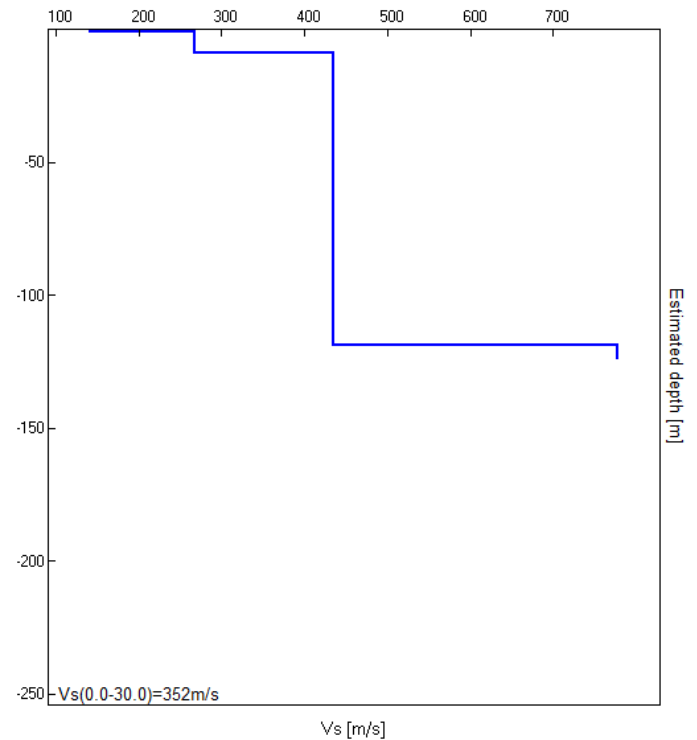
**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



Vs(0.0-30.0)=352m/s



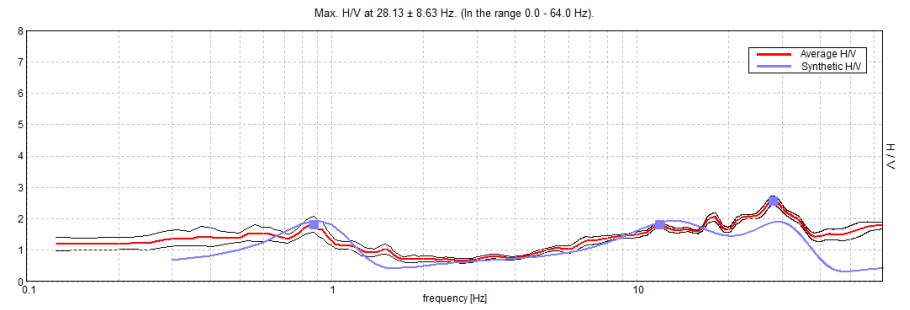
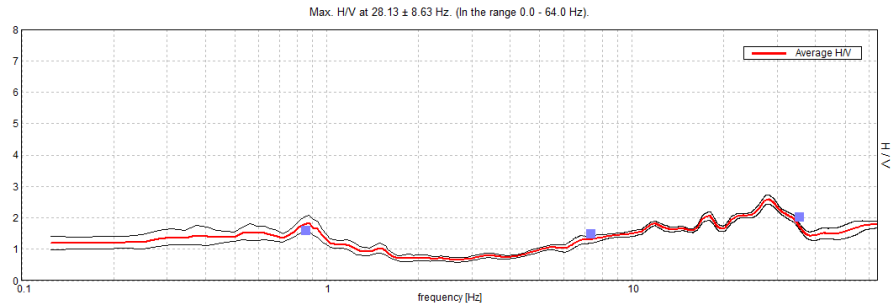
**GODEGA SANT'URBANO, GSU09**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 28/10/15 09:23:49 End recording: 28/10/15 09:35:49  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H09**

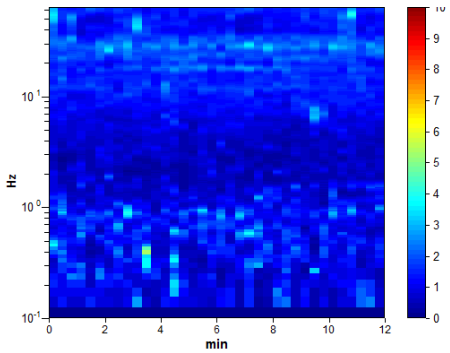
**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

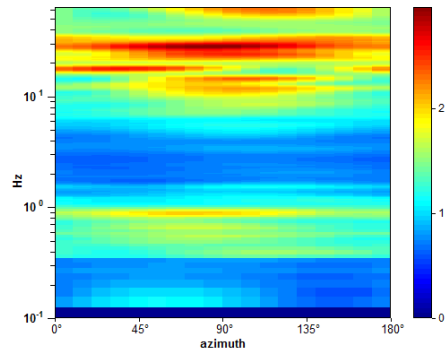


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	167	0.40
6.90	5.40	343	0.40
136.90	130.00	507	0.40
inf.	inf.	938	0.40

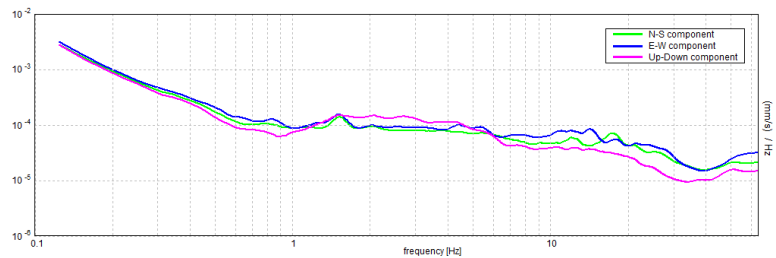
**H/V TIME HISTORY**



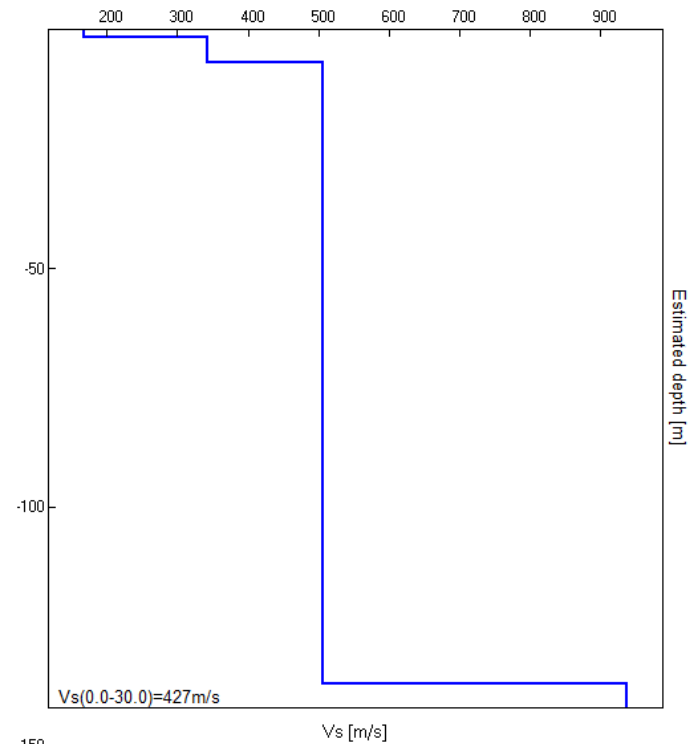
**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



Vs(0.0-30.0)=427m/s



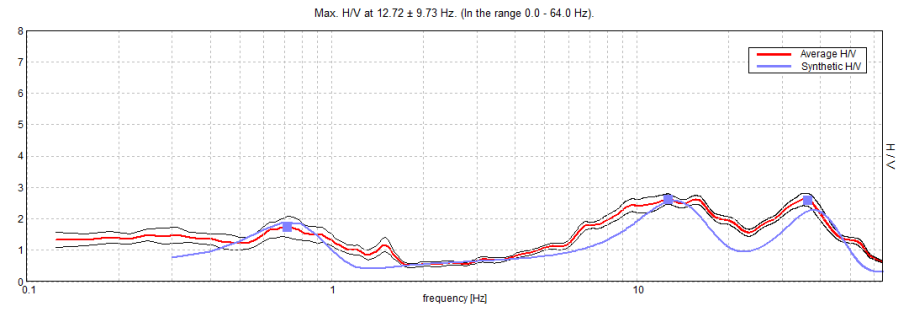
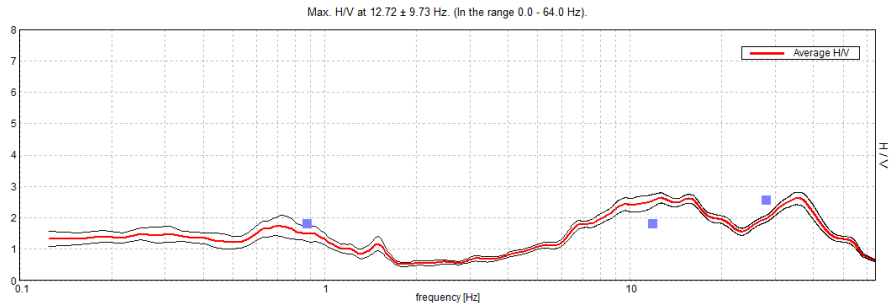
**GODEGA SANT'URBANO, GSU10**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 28/10/15 10:05:02 End recording: 28/10/15 10:17:02  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H10**

**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

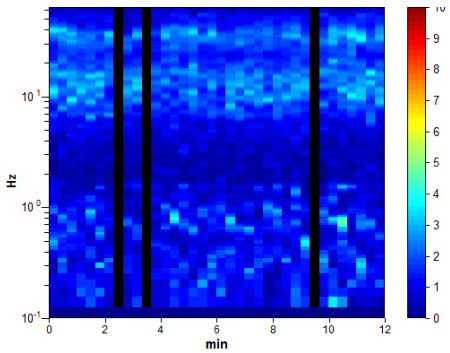
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



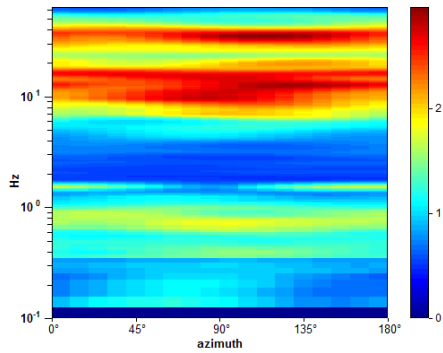
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	217	0.40
8.70	7.20	453	0.40
258.70	250.00	789	0.40
inf.	inf.	1462	0.40

Vs(0.0-30.0)=602m/s

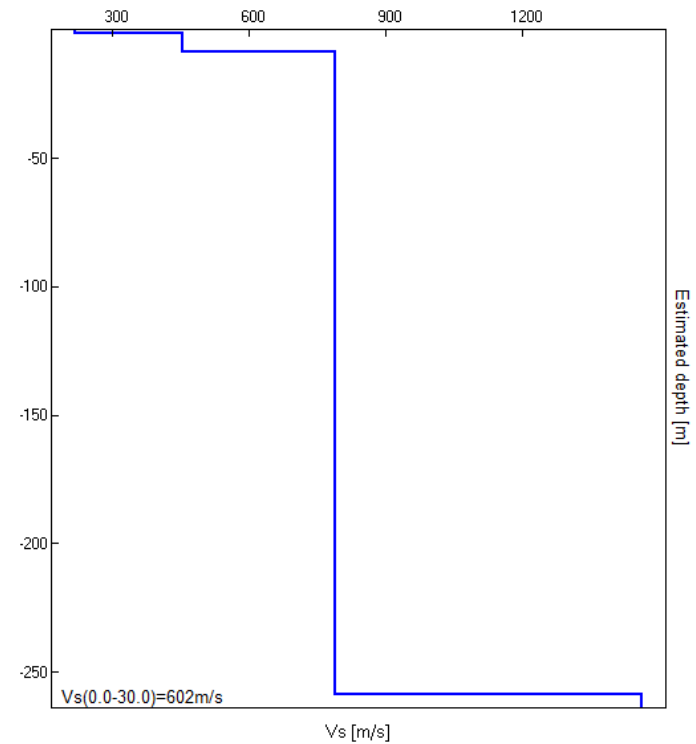
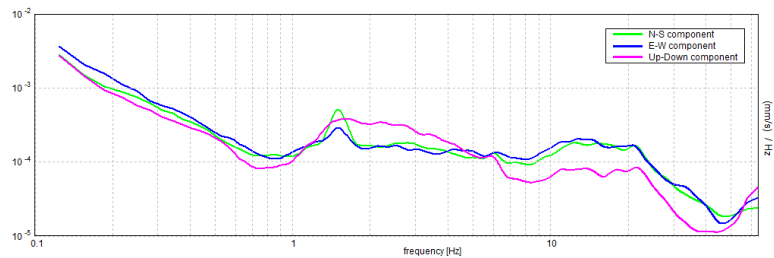
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



**GODEGA SANT'URBANO, GSU11**

Instrument: TRZ-0104/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 28/10/15 10:37:24 End recording: 28/10/15 10:49:24

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

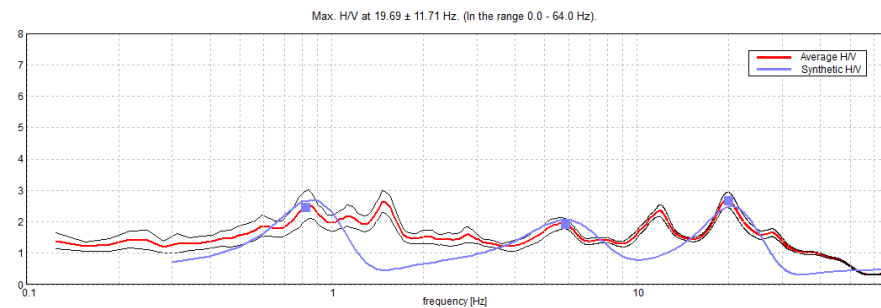
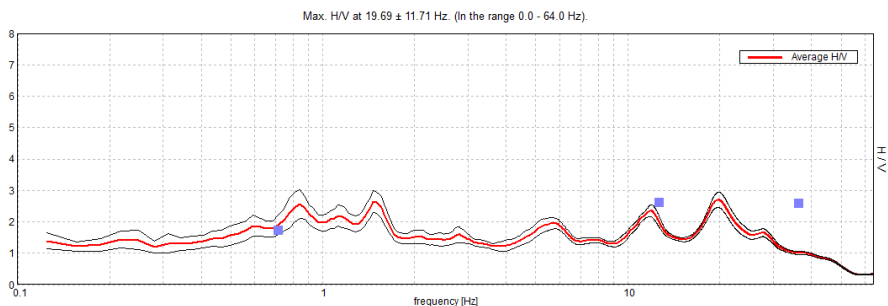
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

**Allegato H11**

**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

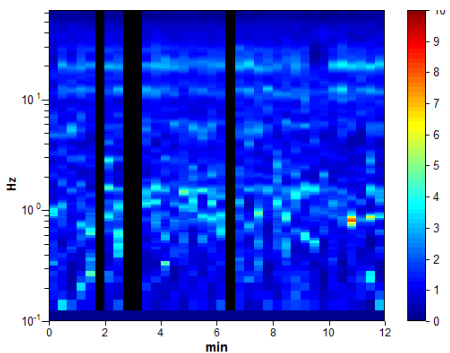
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



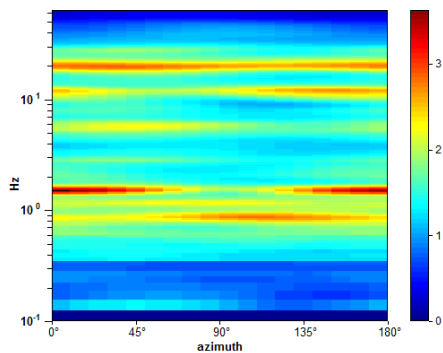
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	159	0.40
14.00	12.00	331	0.40
164.00	150.00	567	0.40
inf.	inf.	1115	0.40

Vs(0.0-30.0)=389m/s

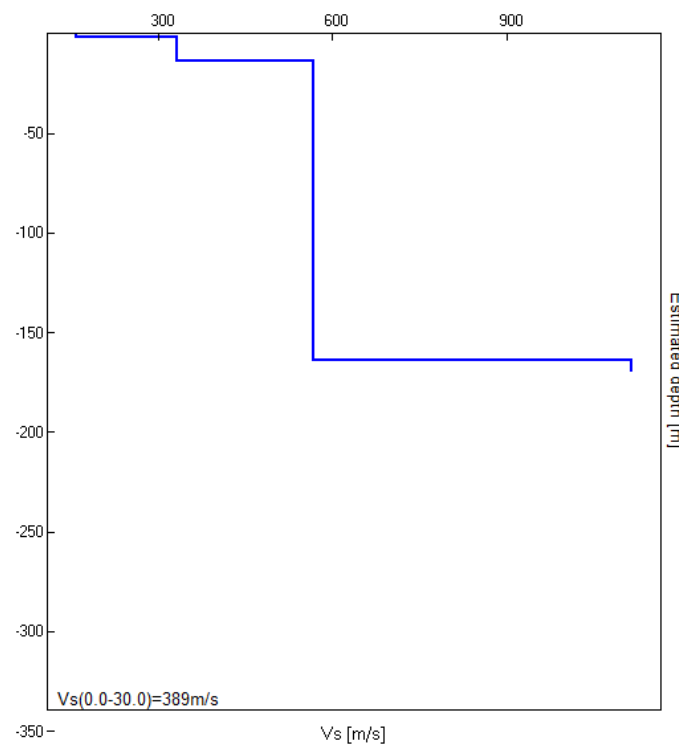
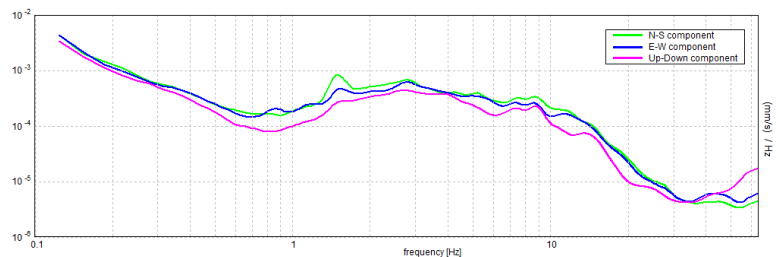
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**





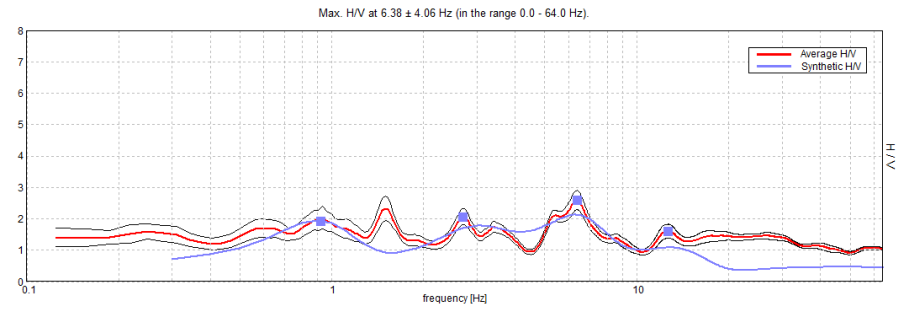
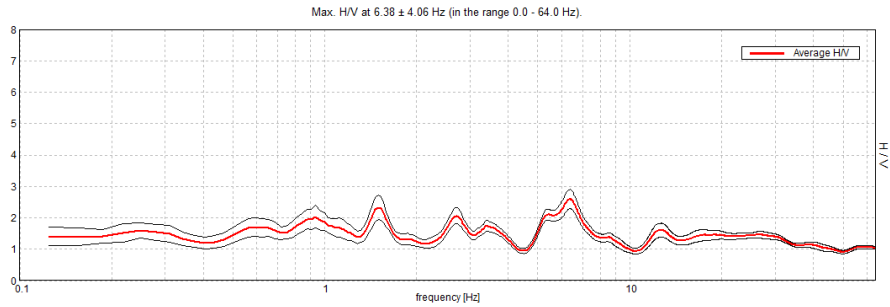
**GODEGA SANT'URBANO, GSU12**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 28/10/15 11:05:23 End recording: 28/10/15 11:17:23  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H12**

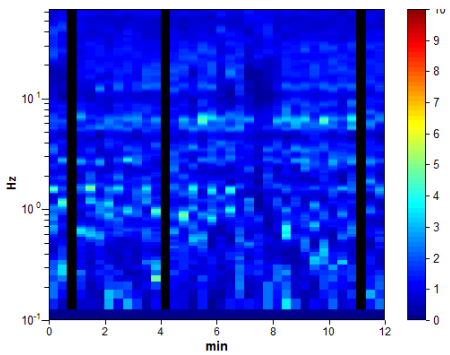
**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

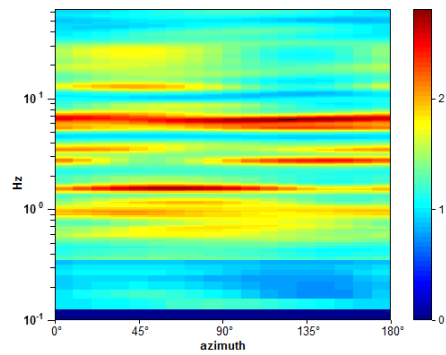


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	202	0.42
16.00	12.00	366	0.40
59.00	43.00	616	0.42
239.00	180.00	865	0.42
inf.	inf.	1324	0.42

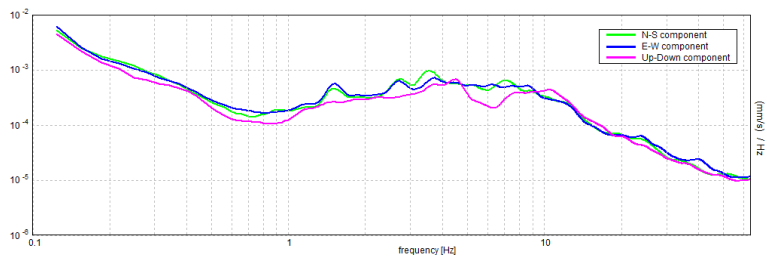
**H/V TIME HISTORY**



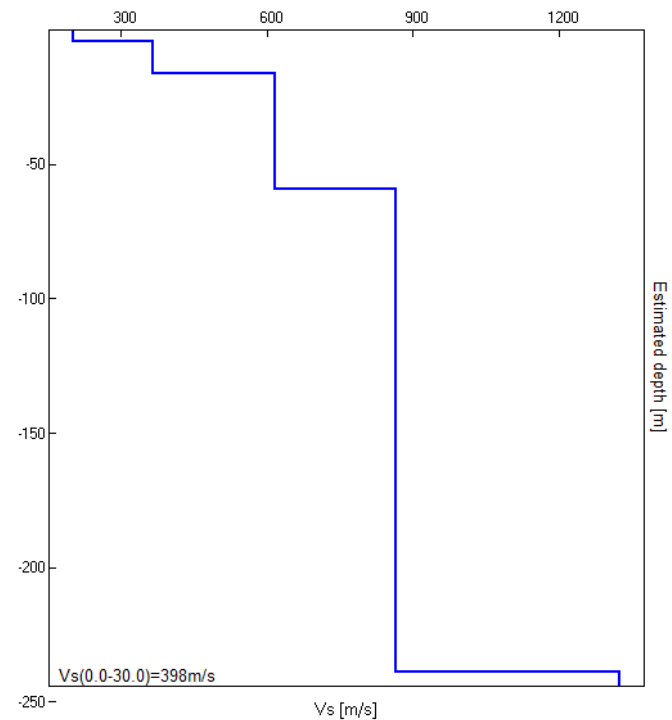
**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



Vs(0.0-30.0)=398m/s



### GODEGA SANT'URBANO, GSU13

Instrument: TRZ-0104/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 28/10/15 11:32:14 End recording: 28/10/15 11:44:14

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

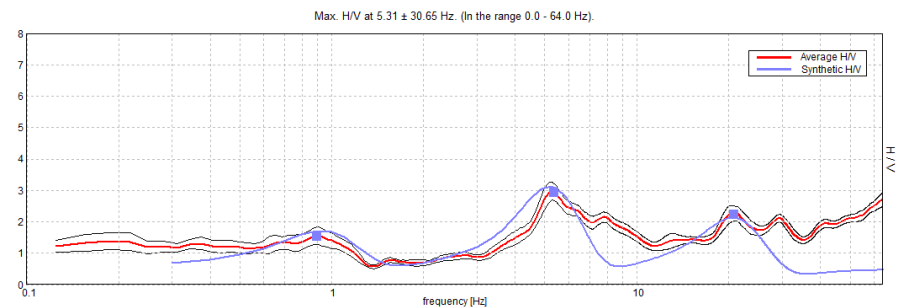
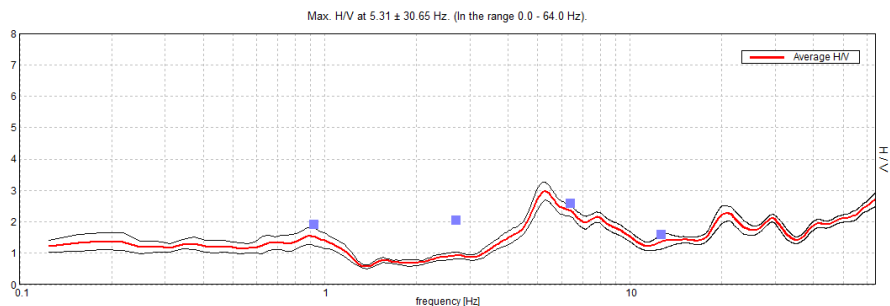
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

### Allegato H13

### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

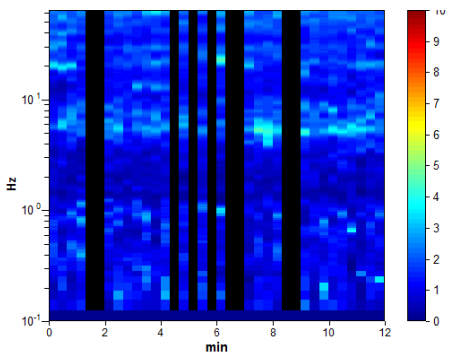
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



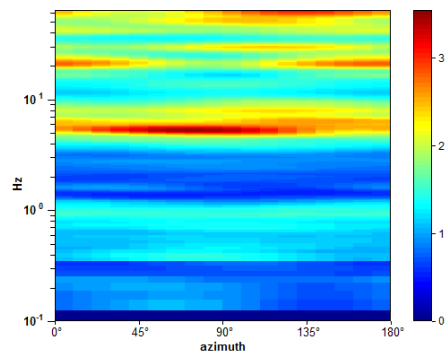
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	166	0.40
16.00	14.00	325	0.40
166.00	150.00	645	0.40
inf.	inf.	1087	0.40

Vs(0.0-30.0)=390m/s

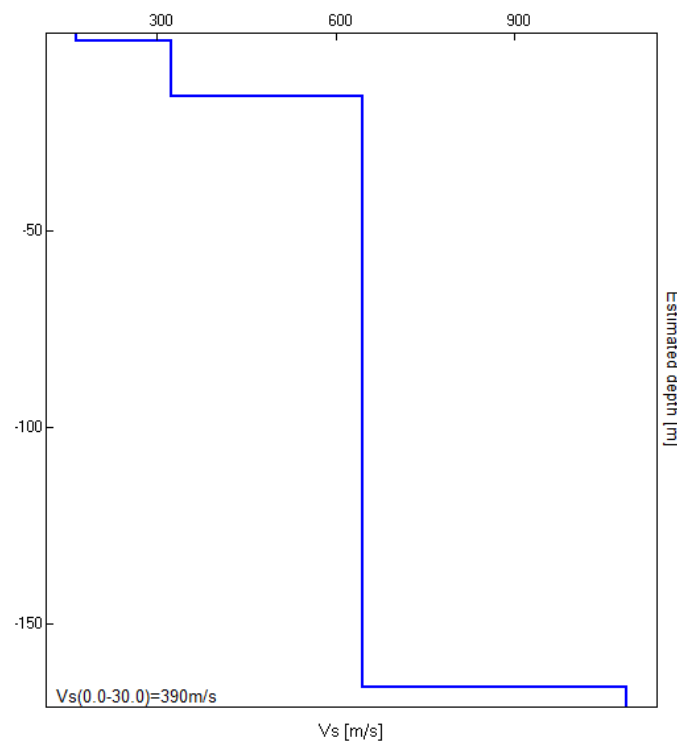
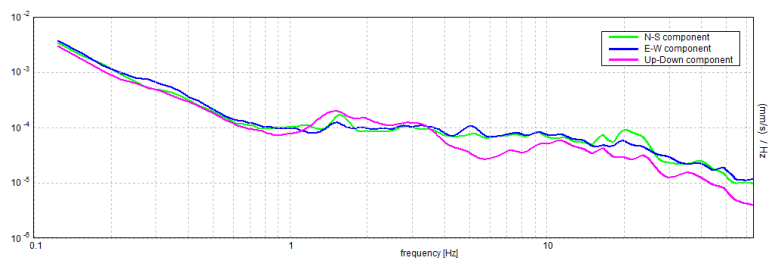
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



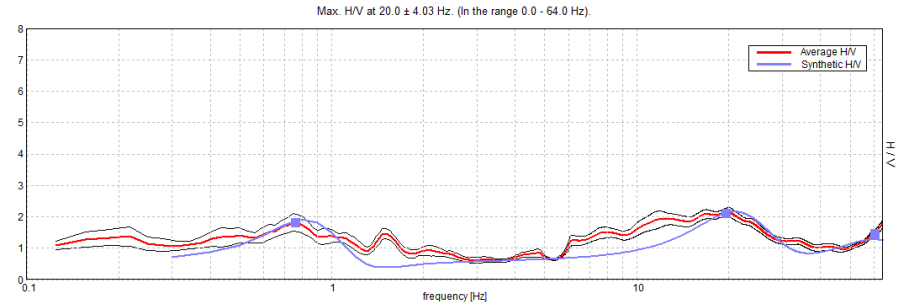
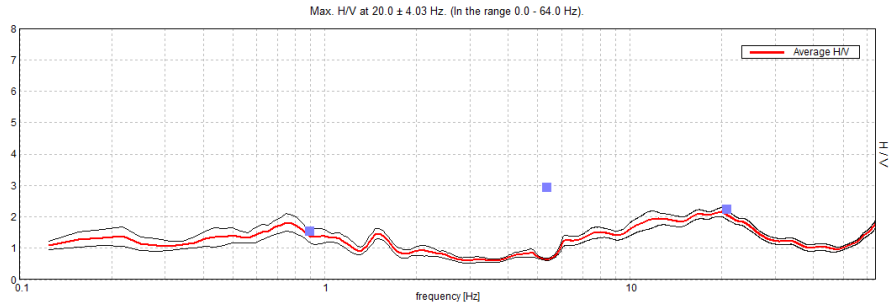
**GODEGA SANT'URBANO, GSU14**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 28/10/15 11:58:35 End recording: 28/10/15 12:10:35  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 72% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H14**

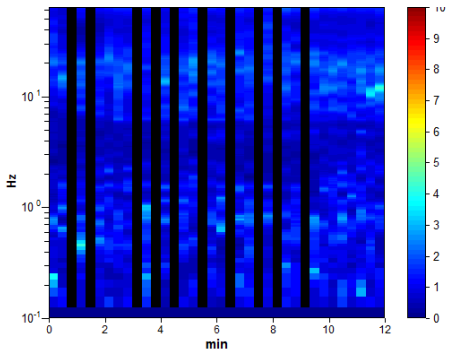
**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

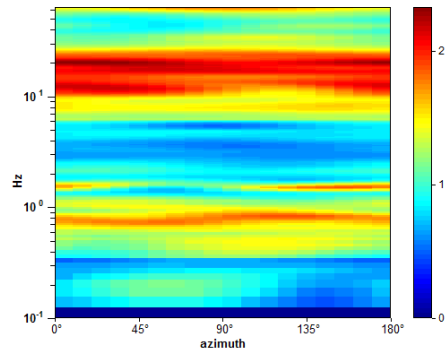


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	120	0.40
2.60	2.10	217	0.40
112.60	110.00	355	0.40
inf.	inf.	691	0.40

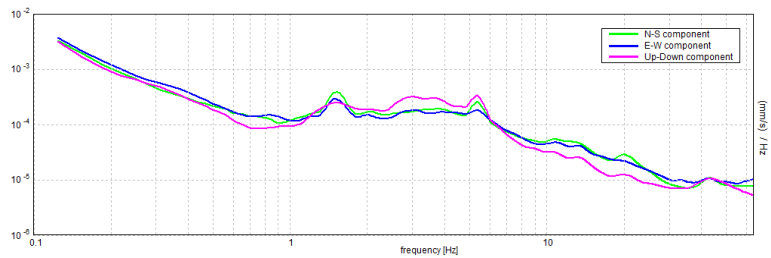
H/V TIME HISTORY



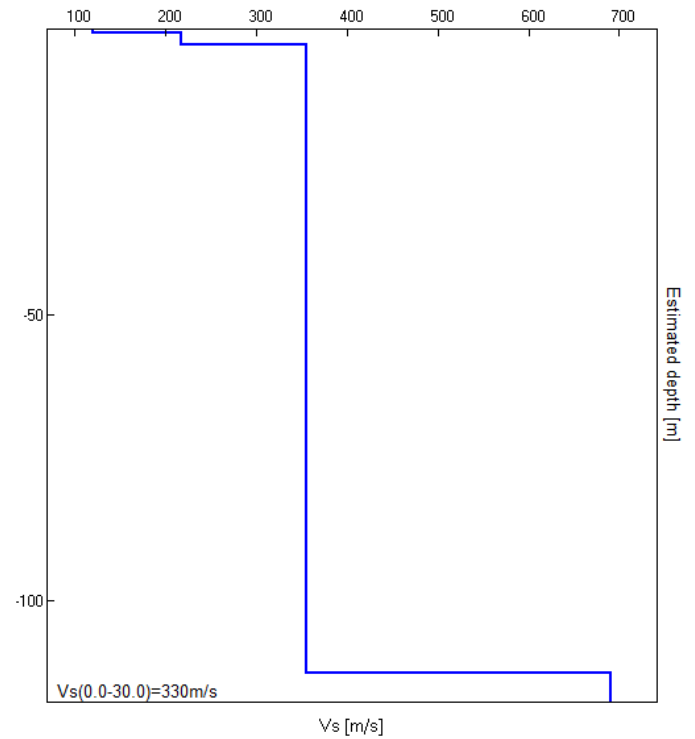
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



Vs(0.0-30.0)=330m/s



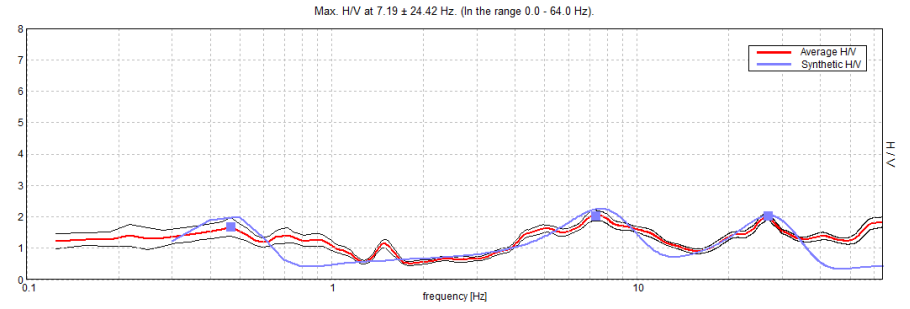
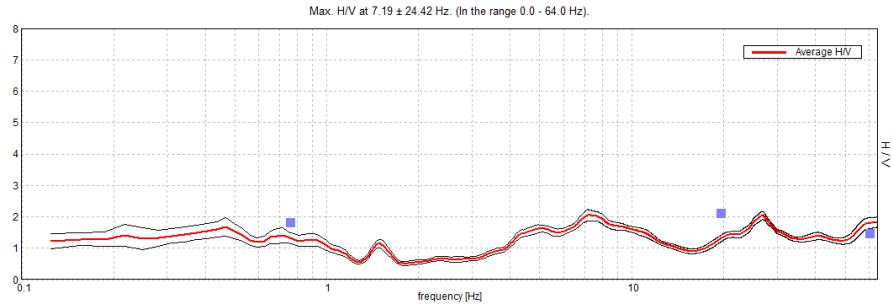
**GODEGA SANT'URBANO, GSU15**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 28/10/15 12:26:29 End recording: 28/10/15 12:38:29  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H15**

**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

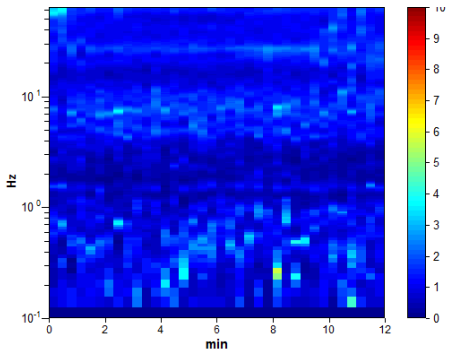
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



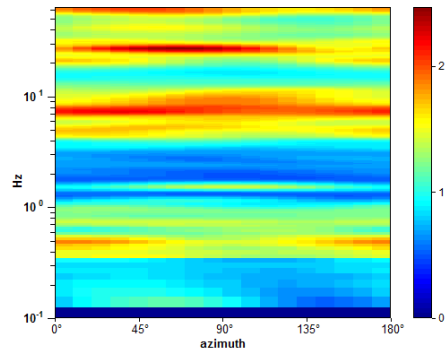
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.70	1.70	183	0.40
11.70	10.00	359	0.40
341.70	330.00	635	0.40
inf.	inf.	1153	0.40

Vs(0.0-30.0)=455m/s

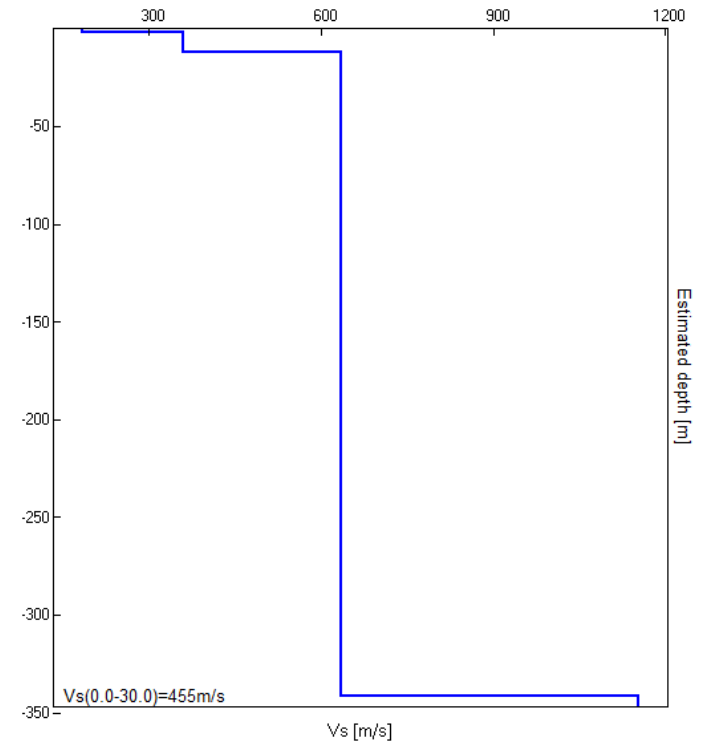
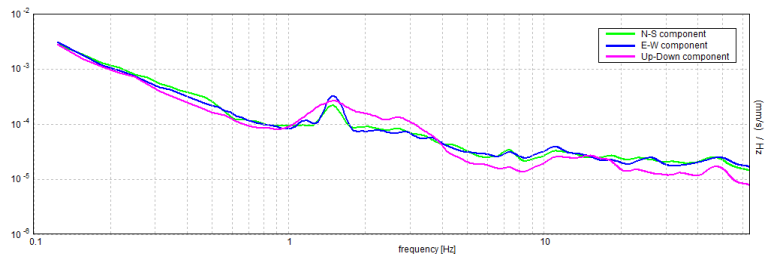
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



**GODEGA SANT'URBANO, GSU16**

Instrument: TRZ-0104/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 28/10/15 12:57:02 End recording: 28/10/15 13:09:02

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

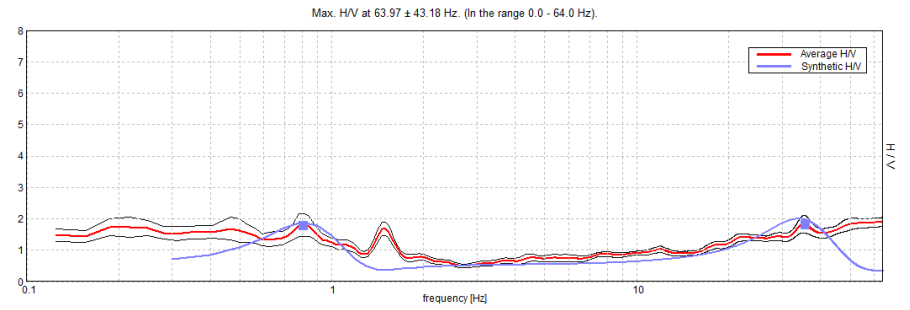
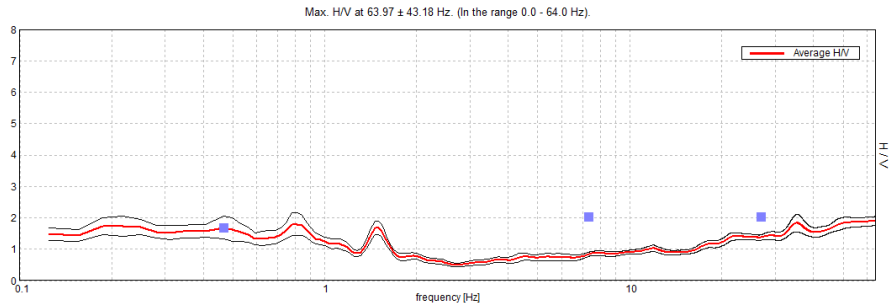
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

**Allegato H16**

**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

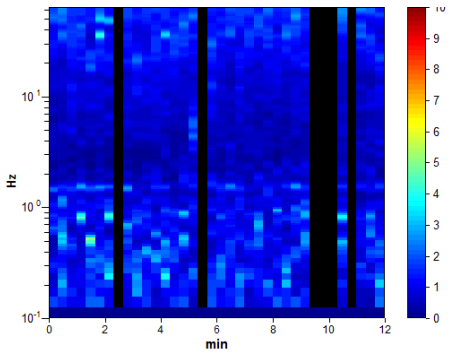
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



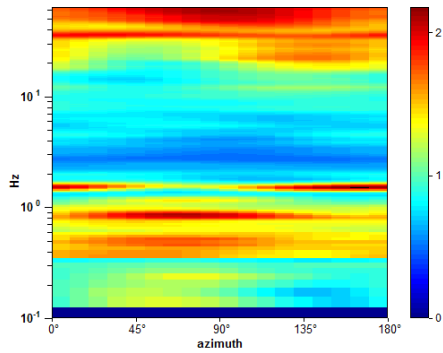
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	142	0.40
81.00	80.00	277	0.40
inf.	inf.	515	0.40

Vs(0.0-30.0)=268m/s

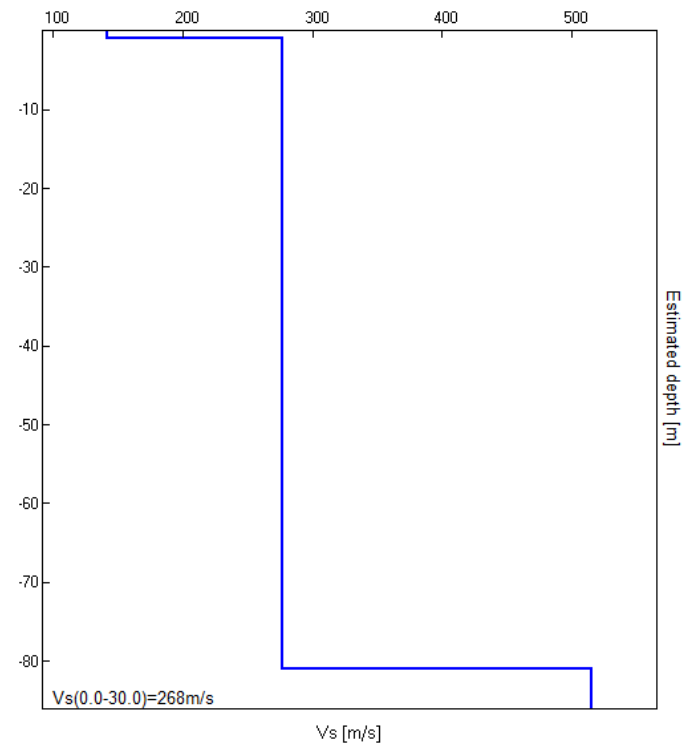
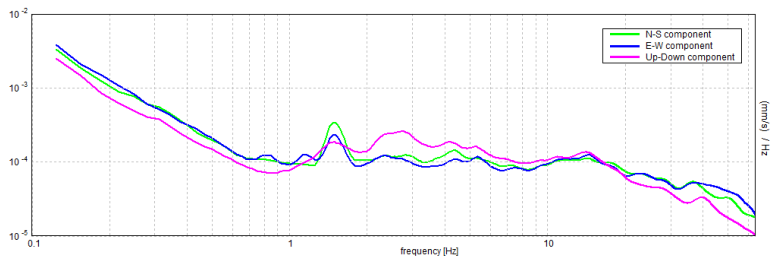
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



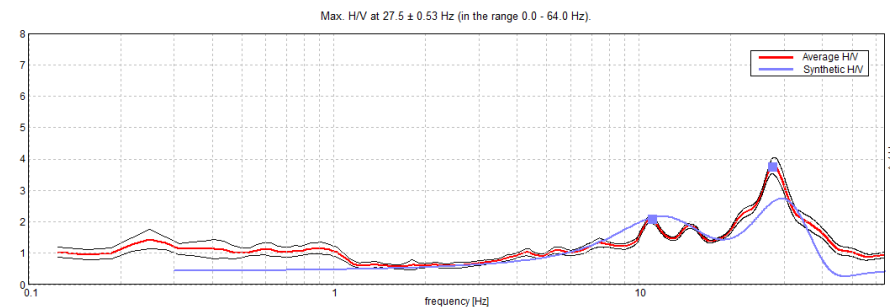
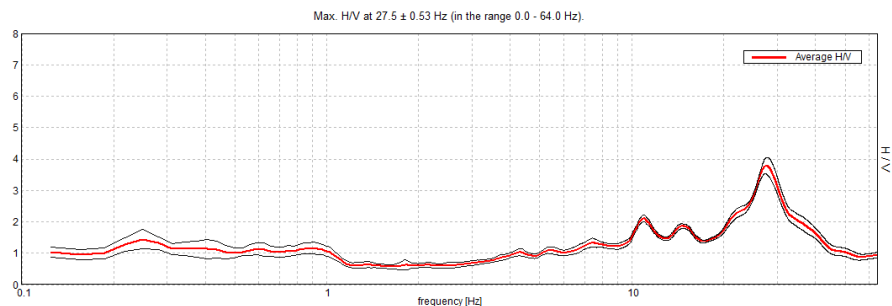
**GODEGA SANT'URBANO, GSU17**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 30/10/15 18:03:13 End recording: 30/10/15 18:15:13  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 86% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H17**

**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

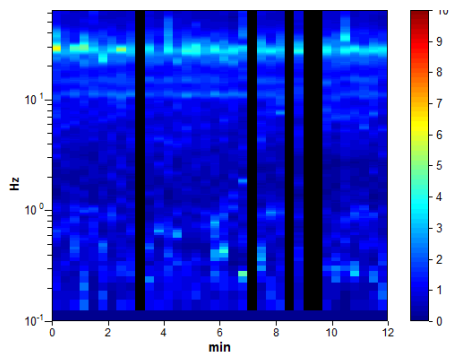
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



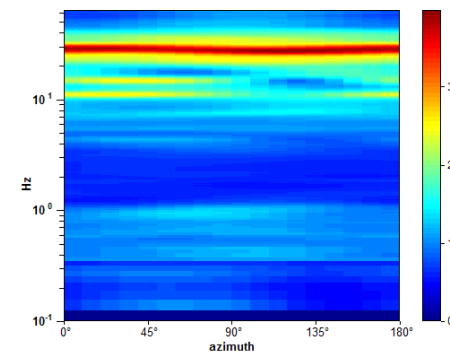
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	164	0.42
7.80	6.30	356	0.42
inf.	inf.	545	0.42

Vs(0.0-30.0)=444m/s

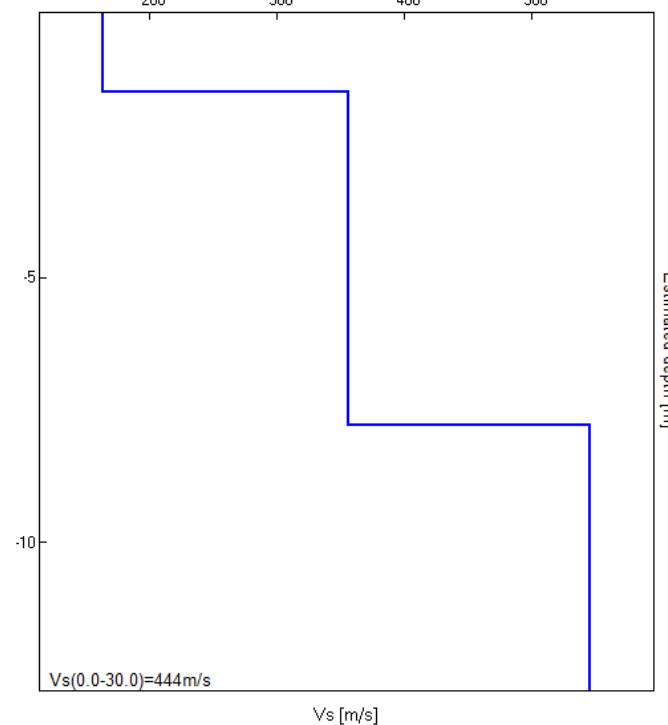
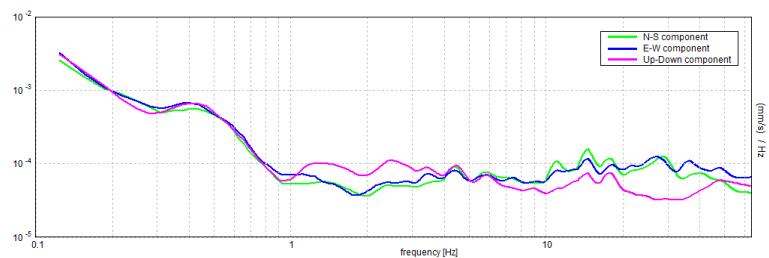
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



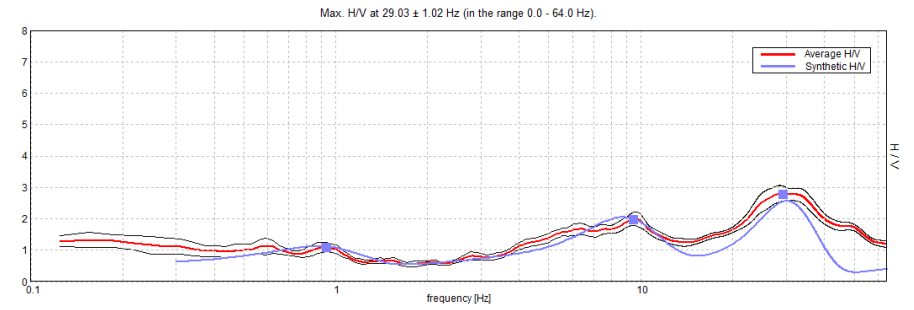
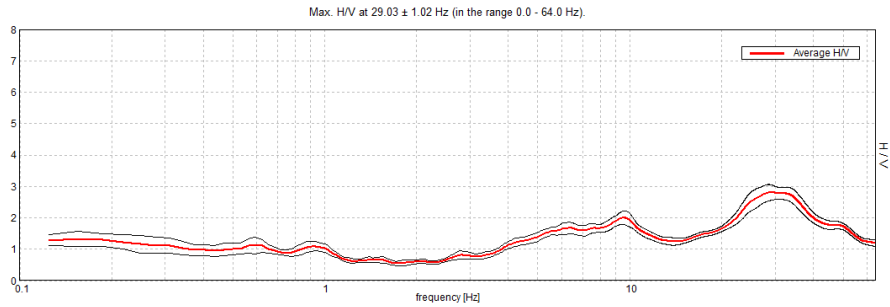
**GODEGA SANT'URBANO, GSU18**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 01/11/15 16:26:37 End recording: 01/11/15 16:38:37  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H18**

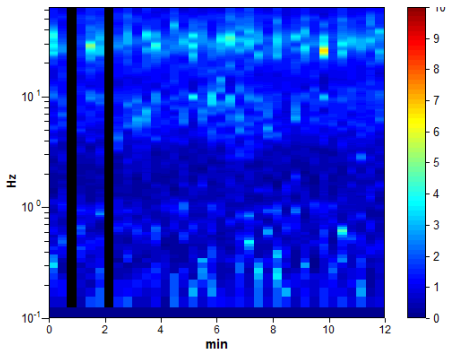
**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

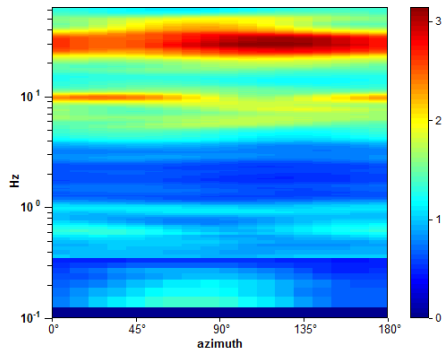


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.40	1.40	163	0.42
9.40	8.00	334	0.42
139.40	130.00	551	0.42
inf.	inf.	818	0.42

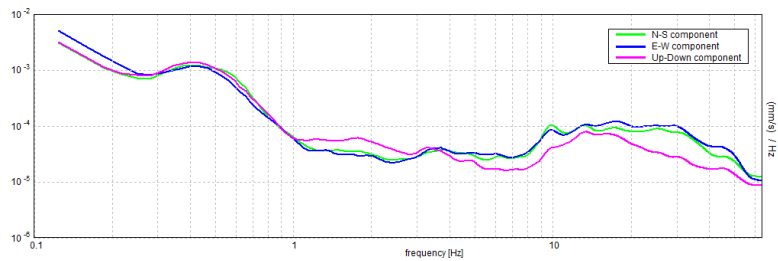
**H/V TIME HISTORY**



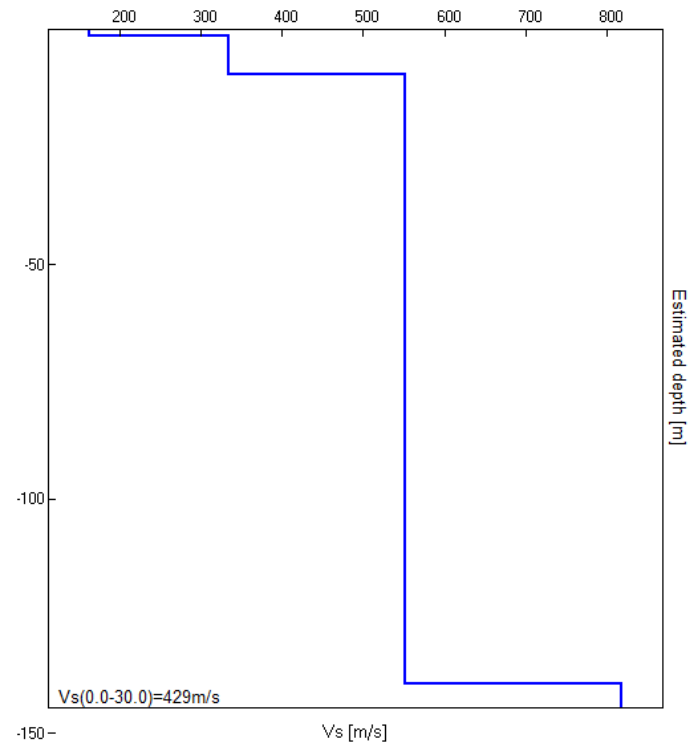
**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



Vs(0.0-30.0)=429m/s



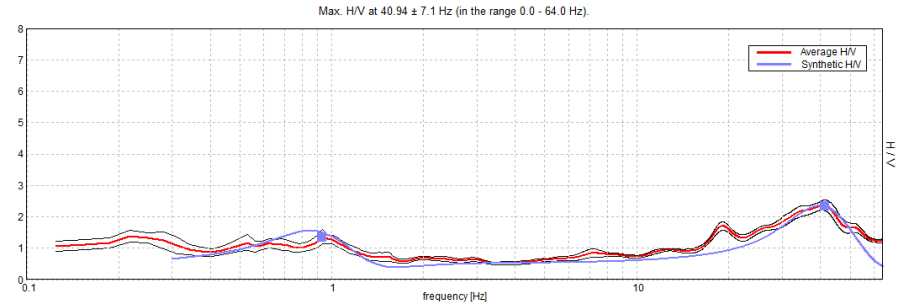
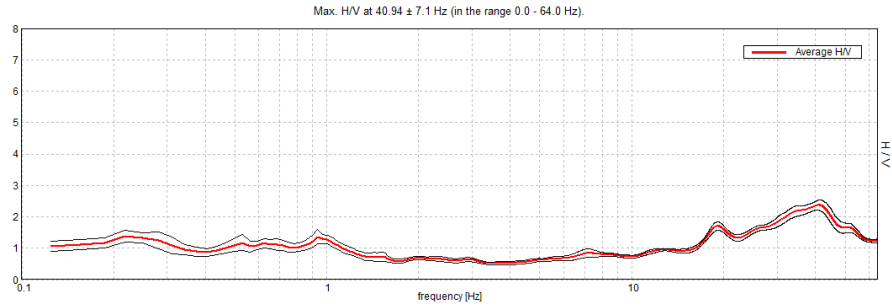
**GODEGA SANT'URBANO, GSU19**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 01/11/15 16:50:15 End recording: 01/11/15 17:02:15  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 89% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H19**

**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

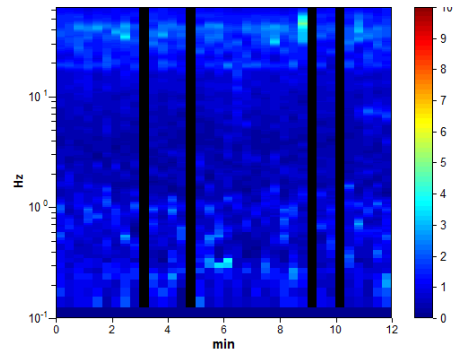
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



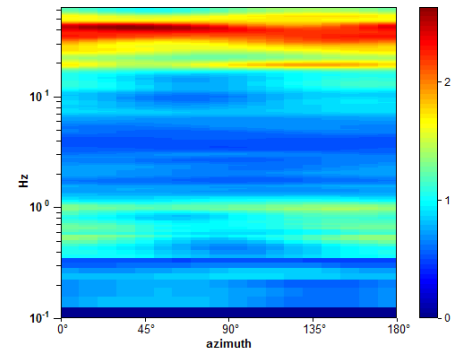
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.80	0.80	131	0.42
70.80	70.00	261	0.40
inf.	inf.	458	0.42

Vs(0.0-30.0)=254m/s

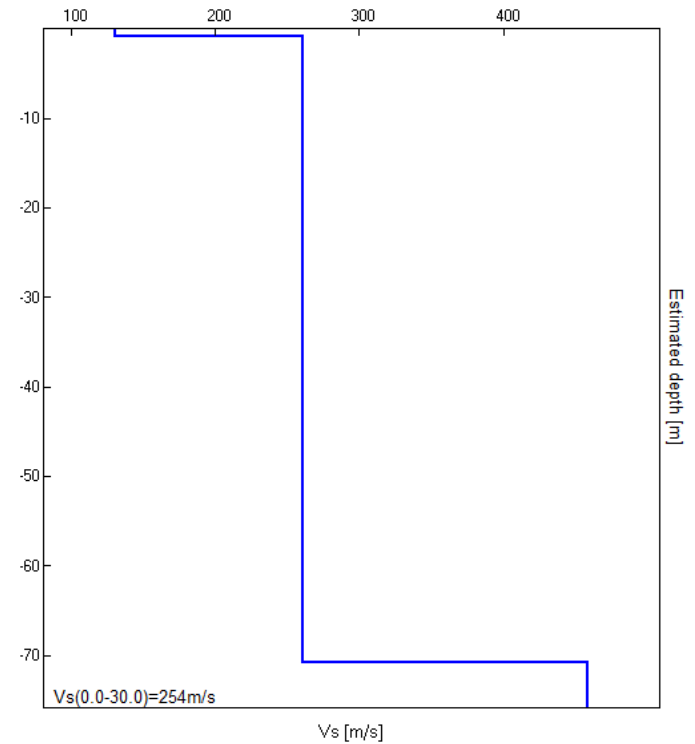
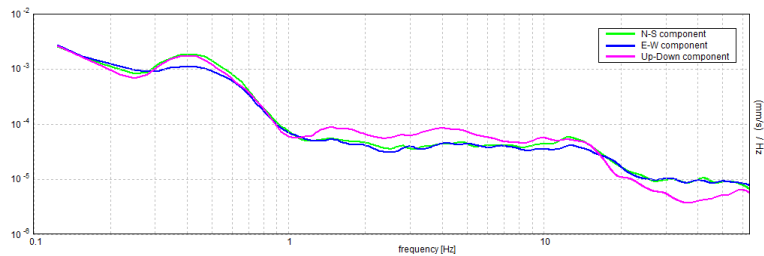
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**





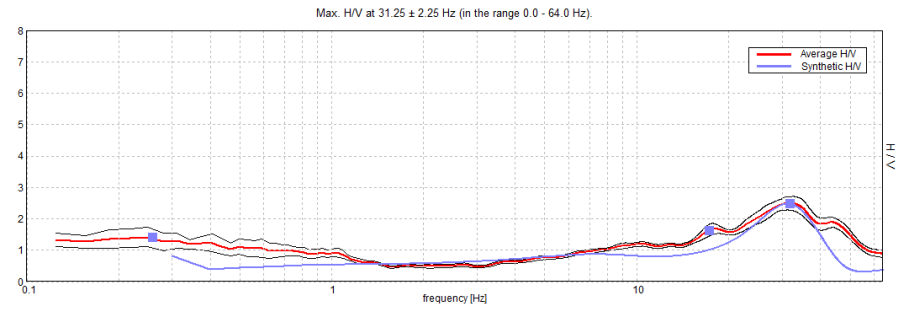
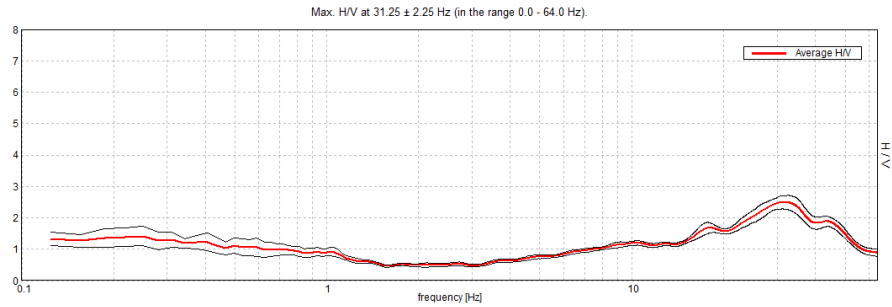
**GODEGA SANT'URBANO, GSU20**

Instrument: TRZ-0104/01-10  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 01/11/15 17:14:04 End recording: 01/11/15 17:26:04  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 GPS data not available  
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

**Allegato H20**

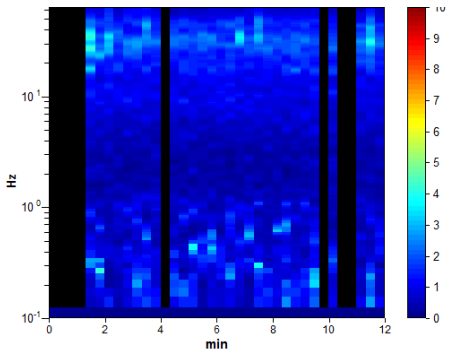
**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

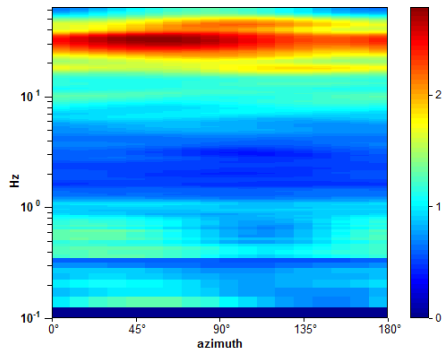


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.10	1.10	139	0.42
9.50	8.40	281	0.42
379.50	370.00	348	0.42
inf.	inf.	600	0.42

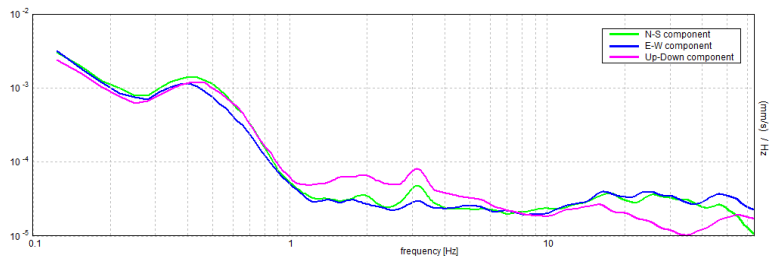
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**



Vs(0.0-30.0)=310m/s

