



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



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

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

**Regione Emilia-Romagna**  
**Comune di Morfasso**



Regione	Soggetto Realizzatore	Data
 Regione Emilia-Romagna	Dott. Geol. Filippo Segalini Via Giovanni XXIII, 121 29020 Morfasso (PC)	Marzo 2015

**LAVORO A CURA DI**  
***Dr. Geol. Filippo Segalini***  
***Dr. Geol. Davide Zucchi***  
***Dr.ssa Simona Contini***

**INDICE**

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Definizione della pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento</b>	<b>6</b>
2.1	Zonazione sismogenetica	14
2.1.1	Le sorgenti sismogenetiche	14
2.2	Sismicità storica	15
<b>3</b>	<b>Assetto geologico e geomorfologico</b>	<b>18</b>
3.1	Tettonica e sedimentazione	18
3.2	Stratigrafia comunale	19
3.2.1	Unità Tettonica Cassio	19
3.2.1.1	Arenaria di Scabiazza - <b>SCB</b>	19
3.2.1.2	Flysch di M.Cassio - <b>MCS</b>	19
3.2.2	Unità Tettonica Groppallo	19
3.2.2.1	Complesso di Pietra Parcellara - <b>CPP</b>	20
3.2.3	Unità Tettonica Bettola	20
3.2.3.1	Flysch di Bettola - <b>BET</b>	20
3.2.3.2	Formazione della Val Luretta - <b>VLU</b>	20
3.2.4	Unità Tettonica Guselli	20
3.2.4.1	Argilliti dei Guselli - <b>GUS</b>	20
3.2.5	Unità Tettonica Farini	21
3.2.5.1	Flysch di Farini d'Olmo - <b>FAR</b>	21
3.3	Assetto geomorfologico	21
3.3.1	Depositi continentali quaternari	22
<b>4</b>	<b>Dati geotecnici e geofisici</b>	<b>22</b>
4.1	Indagini geognostiche pregresse	22
4.2	Indagini geognostiche eseguite per la presente microzonazione sismica	23
4.2.1	Prove sismiche MASW+HVSr	23
4.2.2	Prove sismiche tipo HVSr	26
<b>5</b>	<b>Modello del sottosuolo</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Interpretazioni ed incertezze</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Metodologie di elaborazione e risultati</b>	<b>28</b>
7.1	Valutazione dei fattori di amplificazione (II Livello)	28
<b>8</b>	<b>Elaborati cartografici</b>	<b>30</b>
8.1	Carta delle indagini	30
8.2	Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica	30
8.3	Carta delle frequenze naturali dei terreni	33
8.4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)	34
8.4.1	Descrizione delle zone individuate	34
8.4.2	Schemi dei rapporti stratigrafici	37
8.4.3	Sezioni geologiche	48
8.4.4	Sezioni topografiche	49
8.5	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)	53
8.6	Carta di microzonazione sismica (livello 2)	55

8.6.1	Carignone	55
8.6.2	San Michele	56
8.6.3	Case Malvisi	57
8.6.4	Levei-Chiavarini	57
8.6.5	La Costa	58
8.6.6	Case d'Olza	59
8.6.7	Rocchetta	60
8.6.8	Morfasso capoluogo	61
8.6.9	Cornolo	62
8.6.10	Pedina	63
8.6.11	Casali	65
8.6.12	I Rabbini	67
8.6.13	Rusteghini	68
8.6.14	Teruzzi	69
<b>8.7</b>	<b>Commenti finali e criticità</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>Confronto della distribuzione dei danni degli eventi passati</b>	<b>72</b>
<b>10</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>73</b>
<b>11</b>	<b>Allegati</b>	<b>74</b>
<b>11.1</b>	<b>Prove sismiche tipo Masw+HVSR</b>	<b>74</b>
<b>11.2</b>	<b>Prove sismiche tipo HVSR</b>	<b>89</b>
<b>11.3</b>	<b>Sezioni Geologiche</b>	<b>151</b>
<b>11.4</b>	<b>Rilievi geomeccanici</b>	<b>165</b>

---

**ELENCO ELABORATI**

- Carta delle indagini (scala 1:10.000)
  - Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica (scala 1:10.000)
  - Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:10.000)
  - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS – Livello 1) (scala 1:5.000)
  - Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) (scala 1:10.000)
  - Carta di microzonazione sismica (livello 2) (scala 1:5.000)
    - [Fx] - F.A. P.G.A
    - [Fy] - F.A. Intensità spettrale  $0.1s < T_0 \leq 0.5s$
    - [Fz] - F.A. Intensità spettrale  $0.5s < T_0 \leq 1s$
  - Quadro di unione
  - Relazione illustrativa
-

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione è redatta in conformità alle “Indicazioni per gli studi di micro zonazione sismica finanziati con OPCM 4007/2012 in Emilia-Romagna (DGR 1302/2012)” e costituisce report descrittivo dell’analisi di primo e secondo livello.

Il comune di Morfasso confina con i seguenti comuni: Bore, Bettola, Bardi, Farini d’Olmo, Gropparello, Lugagnano d’Arda, Vernasca.

Nell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003 il Comune di Morfasso viene classificato in **zona 3**. Ai sensi dell’allegato 4 alla Delibera dell’assemblea Legislativa (D.A.L.) della Regione Emilia Romagna n. 112/2007, il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per  $T = 0$ ,  $a_{refg}$  per il comune di Morfasso è pari a **0.143g**.

La magnitudo massima ( $M_{wmax}$ ) attesa nel comune (compreso all’interno delle zone sismogenetiche 911 e 913) e riportata negli ICMS (2008), è stimata pari 6,14.

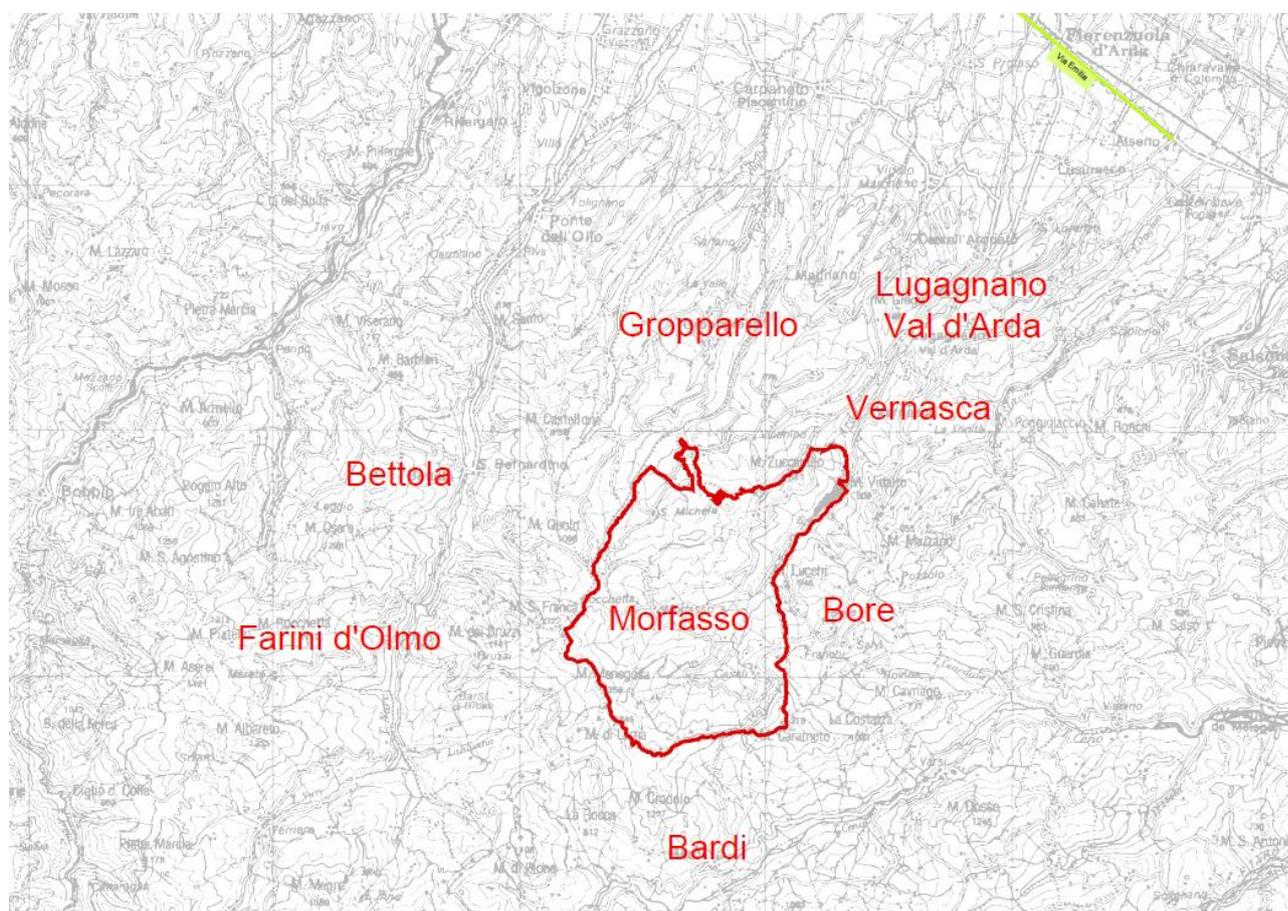


Figura 1.1. Ubicazione confine comunale su base Carta tecnica semplificata

Il territorio comunale ha un’estensione di circa 84 kmq e si sviluppa tra la quota minima di circa 325 m slm della zona posta a nord est, in corrispondenza del Lago di Mignano e la quota massima di 1356 m slm nella zona del crinale. Il territorio comunale è attraversato da tre principali corsi d’acqua: il Torrente Arda, che si origina proprio all’interno del territorio comunale ed è affluente al Po, sbarrato dalla diga artificiale che da origine al Lago di Mignano; il torrente Lubiana suo affluente ed il torrente Chero che si origina anch’esso in comune di Morfasso affluente del Chiavenna.

Il comune interessa una serie di elementi alla scala 1:5.000 della Carta Tecnica Regionale il cui schema è riportato nella figura 1.2.

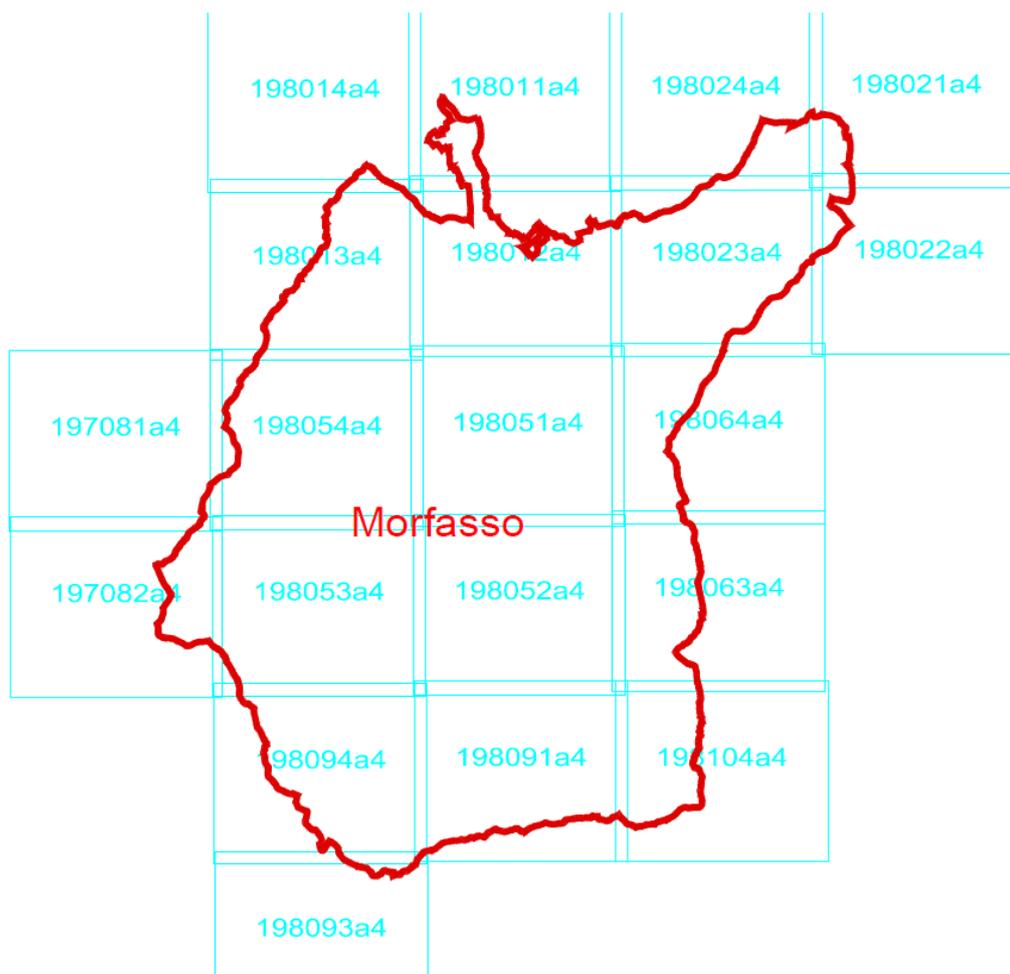


Figura 1.2. Limite comune ed elementi CTR alla scala 1:5.000

## 2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Le esposizioni riportate di seguito sono tratte dalle Note alla “Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna” e dalle Note illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 del Foglio 198 Bardi. Il territorio del comune di Morfasso (PC) è inserito nel contesto sismo-tettonico del settore Appenninico, precisamente nella “zona assiale”. La zona assiale è la parte morfologicamente più elevata della catena esterna che costituisce l’edificio le cui strutturazioni principali arrivano fino al Pliocene inferiore, le cui unità tettoniche sono così distinte:

- 1.le unità Liguri e Subliguri con la soprastante Successione Epiligure (indicate in carta con il colore verde);
- 2.le unità oligo-mioceniche toscane e l’unità umbro-marchigiano-romagnola (indicate in carta con il colore marrone).

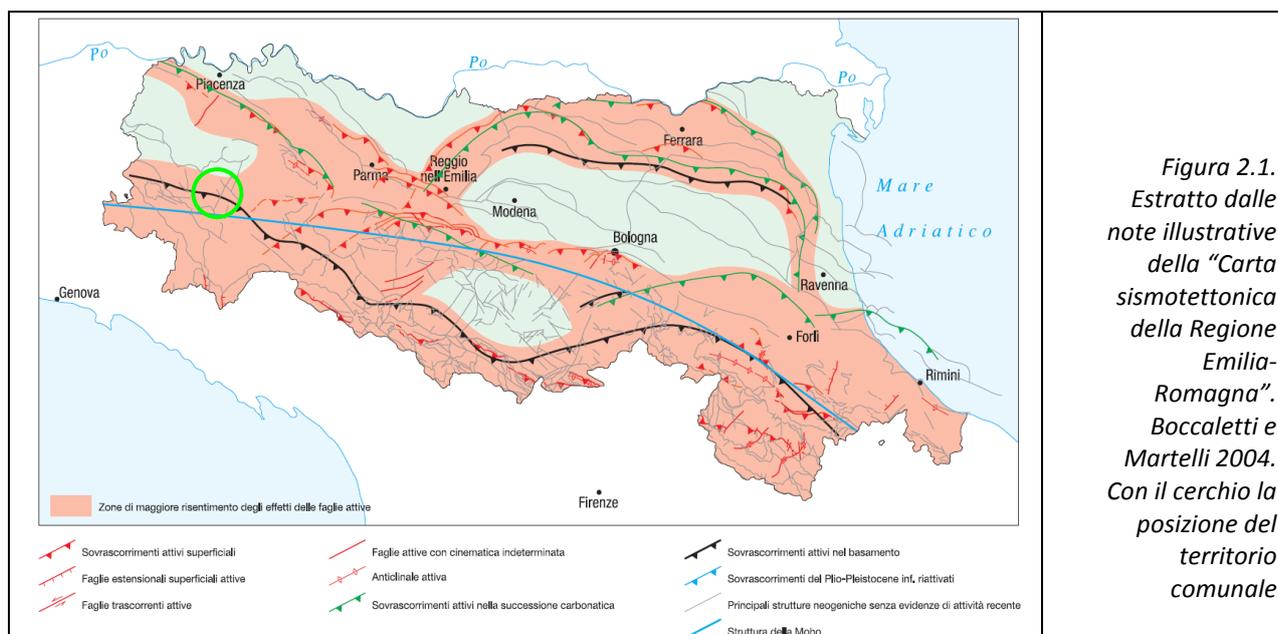
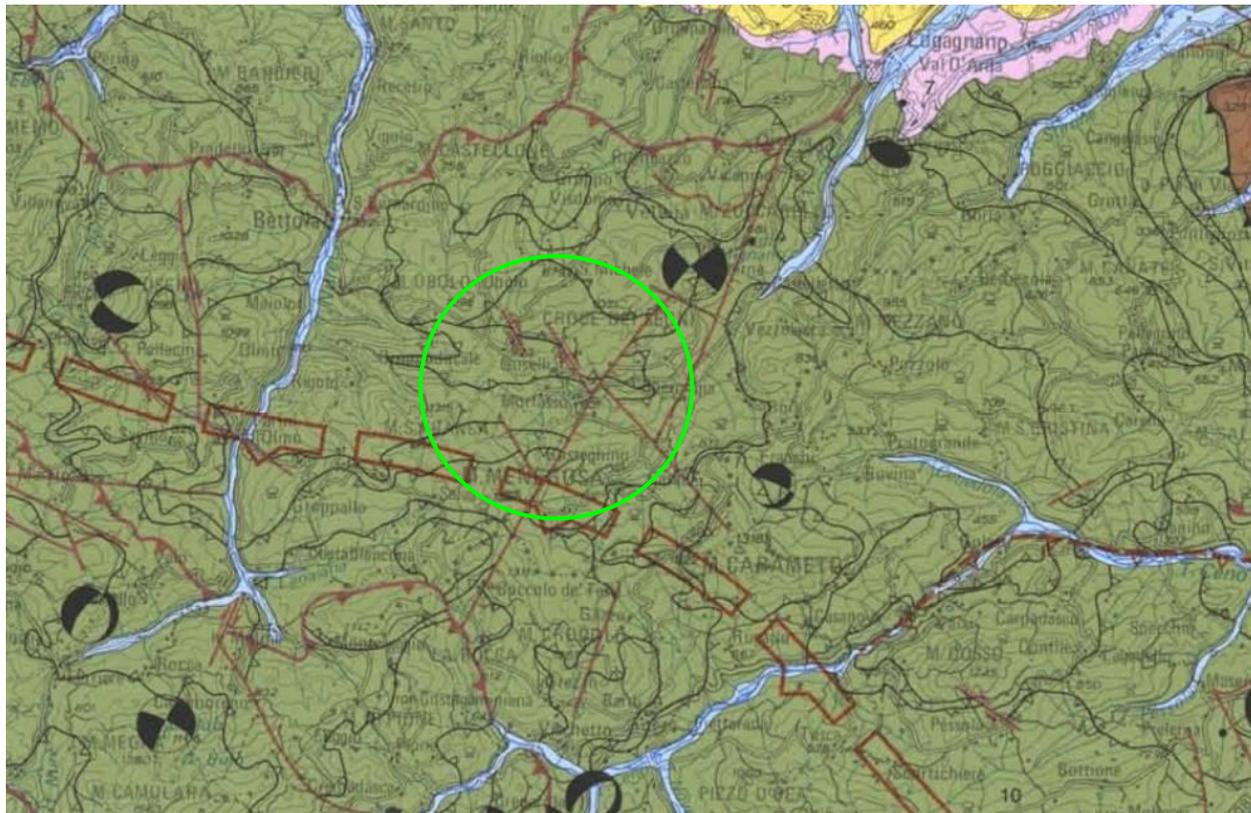


Figura 2.1.  
 Estratto dalle  
 note illustrative  
 della "Carta  
 sismotettonica  
 della Regione  
 Emilia-  
 Romagna".  
 Boccaletti e  
 Martelli 2004.  
 Con il cerchio la  
 posizione del  
 territorio  
 comunale

Nell'area di catena le principali strutture attive individuate sono rappresentate da un sistema di faglie inverse che si sviluppa in prossimità del crinale appenninico, al limite meridionale della regione. Questo sistema ha determinato l'origine di numerose "finestre tettoniche" e strutture fuori sequenza che invertono i rapporti di sovrapposizione delle Liguridi sulle unità toscane con quest'ultime che in più punti si accavallano sulle prime. L'area di interesse è caratterizzata da un interessante allineamento tettonico, più o meno in corrispondenza del T.Arda, con un andamento nettamente trasversale alle direttrici appenniniche. E' materializzato da una lunga fascia di argille ofiolitifere che dal Groppo di Gora a sud, si prolunga verso NNE fino oltre al lago di Mignano, verso Lugagnano val d'Arda; queste "argille limitano verso ovest l'Unità Tettonica Bettola e verso est l'unità Tettonica Cassio. Poiché la prima rimane di norma ricoperta tettonicamente dalla seconda, è probabile che le unità affioranti sul versante sinistro della Val d'Arda risultino sollevate di almeno 300 metri rispetto a quelle del lato destro della valle, valore che si è ottenuto dal confronto altimetrico della base affiorante del Flysch del M.Cassio sui due fianchi vallivi.

Un altro allineamento importante per l'interpretazione delle strutture liguri più profonde dei flysch terziari è quello che sembra legare gli affioramenti del Flysch di Farini d'Olmo tra il M.Dosso, Morfasso e la Val Nure (Unità Tettonica Farini). Mentre in val Ceno è presente in affioramento solo l'estesissimo fianco rovescio della piega del flysch terziario, in Val Nure, a valle di Farini d'Olmo, la struttura sinclinale padano-vergente si completa con il fianco normale, apparendo quindi sollevata rispetto a quella del Val Ceno. Il collegamento tra i due grandi affioramenti si dovrebbe sviluppare al di sotto dei ricoprimenti liguri cretacei da M. Carameto fino a M.Obolo, nel territorio comunale di Morfasso.



**Strutture affioranti** Outcropping structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)  
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data

- Sovrascorrimiento  
Thrust fault
- Faglia trascorrente  
Strike-slip fault
- Faglia normale  
Normal fault
- Faglia con cinematica indeterminata  
Fault with undetermined kinematics
- Anticlinale  
Anticline
- Sinclinale  
Syncline

**Strutture pilo-quadernarie** (4,5 - 1 Ma)  
Pilo-Quaternary structures (4,5 - 1 My)

- Sovrascorrimiento di età Miocene-Pliocene inferiore successivamente riattivato  
Reactivated Miocene-Early Pliocene thrust fault
- Faglia trascorrente  
Strike-slip fault
- Faglia normale  
Normal fault
- Faglia con cinematica indeterminata  
Fault with undetermined kinematics
- Anticlinale  
Anticline
- Sinclinale  
Syncline
- Sovrascorrimiento di età Miocene superiore-Pliocene inferiore (3 - 4,5 Ma) senza evidenze di riattivazione  
Late Miocene-Early Pliocene (3 - 4,5 My) thrust fault, without evidences of reactivation
- Principali sovrascorrimenti pre-Miocene superiore (>9 Ma)  
Main pre-late Miocene thrust faults (>9 My)

**Strutture sepolte** Buried structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo  
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsol geological data

- Sovrascorrimiento  
Thrust fault
- Anticlinale  
Anticline
- Sinclinale  
Syncline
- Fronti di accavallamento della successione carbonatica meso-ozoica  
Meso-Cenozoic carbonates thrust front
- Fronte di accavallamento del basamento  
Basament thrust front

**Meccanismi focali** Earthquake focal solutions

- |          |  |   |
|----------|--|---|
| Mw = 3.0 |  | Faglia normale<br>Normal fault                              |
| Mw = 3.5 |  | Faglia inversa<br>Thrust fault                              |
| Mw = 4.0 |  | Faglia trascorrente<br>Strike-slip fault                    |
| Mw = 4.5 |  | Faglia inversa/trascorrente<br>Thrust and strike-slip fault |
| Mw = 5.0 |  | Faglia normale/trascorrente<br>Normal and strike-slip fault |
| Mw = 5.5 |  | Faglia normale/trascorrente<br>Normal and strike-slip fault |

**Epicentri dei terremoti** Earthquake epicenters

- |                              |         |                             |
|------------------------------|---------|-----------------------------|
| strumentali<br>instrumentals | 4<M<5   | macroismici<br>macroseismic |
|                              | 5<M<5.5 |                             |
|                              | M>5.5   |                             |

Fronti dei principali sovrascorrimenti di età Pliocene-Pleistocene inferiore (4,5 - 1 Ma) (da Structural Model of Italy, 1:500,000)  
Fronts of the main Pliocene-Early Pleistocene thrust faults (4,5 - 1 My) (from Structural Model of Italy, 1:500,000)

- Sovrascorrimiento riattivato  
Reactivated thrust fault
- Sovrascorrimiento con possibili riattivazioni  
Thrust faults with possible reactivations

10

Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)  
Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)

Figura 2.2. Estratto dalla "Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna" (2004) con indicazione del territorio comunale.



<b>GEOLOGIC SETTING</b>	
<b>SYNOPSIS</b>	
<b>FAULT NAME</b>	M.Menegosa
<b>FAULT CODE</b>	90543
<b>MACROZONE</b>	3
<b>REGION NAME</b>	Emilia Romagna
<b>SYSTEM NAME</b>	Appenninic Foothills
<b>RANK</b>	Subordinate
<b>AVERAGE STRIKE</b>	25
<b>DIP</b>	
<b>LENGTH (Km)</b>	11
<b>GEOMETRY</b>	
<b>SEGMENTATION</b>	no
<b>DEPTH (Km)</b>	0
<b>LOCATION RELIABILITY</b>	1:250000
<b>LAST ACTIVITY</b>	Early Pleistocene
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Low reliability
<b>RECURRENCE INTERVAL (yr)</b>	0
<b>SLIP-RATE (mm/yr)</b>	0
<b>MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH</b>	11
<b>MAX CREDIBLE SLIP (m)</b>	0
<b>KNOWN SEISMIC EVENTS</b>	
<b>MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)</b>	6.3
<b>MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)</b>	
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW
<b>NOTES</b>	

<b>GEOLOGIC SETTING</b>	
<b>SYNOPSIS</b>	
<b>FAULT NAME</b>	M.Zuccarello
<b>FAULT CODE</b>	90542
<b>MACROZONE</b>	3
<b>REGION NAME</b>	Emilia Romagna
<b>SYSTEM NAME</b>	Appenninic Foothills
<b>RANK</b>	Subordinate
<b>AVERAGE STRIKE</b>	25
<b>DIP</b>	
<b>LENGTH (Km)</b>	10
<b>GEOMETRY</b>	
<b>SEGMENTATION</b>	no
<b>DEPTH (Km)</b>	0
<b>LOCATION RELIABILITY</b>	1:250000
<b>LAST ACTIVITY</b>	Early Pleistocene
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Low reliability
<b>RECURRENCE INTERVAL (yr)</b>	0
<b>SLIP-RATE (mm/yr)</b>	0
<b>MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH</b>	10
<b>MAX CREDIBLE SLIP (m)</b>	0
<b>KNOWN SEISMIC EVENTS</b>	
<b>MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)</b>	6.2
<b>MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)</b>	
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW
<b>NOTES</b>	

<b>GEOLOGIC SETTING</b>	
<b>SYNOPSIS</b>	
<b>FAULT NAME</b>	M.Carameto
<b>FAULT CODE</b>	90545
<b>MACROZONE</b>	3
<b>REGION NAME</b>	Emilia Romagna
<b>SYSTEM NAME</b>	Appenninic Foothills
<b>RANK</b>	Subordinate
<b>AVERAGE STRIKE</b>	135
<b>DIP</b>	
<b>LENGTH (Km)</b>	6
<b>GEOMETRY</b>	
<b>SEGMENTATION</b>	no
<b>DEPTH (Km)</b>	0
<b>LOCATION RELIABILITY</b>	1:250000
<b>LAST ACTIVITY</b>	Early Pleistocene
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Low reliability
<b>RECURRENCE INTERVAL (yr)</b>	0
<b>SLIP-RATE (mm/yr)</b>	0
<b>MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH</b>	6
<b>MAX CREDIBLE SLIP (m)</b>	0
<b>KNOWN SEISMIC EVENTS</b>	
<b>MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)</b>	6.0
<b>MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)</b>	
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW
<b>NOTES</b>	

<b>GEOLOGIC SETTING</b>	
<b>SYNOPSIS</b>	
<b>FAULT NAME</b>	Vezzolacca
<b>FAULT CODE</b>	90546
<b>MACROZONE</b>	3
<b>REGION NAME</b>	Emilia Romagna
<b>SYSTEM NAME</b>	Appenninic Foothills
<b>RANK</b>	Subordinate
<b>AVERAGE STRIKE</b>	110
<b>DIP</b>	
<b>LENGTH (Km)</b>	3
<b>GEOMETRY</b>	
<b>SEGMENTATION</b>	no
<b>DEPTH (Km)</b>	0
<b>LOCATION RELIABILITY</b>	1:250000
<b>LAST ACTIVITY</b>	Early Pleistocene
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Low reliability
<b>RECURRENCE INTERVAL (yr)</b>	0
<b>SLIP-RATE (mm/yr)</b>	0
<b>MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH</b>	3
<b>MAX CREDIBLE SLIP (m)</b>	0
<b>KNOWN SEISMIC EVENTS</b>	
<b>MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)</b>	5.6
<b>MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)</b>	
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW
<b>NOTES</b>	

<b>GEOLOGIC SETTING</b>	
<b>SYNOPSIS</b>	
<b>FAULT NAME</b>	M.S.Franca
<b>FAULT CODE</b>	90544
<b>MACROZONE</b>	3
<b>REGION NAME</b>	Emilia Romagna
<b>SYSTEM NAME</b>	Appenninic Foothills
<b>RANK</b>	Subordinate
<b>AVERAGE STRIKE</b>	160
<b>DIP</b>	
<b>LENGTH (Km)</b>	3
<b>GEOMETRY</b>	
<b>SEGMENTATION</b>	no
<b>DEPTH (Km)</b>	0
<b>LOCATION RELIABILITY</b>	1:250000
<b>LAST ACTIVITY</b>	Early Pleistocene
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Low reliability
<b>RECURRENCE INTERVAL (yr)</b>	0
<b>SLIP-RATE (mm/yr)</b>	0
<b>MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH</b>	3
<b>MAX CREDIBLE SLIP (m)</b>	0
<b>KNOWN SEISMIC EVENTS</b>	
<b>MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)</b>	5.6
<b>MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)</b>	
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW
<b>NOTES</b>	

<b>GEOLOGIC SETTING</b>	
<b>SYNOPSIS</b>	
<b>FAULT NAME</b>	M.Croce dei Segni
<b>FAULT CODE</b>	90544
<b>MACROZONE</b>	3
<b>REGION NAME</b>	Emilia Romagna
<b>SYSTEM NAME</b>	Appenninic Foothills
<b>RANK</b>	Subordinate
<b>AVERAGE STRIKE</b>	160
<b>DIP</b>	
<b>LENGTH (Km)</b>	2
<b>GEOMETRY</b>	
<b>SEGMENTATION</b>	no
<b>DEPTH (Km)</b>	0
<b>LOCATION RELIABILITY</b>	1:250000
<b>LAST ACTIVITY</b>	Early Pleistocene
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Low reliability
<b>RECURRENCE INTERVAL (yr)</b>	0
<b>SLIP-RATE (mm/yr)</b>	0
<b>MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH</b>	2
<b>MAX CREDIBLE SLIP (m)</b>	0
<b>KNOWN SEISMIC EVENTS</b>	
<b>MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)</b>	5.4
<b>MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)</b>	
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW
<b>NOTES</b>	

<b>GEOLOGIC SETTING</b>	
<b>SYNOPSIS</b>	
<b>FAULT NAME</b>	M.Obolo
<b>FAULT CODE</b>	90548
<b>MACROZONE</b>	3
<b>REGION NAME</b>	Emilia Romagna
<b>SYSTEM NAME</b>	Appenninic Foothills
<b>RANK</b>	Subordinate
<b>AVERAGE STRIKE</b>	160
<b>DIP</b>	
<b>LENGTH (Km)</b>	1
<b>GEOMETRY</b>	
<b>SEGMENTATION</b>	no
<b>DEPTH (Km)</b>	0
<b>LOCATION RELIABILITY</b>	1:250000
<b>LAST ACTIVITY</b>	Early Pleistocene
<b>ACTIVITY RELIABILITY</b>	Low reliability
<b>RECURRENCE INTERVAL (yr)</b>	0
<b>SLIP-RATE (mm/yr)</b>	0
<b>MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH</b>	1
<b>MAX CREDIBLE SLIP (m)</b>	0
<b>KNOWN SEISMIC EVENTS</b>	
<b>MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)</b>	5.1
<b>MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)</b>	
<b>STUDY QUALITY</b>	LOW
<b>NOTES</b>	

<b>AUTHORS</b>	<b>TITLE</b>	<b>REFERENCES</b>	<b>YEAR</b>
CERRINA FERONI A., MARTELLI L., MARTINELLI P., OTTRIA P.	Carta geologico strutturale dell'Appennino Emiliano Romagnolo alla scala 1:250000	Regione Emilia-Romagna - CNR	2002
REGIONE EMILIA-ROMAGNA, ENI-AGIP, a cura di DI DIO G. (1998)	Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna.	S.EL.CA., Firenze	1998
SERVA L. (1990)	Il ruolo delle Scienze della Terra nelle analisi di sicurezza di un sito per alcune tipologie di impianti industriali: il terremoto di riferimento per il sito di Viadana (MN).	Boll. Soc. Geol. It., 109, 375-411	1990

## 2.1 Zonazione sismogenetica

La zonazione sismogenetica rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico: in particolare la nuova zonazione sismogenetica ZS9 “Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo” pubblicata sul sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> (G.d L., 2004<sup>1</sup>) è stata ottenuta partendo dalla zonizzazione ZS4 (Scandone e Stucchi, 1999), accorpando e modificando le zone sorgente rendendole più coerenti con le informazioni oggi disponibili. Il modello sismotettonico che ha guidato nel tracciamento delle aree di ZS4 è basato sia su un modello strutturale 3D della penisola, sia sulla distribuzione spaziale dei terremoti storici ed attuali, sia sul modello cinematico dell’area mediterranea. In particolare il territorio del comune di Morfasso, nella nuova zonazione ZS9, ricade prevalentemente nella zona sismogenetica **913** e limitatamente nella zona **911**.

Di seguito si riporta una breve descrizione relativa alle zone 911 e 913, estratta dal già citato Rapporto conclusivo (“Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo”, G.d L, 2004).

Tutto l’arco appenninico settentrionale è stato riorganizzato secondo cinque fasce parallele longitudinali alla catena.

...

L’arco è limitato, a Nord, da una zona (**911**, unione delle zone 25 e 26 di ZS4 opportunamente ristrette) che comprende il cosiddetto “Arco di Pavia” e le strutture ad esse relative. In realtà, si suppone che la funzione delle strutture comprese all’interno della **911** sia di “svincolo” cinematico del sistema supposto in migrazione (in accordo con quanto espresso, ad esempio, in Paracca et al.,1990).

...

Le zone sismogenetiche **913**, **914** e **918** risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all’Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L’intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna.

La zonazione (ZS9) indica anche una profondità dello strato sismogenetico, che risulta essere compreso tra 12 e 20 km per la zona sismogenetica 913 e 8-12 km per la zona 911.

Zona	Numero eventi Md>2.0	Numero eventi Md>2.5	Numero eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (Km)	Profondità efficace (Km)
911	126	91	18	4.1	8-12	8
913	767	362	100	4.8	12-20	13

La valutazione della magnitudo massima ( $M_{wmax}$ ) per le zone sismogenetiche, riportata anche negli ICMS (2008), per zone 911 e 913 fornisce un valore di 6,14.

### 2.1.1 Le sorgenti sismogenetiche

Per la determinazione delle sorgenti sismogenetiche principali dell’area in esame si è fatto riferimento al “Database of Individual Seismogenic Sources” (DISS 3.1) disponibile nel sito [www.ingv.it](http://www.ingv.it).

Il database rappresenta la sintesi di tutte le evidenze geologiche e storiche relative alla fagliazione sismogenetica, con apporti derivanti dai dati della sismicità strumentale, dalla geodinamica a larga scala e dai caratteri geomorfologici. Il settore sud-orientale del comune di Morfasso ricade internamente a una sorgente sismogenetica individuata denominata **ITCS027** “Bore – Montefeltro – Fabriano - Laga”.

<sup>1</sup> Gruppo di Lavoro (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

Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati relativi alla sorgente estratti dal database .

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS027 - Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga	
<a href="#">Source Info Summary</a>	<a href="#">Commentary</a>
<a href="#">References</a>	<a href="#">Pictures</a>
<b>General information</b>	
<b>Code</b>	ITCS027
<b>Name</b>	Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga
<b>Compiled By</b>	Burrato, P., and S. Mariano
<b>Latest Update</b>	24/09/2007
<b>Parametric information</b>	
Parameter	Qual. Evidence
<b>Min Depth (km)</b>	12 OD Based on structural geology and geodynamic constraints.
<b>Max Depth (km)</b>	22 OD Based on structural geology and geodynamic constraints.
<b>Strike (deg)</b>	90 - 160 OD Based on geological constraints and structural geology.
<b>Dip (deg)</b>	20 - 55 OD Based on geological constraints and structural geology.
<b>Rake (deg)</b>	70 - 110 EJ Inferred from geological data.
<b>Slip Rate (mm/y)</b>	0.1 - 1 EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Max Magnitude (Mw)</b>	6.2 OD Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).
<b>Q-keys:</b>	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement

## 2.2 Sismicità storica

La sismicità storica è stata studiata a partire dai cataloghi dei terremoti disponibili, in particolare sono stati presi in considerazione i cataloghi presenti sul sito internet dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ([www.ingv.it](http://www.ingv.it)).

Sono stati consultati i seguenti cataloghi:

**CFTI** – catalogo dei forti terremoti (461 a.c. – 1997)

**DBMI11** – database macrosismico italiano

**NT4.1** – catalogo parametrico dei terremoti italiani al di sopra della soglia del danno

**CPTI 04** – catalogo parametrico dei terremoti italiani (217a.c. – 2002)

**ISIDe** - Database parametrico e strumentale della sismicità italiana

Per un primo sguardo d'insieme della sismicità storica dell'area in esame è stato consultato il *"Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani"* (Gruppo di lavoro CPTI, 2004, INGV, Bologna), nel quale, per un intorno significativo dell'area in esame (un raggio di 50 Km con centro lat. 44.722 e long. 9.702 ovvero dal centro abitato di Morfasso) sono stati identificati 35 eventi significativi dei quali si riportano alcuni dati nella tabella successiva.



CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI

CPTI04 - Risultato dell'interrogazione per parametri

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

Area circolare con centro C (44.722, 9.702) e raggio 50 km con valore Io tra 5 e 11

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Mp	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dep	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
59	DI	1276	7	28	18	30		Italia settent.	CPTI	10	55	60	M	45.08	9.55	A	5.11	0.12	4.71	0.18	4.91	0.17	911	G	119	516	59		
74	DI	1303	3	22	23			PIACENZA	DOM	1	55	55		45.052	9.693	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	911	G		517	74		
113	DI	1383	7	24	20			PARMA	DOM	7	55	55		45.058	9.915	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	911	A		599	113		
144	DI	1438	6	11	20			Parmense	CPTI	12	80	80		44.85	10.23	A	5.62	0.17	5.47	0.26	5.61	0.26	913	G	181	599	144		
241	DI	1545	6	9	15			BORGO VAL DI TARO	DOM	5	75	75		44.498	9.844	A	5.33	0.19	5.04	0.28	5.21	0.26	915	G	222	543	241		
511	DI	1738	11	5	30			PARMA	DOM	10	70	70		44.906	10.028	A	5.40	0.20	5.15	0.30	5.31	0.28	913	G		612	511		
740	DI	1818	12	9	18	52		LANGHIRANO	DOM	27	75	75		44.668	10.286	A	5.57	0.10	5.40	0.15	5.55	0.15	913	G		615	740		
801	DI	1834	2	14	13	15		ALTA LUNIGIANA	DOM	101	85	85		44.449	9.859	A	5.64	0.09	5.50	0.13	5.64	0.13	915	G		549	801		
802	DI	1834	7	4	35			ALTA LUNIGIANA	DOM	21	65	65		44.439	10.021	A	5.14	0.18	4.76	0.27	4.95	0.25	915	G	383	550	802		
806	CP	1835	4	20	3			DASO CISA	POS85	65	65	65		44.417	9.833	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	915	G		551	806		
868	DI	1849	11	28	18	15		VAL DI TARO	DOM	6	65	65		44.485	9.73	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	915	G	396	553	868		
926	CP	1861	3	16	30			SERTA GODANO	POS85	60	60	60		44.333	9.6	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	916	G		536	926		
1075	DI	1882	2	15	4	50		APPENNINO LIGURE	DOM	18	60	60		44.652	9.113	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	911	G		524	1075		
1124	DI	1886	10	15	2	20		COLLECCHIO	DOM	44	60	60		44.75	10.306	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	913	G		623	1124		
1379	DI	1903	7	27	3	46		LUNIGIANA	DOM	79	75	70		44.329	9.953	A	5.15	0.10	4.78	0.15	4.97	0.14	915	G		558	1379		
1445	CP	1906	11	10	17	55		COMPIGNANO	POS85	60	60	60		44.5	9.633	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	915	G		559	1445		
1523	CP	1910	1	23	1	50		PONTE DELL'OLIO	POS85	55	55	55		44.9	9.633	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	911	G		525	1523		
1590	DI	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO	DOM	73	50	50		44.597	10.279	A	4.85	0.14	4.33	0.21	4.55	0.19	913	G		587	1590		
1717	DI	1921	5	7	6	15		PONTREMOLI	DOM	19	70	65		44.377	9.882	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	915	G		565	1717		
1727	DI	1921	11	29	12	4		BORGO VAL DI TARO	DOM	10	50	50		44.376	9.987	A	4.81	0.14	4.27	0.21	4.50	0.19	915	G		566	1727		
1796	DI	1927	10	28	21	49		BIDONIA	DOM	51	60	60		44.52	9.59	A	5.13	0.07	4.75	0.11	4.94	0.10	915	G		568	1796		
1803	DI	1928	2	21	4	37		VARSEE LIGURE	DOM	8	60	60		44.44	9.611	A	4.56	0.11	3.89	0.17	4.15	0.16	915	G		538	1803		
1809	DI	1928	7	20	19	53		ALTA VAL DI TARO	DOM	20	60	60		44.508	9.587	A	4.56	0.15	3.90	0.22	4.16	0.20	915	G		569	1809		
1893	DI	1934	6	13	9	6		BORGO VAL DI TARO	DOM	29	60	60		44.438	9.725	A	5.22	0.04	4.88	0.06	5.06	0.06	915	G		572	1893		
1931	CP	1937	9	17	12	19	5	PARMA OVEST	POS85	60	60	60		44.8	10.3	A	4.56	0.11	3.89	0.17	4.15	0.16	913	G		632	1931		
1954	CP	1940	1	24	23	32	16	CORNIGLIO	POS85	50	44	46.7	10.1	4.93	0.09	4.45	0.14	4.67	0.13	915	G			591	1954				
1960	CP	1940	5	1	9	36	5	NOCTO	POS85	50	44	48	10.183	4.89	0.14	4.39	0.21	4.61	0.19	913	G			634	1960				
1995	DI	1945	6	29	15	37	13	Valle dello Staffora	CPTI	31	75	75		44.83	9.13	A	5.15	0.11	4.78	0.17	4.97	0.16	911	G	509	527	1995		
1996	DI	1945	12	15	5	27		VAREZI	DOM	12	60	55		44.831	9.117	A	4.78	0.11	4.23	0.16	4.46	0.15	911	G		528	1996		
1998	CP	1946	2	18	23			PIONE	POS85	60	60	60		44.6	9.6	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	915	G		574	1998		
2131	CP	1959	1	26	5	35	40	S.MARIA TARO	POS85	55	44.5	9.5		4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	915	G			576	2131				
2313	CP	1972	6	25	17	10	49	CALRESTANO	POS85	60	60	60		44.6	10.2	A	4.66	0.21	4.04	0.31	4.29	0.29	913	G		642	2313		
2339	CP	1974	4	15	21	49	12	PIONE	POS85	55	44.65	9.683		4.64	0.12	4.01	0.18	4.26	0.17	915	G			594	2339				
2362	DI	1975	11	16	13	4		BORGO VAL DI TARO	DOM	10	55	55		44.404	9.831	A	4.85	0.08	4.32	0.12	4.54	0.10	915	G		530	2362		
2437	DI	1983	11	9	16	29	52	Parmense	CPTI	836	70	65		44.765	10.27	A	5.10	0.18	4.99	0.06	5.16	0.05	913	G		2435			

Numero di record estratti: 35

N	numero d'ordine	(I4)	Lat	Localizzazione epicentrale:	latitudine in gradi e decimali	(A6)
Tr	tipo di record (indica se esistono dati di base)	(A2)	Lon		longitudine in gradi e decimali	(A6)
Anno	tempo origine:	(I4)	TL		codice di localizzazione	(A1)
Me	me	(I2)				
Gi	giorno	(I2)	Me	magnitudo:	magnitudo equivalente	(I3)
Or	ora	(I2)	De		errore associato alla stima di Me	(I2)
Mi	minuto	(I2)	Mm		magnitudo macrosismica	(I3)
Se	secondo	(I2)	Dm		errore associato alla stima di Mm	(I2)
			Tm		codice di determinazione di Mm	(A1)
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti	(A20)	Ms		magnitudo strumentale	(I3)
Rt	codice bibliografico dell'elaborato di riferimento	(A6)	Ds		errore associato alla stima di Ms	(I2)
Np	numero dei punti di intensità	(I4)	Ts		codice di determinazione di Ms	(A1)
Imx	intensità massima (scala MCS)	(I3)	Ma		magnitudo media pesata	(I3)
Io	intensità epicentrale (scala MCS)	(I3)	Da		errore associato alla stima di Ma	(I2)
TI	codice di determinazione Io	(A1)				
Ncft	codice di aggancio: numero progressivo dei record nel catalogo CFTI 2	(I3)	Nnt	codice di aggancio: numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1		(I4)

Tabella 2.1. Estratto dal Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani, terremoti con epicentro compreso in un raggio di 50Km dal centro abitato di Morfasso.

L'esame delle tabelle precedenti evidenzia come i terremoti registrati nell'intorno considerato (scala regionale) non abbiano mai superato un valore di Mw di 6.0. In particolare solo tre eventi sono riportati con magnitudo maggiore di 5.5, di cui due con epicentro nel parmense, nel 1438 e nel 1818 e uno in quello dell' AltaLunigiana del 1834.

Di seguito si riportano gli eventi con epicentro situato entro i 30 km dal centro abitato di Morfasso (lat. 44.722 e long. 9.702) e Magnitudo > 3.0 reperiti nel data-base dell'*Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base (ISIDE)*.

Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo	Fonte
2012-10-03 17:18:00.000	44.763	9.702	26.3	3.2	Sala Sismica
2012-10-03 14:41:28.000	44.750	9.631	32.2	4.5	Sala Sismica
2012-03-05 15:15:06.990	44.494	9.354	10.8	4.2	Bollettino
2012-01-27 15:34:21.830	44.520	10.038	68.8	3.1	Bollettino
2012-01-27 14:53:12.740	44.523	10.009	72.4	5.2	Bollettino
2011-10-20 12:28:35.510	44.541	9.405	7.0	3.0	Bollettino
2011-10-20 06:39:13.760	44.510	9.399	8.9	3.0	Bollettino
2011-10-20 06:16:44.690	44.501	9.413	9.9	3.4	Bollettino
2011-10-20 06:11:18.860	44.521	9.393	5.1	4.0	Bollettino
2011-10-20 06:10:51.770	44.528	9.416	7.9	3.7	Bollettino
2011-10-20 06:09:22.240	44.527	9.410	9.0	3.1	Bollettino
2011-10-18 01:46:45.600	44.524	9.425	10.6	3.0	Bollettino
2011-10-09 12:23:17.410	44.720	9.999	22.4	3.1	Bollettino
2011-10-06 17:11:46.400	44.575	9.374	5.4	3.1	Bollettino
2011-06-12 17:55:27.010	44.523	9.411	7.0	3.0	Bollettino
2011-06-12 02:50:22.810	44.512	9.392	7.1	3.2	Bollettino
2011-04-28 20:14:38.800	44.631	10.004	24.7	3.0	Bollettino
2009-10-19 10:08:49.640	44.814	9.772	23.6	4.0	Bollettino
2009-07-28 15:48:09.870	44.685	9.345	1.6	3.1	Bollettino
2009-06-03 01:16:40.540	44.629	9.410	2.1	3.1	Bollettino
2012-10-03 17:18:00.000	44.640	9.982	18.3	3.2	Bollettino
2008-04-03 05:07:29.830	44.898	10.003	20.5	4.1	
2007-07-30 19:05:43.080	44.485	10.053	8.2	3.0	
2007-06-22 20:50:56.570	44.831	9.385	9.7	3.1	
2006-04-22 05:02:47.270	44.769	9.687	25.6	3.5	
2005-04-19 08:27:39.880	44.770	9.724	25.2	3.8	
2005-04-19 07:42:01.250	44.724	9.348	7.8	3.7	
2005-04-18 10:59:18.560	44.763	9.702	26.3	3.2	

Nel catalogo DBMI11 a cura di Locati et al. 2011 viene riportata la storia sismica nota del comune di Morfasso da cui si estrae quanto segue:

INGV - DBMI11 - Morfasso

Storia sismica di Morfasso [44.722, 9.702]				
Numero di eventi: 7				
Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	1906 11 10 17:55	Appennino ligure	49	5-6 4.44 ±0.28
2-3	1928 02 21 04:37	VARESE LIGURE	8	5 4.39 ±0.25
6-7	1980 12 23 12:01	Piacentino	38	6-7 4.60 ±0.09
5	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
NF	2005 04 13 18:46	Valle del Trebbia	165	5 4.05 ±0.18
4	2005 04 18 10:59	Valle del Trebbia	286	5 3.98 ±0.09

In sintesi si segnalano in particolare il terremoto del 27/01/2012 di magnitudo 5.2 con epicentro nel territorio comunale di Berceto e il terremoto del 10/03/2012 di magnitudo 4.5 con epicentro in comune di Bettola tra le località dei Bigotti e dei Badoni, a pochissimi Km dal confine comunale di Morfasso; a cui è seguita una replica con epicentro all'interno del comune di Morfasso in prossimità della loc. San Michele avente magnitudo 3.2.

### 3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

#### 3.1 Tettonica e sedimentazione

Il Comune di Morfasso è ubicato nel medio versante padano dell'Appennino Emiliano ed è delimitato a Nord dai Klippen del M. Rocca di Moria, a Ovest dal T.Chero, dal M. S. Franca e dal M. Menegosa, ad Est Sud-Est dal T. Arda e dai M. Cornale e Carameto, a Sud dall'altipiano del M. di Lama e dalle cime ofiolitiche del M. Cravola e Groppo di Gora.

L'Appennino settentrionale è un segmento del sistema di catene alpine circummediterranee la cui porzione nord-occidentale rappresenta la transizione alle Alpi Marittime. Esso è costituito da un complesso insieme di unità tettoniche le cui caratteristiche litostratigrafiche e strutturali riflettono l'evoluzione geodinamica di questo settore di catena. Questa evoluzione si è sviluppata attraverso le fasi di *rifting* e di *spreading* triassico-giurassiche che hanno portato all'individuazione del dominio oceanico ligure-piemontese, situato tra i margini continentali delle placche europea ed apula. Le successive fasi convergenti, attive fin dal Cretaceo superiore, hanno determinato la chiusura del dominio ligure-piemontese, tramite la subduzione e l'obduzione di litosfera oceanica, e, nell'Eocene medio, la collisione continentale. A partire dall'Oligocene-Miocene, la deformazione è stata esclusivamente intracontinentale ed ha interessato il margine della placca apula con una progressiva migrazione del fronte compressivo verso est. L'Appennino è quindi caratterizzato dalla sovrapposizione tettonica dell'insieme alloctono delle Unità liguri, di origine oceanica, sull'insieme Umbro-Toscano, che rappresenta la copertura deformata e scollata dell'avampaese continentale apulo. Queste ultime affiorano prevalentemente nella parte meridionale dell'Appennino Settentrionale (Toscana ed Umbria), mentre le Unità Liguri sono ben rappresentate soprattutto nell'Appennino ligure-emiliano, costituendo una coltre continua dal Mar Ligure fino alla Pianura Padana. Questa continuità è interrotta soltanto dalle finestre tettoniche di M. Zuccone, Bobbio e Salsomaggiore, nelle quali affiorano formazioni appartenenti al Dominio Umbro-Toscano.

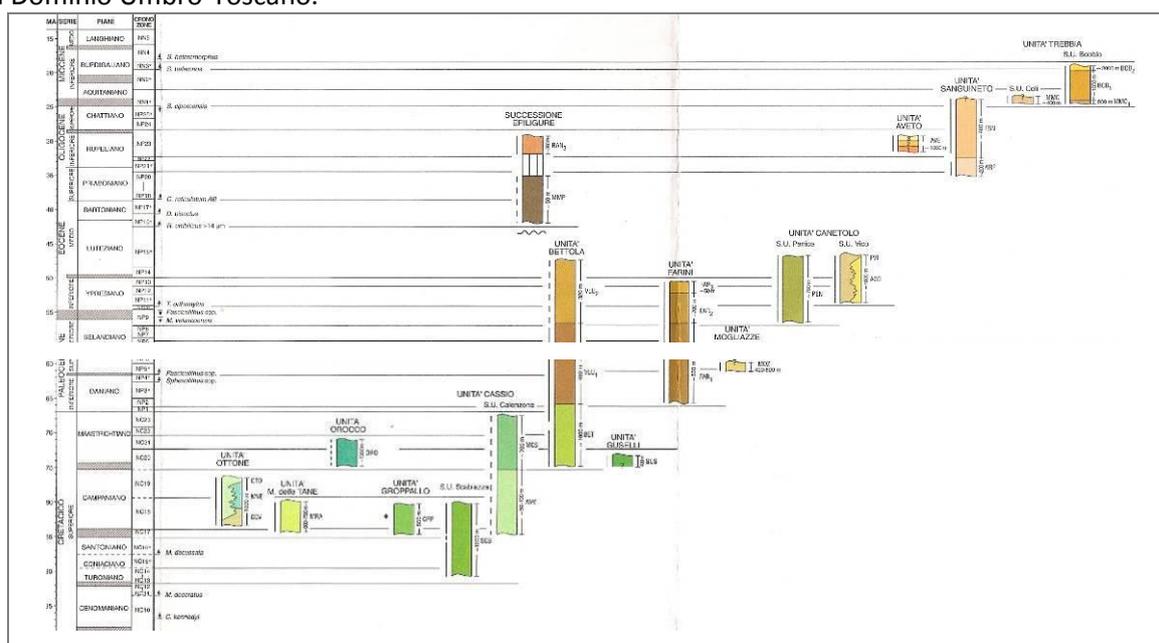


Figura 3.1. Schema cronostatigrafico delle successioni delle unità tettoniche (Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 198 - Bardi, Servizio Geologico d'Italia).

Le prime unità alloctone sovrapposte alle formazioni del Dominio Umbro-Toscano sono le Unità Subliguri; al di sopra di queste si trovano le Unità Liguri, che sono suddivisibili, in funzione del dominio di provenienza, in Interne ed Esterne (le prime ricoprono le seconde). Al di sopra delle Unità Liguri giace poi in discordanza la Successione Epiligure.

### **3.2 Stratigrafia comunale**

Le unità affioranti nell'area del territorio comunale costituiscono il settore più esterno dell'edificio strutturale dell'Appennino Settentrionale e vengono indicate in letteratura come "Liguridi Esterne" del versante padano; tutte queste unità geologiche sono di origine interamente alloctona e sono costituite in prevalenza da sedimenti torbiditici di fossa (Flysch di M.Cassio, di Bettola, di Farini d'Olmo, Formazione della val Luretta, Arenarie di Scabiazza), i cui materiali derivano dallo smantellamento dei margini sovrascorrenti in sollevamento durante la fase di convergenza delle placche; da pelagiti di piana abissale (Argille a Palombini e Argilliti dei Guselli) e da scaglie di crosta oceanica (masse ofiolitiche). Data la complessità geodinamica gli originari contatti stratigrafici sono raramente osservabili e non distinguibili in modo netto; questo ha fatto sì che le successioni stratigrafiche ricostruibili nell'area del Comune di Morfasso sono di potenza limitata e spesso rappresentano parti di una singola formazione che, per la natura tettonica dei contatti che le delimitano e per la deformazione subita, assumono il rango di unità tettoniche.

#### **3.2.1 Unità Tettonica Cassio**

Nell'area di indagine è costituita da una successione stratigrafica che comprende, dal basso, due formazioni: le Arenarie di Scabiazza e il Flysch di Monte Cassio.

##### **3.2.1.1 Arenaria di Scabiazza - SCB**

Sono costituite da litoareniti micacee fini grigio nocciola e peliti siltoso-marnose grigio scure, in strati da molto sottili a medi, localmente spessi. Sono osservabili localmente alcuni strati molto spessi, fino a banchi, di marne calcaree grigie a base arenitica come anche conglomerati e calciliti in strati spessi e sottili intercalazioni di argilliti rossastre. Si presentano sempre intensamente tettonizzate, con pieghe a tutte le scale, e per gli strati di un certo spessore con una caratteristica fatturazione con vene di calcite perpendicolari alla stratificazione. Lo spessore è stimabile tra i 100 e i 250 metri circa. L'ambiente di deposizione doveva essere un bacino profondo a sedimentazione quasi esclusivamente torbiditica. L'età di deposizione è valutata in un intervallo compreso tra Cenomaniano e Santoniano.

##### **3.2.1.2 Flysch di M.Cassio - MCS**

E' costituito da marne e marne calcaree grigio nocciola, giallastre all'alterazione, a base calcarenitica fine, a frattura scheggiata, passanti a marne argillose scagliose, in strati da spessi a banchi. A questi sono intercalati set di strati medi e sottili di arenarie medio-fini ed argille siltose. Lo spessore massimo misurato del Flysch di M.Cassio raggiunge i 1300 m. L'ambiente di deposizione doveva essere un bacino profondo, in cui la sedimentazione torbiditica era nettamente prevalente sulla normale sedimentazione emipelagica. L'età di deposizione è valutata in un intervallo compreso tra Campaniano e Maastrichtiano.

#### **3.2.2 Unità Tettonica Groppallo**

Si sviluppa in un'area che comprende i rilievi di M. Menegosa, M. Lama, Groppo di Gora e Rocca di Casali e occupa una precisa posizione strutturale: è infatti ricoperta dall'Unità Tettonica Cassio e sovrascorre l'Unità Tettonica Bettola. La formazione caratteristica dell'Unità è il Complesso di Pietra Parcellara.

### 3.2.2.1 Complesso di Pietra Parcellara -CPP

Si tratta di un complesso sedimentario costituito da depositi clastici grossolani, di natura torbidityca, cui sono associati olistoliti, anche di notevoli dimensioni, di varia natura, tra i quali si riconoscono:

- *Argille a Palombini (APA)*: sequenze plurimetriches di calcilutiti silicizzate grigio-verdi in strati da medi a spessi, con spalmature verdi sulle superfici di strato, calcari marnosi grigio chiari a base talora calcarenitica fine in strati molto spessi e argilliti siltoe grigio scure in livelli da molto sottili a medi, raramente si osservano sottili strati arenitici grigio scuri;
- *Calcari a Calpionelle (CCL)*: calcilutiti bianche o grigio chiare, tipicamente a frattura concoide, ben stratificate in strati spessi a laminazione parallela, che presentano spesso inclusi di selce in noduli, lenti allungate e livelli paralleli alla stratificazione;
- *Serpentiniti (Σ)*: serpentiniti brecciate o più raramente massive di colore verde scuro e con spalmature di minerali fibrosi verde chiaro, le breccie hanno sempre un alto indice di spigolosità e la matrice quando presente è di natura serpentinitica.
- *Diaspri (DSD)*: diaspri rossi in strati da sottili a molto spessi.

L'età attribuita alla formazione è un generico Cretacico superiore.

### 3.2.3 **Unità Tettonica Bettola**

E' ricoperta per sovrascorrimento dall'Unità Tettonica Groppallo o dall'Unità Tettonica Cassio e sovrascorre a sua volta l'Unità Tettonica Guselli e l'Unità Tettonica Farini. E' costituita da una successione stratigrafica che comprende, dal basso, il Flysch di Bettola e la Formazione di Val Luretta.

#### 3.2.3.1 Flysch di Bettola -BET

E' costituito da calcari marnosi e marne, da grigie a nocciola, a base calcarenitica grigio scura, giallo-bruna se alterata, in strati spessi e banchi anche oltre i 6 m. Queste litologie si alternano ritmicamente ad areniti e peliti grigie, in strati da sottili a spessi, con rapporto A/P<1. Localmente la formazione presenta un notevole aumento delle porzioni pelitiche rispetto ai livelli arenitici, con banchi marnoso-siltosi spessi fino a 10 m. La formazione si presenta molto spesso intensamente tettonizzata, lo spessore viene stimato in circa 500 m. L'ambiente di deposizione doveva essere un bacino profondo a sedimentazione torbidityca prevalente sulla normale sedimentazione emipelagica. L'età di deposizione va dal Campaniano inferiore al Paleocene inferiore.

#### 3.2.3.2 Formazione della Val Luretta - VLU

Affiora estesamente lungo il versante destro dalla Val Chero, tra i paesi di Guselli e San Michele ed è stata divisa in membri: il Membro di Poviago (**VLU<sub>1</sub>**), che affiora nell'area dello studio, il Membro di Genepreto (**VLU<sub>3</sub>**) e il Membro di Monteventano. Il *Membro di Poviago (VLU<sub>1</sub>)* è costituito dalla ritmica alternanza di areniti e peliti marnose grigio nocciola, in strati sottili e medi, raramente spessi, a queste sono raramente intercalate delle marne e marne calcaree grigio chiare, a base arenitica e microconglomeratica, in strati da medi a molto spessi, il membro è caratterizzato dalla presenza di alcuni strati molto spessi e banchi di marne rosate e rosso mattone a base biocalcarenitica microconglomeratica. Lo spessore è valutato intorno ai 450 m. L'ambiente di deposizione doveva essere un bacino profondo a sedimentazione torbidityca prevalente sulla normale sedimentazione emipelagica. L'età del membro va dal Daniano al Selandiano.

### 3.2.4 **Unità Tettonica Guselli**

Affiora poco estesamente nell'area dello studio, strutturalmente è sovrascorsa dall'Unità Tettonica Bettola ed è in contatto tettonico con l'Unità Tettonica Farini d'Olmo tramite una faglia normale ad alto angolo. E' rappresentata dalla formazione delle Argilliti dei Guselli.

#### 3.2.4.1 Argilliti dei Guselli - GUS

E' costituita da argilliti e argille varicolorate, dal rosso, al verde, al grigio, al vinato, con sporadiche intercalazioni di areniti di colore da grigio a verde scuro, in livelli molto sottili. Caratteristica delle Argilliti dei Guselli è l'intensa tettonizzazione subita, con formazione di pieghe strizzate a tutte le scale e piani di

taglio con superfici lucide. L'ambiente di deposizione doveva essere un bacino molto profondo a sedimentazione emipelagica, con limitati apporti da parte di correnti torbiditiche. In letteratura le argilliti dei Guselli sono attribuite al Cretaceo Superiore.

### 3.2.5 Unità Tettonica Farini

Strutturalmente è sovrascorsa dall'Unità Tettonica Bettola e presenta contatti per faglia con l'Unità Tettonica Guselli, che vengono interpretati come legati ad una fase successiva a quella che aveva portato l'Unità Tettonica Guselli a sovrascorrere sull'Unità Tettonica Farini. E' rappresentata dalla formazione del Flysch di Farini d'Olmo.

#### 3.2.5.1 *Flysch di Farini d'Olmo - FAR*

Ha un'origine prevalentemente torbiditica ed è stata suddiviso in 4 membri che dal basso della successione stratigrafica sono:

- *Membro di Predalbora (FAR<sub>1</sub>)*
- *Membro di Rigolo (FAR<sub>2</sub>)*
- *Membro di Costa (FAR<sub>3</sub>)*
- *Membro di Carpadasco (FAR<sub>4</sub>)*

All'interno di queste sottounità spesso sono a loro volta riconosciute e distinte ulteriori sottounità con rango di litofacies. Nell'area di studio affiorano il *Membro di Predalbora* e il *Membro di Rigolo*.

#### *Membro di Predalbora (FAR<sub>1</sub>)*

E' costituito da areniti medio-fini grigio-nocciola o grigio scure e peliti marnose grigio-nocciola, in strati da medi a spessi, con rapporto  $A/P \geq 1$ . Sono intercalate subordinate marne chiaie, in strati anche molto spessi, a base calcarenitica, e calcari laminati chiari, in strati sottili e medi. Localmente, verso il tetto del membro, è presente un livello costituito da arenarie verdi e peliti rosse in strati sottili. Alla base del membro è stata distinta una litofacies calcareo-marnosa denominata litofacies di Case Poncini. Lo spessore totale del membro è valutabile intorno ai 680 m, la litofacies di Case Poncini raggiunge i 250 m di spessore. L'ambiente di deposizione doveva essere un bacino profondo a sedimentazione torbiditica prevalente sulla normale sedimentazione emipelagica. L'età del membro va dal Daniano al Selandiano.

#### *Membro di Rigolo (FAR<sub>2</sub>)*

E' costituito da calcari marnosi e marne chiare a base calcarenitica grigia, in strati da medi a molto spessi, con locali banchi alternati a subordinate arenarie e peliti siltoso-marnose, grigio-verdastre e nocciola, in strati sottili e medi con rapporto  $A/P > 2$ . Verso il tetto del membro è stata distinta localmente una litofacies pelitico-arenacea, denominata litofacies di Groppo Ducale (**FAR<sub>2a</sub>**), costituita da argille debolmente marnose rosate o verdastre e arenarie grigie, a stratificazione molto sottile e sottile, con intercalati almeno due banchi di marne rosate. Localmente, verso la base, il membro di Rigolo presenta un livello di marne rosate maculate, a base calcarenitica, spesso fino 4 m. Lo spessore massimo è valutabile intorno ai 670 m. L'ambiente di deposizione doveva essere un bacino profondo a sedimentazione torbiditica prevalente sulla normale sedimentazione emipelagica. L'età è stimabile nell'Eocene inferiore.

### 3.3 Assetto geomorfologico

Il territorio comunale di Morfasso, dal punto di vista morfo – strutturale, si colloca nel settore collinare e montuoso dell'Appennino Emiliano occidentale, appartenente alla Fascia medio – appenninica.

La Fascia medio – appenninica è rappresentata dalle unità strutturali mesozoiche Liguri e da quelle Epiliguri, che assieme ricoprono le più profonde Unità Toscane e l'unità Umbro – Marchigiana del bordo. In particolare trovano larga diffusione nel territorio le formazioni argillose o ricche di interstrati pelitici, alle quali si contrappongono lembi più o meno cospicui di flysch cretacei e terziari (sia a dominante calcarea che arenacea), ammassi ofiolitici e lembi di diaspri e Calcari a Calpionelle. Tali lembi flyscioidi e placche arenaco – marnose – pelitiche sono spesso fagliati, e i loro bordi, anche per la particolare situazione idrogeologica dovuta al substrato impermeabile, sono soggetti ad instabilità e non di rado a

deformazioni gravitative profonde di versante, con creazione di grandi nicchie di frana e scarpate caratterizzate da pendenze e contropendenze anomale contraddistinte da evidenze sartumose. Probabilmente un contributo decisivo a tali grandi forme gravitative viene dalle frequenti scosse sismiche in questo settore appenninico. L'analisi delle cartografie del territorio comunale evidenzia la grande diffusione di detriti superficiali e lembi di versanti dislocati in massa, in rapporto agli affioramenti delle formazioni ritenute in posto. La maggior parte di queste coperture è di origine gravitativa.

Le rocce più resistenti alla degradazione (flysch calcarei, ofioliti e diaspri) dominano il paesaggio tuttavia la maggior parte dello stesso è modellato in terreni scarsamente selettivi, come le Arenarie di Scabiazza, e in quelli erodibili e morfologicamente depressi, rappresentati dai terreni argillosi.

I corsi d'acqua più importanti che drenano il territorio comunale sono i torrenti Arda, Chero e Lubiana; i depositi fluvio – torrentizi sono prevalentemente tardo olocenici e relegati negli alvei attuali. In genere questi torrenti formano valli ampie con versanti che mostrano grande variabilità morfoselettiva, in alcuni casi le varici vallive si restringono rapidamente in corrispondenza di litotipi resistenti all'incisione lineare e il corso d'acqua intaglia delle strettoie simili a forre: ciò suggerisce che molti corsi d'acqua siano antecedenti al sollevamento del pede-appennino, evidenziando il loro adattamento alle strutture o ai lembi rocciosi più resistenti.

### 3.3.1 Depositi continentali quaternari

Questi tipi di depositi si sono formati ad opera dei vari processi sedimentari e sono legati principalmente a fenomeni gravitativi e alla dinamica fluviale. Gli accumuli di frana si distinguono sulla base del loro stato di attività in *frane attive o in evoluzione e frane quiescenti*. Le prime presentano evidenze di movimento in atto o sono state interessate da movimento negli ultimi cicli stagionali, mentre le frane quiescenti non recano evidenze di movimento. I corpi franosi dal punto di vista litologico sono costituiti da accumuli gravitativi di elementi litoidi eterogenei ed eterometrici, ad assetto caotico, in abbondante matrice pelitica.

Altri tipi di coperture originatesi per processi essenzialmente gravitativi e con l'apporto più o meno sensibile di fenomeni di ruscellamento sono i *depositi di versante*: sono costituiti da elementi lapidei eterogenei ed eterometrici, inglobati in matrice pelitica o sabbiosa talora abbondante, derivanti da processi di alterazione in situ, accumulati ad opera della gravità e rielaborati da fenomeni gravitativi e dalle acque di ruscellamento.

I depositi alluvionali caratterizzanti le aree del territorio comunale sono classificati in genere come *depositi alluvionali in evoluzione* e sono costituiti dal punto di vista litologico da ghiaie prevalenti, sabbie e locali blocchi di dimensioni anche plurimetriche; occupano per lo più l'alveo attuale del corso d'acqua o i tratti temporaneamente abbandonati ma che sono potenzialmente interessati dalle dinamiche fluviali in regime di piena ordinaria e possono essere ancora soggetti a rimobilizzazione.

## 4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Le indagini geognostiche e geofisiche utilizzate nel presente studio sono riportate nella tavola "Carta delle indagini". Dall'esame della suddetta carta si evidenzia come il territorio comunale sia stato ovviamente indagato soprattutto nei pressi dei centri abitati principali.

### 4.1 Indagini geognostiche pregresse

E' stato raccolto ed inserito nella banca dati georeferenziata un repertorio di indagini pregresse derivanti dal database comunale composto dalle indagini relative alla realizzazione del PRG '97 e alle pratiche connesse all'urbanizzazione.

Abbastanza numerose sono risultate le prove penetrometriche dinamiche [57], precisamente 43 mediante penetrometro pesante e 14 tramite penetrometro leggero; più rare quelle statiche [13]. La stratigrafia del territorio è stata inoltre indagata da qualche sondaggio [10], precisamente 7 a carotaggio continuo e 3 a distruzione, e da 3 rilievi geomeccanici effettuati nella cava di pietra; concentrati per lo più nel capoluogo comunale. Abbastanza numerose sono anche risultate le indagini geofisiche, tra cui 31

prove sismiche a rifrazione allegate alla documentazione per la redazione del PRG '97, 23 prove sismiche multicanale basate su onde di superficie (tipo MASW) e 10 prove a stazione singola (tipo HVSR).

## 4.2 Indagini geognostiche eseguite per la presente microzonazione sismica

Ad integrazione dei dati reperiti è stata eseguita una campagna di indagine volta all'integrazione soprattutto dei dati geofisici. In particolare sono state eseguite 21 prove sismiche a stazione singola (HVSR) e 5 sismiche tipo MASW + HVSR, sono stati inoltre realizzati 16 rilievi geomeccanici su affioramenti appartenenti alle varie formazioni presenti nel territorio comunale.

Per tutte le indagini eseguite sono riportati in allegato i rapporti di prova.

Le prove sismiche sono state eseguite in corrispondenza dei centri abitati, aventi numero di dimoranti dall'ultimo censimento maggiore o uguale a 20 unità, che sono oggetto di approfondimento di I e II livello.

### 4.2.1 Prove sismiche MASW+HVSR

La tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) consiste nell'analisi della dispersione delle onde di superficie al fine di definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio S. La MASW classica/standard consiste nella registrazione della propagazione di una classe di onde di superficie e specificatamente delle onde di Rayleigh: queste ultime vengono generate da una sorgente ad impatto verticale. Due sono gli aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e Sv. Il primo aspetto è che le onde di Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e Sv, in quanto si propagano secondo fronti d'onda cilindrici e non sferici (come le altre onde) viaggiando con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In queste indagini accanto all'acquisizione MASW in Rayleigh vengono proposte anche le analisi della dispersione delle onde di Love, da analizzare congiuntamente alle Rayleigh, per meglio definire il substrato e superare talune ambiguità interpretative che possono presentarsi sugli spettri di velocità riferiti solo alle onde di Rayleigh. Le acquisizioni in onde di Love non possono sostituire completamente quelle in onde di Rayleigh ma la chiarezza dei loro spettri di velocità risulta di estrema utilità allorché gli spettri delle onde di Rayleigh risultino di ardua interpretazione in relazione alla presenza di forti segnali *scatterati* e all'intrecciarsi di diversi modi. Sono inoltre state eseguite misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal to Vertical Spectral Ratio - HVSR) utile a definire eventuali risonanze di sito e, unitamente a misure di dispersione delle onde di superficie, a meglio vincolare il profilo  $V_s$  (Dal Moro, 2010; 2011). A causa della pesante non-univocità della soluzione una modellazione del solo HVSR senza quantitative informazioni sulle  $V_s$  da parte di misure MASW non risulta sufficientemente affidabile.

L'acquisizione dei dati è stata eseguita tramite l'utilizzo di un sismografo 24 canali (modello Echo 2002) collegato a geofoni orizzontali aventi frequenza propria di 4.5 Hz. Le acquisizioni utili ad analizzare il rapporto spettrale H/V (HVSR) sono state eseguite utilizzando lo strumento SR04-GEOBOX, dotato di sensore a 2.0 Hz (Sara electronic instruments). L'analisi dei dati acquisiti è stata eseguita utilizzando il software WINMASW 5.2 versione Professional.

La 5 prove Masw+HVSR sono state eseguite rispettivamente nei pressi degli abitati di:

- Costa
- Olza
- Carignone
- Malvisi
- Rocchetta.

**COSTA**

Il valore di  $V_{s30}$  calcolato al piano campagna sulla base dell'analisi congiunta MASW+HVSr è risultato pari a 348 m/s. Nella figura seguente si riportano i valori di  $V_s$  registrati alle differenti profondità ed il profilo verticale delle velocità; in allegato si riportano alcuni cenni sulle metodologie utilizzate e le elaborazioni complete dei dati ottenuti.

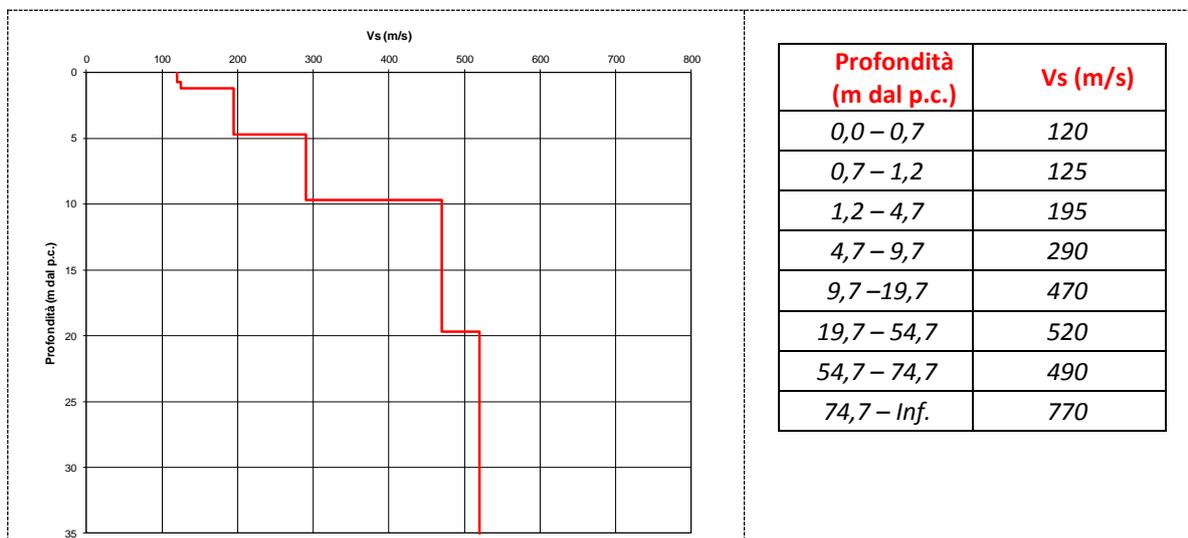


Figura 4.1. Profilo di  $V_s$  ricavato dalla prova MASW+HVSr e valori di  $V_s$ .

**OLZA**

Il valore di  $V_{s30}$  calcolato al piano campagna sulla base dell'analisi congiunta MASW+HVSr è risultato pari a 410 m/s. Nella figura seguente si riportano i valori di  $V_s$  registrati alle differenti profondità ed il profilo verticale delle velocità; in allegato si riportano alcuni cenni sulle metodologie utilizzate e le elaborazioni complete dei dati ottenuti.

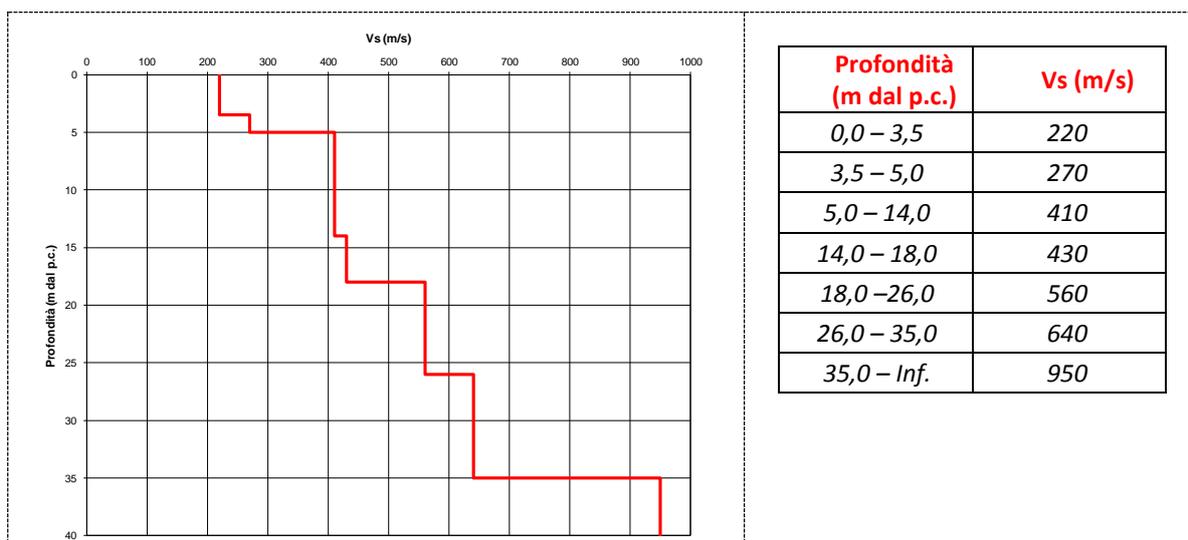


Figura 4.2. Profilo di  $V_s$  ricavato dalla prova MASW+HVSr e valori di  $V_s$ .

**CARIGNONE**

Il valore di  $V_{s30}$  calcolato al piano campagna sulla base dell'analisi congiunta MASW+HVSr è risultato pari a 317 m/s. Nella figura seguente si riportano i valori di  $V_s$  registrati alle differenti profondità ed il profilo verticale delle velocità; in allegato si riportano alcuni cenni sulle metodologie utilizzate e le elaborazioni complete dei dati ottenuti.

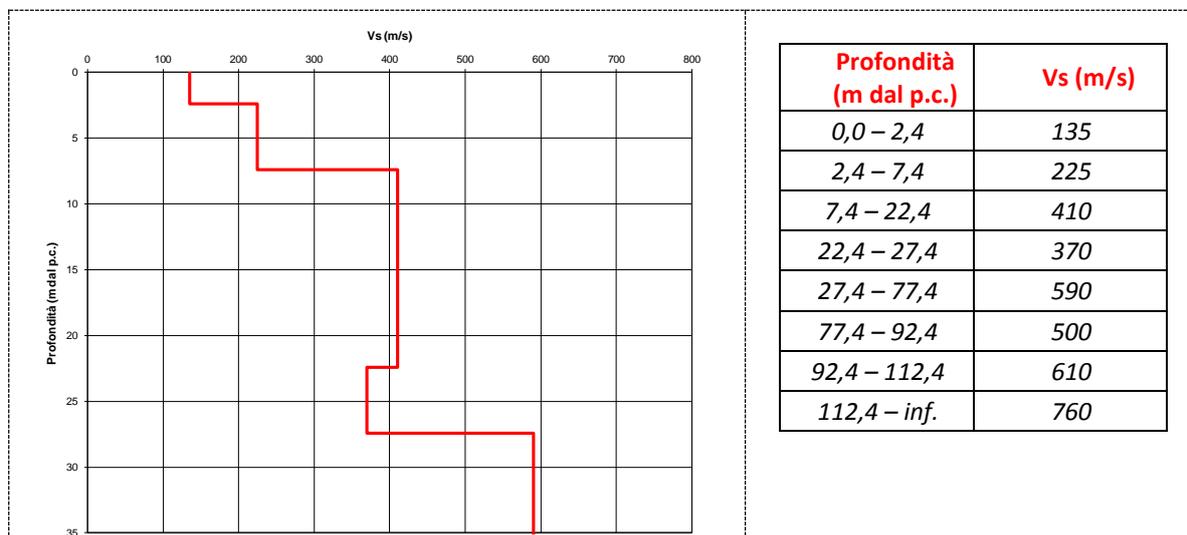


Figura 4.3. Profilo di  $V_s$  ricavato dalla prova MASW+HVSr e valori di  $V_s$ .

**MALVISI**

Il valore di  $V_{s30}$  calcolato al piano campagna sulla base dell'analisi congiunta MASW+HVSr è risultato pari a 365 m/s. Nella figura seguente si riportano i valori di  $V_s$  registrati alle differenti profondità ed il profilo verticale delle velocità; in allegato si riportano alcuni cenni sulle metodologie utilizzate e le elaborazioni complete dei dati ottenuti.

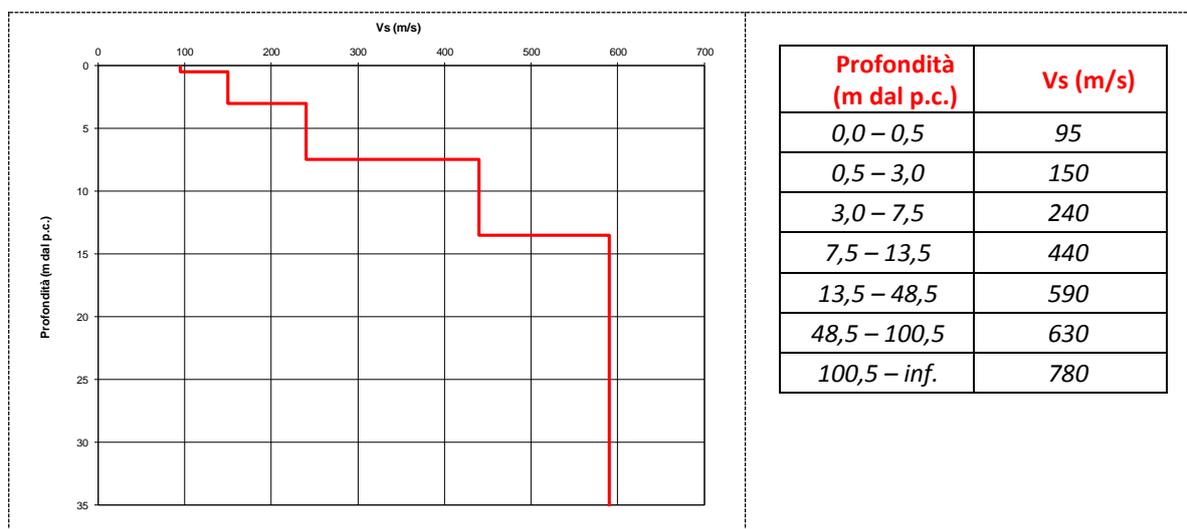


Figura 4.4. Profilo di  $V_s$  ricavato dalla prova MASW+HVSr e valori di  $V_s$ .

**ROCCHETTA**

Il valore di  $V_{s30}$  calcolato al piano campagna sulla base dell'analisi congiunta MASW+HVSr è risultato pari a 226 m/s. Nella figura seguente si riportano i valori di  $V_s$  registrati alle differenti profondità ed il profilo verticale delle velocità; in allegato si riportano alcuni cenni sulle metodologie utilizzate e le elaborazioni complete dei dati ottenuti.

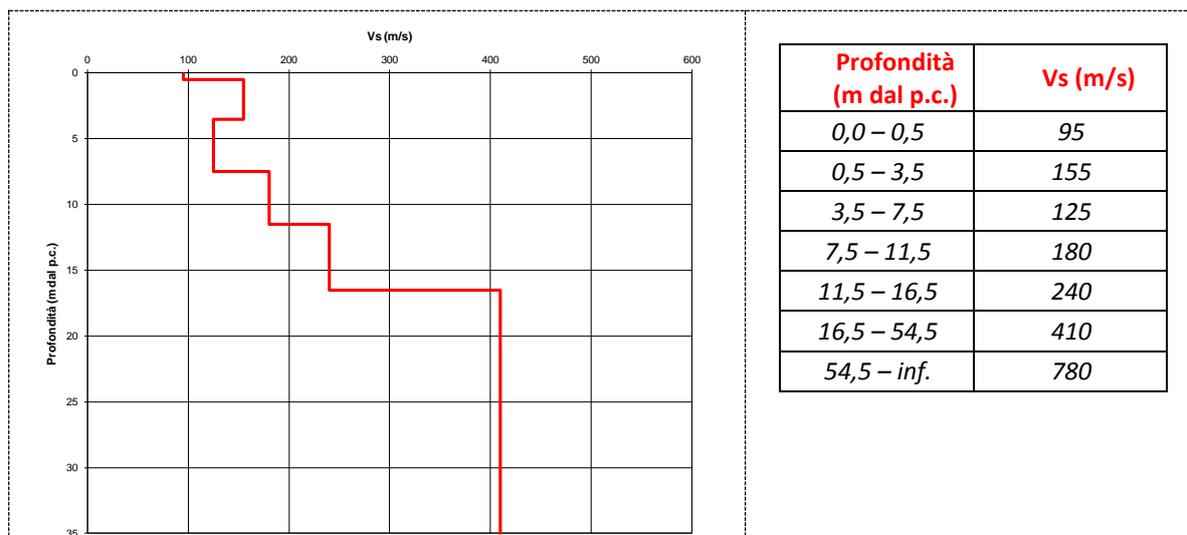


Figura 4.5. Profilo di Vs ricavato dalla prova MASW+HVSr e valori di Vs.

#### 4.2.2 Prove sismiche tipo HVSr

Lo strumento è costituito da una terna di geofoni (due orizzontali disposti perpendicolarmente, il terzo verticale) in grado di rispondere allo stesso modo a una medesima sollecitazione.

Le acquisizioni durano 20 minuti. Le frequenze che interessano l'ambito geologico-ingegneristico sono comprese nell'intervallo tra i 0.5 e i 20 Hz.

Il principio su cui si basa questo strumento è piuttosto semplice. Misurando il rapporto H/V (con H componente orizzontale e V componente verticale) determinabile dai microtremori (le oscillazioni del suolo indotte da una serie di fattori sia naturali che antropici) si può identificare in maniera passiva la frequenza di risonanza del sottosuolo, che risulta in relazione diretta con l'amplificazione sismica.

La trattazione classica di Nakamura prevedrebbe il coinvolgimento delle onde di corpo (S e P) mentre le evidenze teoriche e sperimentali più recenti portano a concludere che il fattore determinante che determina la curva H/V sperimentale sia dato invece dalle onde di superficie (più specificatamente dall'ellitticità, cioè appunto dal rapporto che sussiste tra le componenti orizzontali e quella verticale).

Per la campagna di indagine è stato utilizzato un sismografo SR04-GEOBOX sensore 2.0Hz con una frequenza di campionamento di 300Hz ed un tempo di registrazione di 20 minuti. L'elaborazione dei dati è stata eseguita con il software WINMASW 5.2 Professional, impostando la lunghezza delle finestre a 20s e lisciamiento con finestra triangolare con ampiezze 10-20%.

In allegato sono riportati i diagrammi acquisiti e le elaborazioni eseguite.

Di seguito si riportano i principali dati associati alle misure di microtremore eseguite per il presente lavoro e reperite.

N°	ID_INDP	Longitudine	Latitudine	F <sub>0</sub>	Ampiezza	Altri picchi significativi	Località
HV01	P81HVS84	79343	4963218	-	-		Teruzzi
HV02	P82HVS85	81346	4963195	10,1	2,4	4,1	Rusteghini
HV03	P83HVS86	80574	4969843	5,3	2,7		San Michele
HV04	P84HVS87	85107	4969096	7,8	1,9		I Rabbini
HV05	P85HVS88	80496	4965993	1,5	3,5		Morfasso
HV06	P86HVS89	80548	4967340	20,1	1,6		Levei
HV07	P87HVS90	85860	4970496	2,3	1,9		Casale
HV08	P88HVS91	81011	4965470	4,9	1,7		Cornolo
HV09	P89HVS92	81126	4965437	5,8	2,6		Cornolo
HV10	P90HVS93	81659	4966831	4,1	3,6	14,1	Olza
HV11	P91HVS94	83380	4966957	2,5	3,4		Costa
HV12	P92HVS95	85254	4969160	4,8	2,3		I Rabbini
HV13	P93HVS96	84191	4963464	3,4	2,5		Casali
HV14	P94HVS97	84244	4963211	7,1	1,8		Casali
HV15	P95HVS98	83353	4964332	-	-	23,0	Pedina Inferiore
HV16	P96HVS99	83093	4964672	7,8	3,2	3,4	Pedina Superiore
HV17	P97HVS100	80242	4965476	4,2	2,2	26,1	Negri di Morfasso
HV18	P98HVS101	80494	4965664	3,8	4,1	9,9	Morfasso area Municipio
HV19	P99HVS102	80314	4966033	2,3	3,1	5,6 – 8,1	Morfasso Via Papa Giovanni XXIII
HV20	P100HVS103	84714	4969455	-	-		Taverne
HV21	P101HVS104	83246	4967115	6,9	3,4		Costa
HV22	P102HVS105	82078	4972142	8,3	2,1		Carignone
HV23	P103HVS106	79353	4968761	7,1	3,5		Case Malvisi
HV24	P104HVS107	80421	4969805	3,1	2,5		San Michele
HV25	P105HVS108	80412	4969647	-	-		San Michele
HV26	P106HVS109	80756	4969747	5,2	2,3	19,0	San Michele
HV27	P107HVS110	81542	4967038	10,4	2,6	4,4	Olza
HV28	P108HVS111	79571	4969248	-	-	17,9	Case Malvisi
HV29	P109HVS112	79394	4966193	1,8	2,9		Rocchetta
HV30	P110HVS113	81937	4963611	7,0	2,8		Teruzzi
HV31	P111HVS114	79111	4962671	7,7	2,3		Rusteghini

## 5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il comune di Morfasso, come ampiamente descritto nei capitoli precedenti, è caratterizzato dalla presenza di unità geologiche di origine interamente alloctona e costituite in prevalenza da sedimenti torbiditici di fossa (Flysch di M.Cassio, di Bettola, di Farini d'Olmo, Formazione della val Luretta, Arenarie di Scabiazza), i cui materiali derivano dallo smantellamento dei margini sovrascorrenti in sollevamento durante la fase di convergenza delle placche; da pelagiti di piana abissale (Argille a Palombini e Argilliti dei Guselli) e da scaglie di crosta oceanica (masse ofiolitiche).

Il substrato marino è ricoperto, ove non affiorante, da coltri di alterazione superficiali aventi spessori e grado di stabilità variabile.

Per ogni centro interessato dallo studio sono state realizzate delle sezioni geologiche riportate in allegato, correlando i dati geognostici reperiti; i relativi commenti sono riportati nel § 8.4.3.

I dati reperiti di velocità delle onde di taglio relativi ai depositi marini così come i valori di risonanza fondamentale  $f_0$  derivanti dall'elaborazione dei dati HVSR non permettono di individuare i depositi marini come bedrock sismico così come definito dagli ICMS (velocità  $V_s > 800$  m/s).

I depositi marini pertanto costituiscono un bedrock sismico non rigido, nel quale la velocità delle onde di taglio non supera gli 800 m/s e non può essere utilizzato negli abachi per la determinazione di FA ed FV degli ICMS.

## 6 INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Le analisi eseguite hanno evidenziato, come descritto nei paragrafi precedenti, la presenza di un substrato marino che non può essere assimilato ad un bedrock sismico sensu ICMS (2008), pertanto nell'analisi di II Livello, ovvero nell'elaborazione dei fattori di amplificazione si è optato per l'utilizzo esclusivo degli abachi regionali contenuti nell'allegato 2 della D.A.L. 112/2007 della Regione Emilia Romagna, specifici per la presenza di litotipi del substrato con  $V_s < 800$  m/s. Una descrizione relativa all'utilizzo di tali abachi è riportato nel capitolo 7.

E' qui doveroso segnalare anche l'estrema incertezza insita nelle misure HVSR, ancor più se si considera l'importanza degli effetti topografici in un contesto montano e collinare come quello in analisi.

Inoltre si sottolinea come le indagini pregresse e quelle eseguite per la presente microzonazione hanno rivelato in parecchie situazione la presenza di una coltre d'alterazione superficiale ricoprente il substrato roccioso, lo spessore della quale è stato considerato per il calcolo dei fattori d'amplificazione, allorquando maggiore di 3 metri.

## 7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

### 7.1 Valutazione dei fattori di amplificazione (II Livello)

Poiché, come descritto nel paragrafo precedente, il substrato marino presente nel territorio del comune di Morfasso evidenzia velocità  $V_s$  inferiori a 800 m/s (quindi difficilmente assimilabile ad un substrato rigido) si è scelto di utilizzare esclusivamente le tabelle per la valutazione dei fattori di amplificazione contenuti nell'allegato 2 della D.A.L. 112/2007 della Regione Emilia Romagna.

L'analisi di secondo livello, secondo la DAL 112/2007 della Regione Emilia Romagna, prevede la definizione dei coefficienti di amplificazione (FA) per il territorio urbanizzato ed urbanizzabile.

Il primo step del calcolo del valore di F.A. prevede la suddivisione del territorio indagato in funzione della profondità del bedrock.

Il secondo step del calcolo del valore di FA prevede la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,H}$ .

La velocità delle onde di taglio è stata determinata attraverso le seguenti formule sulla base di prove geofisiche eseguite e reperite:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \qquad V_{S,H} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Nell'ambito collinare e pedecollinare, poiché il substrato marino presente nel territorio del comune di Morfasso ha evidenziato  $V_s < 800$  m/s, sono state utilizzate le seguenti tabelle (estratte dal § A2.1.1 all'Allegato A2 della D.A.L. 112/2007) nel caso in cui il substrato marino presenti coperture  $> 3m$ .

F.A. P.G.A.

$V_{sH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_o < 0.5s$

$V_{sH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_o < 1.0s$

$V_{sH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Nel caso in cui il substrato marino con  $V_s < 800$  m/s sia affiorante sono state utilizzate le seguenti tabelle (estratte dal § A2.1.1 all'Allegato A2 della DAL 112/2007).

F.A. P.G.A.

$V_{s30}$	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_o < 0.5s$

$V_{s30}$	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_o < 1.0s$

$V_{s30}$	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0

I risultati delle prove geofisiche eseguite, nonché le elaborazioni realizzate sono riportati nei paragrafi 8.5-8.6, nella tavola "Carta della velocità delle onde di taglio" e nell'allegato database delle indagini.

## 8 ELABORATI CARTOGRAFICI

### 8.1 Carta delle indagini

Nel territorio del comune di Morfasso sono state raccolte diverse prove geognostiche e stratigrafie di pochi sondaggi. In particolare sono state inserite nella carta delle indagini:

- ✓ 13 prove penetrometriche statiche
- ✓ 14 prove penetrometriche dinamiche leggere
- ✓ 43 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- ✓ 7 stratigrafie di sondaggi
- ✓ 19 rilievi geomeccanici *di cui 16 eseguiti per il presente lavoro*
- ✓ 31 prove sismiche a rifrazione
- ✓ 31 prove sismiche a stazione singola HVSR, *di cui 21 eseguite per il presente lavoro*
- ✓ 23 prove sismiche multicanale basate su onde di superficie, *di cui 5 realizzate per questo lavoro.*

I dati sono stati reperiti in parte nella documentazione allegata al PRG Comunale ed in parte negli archivi comunali.

### 8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

Il territorio del comune di Morfasso può essere suddiviso in aree stabili e aree potenzialmente instabili o instabili. Le aree stabili sono caratterizzate dall'affioramento delle Formazioni geologiche intese come "substrato geologico non rigido" o dalla presenza di una coltre d'alterazione superficiale al di sopra del "substrato geologico non rigido". Le aree potenzialmente instabili o instabili sono caratterizzate dalla presenza di depositi di natura gravitativa, sia attivi che quiescenti.

Dal punto di vista litologico il territorio è stato suddiviso in 3 diverse tipologie di terreni, di cui 1 relativa a terreni di copertura ed 3 relative al substrato non rigido. La classificazione dei terreni di copertura ha considerato la litologia presente nei primi metri (1.5-2.0 m) dal piano campagna, in quanto la stratigrafia dei depositi di versante delle aree in esame è molto complessa e difficilmente sintetizzabile. Le litologie appartenenti al substrato non rigido sono state a sua volta suddivise in:

- *Substrato geologico non rigido stratificato* (si tratta dei terreni appartenenti alle formazioni quali Arenarie di Scabiazza, Argilliti dei Guselli, Formazione delle Val Luretta, Flysch di Bettola, Flysch di Farini, Flysch di Monte Cassio)
- *Substrato geologico non rigido* (si tratta dei terreni appartenenti alle Argille a Palombini e dei Calcari a Calpionelle)
- *Substrato coesivo sovraconsolidato*

Nella tabella seguente sono riportati i tipi di terreno individuati con relativa descrizione e le aree che presentano tale tipologia di terreno.

<b>Tipo di terreno</b>	<b>Descrizione</b>
NRS	<b><i>Substrato geologico non rigido stratificato</i></b> Si tratta dei terreni appartenenti alle formazioni SCB, GUS, VLU1, BET, FAR2a, FAR2, MCS.
NR	<b><i>Substrato geologico non rigido</i></b> Si tratta dei terreni appartenenti alle formazioni APA, CCL, DSD.
CO	<b><i>Substrato Coesivo Sovraconsolidato</i></b>
GM	<b><i>Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo</i></b>

L'intero territorio comunale è inoltre interessato da un'alta concentrazione di instabilità di versante (frane attive e quiescenti), principalmente di tipo complesso, che coinvolgono senza distinzione i terreni appartenenti alle varie formazioni caratterizzanti il suolo comunale.

Nella Tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche delle frane attive e quiescenti presenti nel territorio del comune di Morfasso tra cui la localizzazione, la tipologia, la superficie. Le frane sono state identificate all'interno del database con numero progressivo univoco (ID-i); ad ognuna è associata una tipologia descritta dal codice inserito nella colonna "Tipo\_i".

ID_i	Località	Tipologia	Superficie (m <sup>2</sup> )	Tipo_i
1	Carignone	quiescente - scivolamento traslazionale di terra e detrito	177.076	3023
2	Carignone	quiescente - scivolamento in blocco di roccia a grandi profondità	1.179.224	3025
3	Carignone	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	24.197	3014
4	San Michele	quiescente - scivolamento in blocco di roccia a grandi profondità	444.935	3025
5	San Michele	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	732.472	3024
6	San Michele	attiva - scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	158.363	3014
7	San Michele	attiva – scivolamento traslazionale di terra e detrito	259.451	3013
8	C. Malvisi	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	211.403	3024
9	C. Malvisi	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	217.118	3024
10	Levei	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	127.434	3024
11	Levei	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	303.766	3024
12	Levei	quiescente - scivolamento traslazionale di terra e detrito	45.056	3023
13	Levei	attiva - scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	265.297	3014
14	La Costa	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	160.980	3024
15	La Costa	quiescente – scivolamento traslazionale di terra e detrito	77.773	3023
16	La Costa	attiva - scivolamento traslazionale di terra e detrito	344.921	3013
17	I Rabbini	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	298.259	3014
18	I Rabbini	quiescente – scivolamento traslazionale di terra e roccia	91.640	3022
19	I Rabbini	attiva – scivolamento traslazionale di terra e detrito	19.855	3013
20	I Rabbini	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	343.183	3014

ID_i	Località	Tipologia	Superficie (m <sup>2</sup> )	Tipo_i
21	Rocchetta	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	624.932	3024
22	Rocchetta	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	423.138	3024
23	Morfasso	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	436.179	3014
24	Morfasso	quiescente – scivolamento traslazionale di terra e roccia	8.100	3022
25	Morfasso	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	33.316	3012
26	Morfasso	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	290.810	3014
27	Morfasso	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	49.904	3014
28	Morfasso	quiescente – scivolamento traslazionale di terra e roccia	960	3022
29	Morfasso	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	239.382	3024
30	Morfasso	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	337.113	3014
31	Morfasso	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	193.271	3014
32	Cornolo	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	117.330	3012
33	Pedina	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	22.932	3014
34	Pedina	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	87.903	3024
35	Pedina	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	13.7871	3014
36	Casali	attiva – scivolamento traslazionale di terra e detrito	21.880	3013
37	Casali	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	200.667	3024
38	Casali	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	8.817	3012
39	Casali	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	204.575	3024
40	Rusteghini	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	516.990	3024
41	Rusteghini	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	8.494	3012
42	Rusteghini	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	327.175	3024

ID_i	Località	Tipologia	Superficie (m <sup>2</sup> )	Tipo_i
43	Teruzzi	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	1.0389.33	3024
44	Teruzzi	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	356.925	3024
45	Teruzzi	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	80.829	3024
46	Teruzzi	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	797	3012
47	Teruzzi	attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	433.81	3014
48	Teruzzi	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	2.935	3012
49	Teruzzi	quiescente - scivolamento in blocco di roccia	716	3025
50	Teruzzi	quiescente – scivolamento traslazionale di terra e detrito	16.991	3013
51	Teruzzi	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	4.171	3012
52	Teruzzi	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	1.586	3012
53	Teruzzi	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	762	3012
54	Teruzzi	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	1.647	3012
55	Teruzzi	attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia	16.758	3012
56	Teruzzi	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	240.618	3024
57	C. Olza	quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento	592.059	3024
58	C. Malvisi	attiva - scivolamento traslazionale di terra e detrito	259.451	3013

Tabella 8.2.1. Principali caratteristiche delle frane censite nel comune di Morfasso

Per quello che riguarda gli elementi puntuali e lineari sono stati indagati i seguenti elementi lineari:

- ✓ Faglie attive
- ✓ Scarpate morfologiche (>20m)

### 8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

Il comune di Morfasso, come ampiamente descritto nei capitoli precedenti, è caratterizzato dalla presenza di aree stabili e aree potenzialmente instabili o instabili. Le aree stabili sono caratterizzate dall'affioramento delle Formazioni geologiche intese come “substrato geologico non rigido” o dalla presenza di una coltre d’alterazione superficiale al di sopra del “substrato geologico non rigido”. Le aree potenzialmente instabili o instabili sono caratterizzate dalla presenza di depositi di natura gravitativa.

Il “bedrock sismico locale” rappresenta un riflettore relativamente rigido rispetto ai sedimenti superficiali rappresentati da coperture detritiche a matrice argillo-limosa di varia origine, in grado di generare un’ amplificazione (con valori generalmente compresi tra 2 e 4, raramente inferiori a 2) nei terreni fini sovrastanti.

Il territorio comunale risulta caratterizzato da frequenze naturali dei terreni normalmente comprese tra 2 e 8 Hz, indicanti riflettori presenti a profondità comprese tra circa 10 e 30 m. In alcuni casi sono stati

identificati riflettori a frequenze inferiori a 2Hz indicanti profondità di riflettori superiori a 30m e riflettori a frequenze superiori a 8Hz indicanti profondità di riflettori inferiori a 10m.

Per quello che riguarda l'ampiezza dei picchi HVSR, indicativa dei contrasti di impedenza, si evidenzia come risultino quasi sempre comprese tra 2 e 4 fatta eccezione per 3 misure: la 033028P84HVSR87 in località I Rabbini, la 033028P86HVSR89 in località Levei, la 033028P88HVSR91 in località Cornolo, la 033028P87HVSR90 in località Casale, la 033028P94HVSR97 in località Casali; queste ultime mostrano un'ampiezza inferiore a 2.

A causa dell'estrema variabilità della profondità del substrato in grado da produrre effetti di amplificazione (così come anche osservabile nelle sezioni geologiche riportate in allegato), si è scelto di elaborare una carta che riportasse esclusivamente i dati misurati, con indicazione visiva (oltre che testuale) della classe di frequenza  $f_0$  e dell'ampiezza della curva HVSR.

#### 8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)

La delimitazione delle aree oggetto di studio ha tenuto in considerazione i territori urbanizzati ed urbanizzabili del territorio comunale relativi a località aventi numero di dimoranti dall'ultimo censimento maggiore o uguale alle 20 unità, in particolare sono stati considerati i seguenti centri abitati:

- ✓ Carignone
- ✓ San Michele
- ✓ Case Malvisi
- ✓ Levei - Chiavarini
- ✓ La Costa
- ✓ Olza
- ✓ Rocchetta
- ✓ Morfasso capoluogo
- ✓ Cornolo
- ✓ Pedina
- ✓ Casali
- ✓ I Rabbini
- ✓ Rusteghini
- ✓ Teruzzi

All'interno di queste aree sono state identificate aree stabili suscettibili di amplificazione ed aree suscettibili di instabilità (frane attive e quiescenti).

##### 8.4.1 Descrizione delle zone individuate

Sulla base delle tipologie dei terreni di copertura individuati nella Carta Geologico Tecnica le aree urbanizzate ed urbanizzabili sono state suddivise in 9 aree stabili suscettibili di amplificazioni locali. Sono inoltre presenti aree instabili o potenzialmente instabili riferibili a frane attive e quiescenti.

Di seguito si riporta una breve descrizione con indicazione della successione stratigrafica descritta nei paragrafi seguenti.

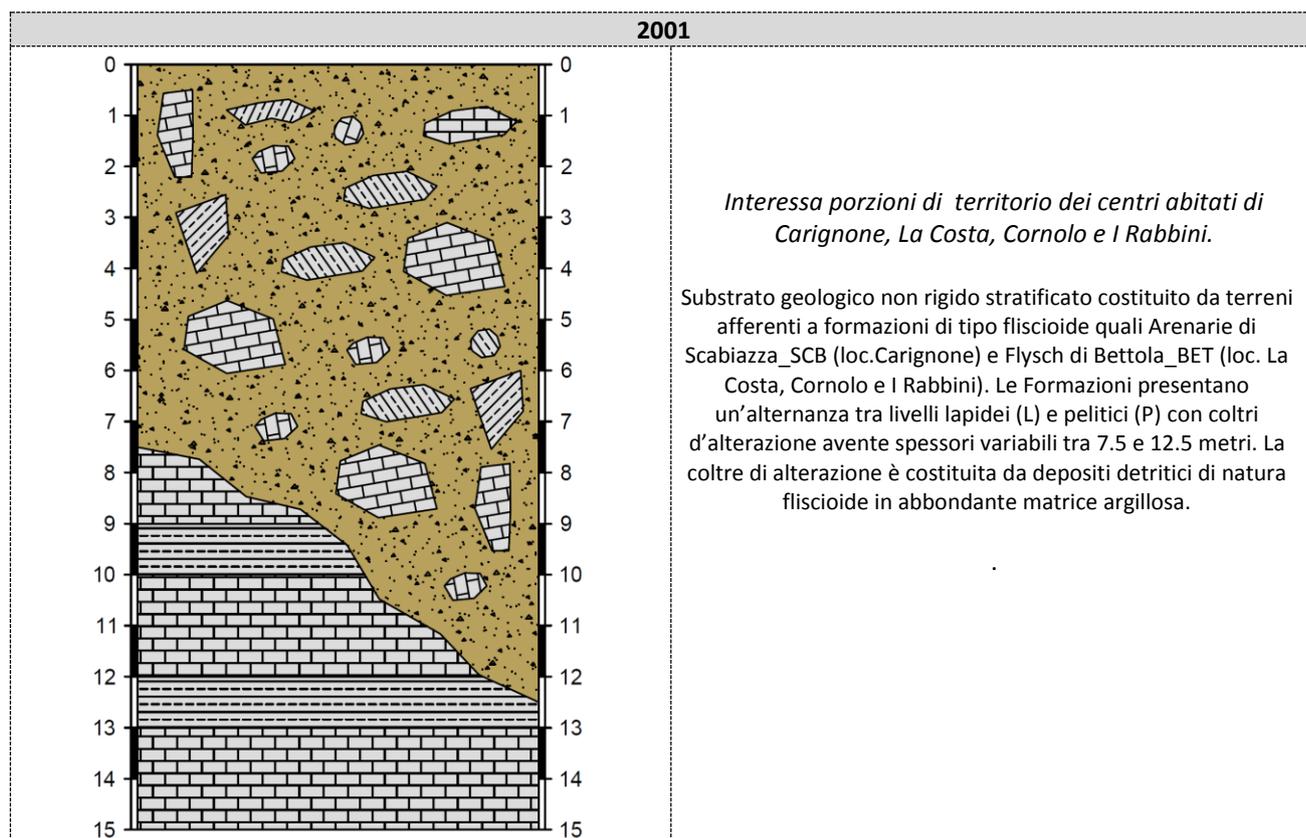
<b>Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali</b>			
<b>Zona n°</b>	<b>Località</b>	<b>Successione stratigrafica</b>	<b>Descrizione</b>
1	Carignone, La Costa, Cornolo, I Rabbini	2001	Substrato geologico non rigido stratificato costituito da terreni afferenti a formazioni di tipo fliscioide quali Arenarie di Scabiazza_SCB (loc. Carignone) e Flysch di Bettola_BET (loc. La Costa, Cornolo e I Rabbini). Le Formazioni presentano un'alternanza tra livelli lapidei (L) e pelitici (P) con coltri d'alterazione avente spessori variabili tra 7.5 e 12.5 metri. La coltre di alterazione è costituita da depositi detritici di natura fliscioide in abbondante matrice argillosa.
2	Carignone, Casali, Pedina	2002	Substrato geologico non rigido stratificato costituito da terreni afferenti alla formazione delle Argilliti dei Guselli (GUS) e delle Argille a Palombini (APA) ricoperto da una coltre d'alterazione avente uno spessore variabile tra 0 e 3 metri. La coltre di alterazione è costituita da depositi detritici di natura argillitica in abbondante matrice argillosa.
3	San Michele, Case Malvisi, La Costa, Olza, Casali, Rusteghini, Teruzzi, I Rabbini	2003	Substrato geologico non rigido stratificato costituito da terreni afferenti a formazioni di tipo fliscioide quali Formazione della Val Luretta_VLU1 (loc.San Michele e C.Malvisi), Flysch di Bettola_BET (loc. La Costa, Rusteghini, Teruzzi e I Rabbini), Flysch di Monte Cassio (loc.Casali) e Flysch di Farini d'Olmo_FAR2a (loc. C.Olza). La Formazioni presentano un'alternanza tra livelli lapidei (L) e pelitici (P) con coltri d'alterazione aventi spessori variabili tra 3 e 7.5 metri. La coltre di alterazione è costituita da depositi detritici di natura fliscioide in abbondante matrice argillosa.
4	San Michele, Cornolo, Pedina	2004	Substrato geologico non rigido stratificato costituito da terreni afferenti alla formazione delle Argilliti dei Guselli (GUS) e delle Argille a Palombini (APA) ricoperto da una coltre d'alterazione avente uno spessore variabile tra 3 e 7.5 metri. La coltre di alterazione è costituita da depositi detritici di natura argillitica in abbondante matrice argillosa.
5	San Michele	2005	Substrato geologico non rigido costituito da terreni afferenti al litotipo dei Calcari a Calpionelle (CCL) ricoperto da una coltre d'alterazione avente uno spessore variabile tra 0 e 3 metri. La coltre di alterazione è costituita da depositi detritici di natura calcarea in abbondante matrice argillosa.
6	Rocchetta, Casali, Teruzzi	2006	Substrato geologico non rigido stratificato costituito da terreni afferenti a formazioni di tipo fliscioide quali Flysch di Farini d'Olmo_FAR2a (loc. Rocchetta) e Flysch di M.Cassio_MCS (loc.Casali). La Formazione presenta un'alternanza tra livelli lapidei (L) e pelitici (P) con coltri superficiali aventi spessori variabili tra 3 e 7.5 metri. La coltre superficiale è costituita da depositi di versante (a3) di natura fliscioide in abbondante matrice argillosa.
7	Levei, Rocchetta, Morfasso, La Costa, I Rabbini, Rusteghini, Casali, Teruzzi	2007	Substrato geologico non rigido stratificato costituito da terreni afferenti a formazioni di tipo fliscioide quali Flysch di Bettola_BET (loc. Levei, La Costa, I Rabbini, Rusteghini, Teruzzi e), Arenarie di Scabiazza (loc.Casali) e Flysch di Farini d'Olmo_FAR2a (loc.Rocchetta e Morfasso). Le formazioni presentano un'alternanza tra livelli lapidei (L) e pelitici (P) con coltri d'alterazione aventi spessori variabili tra 0 e 3 metri. La coltre di alterazione è costituita da depositi detritici di natura fliscioide in abbondante matrice argillosa
8	Rocchetta	2008	Substrato geologico non rigido stratificato costituito da terreni afferenti a formazioni di tipo fliscioide quali Flysch di Farini d'Olmo_FAR2a (loc. Rocchetta). La Formazione presenta un'alternanza tra livelli lapidei (L) e pelitici (P) con coltri superficiali aventi spessori variabili tra 7.5 e 12.5 metri. La coltre superficiale è costituita da depositi alluvionali (AES8a) a granulometria mista costituiti da alternanze di limi sabbiosi e limi-argillosi intercalati a livelli di ghiaia in matrice argilloso - limosa.
9	Rocchetta	2009	Substrato geologico non rigido stratificato costituito da terreni afferenti a formazioni di tipo fliscioide quali Flysch di Farini d'Olmo_FAR2a (loc. Rocchetta). La Formazione presenta un'alternanza tra livelli lapidei (L) e pelitici (P) con coltri superficiali aventi spessori variabili tra 7.5 e 12.5 metri. La coltre superficiale è costituita da depositi di versante (a3) di natura fliscioide in abbondante matrice argillosa.

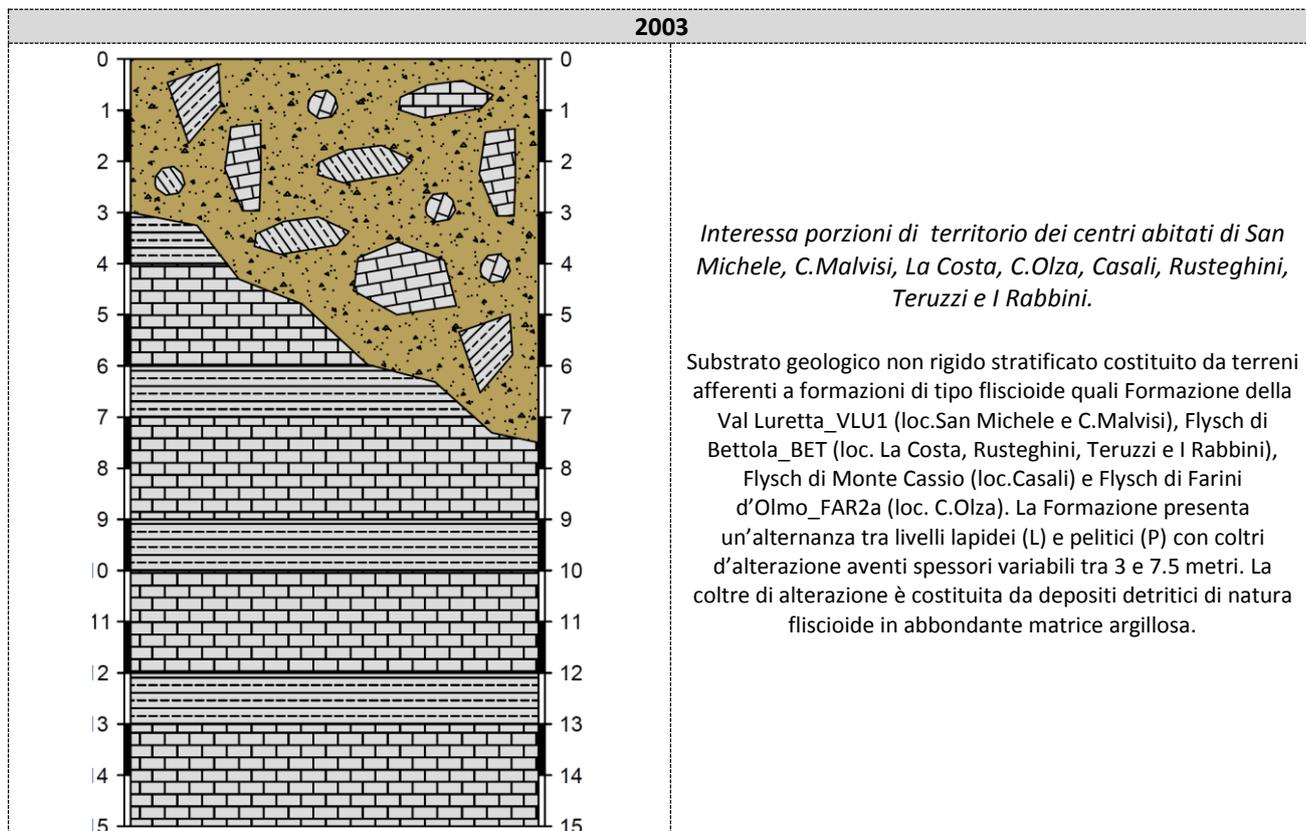
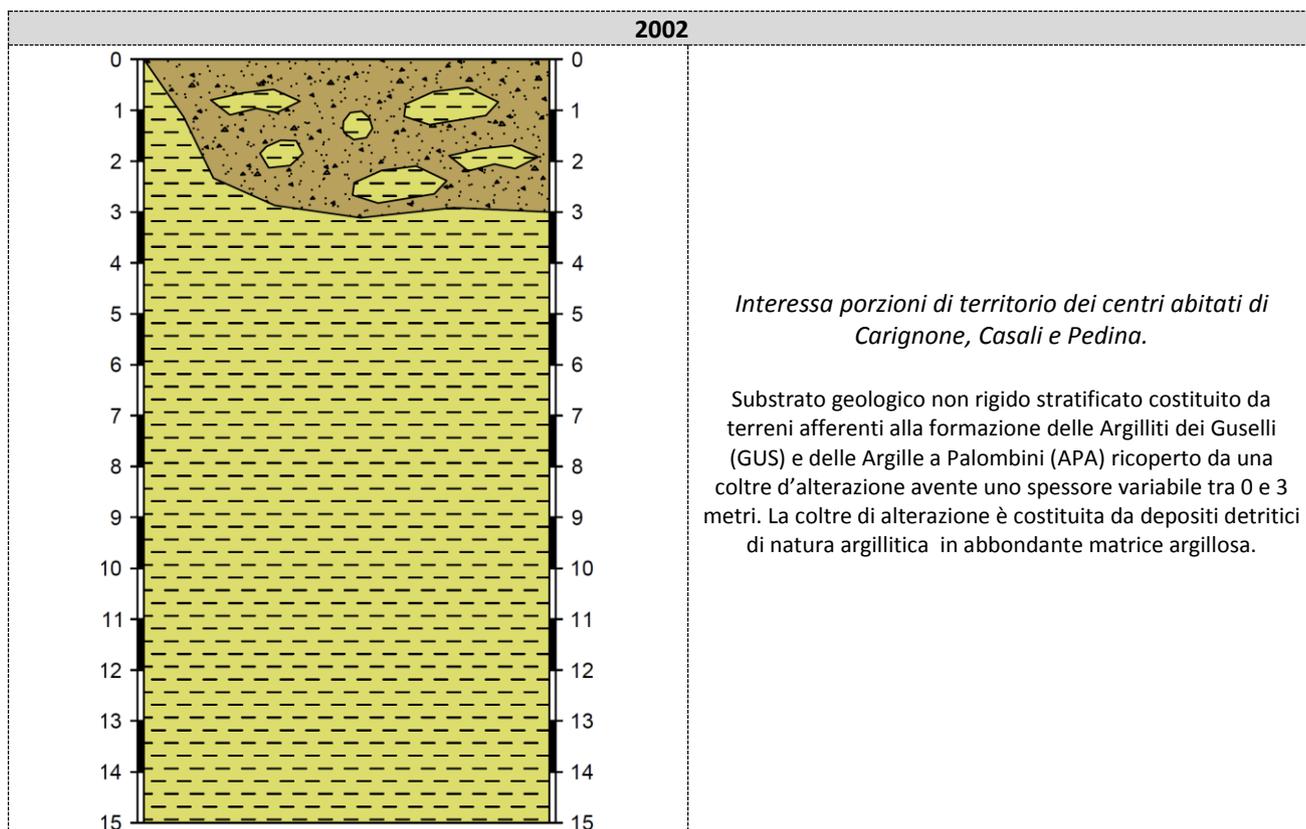
<b>Zone suscettibili di instabilità</b>		
<b>ID_i</b>	<b>Località</b>	<b>Descrizione</b>
1	Carignone	a2d – Frana quiescente - scivolamento traslazionale di terra e detrito
2	Carignone	a2h – Frana quiescente - scivolamento in blocco di roccia a grandi profondità
3	Carignone	a1g – Frana attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
4	San Michele	a2h – Frana quiescente - scivolamento in blocco di roccia a grandi profondità
5	San Michele	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
6	San Michele	a1g – Frana attiva - scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
7	San Michele	a1d – Frana attiva – scivolamento traslazionale di terra e detrito
8	C. Malvisi	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
9	C. Malvisi	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
10	Levei	a2d – Frana quiescente - scivolamento traslazionale di terra e detrito quiescente
11	La Costa	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
12	Rabbini	a2b – Frana quiescente – scivolamento traslazionale di terra e roccia
13	Rabbini	a1d – Frana attiva – scivolamento traslazionale di terra e detrito
14	Rabbini	a1g – Frana attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
15	Rocchetta	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
16	Morfasso	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
17	Morfasso	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
18	Morfasso	a1b – Frana attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia
19	Morfasso	a1g – Frana attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
20	Morfasso	a2b – Frana quiescente – scivolamento traslazionale di terra e roccia
21	Morfasso	a1g – Frana attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
22	Morfasso	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
23	Cornolo	a1b – Frana attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia
24	Pedina	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
25	Pedina	a1g – Frana attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
26	Pedina	a1g – Frana attiva – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
27	Casali	a1d – Frana attiva – scivolamento traslazionale di terra e detrito
28	Casali	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
29	Casali	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
30	Rusteghini	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
31	Teruzzi	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
32	Teruzzi	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
33	Teruzzi	a1b – Frana attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia
34	Teruzzi	a1b – Frana attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia
35	Teruzzi	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
36	Teruzzi	a1b – Frana attiva – scivolamento traslazionale di terra e roccia

Zone suscettibili di instabilità		
ID_i	Località	Descrizione
37	Olza	a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento
38	Casali	a2g a2g – Frana quiescente – scorrimento di terra e roccia dato dalla combinazione di due o più tipi di movimento

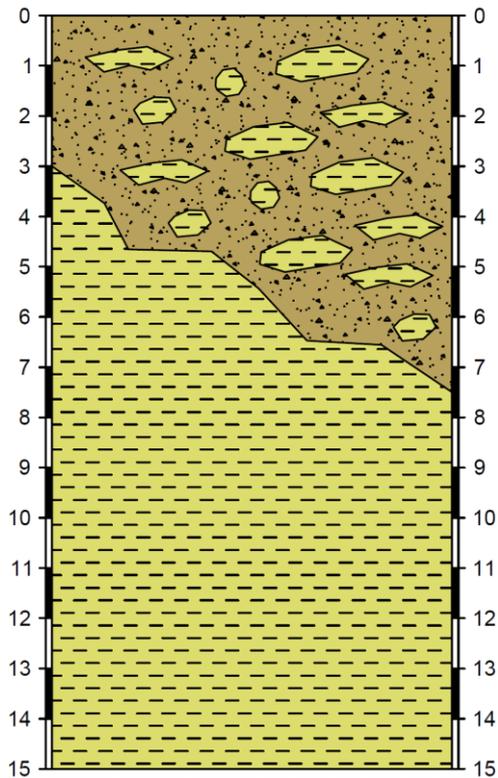
#### 8.4.2 Schemi dei rapporti stratigrafici

Nelle tabelle seguenti sono riportate le colonne litostratigrafiche sintetiche rappresentative delle successioni litostratigrafiche individuate ed una loro breve descrizione.





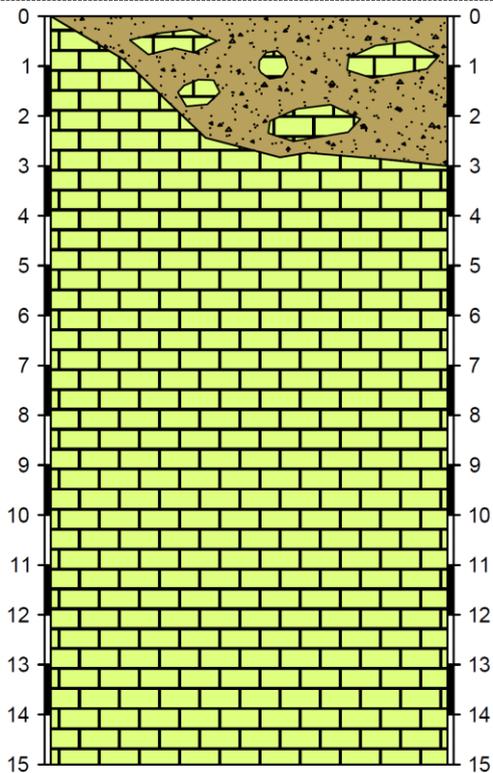
2004



*Interessa porzioni di territorio dei centri abitati di San Michele, Cornolo e Pedina.*

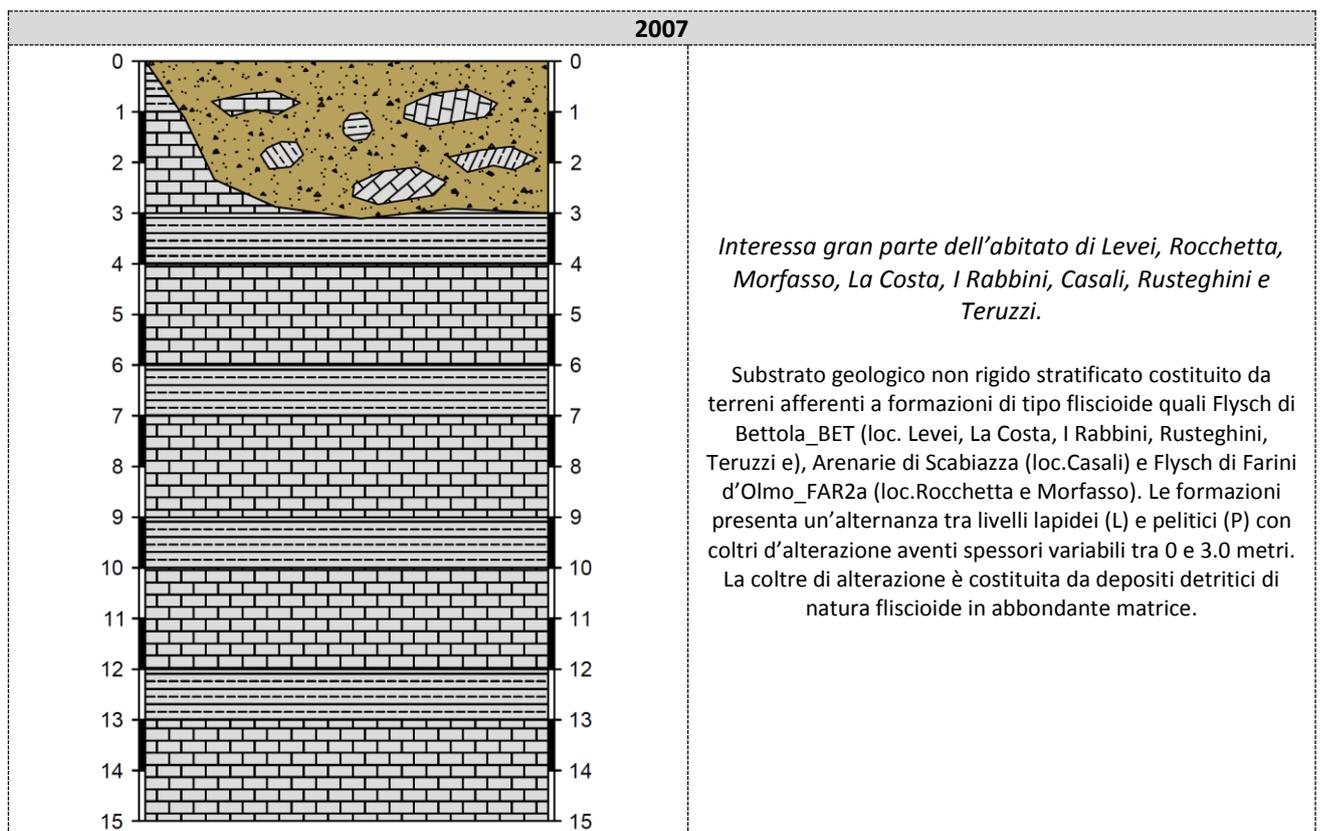
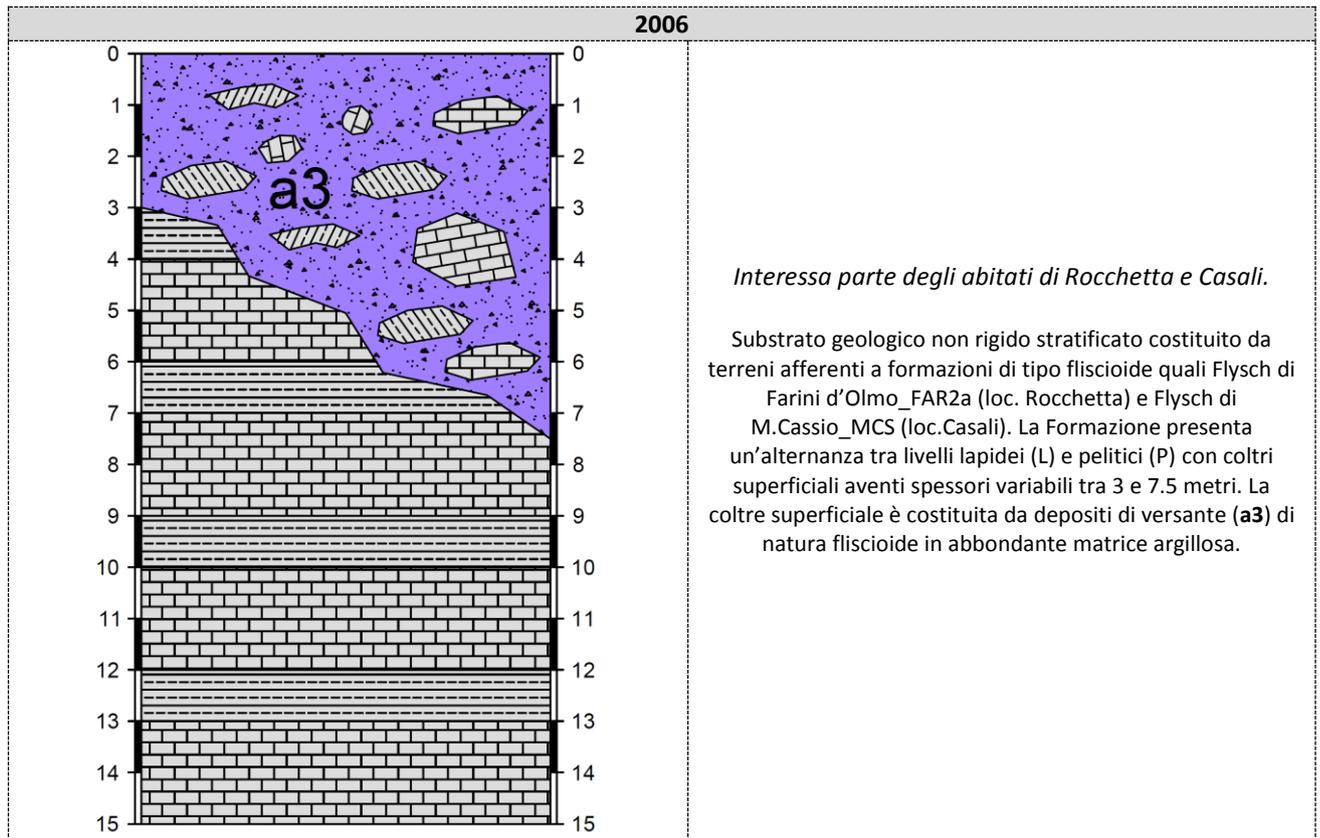
Substrato geologico non rigido stratificato costituito da terreni afferenti alla formazione delle Argilliti dei Guselli (GUS) e delle Argille a Palombini (APA) ricoperto da una coltre d'alterazione avente uno spessore variabile tra 3 e 7.5 metri. La coltre di alterazione è costituita da depositi detritici di natura argillitica in abbondante matrice argillosa.

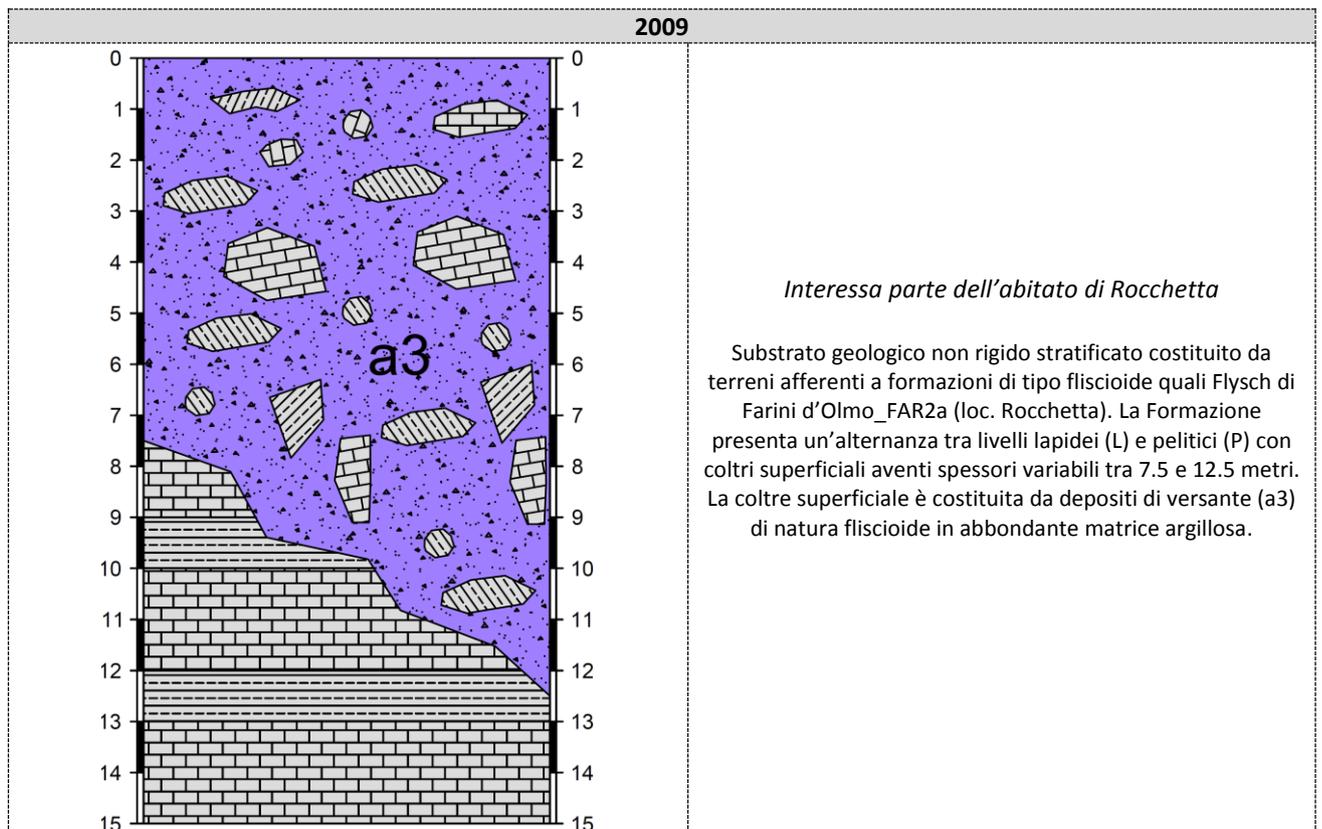
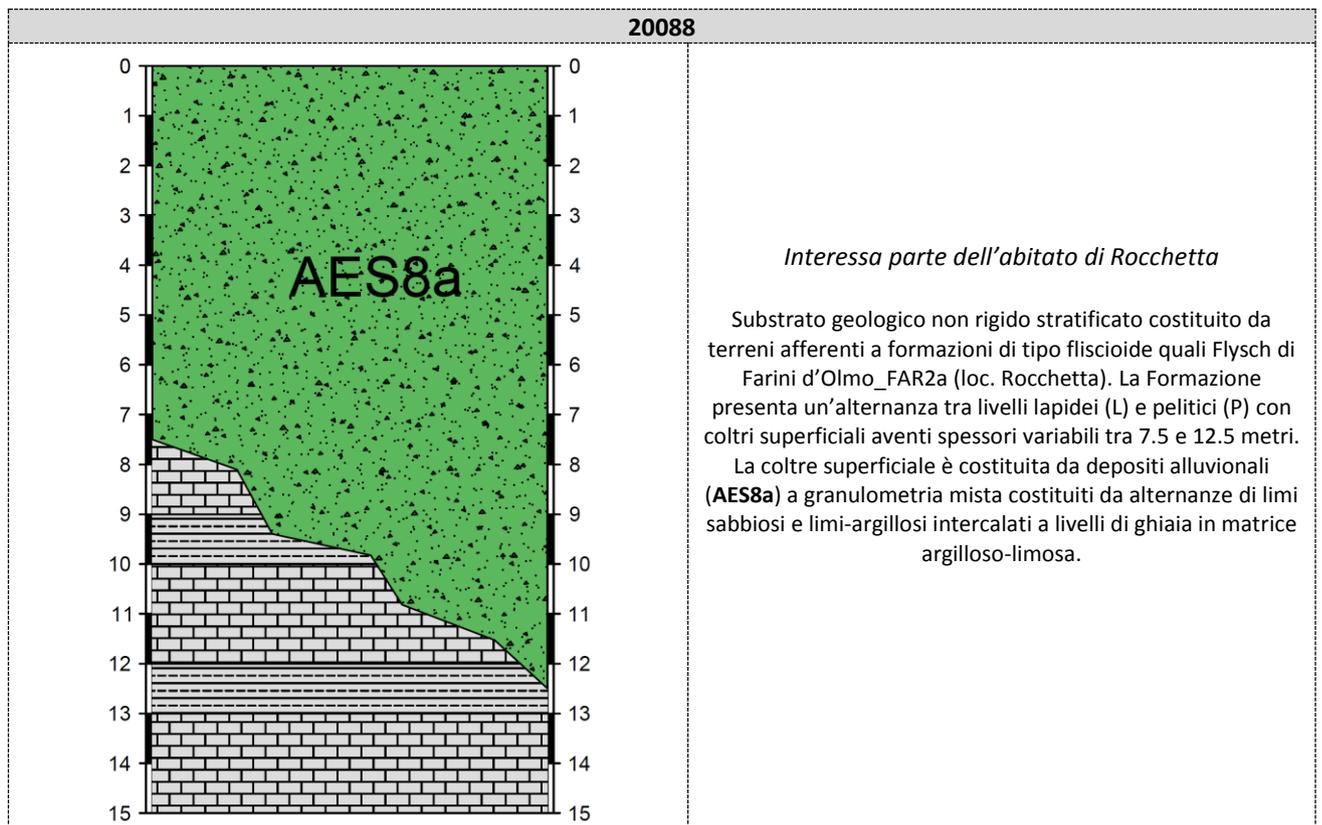
2005



*Interessa una porzione limitata dell'area orientale di San Michele*

Substrato geologico non rigido costituito da terreni afferenti al litotipo dei Calcari a Calpionelle (CCL) ricoperto da una coltre d'alterazione avente uno spessore variabile tra 0 e 3 metri. La coltre di alterazione è costituita da depositi detritici di natura calcarea in abbondante matrice argillosa.





Si riportano i rilievi geomeccanici eseguiti sugli affioramenti del substrato marino appartenente alle unità:

- di tipo fliscioide: Arenarie di Scabiazza **SCB** (loc. Casali), Flysch di Bettola **BET** (loc. La Costa, Cornolo, Rabbini, Rusteghini, Teruzzi, Levei), Flysch di Farini d'Olmo **FAR2** (loc. Rocchetta e Olza), Formazione della Val Luretta **VLU1** (loc. San Michele e Case Malvisi), Flysch di M. Cassio **MCS** (loc. Casali);
- di tipo argillitico: Argilliti dei Guselli **GUS** (loc. Cornolo e Carignone), Argille a Palombini **APA** (loc. San Michele, Pedina e Casali);
- di tipo calcareo: Calcari a Calpionelle **CCL** (loc. San Michele)

<b>RG01</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità $J_v$ ( $m^{-1}$ )	Misura sclerometrica
Località: la Costa Data: 10/05/2013 Affioramento: BET	185N/28	2,4	20
			20
			22
			24
			30
			35
			48
			50
			50
			55

Si evidenzia un valore di  $J_v(m^{-1})$  di 2.4, indice di una fratturazione contenuta.

<b>RG02</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità $J_v$ ( $m^{-1}$ )	Misura sclerometrica
Località: C. Malvisi Data: 10/05/2013 Affioramento: VLU1	-	Disgregato e fratturato, impossibile eseguire conteggio discontinuità.	18
			20
			25
			26
			28
			38
			45

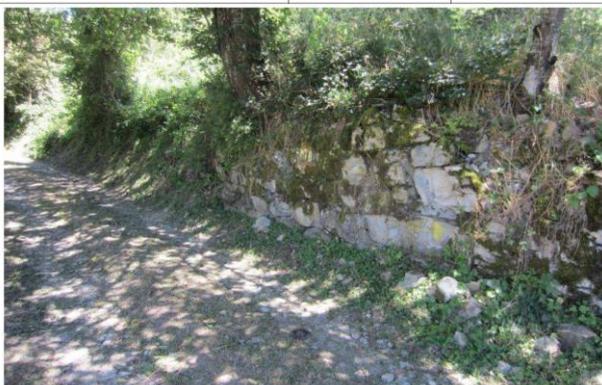
Si evidenzia una rilevante fratturazione e disgregazione caratteristica della Formazione che ha impedito il conteggio delle discontinuità.

<b>RG03</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Teruzzi Data: 10/05/2013 Affioramento: BET	50N/15	10,5	15
			28
			30
			36
			46
			50
			60

Si evidenzia un valore di Jv(m<sup>-1</sup>) di 10.5, indice di una fratturazione elevata.

<b>RG04</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Casali Data: 10/05/2013 Affioramento: MCS	140N/25	5,5	10
			10
			12
			12
			26
			30
			32
			40
			47
			52
			56

Si evidenzia un valore di Jv(m<sup>-1</sup>) di 5.5, indice di una moderata fratturazione.

<b>RG05</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Casali Data: 11/05/2013 Affioramento: MCS	20N/5	10,1	30
			36
			36
			38
			42
			52
			53

Si evidenzia un valore di Jv(m<sup>-1</sup>) di 10.1 indice di una elevata fratturazione.

<b>RG06</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Casali Data: 11/05/2013 Affioramento: SCB	-	Disgregato e fratturato, impossibile eseguire conteggio discontinuità.	14
			16
			20
			20
			22
			32
			40

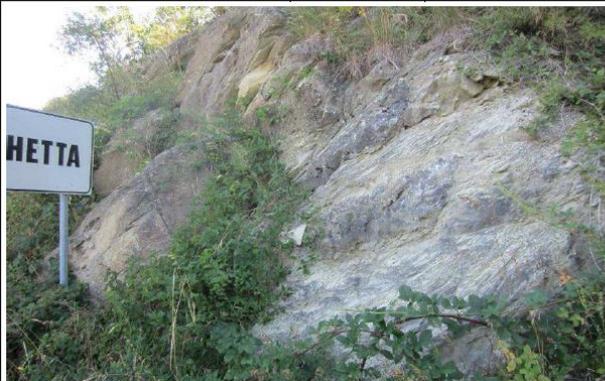
Si evidenzia una rilevante fratturazione e disgregazione caratteristica della Formazione che ha impedito il conteggio delle discontinuità.

<b>RG07</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Pedina Data: 11/05/2013 Affioramento: APA	240N/90	Livelli calcarei stratificati alternati a livelli argillitici. I livelli calcarei marnosi sono piegati. I valori ricavati con lo sclerometro sono stati determinati sui livelli calcarei.	40
			46
			50
			54

Si evidenziano livelli calcareo – marnosi alternati a livelli argillitici intensamente tettonizzati. Le misure sclerometri che sono state eseguite ovviamente sui livelli calcareo-marnosi.

<b>RG08</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Rusteghini Data: 11/05/2013 Affioramento: BET	230N/16	11,5	10
			10
			20
			20
			32
			38
			42

Si evidenzia un valore di Jv(m<sup>-1</sup>) di 11.5, indice di una fratturazione elevata.

<b>RG09</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Rocchetta Data: 11/05/2013 Affioramento: FAR2	140N/37	Fratture pressoché assenti. JV<2	30
			32
			36
			38
			40

Si evidenzia un valore di Jv(m<sup>-1</sup>) minore 2.0, indice di una fratturazione molto contenuta.

<b>RG10</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Cornolo Data: 14/05/2013 Affioramento: BET	190N/50	6,5	22
			24
			30
			34
			40
			44
			52

Si evidenzia un valore di Jv(m<sup>-1</sup>) di 6.5, indice di una fratturazione abbastanza elevata.

<b>RG11</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Levei Data: 14/05/2013 Affioramento: GUS	5N/20	Disgregato e fratturato, impossibile eseguire conteggio discontinuità.	
			

Si evidenzia una rilevante fratturazione e disgregazione caratteristica della Formazione che ha impedito il conteggio delle discontinuità.

<b>RG12</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Olza Data: 14/05/2013 Affioramento: FAR2a	190N/60	Disgregato e fratturato, impossibile eseguire conteggio discontinuità.	14
			14
			16
			18
			20
			22
			24

Si evidenzia una rilevante fratturazione e disgregazione caratteristica della Formazione che ha impedito il conteggio delle discontinuità.

<b>RG13</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: i Rabbini Data: 14/05/2013 Affioramento: BET	310N/30	Livelli arenacei eterogenei, da molto a poco alterati. Non è stato possibile eseguire conteggio discontinuità.	14
			14
			20
			24
			30
			34
			38
			42
			48
			50
			50
			60

Si evidenzia una rilevante fratturazione e disgregazione.

<b>RG14</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Levei Data: 14/05/2013 Affioramento: BET	70N/25	10,0	20
			26
			42
			42
			48
			50
			54
			54
			54
			54
			56
			58

Si evidenzia un valore di Jv(m<sup>-1</sup>) di 10.0, sintomo di una elevata fratturazione.

<b>RG15</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: San Michele Data: 14/05/2013 Affioramento: CCL	150N/20	5,9	14
			14
			16
			20
			20
			22
			32
			40
			50

Si evidenzia un valore di Jv(m<sup>-1</sup>) di 5.9 sintomo di una moderata fatturazione.

<b>RG16</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: San Michele Data: 14/05/2013 Affioramento: VUL1	150N/45	11,3	18
			20
			24
			26
			26
			32
			40
			42

Si evidenzia un valore di Jv(m<sup>-1</sup>) di 11.3 sintomo di una rilevante fatturazione caratteristica della Formazione.

### 8.4.3 Sezioni geologiche

Le sezioni geologiche sono state realizzate correlando i dati geognostici reperiti in ognuno dei centri abitati unitamente ai rilievi geomeccanici eseguiti per il presente studio.

Sono state individuate 19 sezioni estratte a partire dalla topografia desunta dalla carta CTR per le quali sono stati individuati i rapporti stratigrafici con il substrato marino.

Per quanto riguarda la giacitura si sono eseguiti dei rilievi geomeccanici sulle formazioni affioranti e si sono utilizzati i dati inclusi nel Database Regionale.

Di seguito una descrizione sintetica delle sezioni elaborate e riportate in Allegato.

**Sezione 01 I Rabbini.** La sezione si sviluppa E-W a nord del centro abitato de I Rabbini. Si evidenzia come i depositi di frana quiescente che interessano il settore e che ricoprono il Flysch di Bettola (BET) abbiano uno spessore variabile. A monte la sezione mostra la presenza del substrato marino rappresentato dal Flysch di Bettola (BET) caratterizzato da una coltre d'alterazione superficiale avente spessore variabile tra 0 e 3 metri.

**Sezione 02 I Rabbini.** La sezione si sviluppa N-S attraverso il centro abitato de I Rabbini. A monte la sezione mostra la presenza del substrato marino rappresentato dal Flysch di Bettola (BET) caratterizzato da una coltre d'alterazione superficiale avente spessore variabile tra 3 e 7.5 metri, a valle si rinvencono depositi di frana attiva.

**Sezione 03 La Costa.** La sezione si sviluppa circa N-S attraverso il centro abitato de La Costa. Si evidenzia la presenza del substrato marino rappresentato dal Flysch di Bettola (BET) caratterizzato da una coltre d'alterazione avente spessore variabile tra 7.5 e 12.5.

**Sezione 04 Olza.** La sezione si sviluppa NNW-SSE attraverso il centro abitato di Case Olza. Si evidenzia la presenza del substrato marino rappresentato dal Flysch di Bettola (BET) e dal Flysch di Farini (FAR2) caratterizzato da una coltre d'alterazione superficiale avente spessore variabile tra 3 e 7.5 metri.

**Sezione 05 San Michele.** La sezione si sviluppa SSE-NNW a sud del centro abitato di San Michele. Si evidenzia la presenza del substrato marino rappresentato dalla Formazione della Val Luretta (VLU1) caratterizzato da una coltre d'alterazione superficiale avente spessore variabile tra 3 e 7.5 metri.

A valle della sezione si rinvencono dei depositi di origine gravitativa.

**Sezione 06 San Michele.** La sezione si sviluppa circa N-S attraverso il centro abitato di San Michele. Si evidenzia come i depositi di frana quiescente che interessano il settore e che ricoprono il Flysch di M.Cassio abbiano uno spessore assai variabile. A monte del centro abitato si rileva la presenza del substrato marino rappresentato dalla Argille a PALombini (APA) caratterizzato da una coltre d'alterazione superficiale avente spessore variabile tra 3 e 7.5 metri.

**Sezione 07 Carignone.** La sezione si sviluppa NNW - SSE attraverso il centro abitato di Carignone. Si evidenzia la presenza del substrato marino rappresentato dalle Arenarie di Scabiazza (SCB) caratterizzato da una coltre d'alterazione superficiale avente spessore variabile tra 7.5 e 12.5 metri.

**Sezione 08 Cà Malvisi.** La sezione si sviluppa SSE-NNW attraverso il centro abitato dei Malvisi. Si evidenzia la presenza del substrato marino rappresentato dalla Formazione della Val Luretta (VLU1) caratterizzato da una coltre d'alterazione superficiale avente spessore variabile tra 3 e 7.5 metri.

**Sezione 09 Levei-Chiavarini.** La sezione si sviluppa SSE-NNW attraverso il centro abitato di Levei. Si evidenzia la presenza del substrato marino rappresentato dal Flysch di Bettola (BET) caratterizzato da una coltre d'alterazione superficiale avente spessore tra 0 e 3 metri.

**Sezione 10 Levei-Chiavarini.** La sezione si sviluppa NNW - SSE attraverso il centro abitato dei Chiavarini. Si evidenzia la presenza del substrato marino rappresentato dal Flysch di Bettola (BET) caratterizzato da una coltre d'alterazione superficiale avente spessore tra 3 e 7.5 metri.

**Sezione 11 Rocchetta.** La sezione si sviluppa NW-SE attraverso il centro abitato di Rocchetta. A monte si rinvencono dei depositi di versante dallo spessore variabile che evolvono in depositi di frana quiescente e che ricoprono il Flysch di Farini d'Olmo.

**Sezione 12 Morfasso.** La sezione si sviluppa SW-NE attraverso il centro abitato di Morfasso. Si evidenziano come i depositi di frana attiva e quiescente che interessano il settore e che ricoprono il Flysch di Farini d'Olmo abbiano uno spessore assai variabile.

**Sezione 13 Morfasso.** La sezione si sviluppa ENE-WSW attraverso il centro abitato di Morfasso. Si evidenziano come i depositi di frana attiva che interessano il settore e che ricoprono il Flysch di Farini d'Olmo abbiano uno spessore assai variabile.

**Sezione 14 Morfasso.** La sezione si sviluppa NE-SW attraverso il centro abitato di Morfasso. A monte si evidenzia la presenza del substrato marino rappresentato dal Flysch di Farini d’Olmo (FAR2) caratterizzato da una coltre d’alterazione superficiale avente spessore tra 0 e 3 metri. A valle il substrato è ricoperto da depositi di frana attiva e quiescente.

**Sezione 15 Cornolo.** La sezione si sviluppa N-S attraverso il centro abitato di Cornolo. Si evidenzia a monte la presenza del substrato marino rappresentato dal Flysch di Bettola avente una coltra d’aterazione di spessore variabile tra 7.5 e 12.5 metri, a valle la presenza del substrato marino rappresentato dalle Argilliti dei Guselli (GUS) caratterizzato da una coltre d’alterazione superficiale avente spessore variabile tra 3 e 7.5 metri.

**Sezione 16 Pedina.** La sezione si sviluppa circa E-W attraverso il centro abitato di Pedina per circa 300 metri. Si evidenzia la presenza del substrato marino rappresentato dalle Argille a Palombini (APA) caratterizzato da una coltre d’alterazione superficiale avente spessore variabile tra 3 e 7.5 metri.

A valle si rinvencono dei depositi di origine gravitativa aventi spessori variabili, unitamente ad un substrato marino rappresentato dalle Argille a Palombini (APA) e dai Calcari a Calpionelle (CCL) caratterizzati da una coltre d’alterazione superficiale avente spessore tra 0 e 3 metri.

**Sezione 17 Casali.** La sezione si sviluppa NNW-SSE attraverso il centro abitato di Casali. Si evidenzia la presenza del substrato marino rappresentato dal Flysch di Monte Cassio (MCS) caratterizzato da una coltre d’alterazione superficiale avente spessore variabile tra 3 e 7.5 metri.

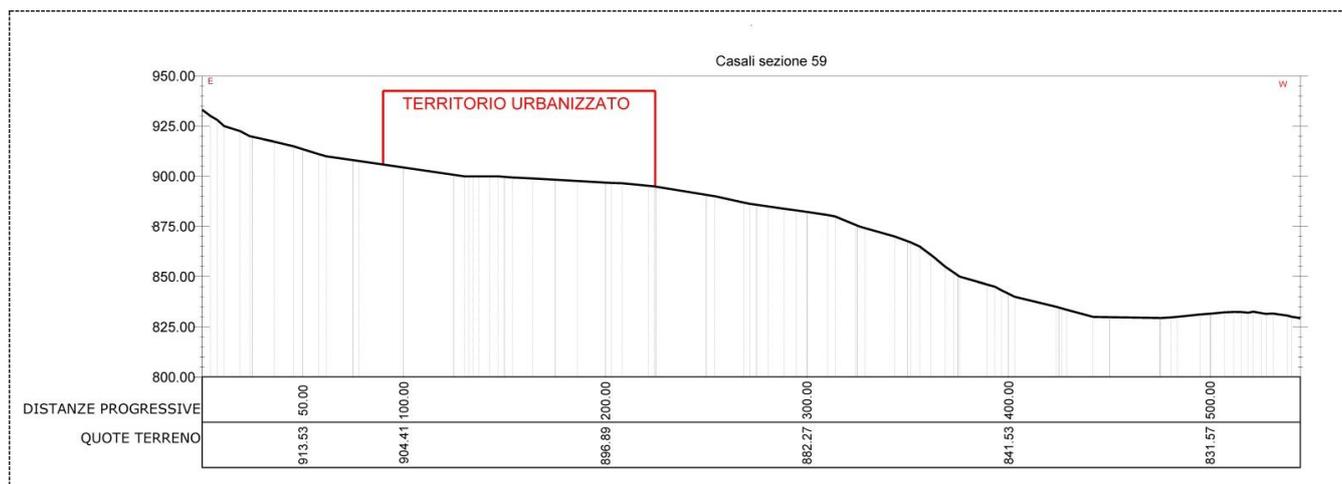
**Sezione 18 Rusteghini.** La sezione si sviluppa NW-SE attraverso il centro abitato di Rusteghini. Si evidenziano come i depositi di frana quiescente che interessano il settore e che ricoprono il Flysch di Bettola abbiano uno spessore assai variabile.

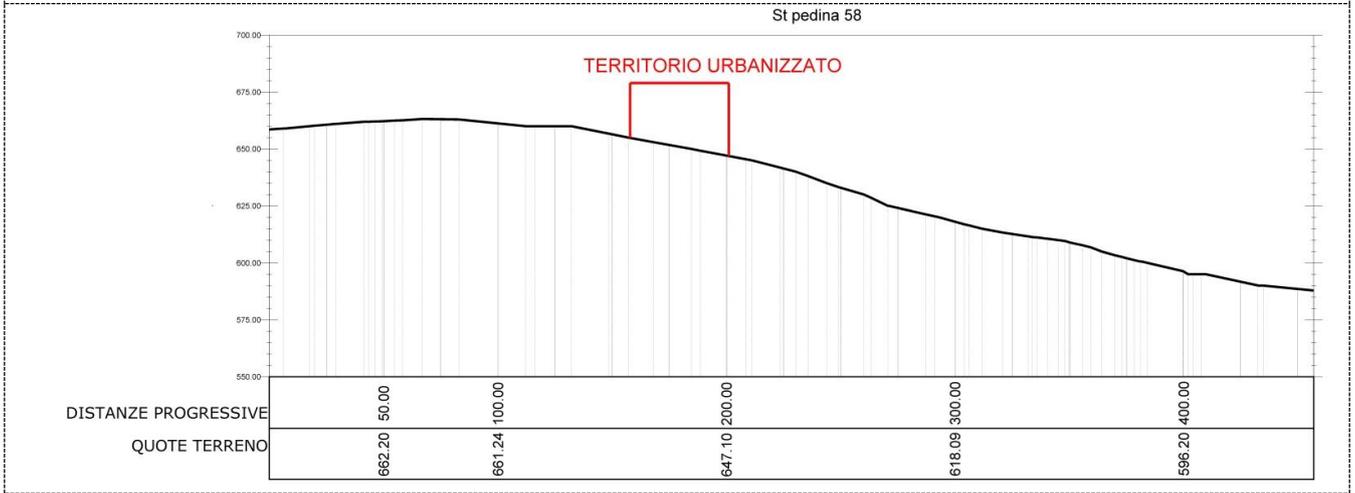
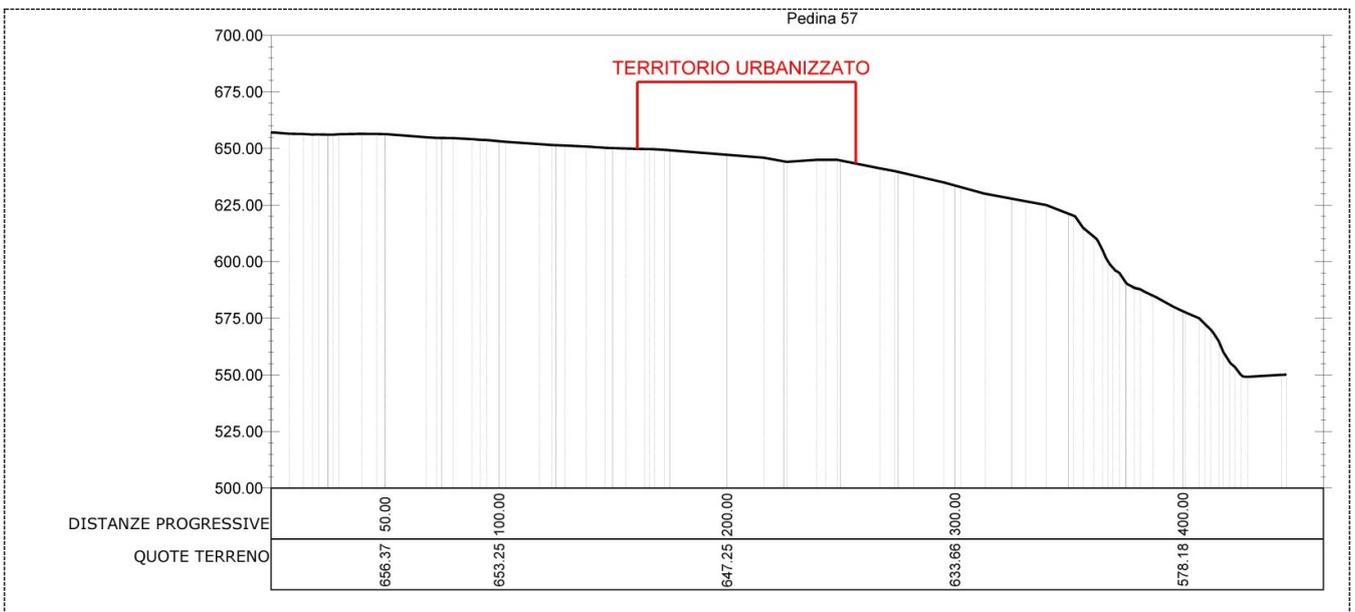
**Sezione 19 Teruzzi.** La sezione si sviluppa NW-SE attraverso il centro abitato di Teruzzi. A monte si evidenziano depositi di versante e depositi di origine gravitativa dallo spessore variabile che ricoprono il substrato marino rappresentato dal Flysch di Bettola. A valle si rinviene un substrato marino rappresentato dal Flysch di Bettola (BET) caratterizzato da una coltre d’alterazione superficiale avente spessore tra 0 e 3 metri.

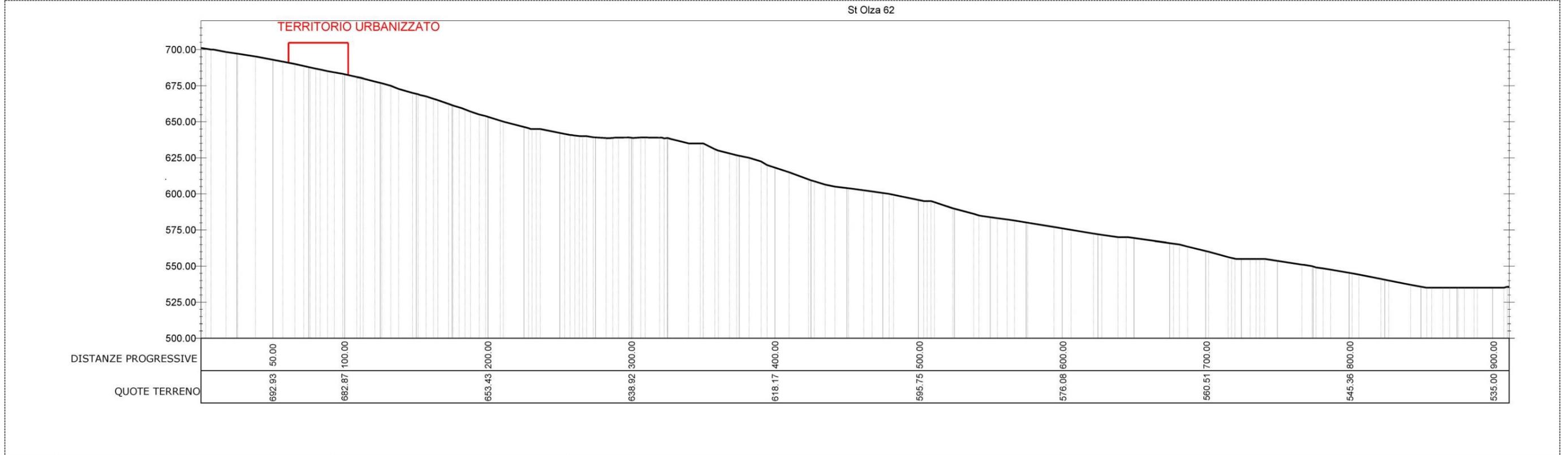
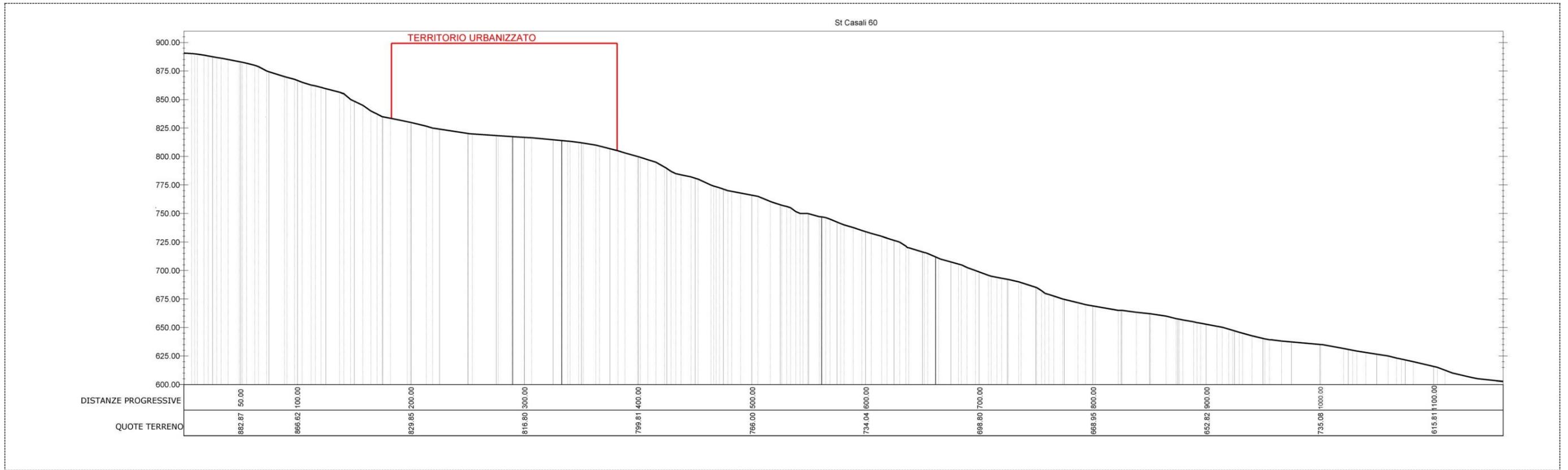
#### 8.4.4 Sezioni topografiche

Sono state eseguite sette sezioni topografiche estratte a partire dalla topografia desunta dalla carta CTR, in aree in cui la pendenza del rilievo fosse superiore a 15° in vicinanza dei centri analizzati, relative agli abitati di Casali, I Rabbini, Olza, Pedina, Rusteghini.

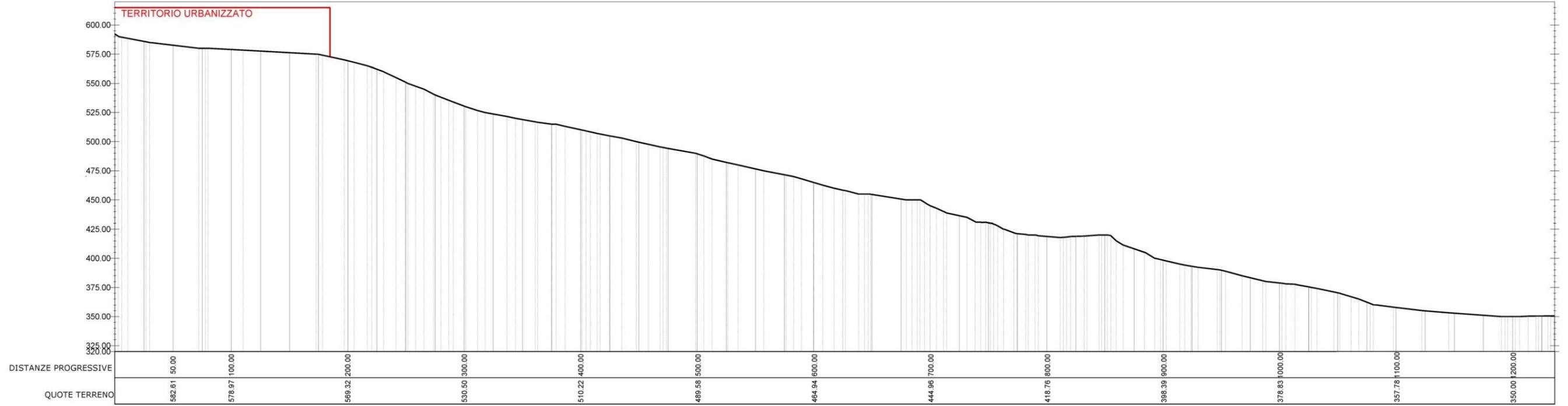
Nelle figure seguenti si riportano le sezioni topografiche individuate.



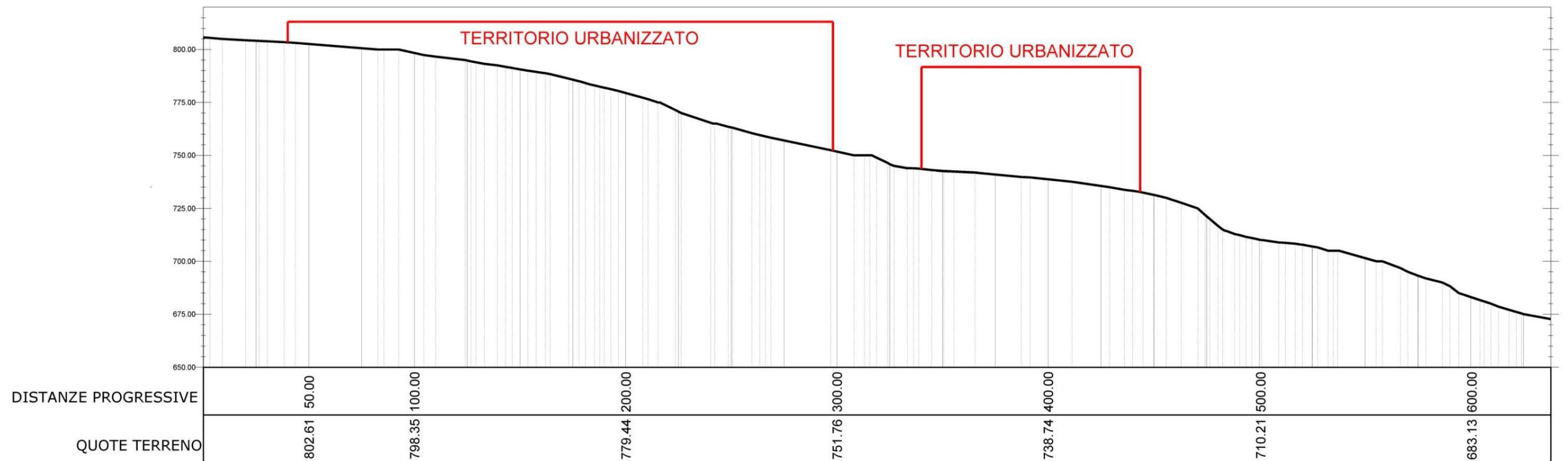




St\_Rabbini 56



St Rusteghini 61



Le sezioni topografiche sopra riportate sono state utilizzate per la determinazione del fattore di amplificazione topografico secondo l'allegato 2 della DAL 112/2007. In tutti i casi le elaborazioni hanno fatto registrare un fattore topografico Ft uguale a 1, ad esclusione di due zone suscettibili di amplificazione in località Pedina che saranno descritte nel capitolo § 8.6.

### 8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

Nella Carta delle velocità delle onde di taglio sono riportate tutte le misure utilizzate per la definizione della velocità delle onde di taglio nel territorio comunale (28 misurazioni Masw unite in vari casi all'analisi HVSR). In particolare sono stati riportati per ogni punto di misura la profondità del substrato, il tipo di misura (MASW, SAWS, HVSR, etc), il valore di Vs<sub>30</sub> ed il valore di Vs<sub>h</sub>, (calcolata come riportato in § 7.1.)

Le formazioni marine affioranti nel territorio comunale possono rientrare nella categoria "litotipi del substrato con Vs<800m/s" così come definiti nella D.A.L. 112/2007 della Regione Emilia Romagna. A conferma di ciò sta l'esecuzione delle Masw per il presente studio (cfr § 4.2.1.)

L'analisi complessiva dei dati rilevati a livello comunale mette in luce valori di Vs<sub>30</sub> estremamente variabili e compresi tra 226 e 763 m/s, si evidenzia dunque come non sia possibile eseguire una suddivisione del territorio per range omogenei di Vs<sub>30</sub>. Analizzando più in dettaglio occorre fare una distinzione sull'ubicazione delle 28 prove prese in considerazione:

- 11 sono state eseguite su depositi di frana o altri tipi di coperture quaternarie (in rosso nella tabella sotto riportata) e denominate come gruppo **Masw Cover**.
- 17 sono state effettuate su substrato sub-affiorante o su terreni caratterizzati da una coltre superficiale di alterazione (in nero nella tabella sotto riportata) denominate come gruppo **Masw Bedrock**.

Di seguito la tabella esemplificativa al riguardo.

N°	ID_INDP	Vs30	Vsh	Prof.Bedrock	Tipo di deposito interessato	Località
MASW01	L1MASW1	396	348	9.5	Deposito di frana quiescente	S.Michele
MASW02	L2MASW2	459	224	5.2	Substrato VLU1 (Formazione della Val Luretta) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	S.Michele
MASW03	L3MASW3	469	269	6.0	Substrato BET (Flysch di Bettola) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	Casale
MASW04	L4MASW4	577	328	8.5	Depositi quaternari continentali	Rocchetta
MASW05	L5MASW5	638	/	/	Substrato sub – affiorante BET (Flysch di Bettola)	Levei
MASW06	L6MASW6	489	355	10.2	Substrato MCS (Flysch di M.Cassio) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	Pelizzone
MASW07	L7MASW7	763	420	4.9	Substrato APA (Argille a Palombini) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	Pedina Inf.
MASW08	L8MASW8	518	367	2.1	Substrato APA (Argille a Palombini) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	Strada Pedina-Sperongia
MASW09	L9MASW9	437	230	6.4	Deposito di frana quiescente	Casali
MASW10	L10MASW10	538	209	5.1	Substrato APA (Argille a Palombini) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	Pedina Inf.
MASW11	L11MASW11	525	209	2.7	Substrato sub-affiorante BET (Flysch di Bettola)	Malvisotti
MASW12	L12MASW12	347	197	9.5	Deposito di frana quiescente	I Rabbini
MASW13	L13MASW13	461	245	7.3	Deposito di frana quiescente	Teruzzi
MASW14	L14MASW14	391	191	4.9	Substrato BET (Flysch di Bettola) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	Teruzzi La Piana

N°	ID_INDP	Vs30	Vsh	Prof.Bedrock	Tipo di deposito interessato	Località
MASW15	L15MASW15	310	239	16.0	Deposito di frana quiescente	Rusteghini
MASW16	L16MASW16	340	280	24.7	Deposito di frana quiescente	S. Michele
MASW17	L17MASW17	389	189	5.4	Substrato BET (Flysch di Bettola) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	I Rabbini
MASW18	L18MASW18	322	245	16.0	Deposito di frana quiescente	Morfasso
MASW19	L19MASW19	309	282	22.8	Deposito di frana quiescente	Morfasso
MASW20	L20MASW20	601	259	2.9	Substrato sub-affiorante BET (Flysch di Bettola)	Levei
MASW21	L21MASW21	375	214	6.7	Substrato BET (Flysch di Bettola) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	Casale
MASW22	L22MASW22	500	183	2.4	Substrato sub-affiorante GUS (Argilliti dei Guselli)	Cornolo
MASW23	L23MASW23	434	284	8.8	Deposito di versante	Taverne
MASW24	L24MASW55	348	215	9.7	Substrato BET (Flysch di Bettola) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	La Costa
MASW25	L25MASW56	392	203	5.0	Substrato BET (Flysch di Bettola) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	Olza
MASW26	L26MASW57	317	185	7.4	Substrato SCB (Arenarie di Scabiazza) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	Carignone
MASW27	L27MASW58	365	184	7.5	Substrato VLU1 (Formazione della Val Luretta) caratterizzato da coltre di alterazione superficiale	Malvisi
MASW28	L28MASW59	226	166	16.5	Deposito di frana quiescente	Rocchetta

La distinzione fatta sopra è chiaramente osservabile anche considerando i valori di Vs<sub>30</sub>, maggiori ovviamente dove il substrato è sub-affiorante o interessato da spessori di coltre d'alterazione più bassi e minori dove si registrano coperture aventi spessori più alti. In dettaglio il gruppo Masw Bedrock mostra valori di Vs<sub>30</sub> variabili tra 317 e 763 m/s mentre per il gruppo Masw Cover variano da 226 a 577 m/s. L'elemento che si preme sottolineare è comunque l'estrema variabilità dei valori Vs<sub>30</sub> come conseguenza dell'elevatissima mutabilità delle caratteristiche (alterazione, fratturazione ecc.) geo-litologiche caratterizzanti i terreni del territorio comunale.

## 8.6 Carta di microzonazione sismica (livello 2)

Poiché, come descritto nei capitoli precedenti, il substrato marino presente nel territorio del comune di Morfasso evidenzia velocità  $V_s$  decisamente inferiori a 800 m/s (quindi difficilmente assimilabile ad un substrato rigido) si è scelto di utilizzare esclusivamente le tabelle per la valutazione dei fattori di amplificazione contenuti nell'allegato 2 della D.A.L. 112/2007 della Regione Emilia Romagna, la cui descrizione è riportata nel capitolo 7.

Di seguito si riportano i risultati delle analisi condotte per i principali ambiti urbanizzati ed urbanizzabili del comune di Morfasso.

### 8.6.1 Carignone

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione delle Arenarie di Scabiazza (SCB) e alle Argilliti dei Guselli (GUS). E' caratterizzata da porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

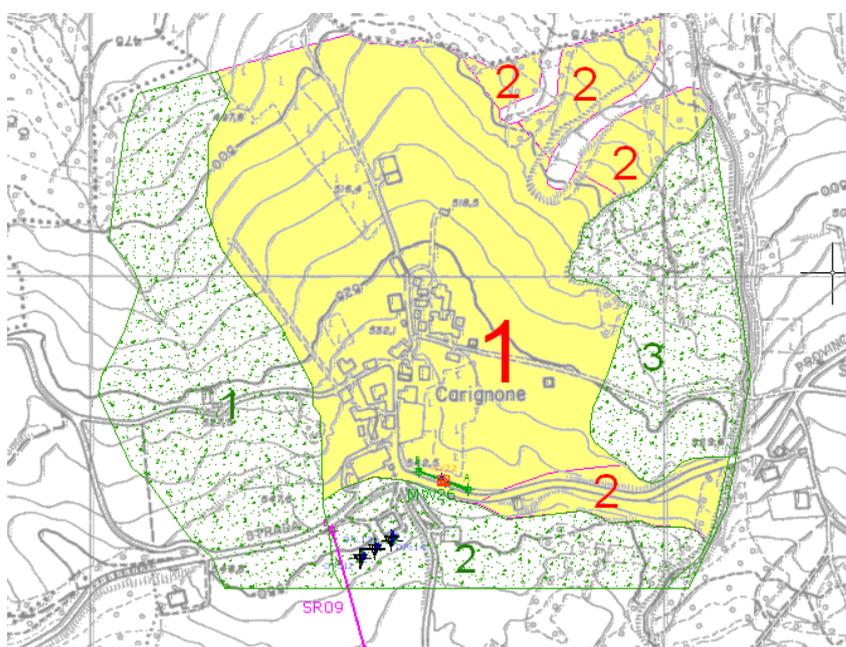


Figura 8.1. Rappresentazione microzone omogenee. Abitato di Carignone.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 1</b> Stratigrafia tipo = <b>2001</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.3</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math> = <b>2.2</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s</math> = <b>1.6</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [SCB] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 7.5-12.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 185</math> m/s <math>H \approx 7.5</math> m [derivante dalle prove sismiche MASW26 (033028L26MASW57) e HV22 (033028P102HVS105)].</p>
<p><b>Zona 2</b> Stratigrafia tipo = <b>2002</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.3</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math> = <b>1.4</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s</math> = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [GUS] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{s30} \approx 500</math> m/s [derivante dalla prova sismica MASW22 (033028L22MASW22), eseguita su GUS].</p>

8.6.2 San Michele

L'area in esame è contraddistinta nella porzione occidentale dalla presenza di depositi afferenti alla Formazione della Val Luretta (VLU1), mentre nella parte orientale dal Flysch di M.Cassio (MCS), dalle Argille a Palombini (APA) e dai Calcari a Calpionelle (CCL). Le porzioni instabili o potenzialmente instabili sono evidenziate in figura in puntinato verde e riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

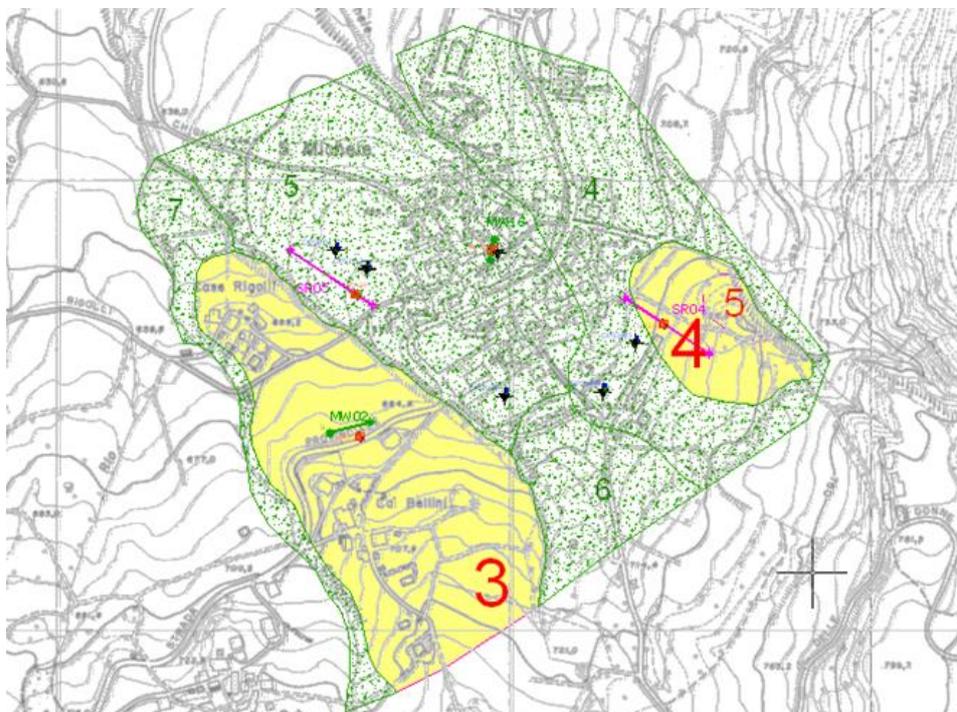


Figura 8.2.  
Rappresentazione  
microzone  
omogenee. Abitato  
di San Michele.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 3</b> Stratigrafia tipo = <b>2003</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.0</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s = <b>1.7</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [VLU1] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 224</math> m/s e <math>H \approx 5</math> m [derivante dalle prova sismica MASW2 (033028L2MASW2)].</p>
<p><b>Zona 4</b> Stratigrafia tipo = <b>2004</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.0</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s = <b>1.7</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [APA] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 229</math> m/s [derivante dalla prova sismica MASW10 (033028L10MASW10) su APA] e <math>V_{sH} \approx 224</math> m/s [derivante dalla prova sismica MASW2 (033028L2MASW2) eseguita nei pressi dell'area in esame]. Per la determinazione dello spessore della copertura si è fatto riferimento ad un valore di <math>H \approx 5</math> m [derivante dalla prova SR04 (033028L32SR27)].</p>
<p><b>Zona 5</b> Stratigrafia tipo = <b>2005</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.3</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s = <b>1.4</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [CCL] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c. in riferimento alla presenza di affioramenti rocciosi. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{s30} \approx 540</math> m/s [derivante dalle prova sismica MASW10 (033028L10MASW10) eseguita su APA].</p>

8.6.3 Case Malvisi

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione della Val Luretta (VLU1). Sono presenti anche porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

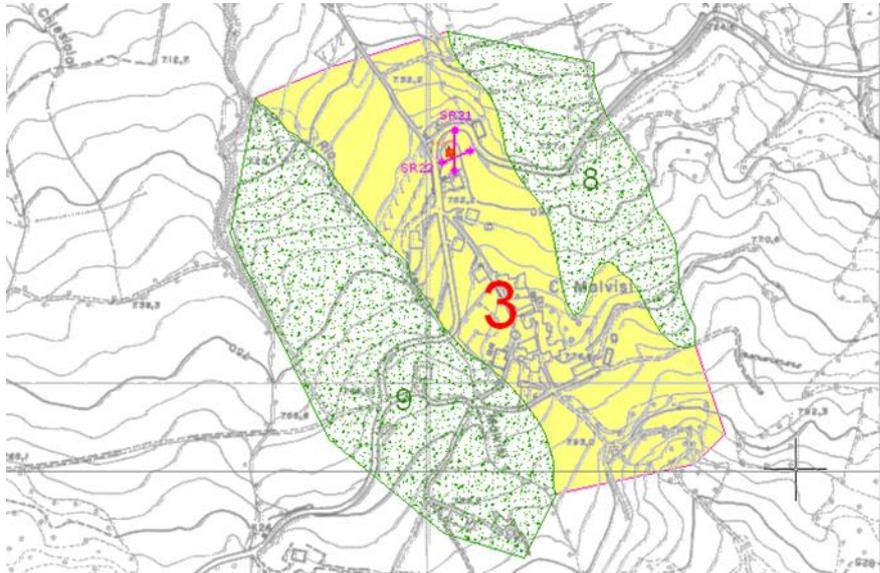


Figura 8.3. Rappresentazione microzone omogenee. Abitato di Case Malvisi.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 3</b>                  Stratigrafia tipo = <b>2003</b>                  [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.0</b>                  [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s = 1.7</math>                  [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s = 1.4</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica.                  Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [VLU1] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c.                  Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{SH} \approx 184</math> m/s [derivante dalla prova sismica MASW27(033028L27MASW58)]. Per la determinazione dello spessore della copertura si è fatto riferimento ad un valore di <math>H \approx 4.5</math> m [derivante dalla prova sismica SR22 (033028L50SR45)].</p>
---	--

8.6.4 Levei-Chiavarini

L'area del in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione del Flysch di Bettola (BET). E' caratterizzata anche da porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità rilevato nella Carta della MOPS.

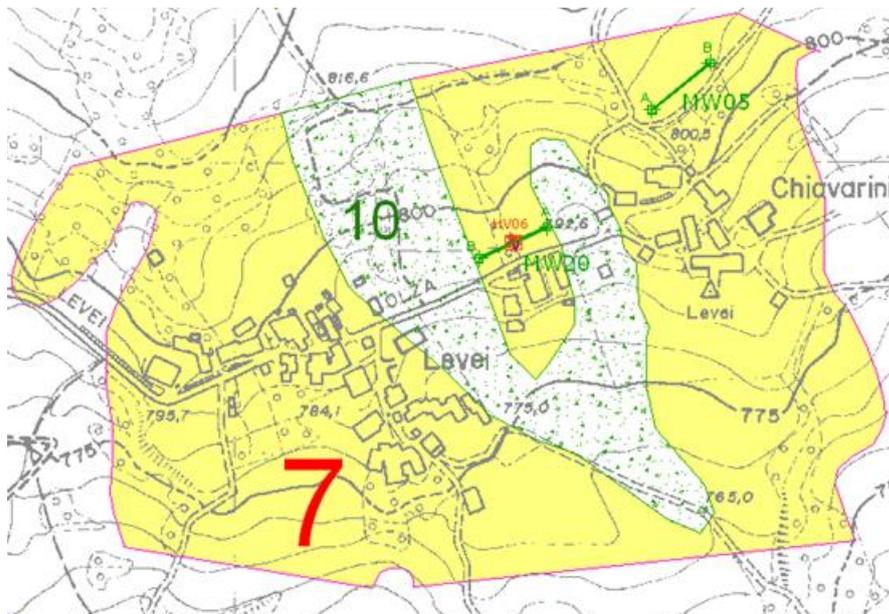


Figura 8.4.  
Rappresentazione  
microzone omogenee.  
Abitato di Levei-  
Chiavarini.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 7</b> Stratigrafia tipo = <b>2007</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.2</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s = 1.3</math> [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s = 1.3</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{s30} \approx 600</math> m/s [derivante dalle prove sismiche MASW5e20 (033028L5MASW5-033028L20MASW20) eHV06 (033028P86HVSR89)].</p>
---	---

### 8.6.5 La Costa

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione del Flysch di Bettola (BET). E' caratterizzata nella parte occidentale da porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

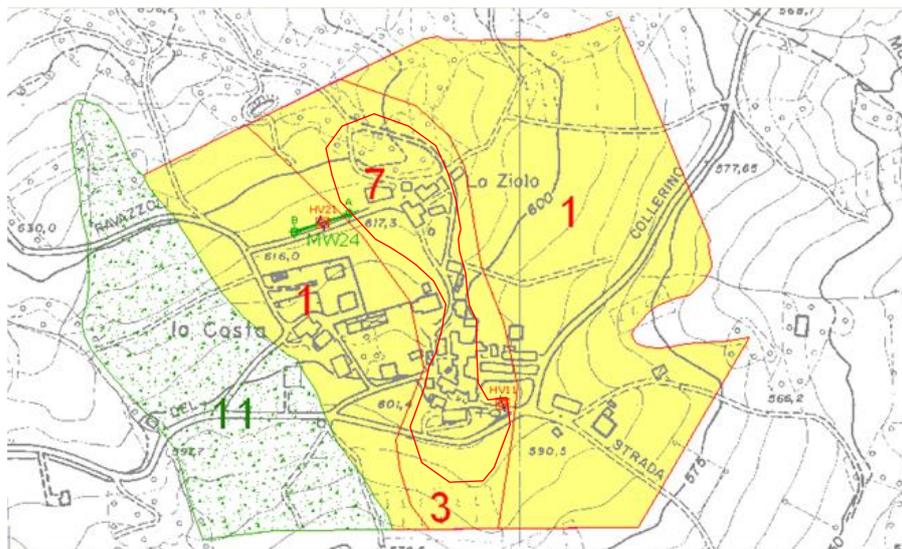


Figura 8.5.  
Rappresentazione  
microzone omogenee.  
Abitato de La Costa.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 1</b>                  Stratigrafia tipo = <b>2001</b>                  [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.3</b>                  [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s = 2.2</math>                  [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s = 1.6</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica.                  Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 7.5-12.5 m dal p.c.                  Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 215</math> m/s e <math>H \approx 9.5</math> m [derivante dalle prove sismiche MASW24 (033028L24MASW55) e HV21 (033028P101HVSR104)].</p>
<p><b>Zona 3</b>                  Stratigrafia tipo = <b>2003</b>                  [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.0</b>                  [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s = 1.7</math>                  [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s = 1.4</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica.                  Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 215</math> m/s [derivante dalle prove sismiche MASW24 (033028L24MASW55) e HV21 (033028P101HVSR104)]. Per la determinazione dello spessore della copertura si è fatto riferimento ad un valore di <math>H</math> compreso tra 3-7.5 m in considerazione della vicinanza di affioramenti rocciosi.</p>
<p><b>Zona 7</b>                  Stratigrafia tipo = <b>2007</b>                  [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.3</b>                  [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s = 1.4</math>                  [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s = 1.4</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica.                  Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c. in riferimento alla presenza di affioramenti rocciosi.                  Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{s30} \approx 484</math> m/s [derivante dalle prove sismiche MASW24 (033028L24MASW55) e HV21 (033028P101HVSR104)] da cui sono stati estratti gli strati e i corrispondenti valori di <math>V_s</math> appartenenti alla copertura.</p>

### 8.6.6 Case d'Olza

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione del Flysch di Bettola (BET) e del Flysch di Farini d'Olmo (FAR2a). E' caratterizzata inoltre nella porzione orientale da aree instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

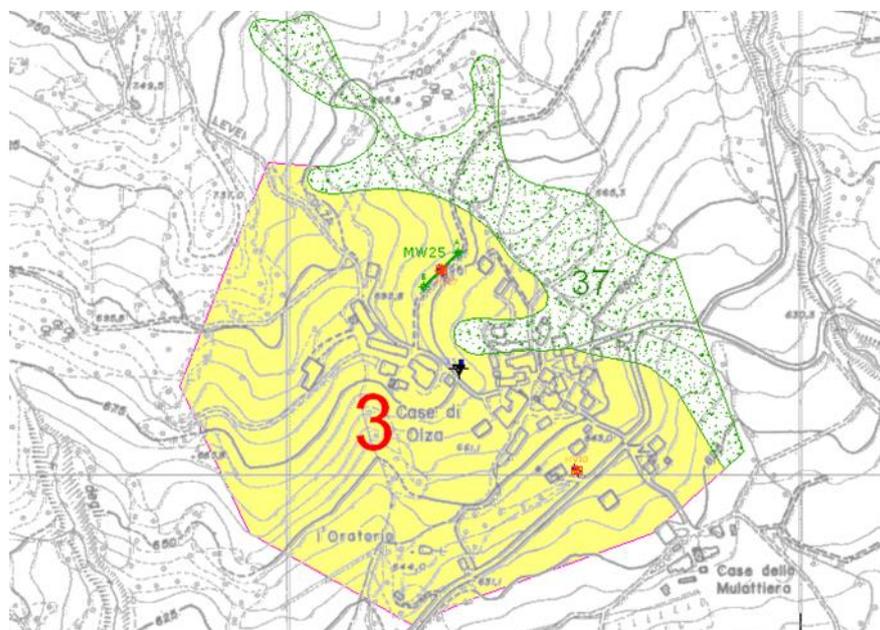


Figura 8.6.  
 Rappresentazione  
 microzone omogenee.  
 Abitato di Olza.

E' stata individuata la seguente microzona:

<p><b>Zona 3</b>                  Stratigrafia tipo = <b>2003</b>                  [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.0</b>                  [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s = 1.7</math>                  [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s = 1.4</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica.                  Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [FAR2a] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c.                  Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 203</math> m/s e <math>H \approx 5.0</math> m [derivante dalle prove sismiche MASW25 (033028L25MASW56), HV10(033028P90HVS93) e HV27 (033028P107HVS93)].</p>
---	--

In alcune porzioni di territorio di Olza sono state individuate scarpate con pendenza  $>15^\circ$ , come individuato nel § 8.4.4. In questa sede è stata eseguita una prima valutazione degli effetti topografici sulla base di quanto indicato nell'allegato A2 del DAL 112/2007, le cui risultanze sono riportate nella figura seguente. Il valore di amplificazione topografica ( $S_T$ ), nella sezione analizzata, è risultato pari a 1.0.

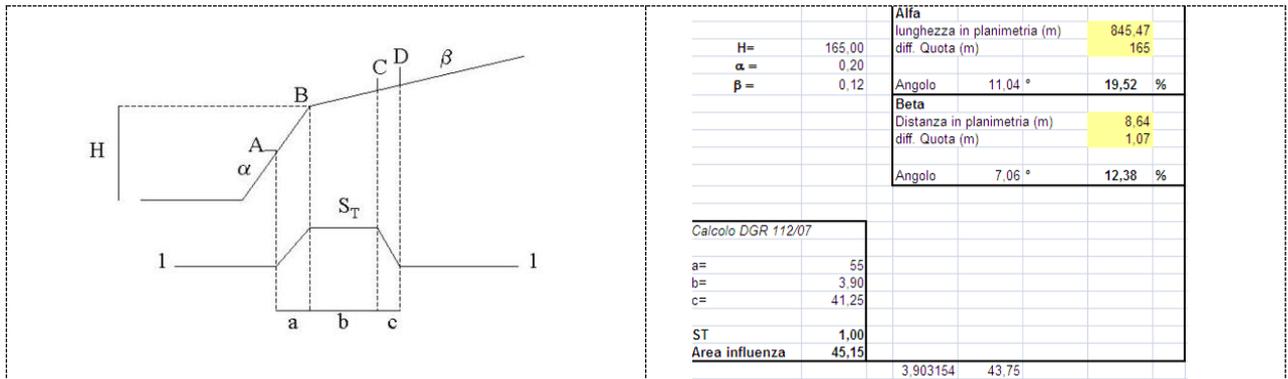


Figura 8.7. Scheda per il calcolo delle amplificazioni topografiche.

8.6.7 Rocchetta

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione del Flysch di Farini d'Olmo (FAR2). Sono inoltre presenti depositi detritici (a3) e depositi alluvionali a granulometria mista (AES8a). E' caratterizzata da porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

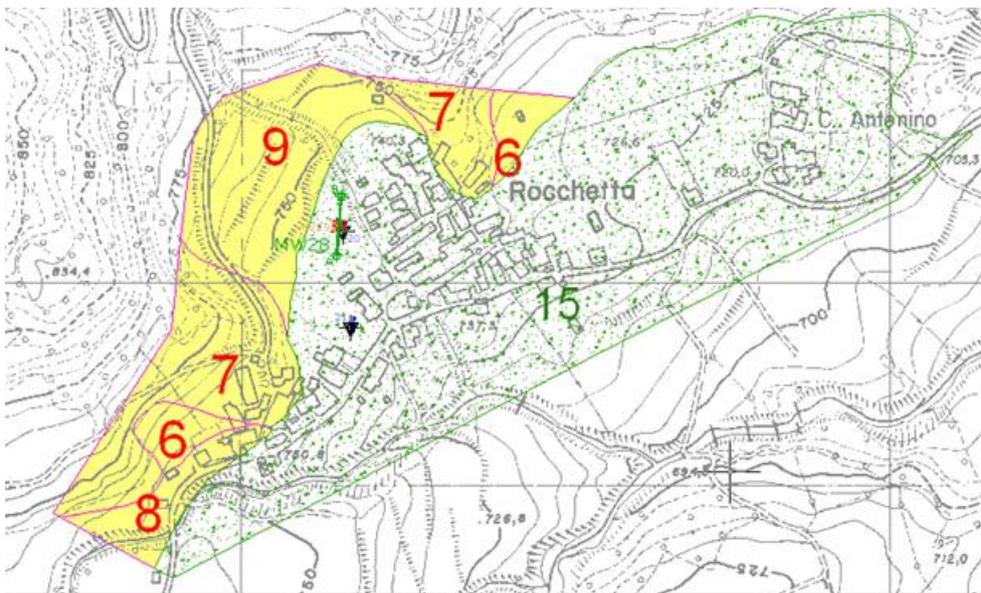


Figura 8.8. Rappresentazione microzone omogenee. Abitato di Rocchetta.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 6</b> Stratigrafia tipo = <b>2006</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.0</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_o &lt; 0.5s = 1.7</math> [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_o &lt; 1s = 1.4</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [FAR2a] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 200</math> m/s [derivante dalla prova sismica MASW28 (033028L28MASW59)]</p>
<p><b>Zona 7</b> Stratigrafia tipo = <b>2007</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.4</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_o &lt; 0.5s = 1.5</math> [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_o &lt; 1s = 1.4</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di appennino e margine appenninico-padano con substrato marino [FAR2a] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{s30} \approx 400</math> m/s [derivante dalla prove sismica MASW28 (033028L28MASW59) da cui sono stati estratti gli strati e i corrispondenti valori di <math>V_s</math> appartenenti alla copertura].</p>
<p><b>Zona 8</b> Stratigrafia tipo = <b>2008</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.6</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_o &lt; 0.5s = 1.6</math> [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_o &lt; 1s = 1.4</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 7.5-12.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} = 330</math> m/s e <math>H = 8.5</math> m [derivante dalla prova sismica MASW04 (033028L4MASW4)].</p>
<p><b>Zona 9</b> Stratigrafia tipo = <b>2009</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.3</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_o &lt; 0.5s = 2.2</math> [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_o &lt; 1s = 1.6</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 7.5-12.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 330</math> m/s e <math>H \approx 8.5</math> m [derivante dalla prova sismica MASW04 (033028L4MASW4)]. Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [FAR2a] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 7.5-12.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 200</math> m/s [derivante dalla prova sismica MASW28 (033028L28MASW59)].</p>

### 8.6.8 Morfasso capoluogo

L'area del capoluogo è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti al Flysch di Farini d'Olmo (FAR2 e FAR1a). E' caratterizzata inoltre da porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

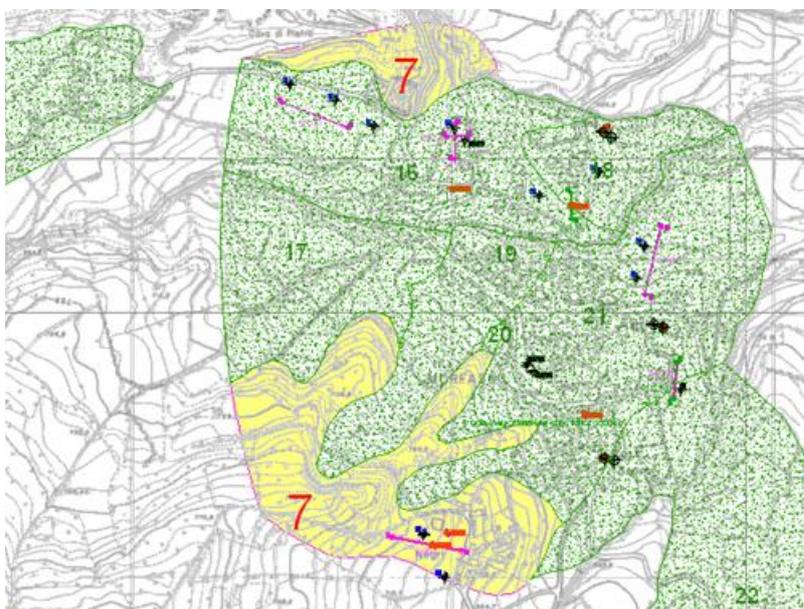


Figura 8.9.  
Rappresentazione  
microzone omogenee.  
Abitato di Morfasso

E' stata individuata la seguente microzona:

<p><b>Zona 7</b>                  Stratigrafia tipo = <b>2007</b>                  [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.4</b>                  [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s = 1.5</math>                  [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s = 1.4</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica.                  Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [FAR2a] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c., in riferimento alla presenza di affioramenti rocciosi.                  Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{s30} \approx 400</math> m/s [derivante dalla prove sismiche MASW18 (033028L18MASW18), MASW 19 (033028L19MASW19) e MASW 28 (033028L28MASW59) eseguita su FAR2 a Rocchetta da cui sono stati estratti gli strati e i corrispondenti valori di <math>V_s</math> appartenenti alla copertura].</p>
---	---

8.6.9 Cornolo

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione del Flysch di Bettola (BET) e delle Argilliti dei Guselli (GUS). E' caratterizzata inoltre da porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

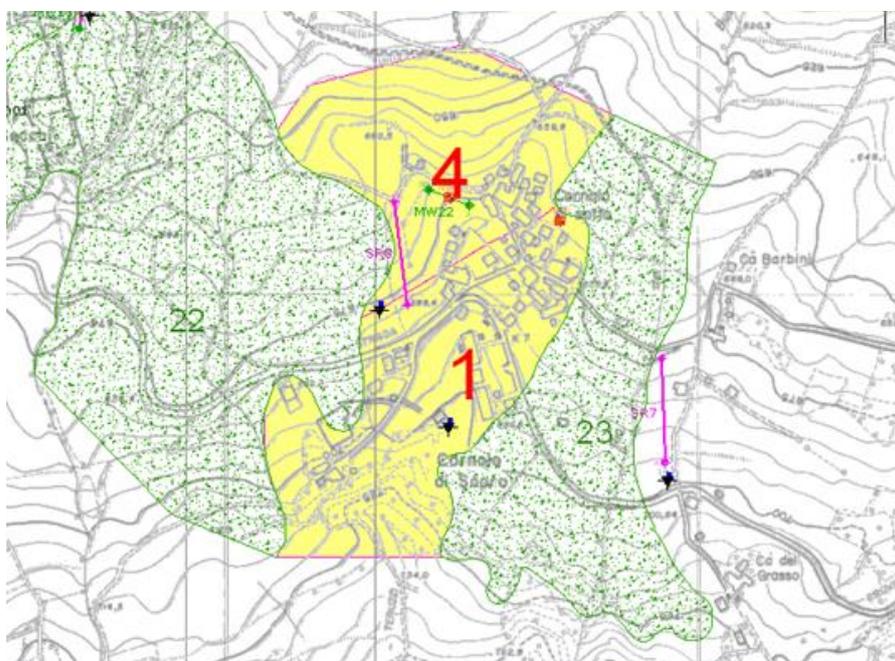


Figura 8.10.  
 Rappresentazione  
 microzone  
 omogenee.  
 Abitato di Cornolo.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 4</b>                  Stratigrafia tipo = <b>2004</b>                  [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.0</b>                  [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s = 1.7</math>                  [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s = 1.4</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica.                  Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [GUS] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c.                  Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 200</math> m/s e <math>H \approx 5</math> m [derivanti rispettivamente dalla prova sismica MASW22 (033028L22MASW22), e dalla prova penetrometrica dinamica DPSH15 (033028P40DP40)].</p>
<p><b>Zona 1</b>                  Stratigrafia tipo = <b>2001</b>                  [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.3</b>                  [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s = 2.2</math>                  [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s = 1.6</math></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica.                  Ambito di appennino e margine appenninico-padano con substrato marino [BET] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 7.5-12.5 m dal p.c..                  Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 200</math> m/s e <math>H \approx 8</math> m [derivanti rispettivamente dalla prova sismica MASW22 (033028L22MASW22), dalla prova penetrometrica dinamica DPSH17 (033028P42DP42)].</p>

8.6.10 Pedina

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione delle Argille a Palombini (APA). E' caratterizzata da porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

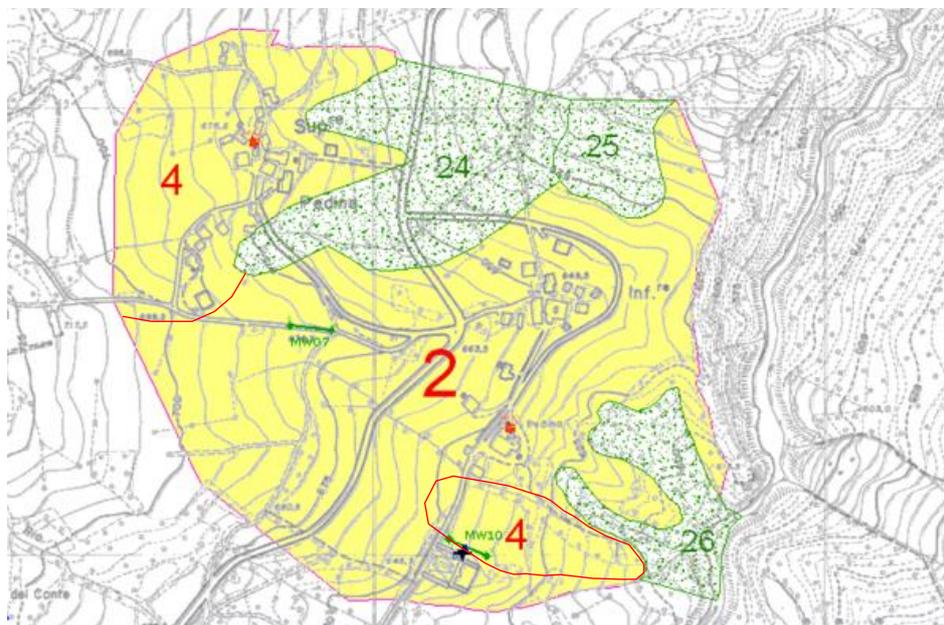


Figura 8.11. Rappresentazione microzone omogenee. Abitato di Pedina.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 2</b>                      Stratigrafia tipo = <b>2002</b>                      [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.0</b>                      [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math> = <b>1.0</b>                      [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s</math> = <b>1.0</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica.                      Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [APA] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s con coperture inferiori a 3 m dal p.c.                      Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{s30} \approx 760</math> m/s e <math>H \approx 5</math> m [derivante dalla prova sismica MASW7 (033028L7MASW7)].</p>
<p><b>Zona 4</b>                      Stratigrafia tipo = <b>2004</b>                      [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.0</b>                      [Fy] - F.A. Intensità spettrale <math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math> = <b>1.7</b>                      [Fz] - F.A. Intensità spettrale <math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1s</math> = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica e topografica.                      Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [APA] caratterizzato da <math>V_s &lt; 800</math> m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c.                      Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{sH} \approx 209</math> m/s e <math>H \approx 5</math> m [derivante dalla prova sismica MASW10 (033028L10MASW10)]. Per il valore di <math>F_t</math> si è fatto riferimento all'allegato 2 della DAL 112/2007.</p>

In alcune porzioni di territorio di Pedina sono state individuate scarpate con pendenza  $>15^\circ$ , come individuato nel § 8.4.4.. In questa sede è stata eseguita una prima valutazione degli effetti topografici sulla base di quanto indicato nell'allegato A2 del DAL 112/2007, le cui risultanze sono riportate nella figura seguente. Il valore di amplificazione topografica ( $St$ ), nelle sezioni analizzate, è risultato pari rispettivamente a 1.125 e 1.00.

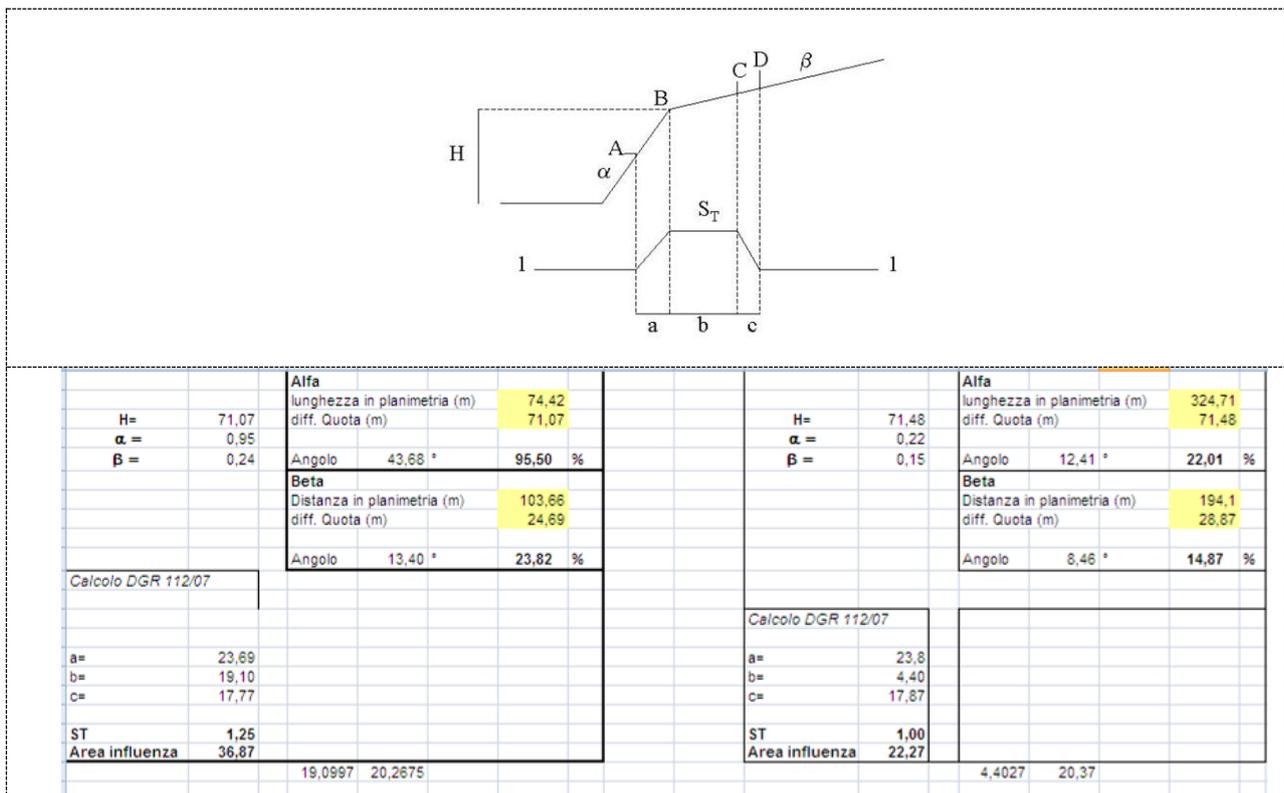


Figura 8.12. Scheda per il calcolo delle amplificazioni topografiche \_sezione Pedina 57.

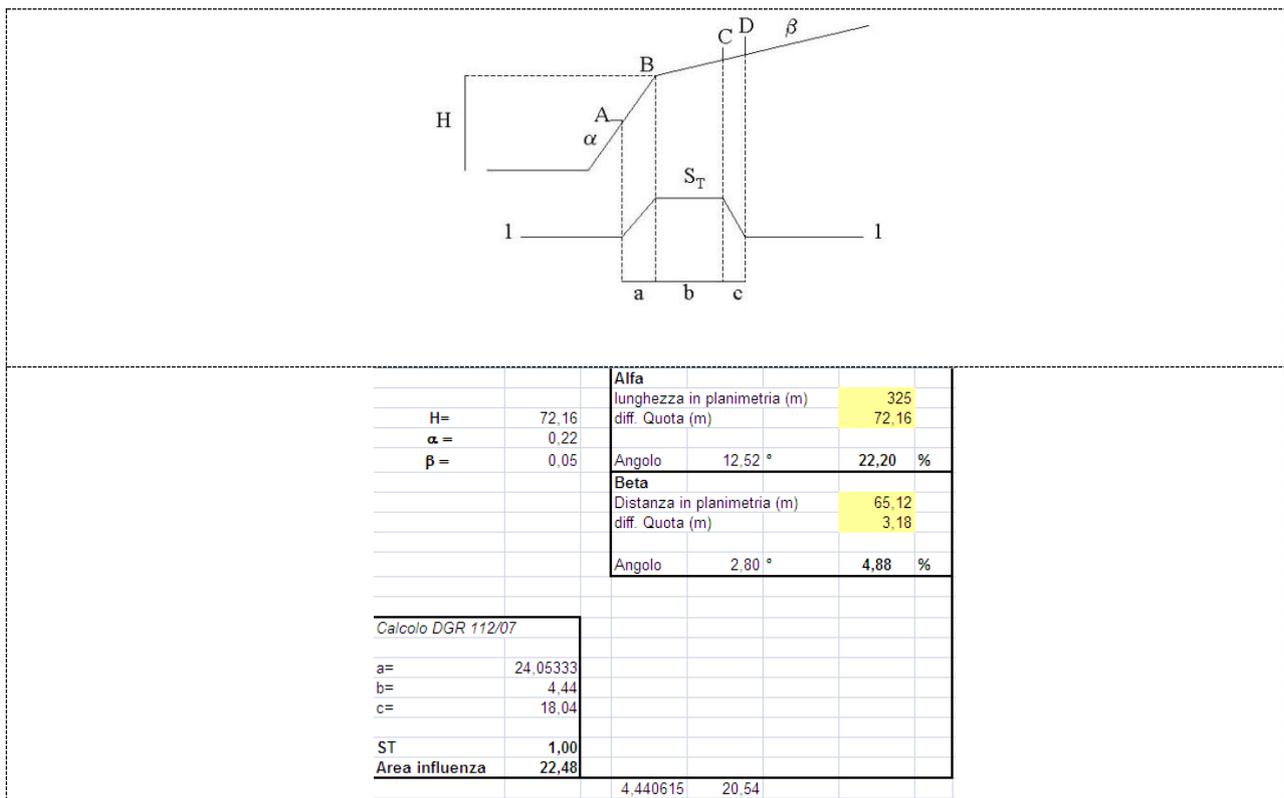


Figura 8.13. Scheda per il calcolo delle amplificazioni topografiche \_sezione Pedina 58.

8.6.11 Casali

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione del Flysch di M.Cassio (MCS), delle Argille a Palombini (APA) e delle Arenarie di Scabiazza (SCB). E' caratterizzata da porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

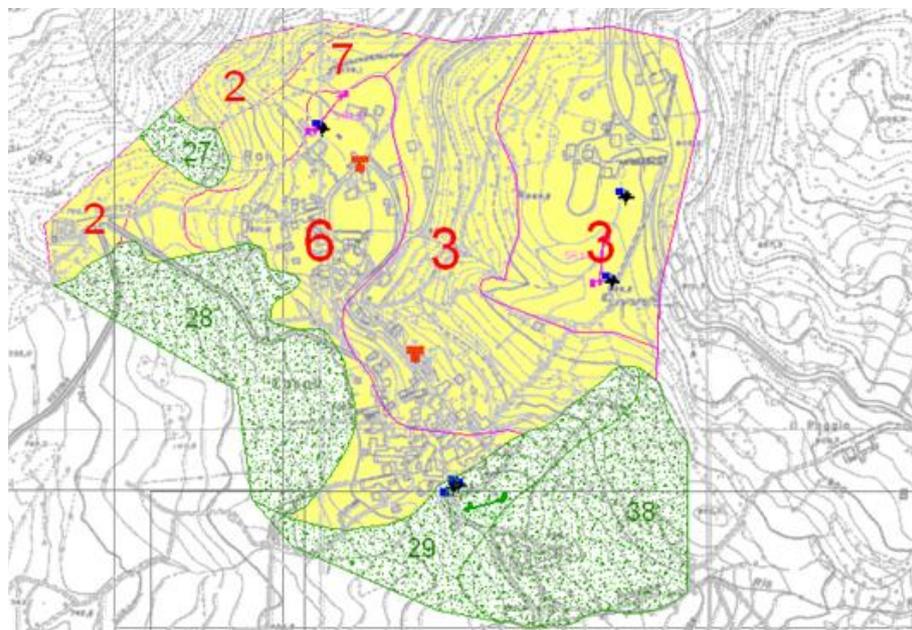


Figura 8.14.  
Rappresentazione  
microzone  
omogenee.  
Abitato di Casali.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 2</b> Stratigrafia tipo = <b>2002</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.3</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s = <b>1.4</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di appennino e margine appenninico-padano con substrato marino [APA] caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di Vs<sub>30</sub> ≈ 540 m/s [derivante dalla prova sismica MASW10 (033028L10MASW10), eseguita su APA].</p>
<p><b>Zona 3</b> Stratigrafia tipo = <b>2003</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.7</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s = <b>1.5</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [MCS] caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c., valore stimato in funzione della topografia e della presenza di affioramenti rocciosi. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di Vs<sub>H</sub> ≈ 230 m/s [derivante dalla prova sismica MASW09 (033028L9MASW9)].</p>
<p><b>Zona 6</b> Stratigrafia tipo = <b>2006</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.7</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s = <b>1.5</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di Vs<sub>H</sub> ≈ 230 m/s e H ≈ 6 m [derivanti rispettivamente dalla prove sismiche MASW09 (033028L9MASW9) e SR18 (033028L46SR41)].</p>
<p><b>Zona 7</b> Stratigrafia tipo = <b>2007</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.4</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s = <b>1.5</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [SCB] caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c., in riferimento alla presenza di affioramenti rocciosi. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di Vs<sub>30</sub> ≈ 320 m/s [derivante dalle prova sismica MASW26 (033028L26MASW57), eseguita su SCB].</p>



8.6.12 I Rabbini

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione del Flysch di Bettola (BET). E' caratterizzata da porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

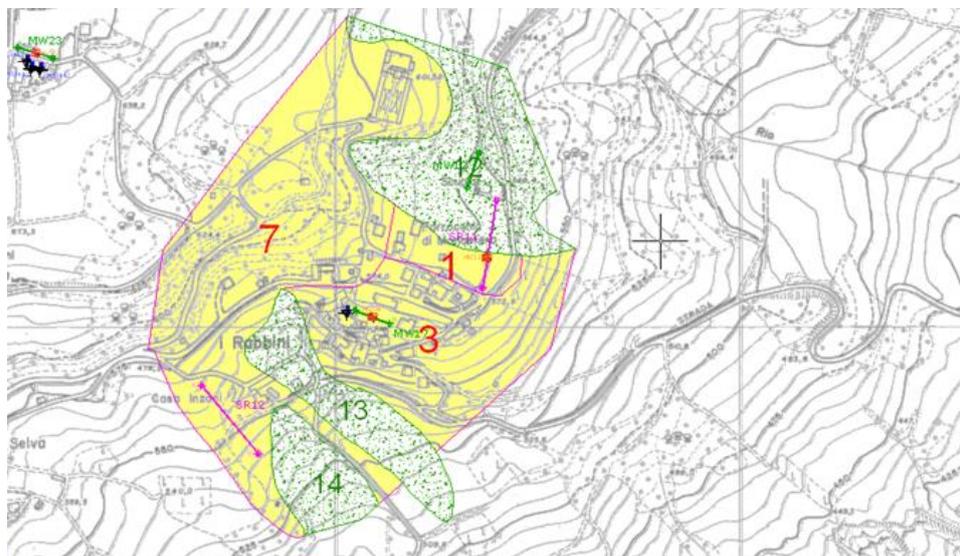


Figura 8.17.  
Rappresentazione  
microzone  
omogenee.  
Abitato de I  
Rabbini.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 1</b> Stratigrafia tipo = <b>2001</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.3</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s =<b>2.2</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s =<b>1.6</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 7.5-12.5m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di Vs<sub>H</sub> ≈ 189 m/s e H ≈ 10 m [derivante rispettivamente dalla prove sismiche MASW17 (033028L17MASW17) e SR11 (033028L39SR34)]</p>
<p><b>Zona 3</b> Stratigrafia tipo = <b>2003</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>2.0</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s =<b>1.7</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s =<b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 3-7.5m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di Vs<sub>H</sub> ≈ 189 m/s e H ≈ 5 m/s [derivante dalla prova sismica MASW17 (033028L17MASW17)].</p>
<p><b>Zona 7</b> Stratigrafia tipo = <b>2007</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.4</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s =<b>1.5</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s =<b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c., in riferimento alla presenza di affioramenti rocciosi e ai risultati della prova sismica SR12(033028L40SR35) Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di Vs<sub>30</sub> ≈ 390-435m/s [derivante dalle prove sismiche MASW17 (033028L17MASW17) - MASW23 (033028L23MASW23)]</p>

In alcune porzioni di territorio de I Rabbini sono state individuate scarpate con pendenza >15°, come individuato nel § 8.4.4.. In questa sede è stata eseguita una prima valutazione degli effetti topografici sulla base di quanto indicato nell'allegato A2 del DAL 112/2007, le cui risultanze sono riportate nelle figure seguenti. Il valore di amplificazione topografica (St), nella sezione analizzata, è risultato pari a 1.0.

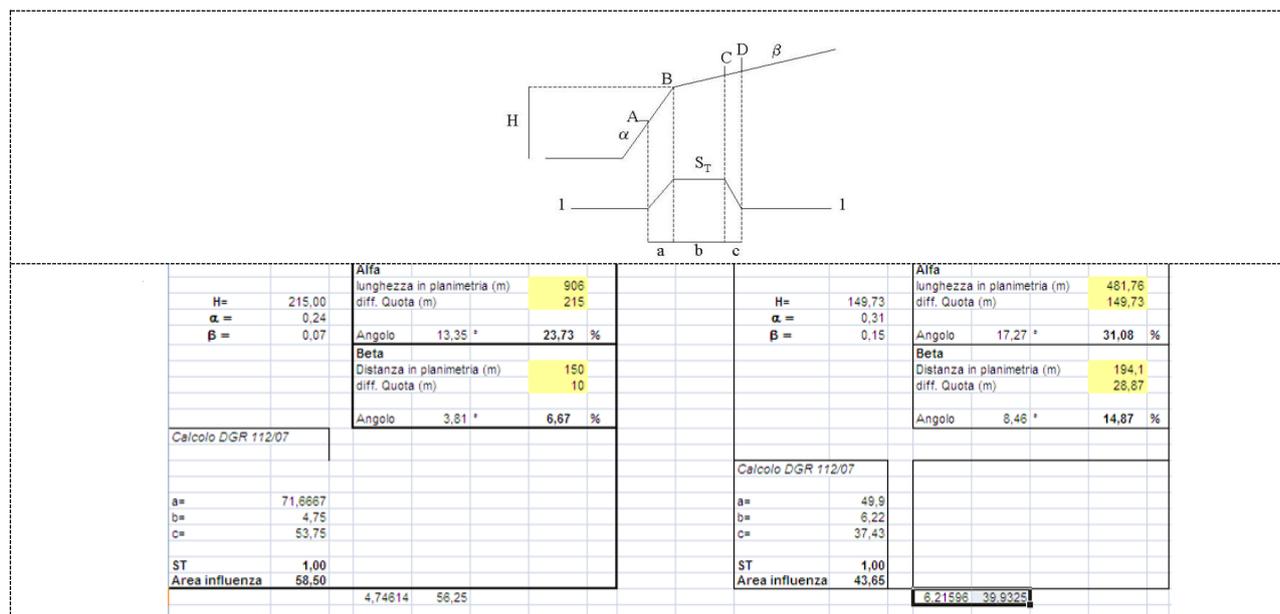


Figura 8.18. Scheda per il calcolo delle amplificazioni topografiche \_sezione Rabbini56

### 8.6.13 Rusteghini

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione del Flysch di Bettola (BET). E' caratterizzata inoltre da vaste porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

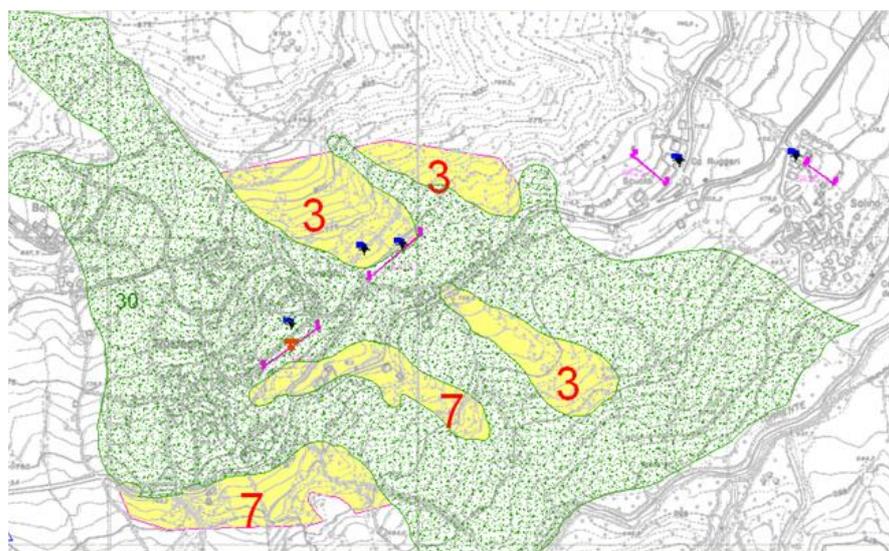


Figura 8.19. Rappresentazione microzone omogenee. Abitato di Rusteghini.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 3</b> Stratigrafia tipo = <b>2003</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.7</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s = <b>1.5</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di Vs<sub>H</sub> ≈ 240m/s e H ≈ 5 m [derivante rispettivamente dalla prova sismica MASW15 (033028L15MASW15) e dalle prove penetrometriche dinamiche DPSH31 (033028P56DP56) e DPSH32 (033028P57DP57)].</p>
<p><b>Zona 7</b> Stratigrafia tipo = <b>2007</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.4</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s = <b>1.5</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s = <b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c., in riferimento alla presenza di affioramenti rocciosi. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di Vs<sub>30</sub> ≈ 390m/s [derivante dalla prova sismica MASW14 (033028L14MASW14)], eseguita a Teruzzi su Flysch di Bettola.</p>

In alcune porzioni di territorio di Rustghini sono state individuate scarpate con pendenza >15°, come individuato nel § 8.4.4. In questa sede è stata eseguita una prima valutazione degli effetti topografici sulla base di quanto indicato nell'allegato A2 del DAL 112/2007, le cui risultanze sono riportate nelle figure seguenti. Il valore di amplificazione topografica (St), nella sezione analizzata, è risultato pari a 1.0.

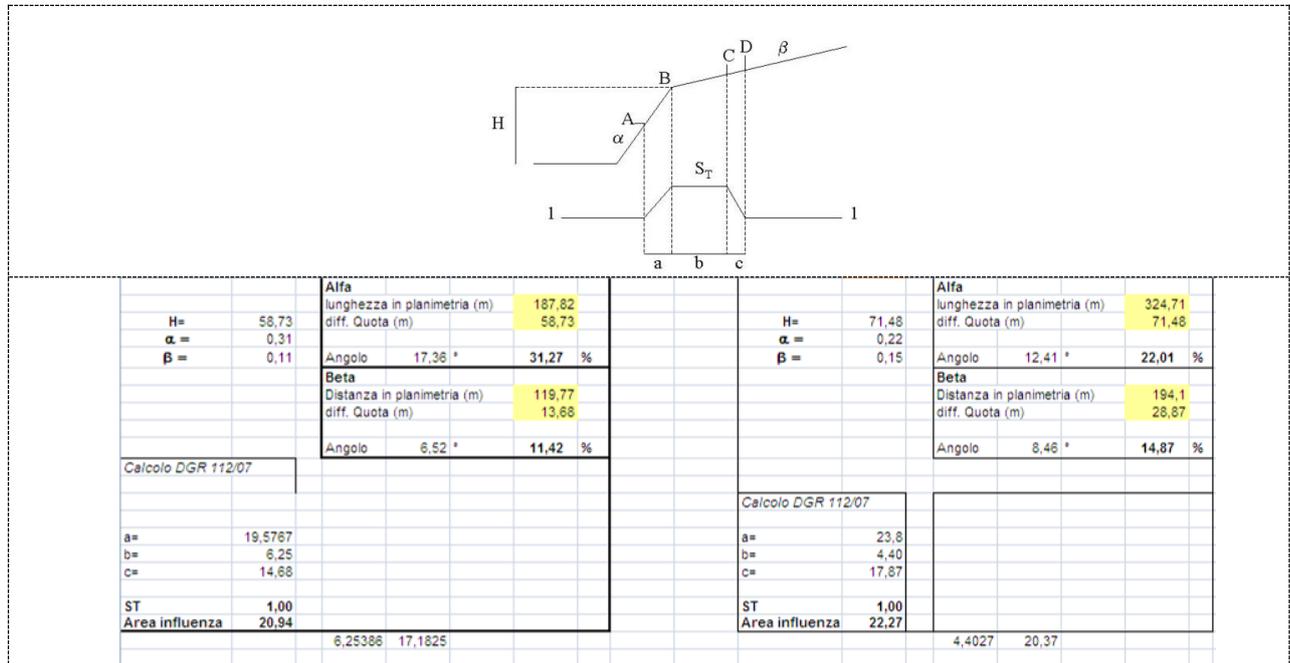


Figura 8.20. Scheda per il calcolo delle amplificazioni topografiche\_ sezione Rusteghini 61

### 8.6.14 Teruzzi

L'area in esame è contraddistinta dalla presenza da depositi afferenti alla Formazione del Flysch di Bettola (BET). E' caratterizzata da porzioni instabili o potenzialmente instabili che in figura sono evidenziate in puntinato verde e che riportano l'ID delle zone suscettibili di instabilità.

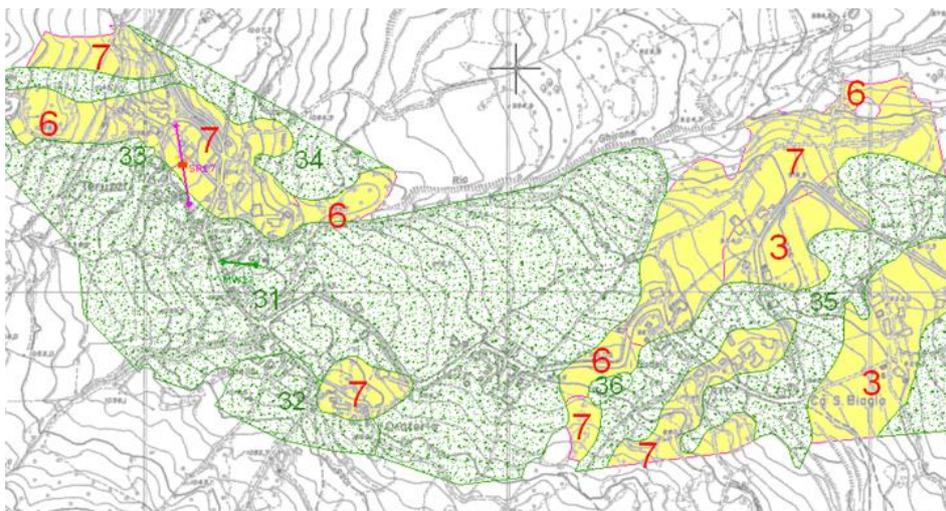


Figura 8.21. Rappresentazione microzone omogenee. Abitato di Teruzzi.

Sono state individuate le seguenti microzone:

<p><b>Zona 3</b> Stratigrafia tipo = <b>2003</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.7</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s =<b>1.5</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s =<b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{SH} \approx 245</math> m/s [derivante dalla prova sismica MASW13 (033028L13MASW13)].</p>
<p><b>Zona 6</b> Stratigrafia tipo = <b>2006</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.7</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s =<b>1.5</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s =<b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 3-7.5 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{SH} \approx 245</math> m/s [derivante dalla prova sismica MASW13 (033028L13MASW13)].</p>
<p><b>Zona 7</b> Stratigrafia tipo = <b>2007</b> [Fx] - F.A. P.G.A = <b>1.4</b> [Fy] - F.A. Intensità spettrale 0.1s&lt;To&lt;0.5s =<b>1.5</b> [Fz] - F.A. Intensità spettrale 0.5s&lt;To&lt;1s =<b>1.4</b></p>	<p>Zona di amplificazione stratigrafica. Ambito di APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO con substrato marino [BET] caratterizzato da Vs&lt;800 m/s a profondità comprese tra 0-3 m dal p.c. Per la definizione di questa zona, si è fatto riferimento ad un valore di <math>V_{S30} \approx 390</math> m/s [derivante dalle prove sismiche MASW14 (033028L14MASW14)].</p>

## 8.7 Commenti finali e criticità

Lo studio di microzonazione sismica è stato redatto ai sensi degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (Gruppo di Lavoro MS 2008), dei "Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (AA.VV 2011) e degli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (D.A.L. Regione Emilia Romagna n.112/2007).

Le analisi condotte hanno avuto come prima fase di lavoro l'acquisizione ed archiviazione dei dati geognostici (Carta delle indagini ed annesso data base delle prove) e delle informazioni geologico sismiche generali e locali (carta geologico tecnica, schema geologico e tettonico comunale). Successivamente a questo primo step di lavoro sono state eseguite una serie di indagini geognostiche atte ad integrare i dati acquisiti ed a colmare le lacune conoscitive emerse. Acquisite le nuove indagini sono state redatte le carte delle frequenze naturali dei terreni, la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e le sezioni geologiche.

In sintesi le prime tre fasi di lavoro hanno portato alla redazione del primo livello di approfondimento. In dettaglio queste fasi hanno permesso di archiviare complessivamente: 13 prove penetrometriche statiche, 57 prove penetrometriche dinamiche, 7 stratigrafie di sondaggi, 19 rilievi geomeccanici di cui 16 eseguiti per il presente lavoro.

Le indagini geofisiche complessivamente archiviate sono risultate pari a 31 prove sismiche a rifrazione, 28 prove sismiche multicanale basate su onde di superficie (M.A.S.W.) di cui 5 eseguite per il presente lavoro e 31 prove passive a stazione singola (Prove tipo H.V.S.R.), di cui 21 realizzate per il presente lavoro.

L'elaborazione dei dati sismici ha consentito di ricavare la velocità delle Vs riportate nella carta delle velocità delle onde di taglio S. Le analisi eseguite hanno evidenziato la presenza di un substrato marino che non può essere assimilato ad un bedrock sismico in senso ICMS (2008) in quanto le indagini geotecniche e sismiche hanno consentito di rilevare una velocità delle onde di taglio dei depositi marini compresa tra circa 200 e 750 m/s, valore inferiore al dato di riferimento pari a 800 m/s. Considerando questo dato nell'analisi di II Livello, ovvero nell'elaborazione dei fattori di amplificazione, si è optato per l'utilizzo esclusivo degli specifici abachi regionali caratteristici per la presenza di litotipi del substrato con Vs<800 m/s (Allegato 2 della D.A.L. 112/2007 della Regione Emilia Romagna).

L'analisi complessiva dei dati rilevati a livello comunale mette in luce valori di Vs<sub>30</sub> estremamente variabili e compresi tra 226 e 763 m/s, si evidenzia dunque come non sia possibile eseguire una suddivisione del territorio per range omogenei di Vs<sub>30</sub>. Analizzando più in dettaglio occorre fare una distinzione sull'ubicazione delle prove prese in considerazione:

- 11 sono state eseguite su depositi di frana o altri tipi di coperture quaternarie (Masw Cover);
- 17 sono state effettuate su substrato sub-affiorante o su terreni caratterizzati da una coltre superficiale di alterazione (Masw Bedrock).

La distinzione fatta sopra è chiaramente osservabile considerando i valori di  $V_{s30}$ , maggiori dove il substrato è sub-affiorante o interessato da spessori di coltre d'alterazione e minori dove si registrano coperture di varia origine aventi spessori più alti. In dettaglio il gruppo Masw Bedrock mostra valori di  $V_{s30}$  variabili tra 317 e 763 m/s mentre per il gruppo Masw Cover variano da 226 a 577 m/s. L'elemento che si preme sottolineare è comunque l'estrema variabilità dei valori  $V_{s30}$  come conseguenza dell'elevatissima mutabilità delle caratteristiche (alterazione, fratturazione ecc.) geo-litologiche caratterizzanti i terreni del territorio comunale.

Inoltre si sottolinea come le indagini pregresse e quelle eseguite per la presente microzonazione hanno rivelato in parecchie situazioni la presenza di una coltre d'alterazione superficiale ricoprente il substrato roccioso, lo spessore della quale è stato considerato per il calcolo dei fattori d'amplificazione, allorquando maggiore di 3 metri.

Per quello che riguarda i valori di amplificazione calcolati per le diverse aree individuate (analisi di II Livello per aree stabili soggette ad amplificazione locale) si evidenzia come i fattori determinati siano in diretta correlazione con lo spessore dei depositi di copertura.

In particolare per **Morfasso capoluogo** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A di 1.4, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  di 1.5, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  di 1.4.

Per l'abitato di **Carignone** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A variabili tra 1.3 e 2.3, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  variabili tra 1.4 e 2.2, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  variabili tra 1.4 e 1.6.

Per l'abitato di **San Michele** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A variabili tra 1.3 e 2.0, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  variabili tra 1.4 e 1.7, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  di 1.4.

Per l'abitato di **Case Malvisi** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A di 2.0, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  di 1.7, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  di 1.4.

Per l'abitato di **Levei** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A di 1.2, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  di 1.3, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  di 1.3.

Per l'abitato di **La Costa** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A variabili tra 1.3 e 2.3, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  variabili tra 1.4 e 2.2, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  variabili tra 1.4 e 1.6.

Per l'abitato di **Olza** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A di 2.0, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  di 1.7, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  di 1.4.

Per l'abitato di **Rocchetta** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A variabili tra 1.4 e 2.3, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  variabili tra 1.5 e 2.2, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  variabili tra 1.4 e 1.6.

Per l'abitato di **Cornolo** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A variabili tra 2.0 e 2.3, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  variabili tra 1.7 e 2.2, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  variabili tra 1.4 e 1.6.

Per l'abitato di **Pedina** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A variabili tra 1.0 e 2.0, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  variabili tra 1.0 e 1.7, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  variabili tra 1.0 e 1.4.

Per l'abitato di **Casali** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A variabili tra 1.3 e 1.7, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  variabili tra 1.4 e 1.5, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  di 1.4.

Per l'abitato de **I Rabbini** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A variabili tra 1.4 e 2.3, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  variabili tra 1.5 e 2.2, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  racchiusi tra 1.4 e 1.6.

Per l'abitato di **Rusteghini** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A variabili tra 1.3 e 1.7, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  di 1.5, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  di 1.4.

Per l'abitato di **Teruzzi** sono stati stimati valori di F.A. di P.G.A variabili tra 1.4 e 1.7, valori di intensità spettrale (rapporto di intensità di Housner) per periodi compresi tra  $0.1 < T_0 \leq 0.5s$  di 1.5, valori di intensità spettrale per periodi compresi tra  $0.5 < T_0 \leq 1.0s$  di 1.4.

Lo studio eseguito ha consentito di individuare numerose aree instabili ai sensi della D.A.L. 112/2007 rappresentate da frane attive e/o quiescenti. Le aree instabili localizzate nei vari ambiti necessitano di una analisi di terzo livello.

## 9 CONFRONTO DELLA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

La ricerca eseguita sui principali cataloghi relativi alla sismicità storica tra cui **CFTI** – catalogo dei forti terremoti (461 a.c. – 1997), **NT4.1** – catalogo parametrico dei terremoti italiani al di sopra della soglia del danno, **CPTI 04** – catalogo parametrico dei terremoti italiani (217a.c. – 2002), **DBMI11** – database macrosismico italiano, **ISIDe** - Database parametrico e strumentale della sismicità italiana e negli archivi comunali non ha evidenziato la registrazione di danni significativi o sensibili alle strutture ed alle infrastrutture.

Morfasso, marzo 2015

Dr.Geol.Filippo Segalini



## 10 BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2011): "Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", Ingegneria sismica Anno XXVII, n°2. Patron editore.
- Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics
- Boccaletti M, Martelli L. a cura di (2004) "Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna" Selca Firenze
- Martini A. Zanzucchi G. (2000): "Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 198 "Bardi" ISPRA / Regione Emilia-Romagna /Serv. Geol. Naz.
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (2009) – Foglio 198 "Bardi". Regione Emilia Romagna/Serv. Geol. Naz.
- Camassi R. Stucchi M. (1998) "NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno" <http://emidius.mi.ingv.it/NT/CONSNT.html>
- Cerrina Ferroni A., Martelli L., Martinelli P., Ottria P.(2002): "Carta geologico strutturale dell'Appennino Emiliano Romagnolo alla scala 1:250000" Regione Emilia-Romagna - CNR
- Delibera dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007, "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.
- Facciorusso J. (a cura di) (2012): "Microzonazione sismica, uno strumento consolidato per la riduzione del rischio. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna". Ed Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.
- ISIDe Working Group (INGV, 2010), Italian Seismological Instrumental and parametric database: <http://iside.rm.ingv.it>
- Iwasaki T., Tokida K., Tatsuoka F., Watanabe S. Yasuda S., Sato H. (1983) "Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods", III Int. Conf. In Microzon., San Francisco
- Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna.
- Gruppo di Lavoro (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
- Gruppo di Lavoro MS (2008): "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" Conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome – Dipartimento della protezione Civile, Roma.
- Locati M., Camassi R., Stucchi M. (a cura di), (2011). "DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano". Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.
- Serva L. (1990): "Il ruolo delle Scienze della Terra nelle analisi di sicurezza di un sito per alcune tipologie di impianti industriali: il terremoto di riferimento per il sito di Viadana (MN)." Boll. Soc. Geol. It., 109, 375-411.
- Varnes D.J. (1978): "Slope movement types and processes" In: "Landslides: Analysis and control" Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special report 176, Chapter 2.

## 11 ALLEGATI

### 11.1 Prove sismiche tipo Masw+HVSr

*033028L24MASW55\_ MASW 24\_ loc. COSTA*

#### **ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI**

##### *STRUMENTAZIONE*

L'acquisizione dei dati è stata eseguita tramite l'utilizzo di un sismografo 24 canali (modello Echo 2002) collegato a geofoni orizzontali aventi frequenza propria di 4.5 Hz.

È stato realizzato uno stendimento sismico lineare di lunghezza pari a 46 metri con spaziatura di 2 metri tra i 24 geofoni e tempo di acquisizione pari a 1 secondo.

L'acquisizione delle onde di Love è del tutto analoga a quelle di Rayleigh, cambia solo il tipo di sorgente e l'orientazione dei geofoni orizzontali (asse perpendicolare allo stendimento per le Love e asse parallelo per le Rayleigh).



*Figura 11.1. Stendimento sismico (a sinistra) e acquisizione HVSr (a destra).*

L'energizzazione è stata effettuata in posizione esterna rispetto ai geofoni estremi con offsets pari a 2, 4, 6 e 8 m; per le onde di Rayleigh si è utilizzata una mazza battente di 8 kg ad impatto verticale su piastra metallica, per quelle di Love una mazza battente ad impatto di taglio su piastra in polipropilene.

Le acquisizioni utili ad analizzare il rapporto spettrale H/V (HVSr) sono state eseguite utilizzando lo strumento SR04-GEOBOX, dotato di sensore a 2.0 Hz (Sara electronic instruments). L'analisi dei dati acquisiti è stata eseguita utilizzando il software WINMASW 5.2 versione Professional.

#### **ANALISI RAYLEIGH + LOVE**

Dai sismogrammi acquisiti (dominio spazio-tempo) si sono determinati mediante la trasformata di Fourier gli spettri di ampiezza (dominio frequenza-ampiezza), dai quali attraverso il metodo denominato *phase shift* si ricavano gli spettri di velocità nel dominio frequenza-velocità.

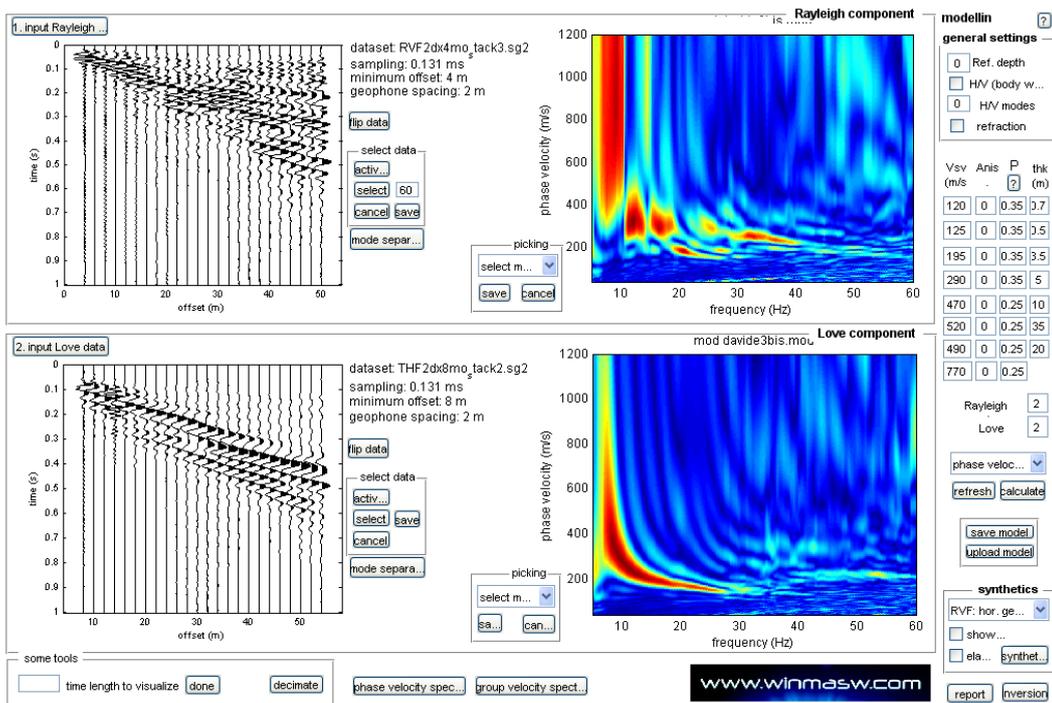


Figura 11.2. Acquisizione della componente orizzontale delle onde Rayleigh (RVF) e delle onde di Love (THF). Sulla sinistra le tracce sismiche acquisite (sismogramma), sulla destra gli spettri di velocità.

Successivamente alla pulizia del dato si è proceduto alla modellazione diretta delle curve di dispersione ottenendo le curve riportate di seguito. Da notare come allo spettro di velocità osservato siano state sovrapposte tramite la tecnica della modellazione diretta le curve di dispersione, dei primi 2 modi per le onde di Rayleigh e per le onde di Love. Si evidenzia come lo spettro in onde Rayleigh non mostra chiaramente il modo fondamentale (accade spesso in siti caratterizzati da una copertura superficiale sopra ad un *bedrock* roccioso).

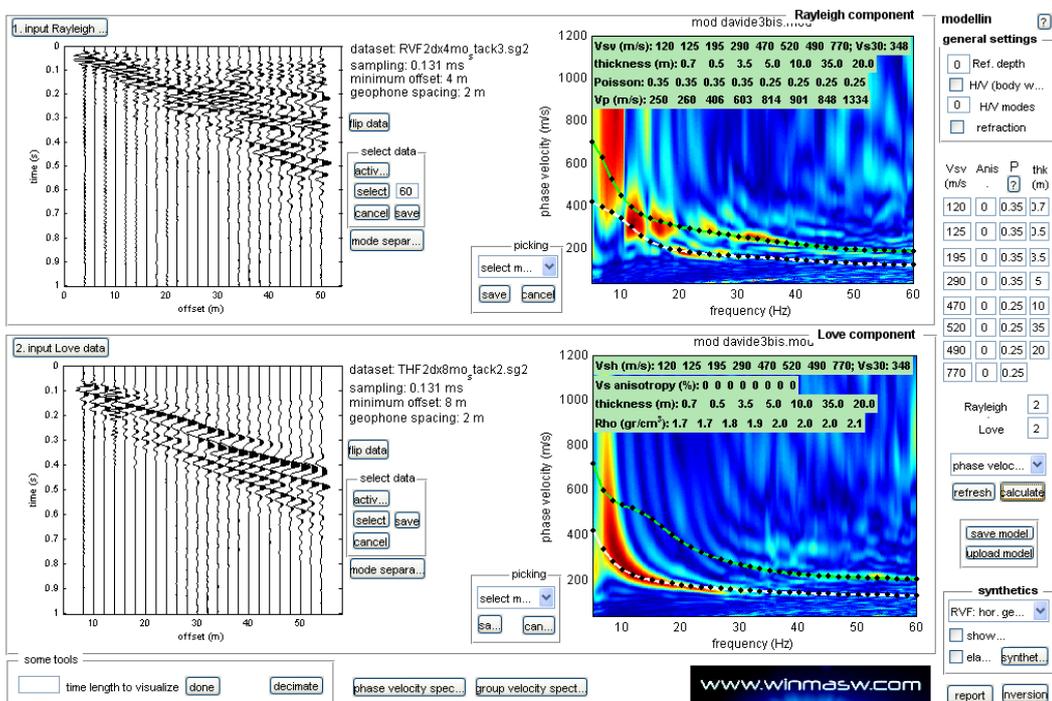


Figura 11.3. Spettri di velocità con sovrapposte le curve di dispersione dei principali modi riconosciuti.

**RAPPORTI SPETTRALI H/V**

Nella figura successive si riporta lo spettro d'ampiezza medio delle 3 componenti (NS, EW e verticale) ed i valori HVSR per l'acquisizione eseguita.

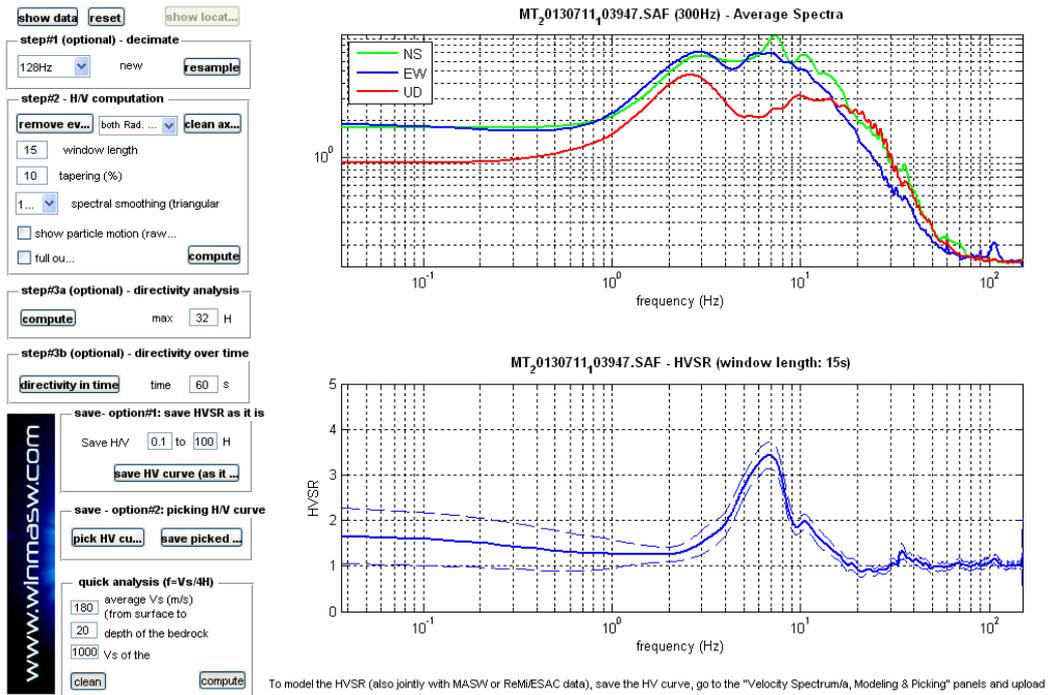


Figura 11.4. Spettri d'ampiezza medi delle 3 componenti (NS, EW e verticale) e valori di HVSR.

La modellazione dell'HV realizzato a metà stendimento è stata eseguita applicando lo schema geologico dato dall'analisi delle onde di superficie (figura successiva).

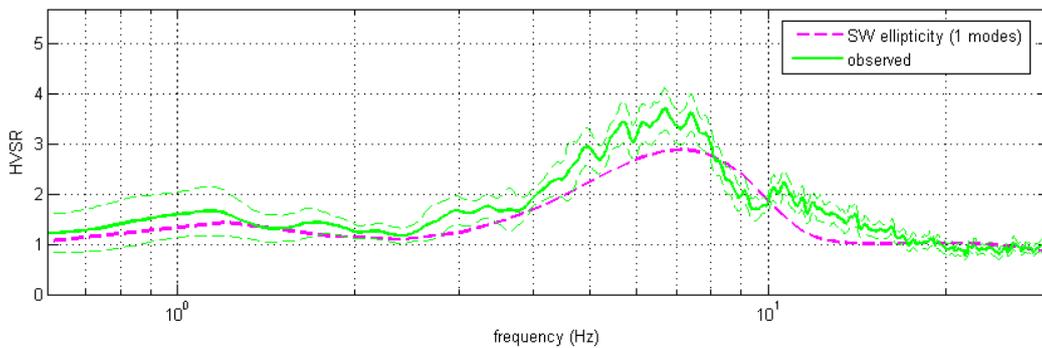


Figura 11.5. HVSR: in verde le misure effettuate, in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009). Il modello è chiaramente lo stesso usato per l'analisi delle onde di superficie.

033028L25MASW56\_MASW25\_loc. CASE OLZA

### **ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI**

#### **STRUMENTAZIONE**

L'acquisizione dei dati è stata eseguita tramite l'utilizzo di un sismografo 24 canali (modello Echo 2002) collegato a geofoni orizzontali aventi frequenza propria di 4.5 Hz.

È stato realizzato uno stendimento sismico lineare di lunghezza pari a 46 metri con spaziatura di 2 metri tra i 24 geofoni e tempo di acquisizione pari a 1 secondo.

L'acquisizione delle onde di Love è del tutto analoga a quelle di Rayleigh, cambia solo il tipo di sorgente e l'orientazione dei geofoni orizzontali (asse perpendicolare allo stendimento per le Love e asse parallelo per le Rayleigh).



Figura 11.6. Stendimento sismico (a sinistra) e acquisizione HVSR (a destra).

L'energizzazione è stata effettuata in posizione esterna rispetto ai geofoni estremi con offsets pari a 2, 4, 6 e 8 m; per le onde di Rayleigh si è utilizzata una mazza battente di 8 kg ad impatto verticale su piastra metallica, per quelle di Love una mazza battente ad impatto di taglio su piastra in polipropilene.

Le acquisizioni utili ad analizzare il rapporto spettrale H/V (HVSR) sono state eseguite utilizzando lo strumento SR04-GEOBOX, dotato di sensore a 2.0 Hz (Sara electronic instruments). L'analisi dei dati acquisiti è stata eseguita utilizzando il software WINMASW 5.2 versione Professional.

#### **ANALISI RAYLEIGH + LOVE**

Dai sismogrammi acquisiti (dominio spazio-tempo) si sono determinati mediante la trasformata di Fourier gli spettri di ampiezza (dominio frequenza-ampiezza), dai quali attraverso il metodo denominato *phase shift* si ricavano gli spettri di velocità nel dominio frequenza-velocità.

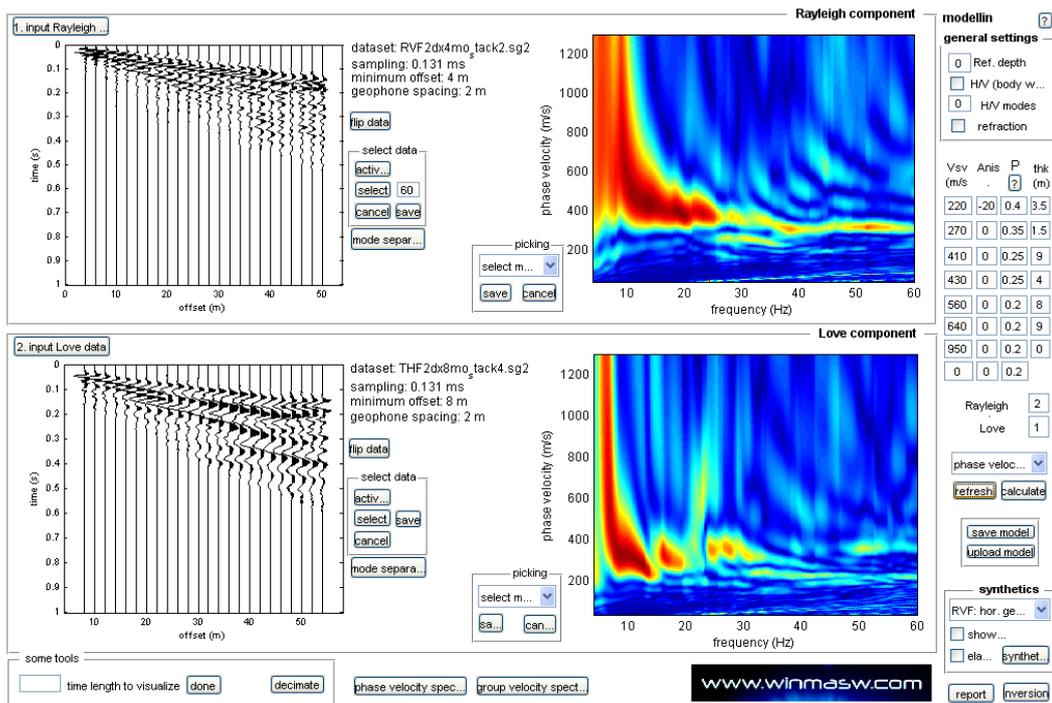


Figura 11.7. Acquisizione della componente orizzontale delle onde Rayleigh (RVF) e delle onde di Love (THF). Sulla sinistra le tracce sismiche acquisite (sismogramma), sulla destra gli spettri di velocità.

Successivamente alla pulizia del dato si è proceduto alla modellazione diretta delle curve di dispersione ottenendo le curve riportate di seguito. Da notare come allo spettro di velocità osservato siano state sovrapposte tramite la tecnica della modellazione diretta le curve di dispersione, dei primi 2 modi per le onde di Rayleigh e del fondamentale per le onde di Love. Si evidenzia come lo spettro in onde Rayleigh non mostra chiaramente il modo fondamentale (accade spesso in siti caratterizzati da una copertura superficiale sopra ad un *bedrock* roccioso).

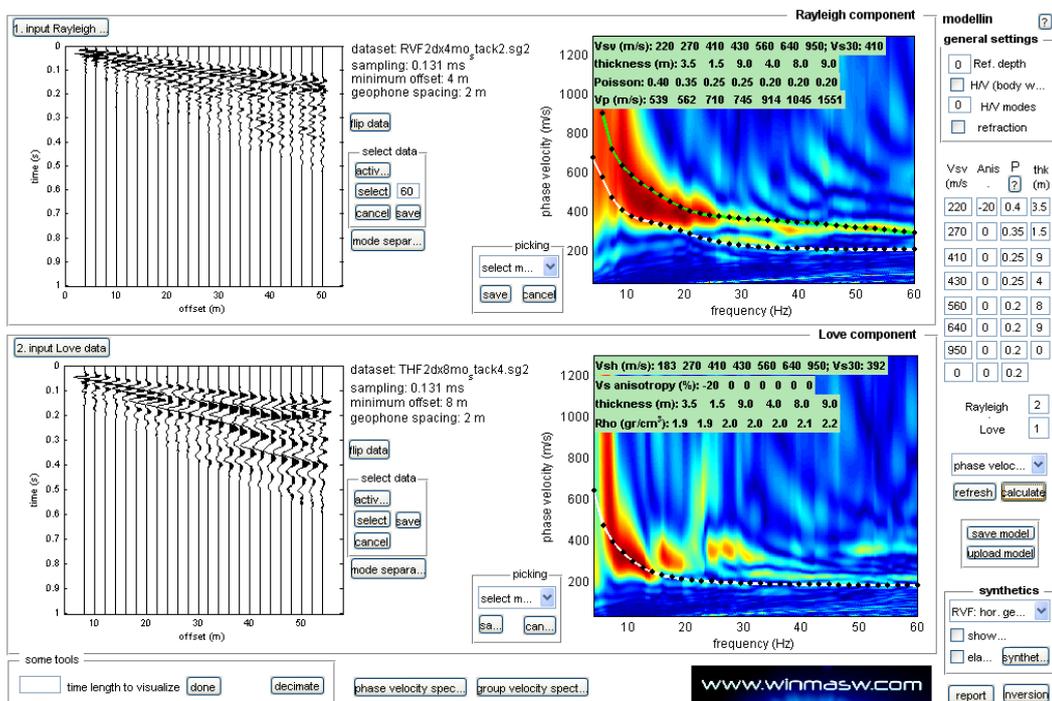


Figura 11.8. Spettri di velocità con sovrapposte le curve di dispersione dei principali modi riconosciuti.

**RAPPORTI SPETTRALI H/V**

Nella figura successive si riporta lo spettro d'ampiezza medio delle 3 componenti (NS, EW e verticale) ed i valori HVSR per l'acquisizione eseguita.

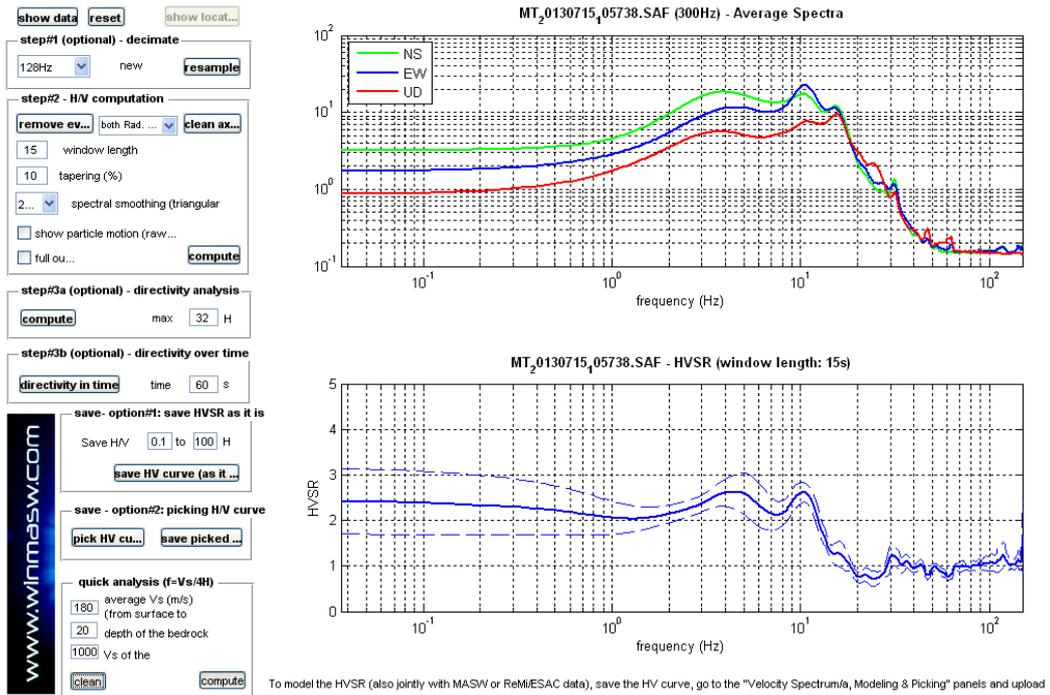


Figura 11.9. Spettri d'ampiezza medi delle 3 componenti (NS, EW e verticale) e valori di HVSR.

La modellazione dell'HV realizzato a metà stendimento è stata eseguita applicando lo schema geologico dato dall'analisi delle onde di superficie (figura successiva).

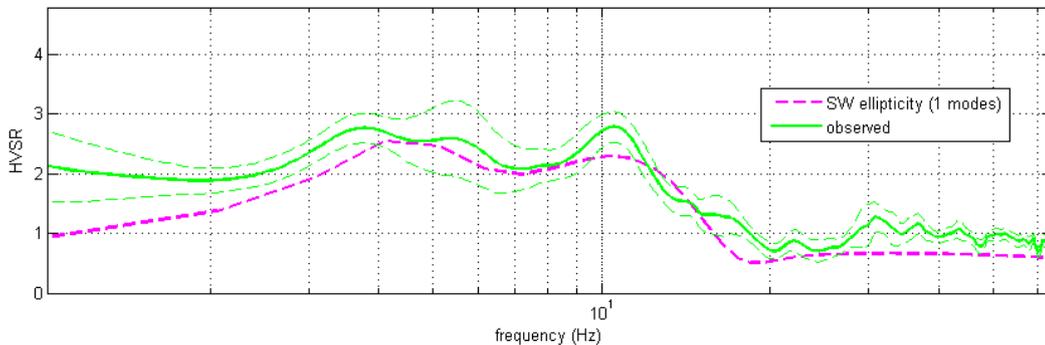


Figura 11.10. HVSR: in verde le misure effettuate, in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009). Il modello è chiaramente lo stesso usato per l'analisi delle onde di superficie.

**033028L26MASW57\_MASW26\_loc. CARIGNONE****ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI****STRUMENTAZIONE**

L'acquisizione dei dati è stata eseguita tramite l'utilizzo di un sismografo 24 canali (modello Echo 2002) collegato a geofoni orizzontali aventi frequenza propria di 4.5 Hz.

È stato realizzato uno stendimento sismico lineare di lunghezza pari a 46 metri con spaziatura di 2 metri tra i 24 geofoni e tempo di acquisizione pari a 1 secondo.

L'acquisizione delle onde di Love è del tutto analoga a quelle di Rayleigh, cambia solo il tipo di sorgente e l'orientazione dei geofoni orizzontali (asse perpendicolare allo stendimento per le Love e asse parallelo per le Rayleigh).



Figura 11.11 Stendimento sismico (a sinistra) e acquisizione HVSr (a destra).

L'energizzazione è stata effettuata in posizione esterna rispetto ai geofoni estremi con offsets pari a 2, 4, 6 e 8 m; per le onde di Rayleigh si è utilizzata una mazza battente di 8 kg ad impatto verticale su piastra metallica, per quelle di Love una mazza battente ad impatto di taglio su piastra in polipropilene.

Le acquisizioni utili ad analizzare il rapporto spettrale H/V (HVSr) sono state eseguite utilizzando lo strumento SR04-GEOBOX, dotato di sensore a 2.0 Hz (Sara electronic instruments). L'analisi dei dati acquisiti è stata eseguita utilizzando il software WINMASW 5.2 versione Professional.

**ANALISI RAYLEIGH + LOVE**

Dai sismogrammi acquisiti (dominio spazio-tempo) si sono determinati mediante la trasformata di Fourier gli spettri di ampiezza (dominio frequenza-ampiezza), dai quali attraverso il metodo denominato *phase shift* si ricavano gli spettri di velocità nel dominio frequenza-velocità.

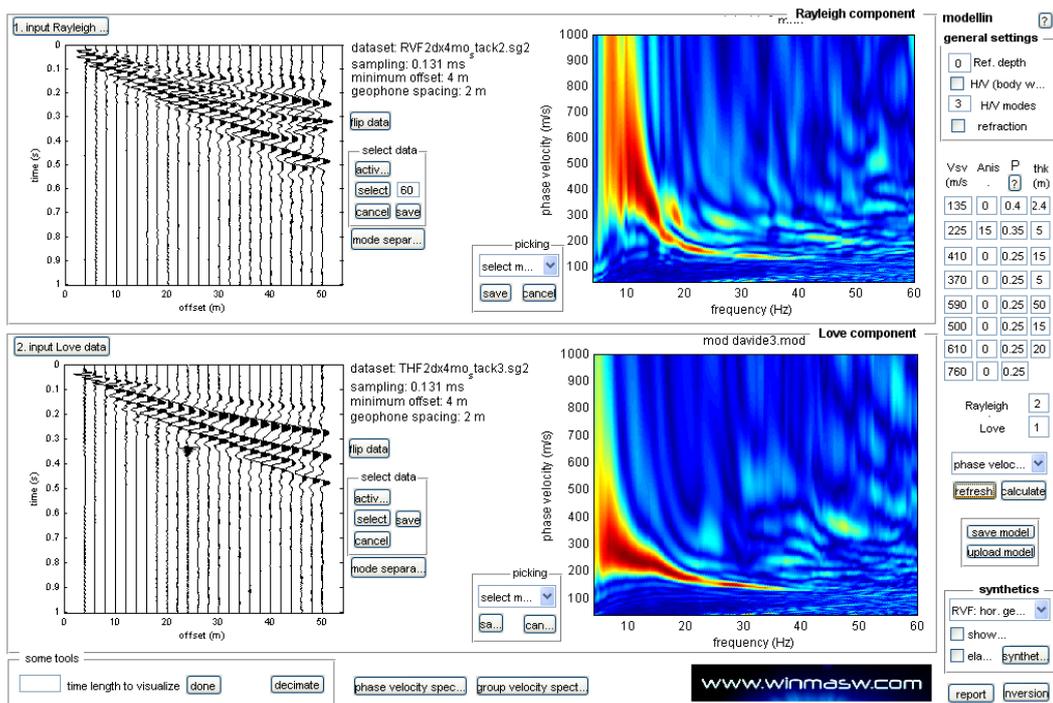


Figura 11.12. Acquisizione della componente orizzontale delle onde Rayleigh (RVF) e delle onde di Love (THF). Sulla sinistra le tracce sismiche acquisite (sismogramma), sulla destra gli spettri di velocità.

Successivamente alla pulizia del dato si è proceduto alla modellazione diretta delle curve di dispersione ottenendo le curve riportate di seguito. Da notare come allo spettro di velocità osservato siano state sovrapposte tramite la tecnica della modellazione diretta le curve di dispersione, dei primi 2 modi per le onde di Rayleigh e del modo fondamentale per le onde di Love.

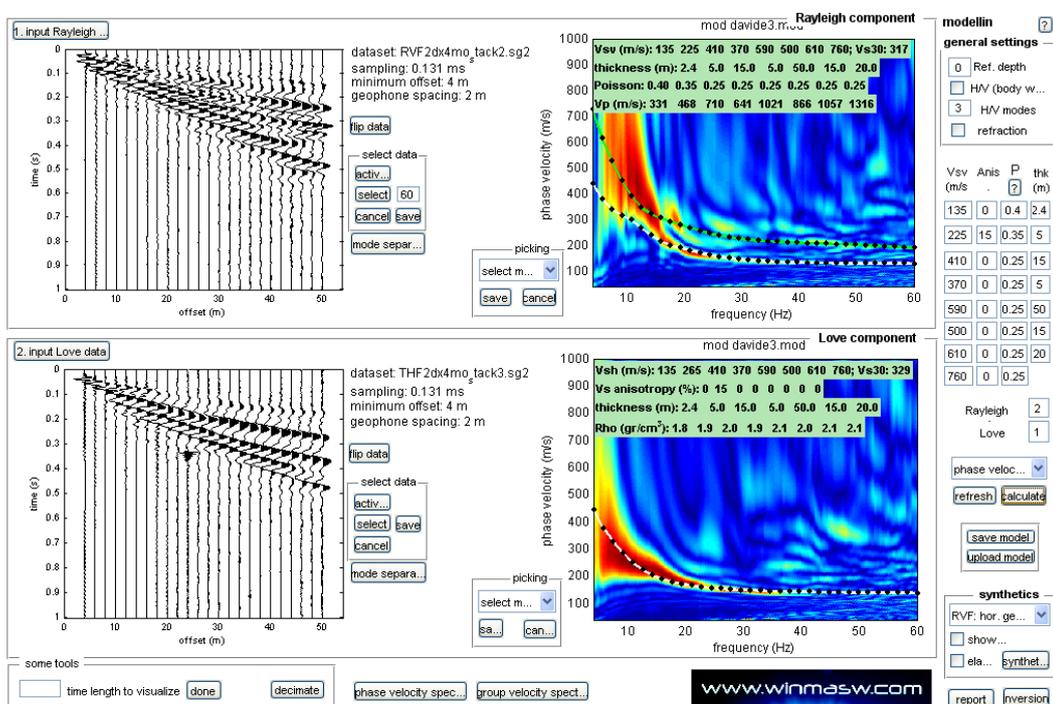


Figura 11.13. Spettri di velocità con sovrapposte le curve di dispersione dei principali modi riconosciuti.

**RAPPORTI SPETTRALI H/V**

Nella figura successive si riporta lo spettro d'ampiezza medio delle 3 componenti (NS, EW e verticale) ed i valori HVSR per l'acquisizione eseguita.

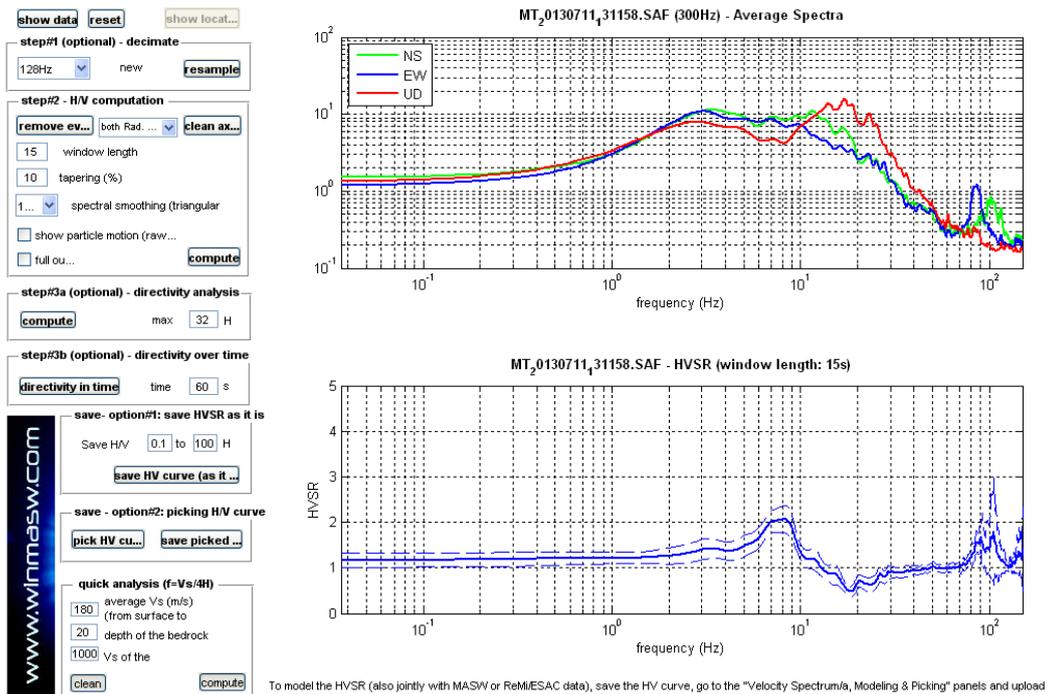


Figura 11.14. Spettri d'ampiezza medi delle 3 componenti (NS, EW e verticale) e valori di HVSR.

La modellazione dell'HV realizzato a metà stendimento è stata eseguita applicando lo schema geologico dato dall'analisi delle onde di superficie (figura successiva).

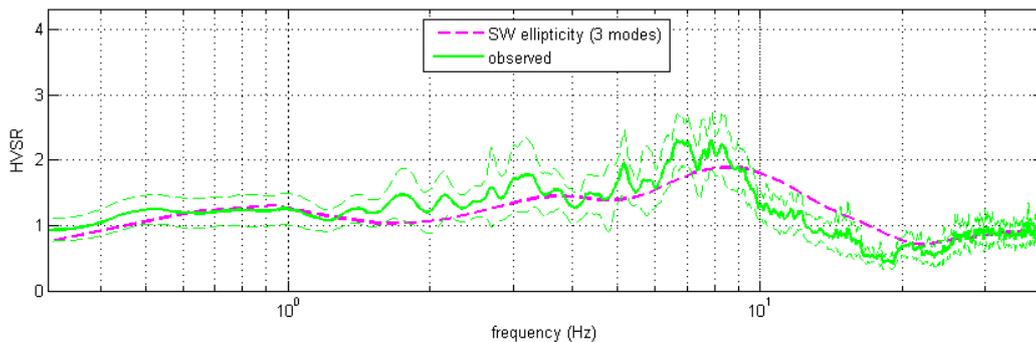


Figura 11.15. HVSR: in verde le misure effettuate, in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009). Il modello è chiaramente lo stesso usato per l'analisi delle onde di superficie.

**033028L27MASW58\_MASW27\_loc. CASE MALVISI****ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI****STRUMENTAZIONE**

L'acquisizione dei dati è stata eseguita tramite l'utilizzo di un sismografo 24 canali (modello Echo 2002) collegato a geofoni orizzontali aventi frequenza propria di 4.5 Hz.

È stato realizzato uno stendimento sismico lineare di lunghezza pari a 46 metri con spaziatura di 2 metri tra i 24 geofoni e tempo di acquisizione pari a 1 secondo.

L'acquisizione delle onde di Love è del tutto analoga a quelle di Rayleigh, cambia solo il tipo di sorgente e l'orientazione dei geofoni orizzontali (asse perpendicolare allo stendimento per le Love e asse parallelo per le Rayleigh).



Figura 11.16. Stendimento sismico (a sinistra) e acquisizione HVSR (a destra).

L'energizzazione è stata effettuata in posizione esterna rispetto ai geofoni estremi con offsets pari a 2, 4, 6 e 8 m; per le onde di Rayleigh si è utilizzata una mazza battente di 8 kg ad impatto verticale su piastra metallica, per quelle di Love una mazza battente ad impatto di taglio su piastra in polipropilene.

Le acquisizioni utili ad analizzare il rapporto spettrale H/V (HVSR) sono state eseguite utilizzando lo strumento SR04-GEOBOX, dotato di sensore a 2.0 Hz (Sara electronic instruments). L'analisi dei dati acquisiti è stata eseguita utilizzando il software WINMASW 5.2 versione Professional.

**ANALISI RAYLEIGH + LOVE**

Dai sismogrammi acquisiti (dominio spazio-tempo) si sono determinati mediante la trasformata di Fourier gli spettri di ampiezza (dominio frequenza-ampiezza), dai quali attraverso il metodo denominato *phase shift* si ricavano gli spettri di velocità nel dominio frequenza-velocità.

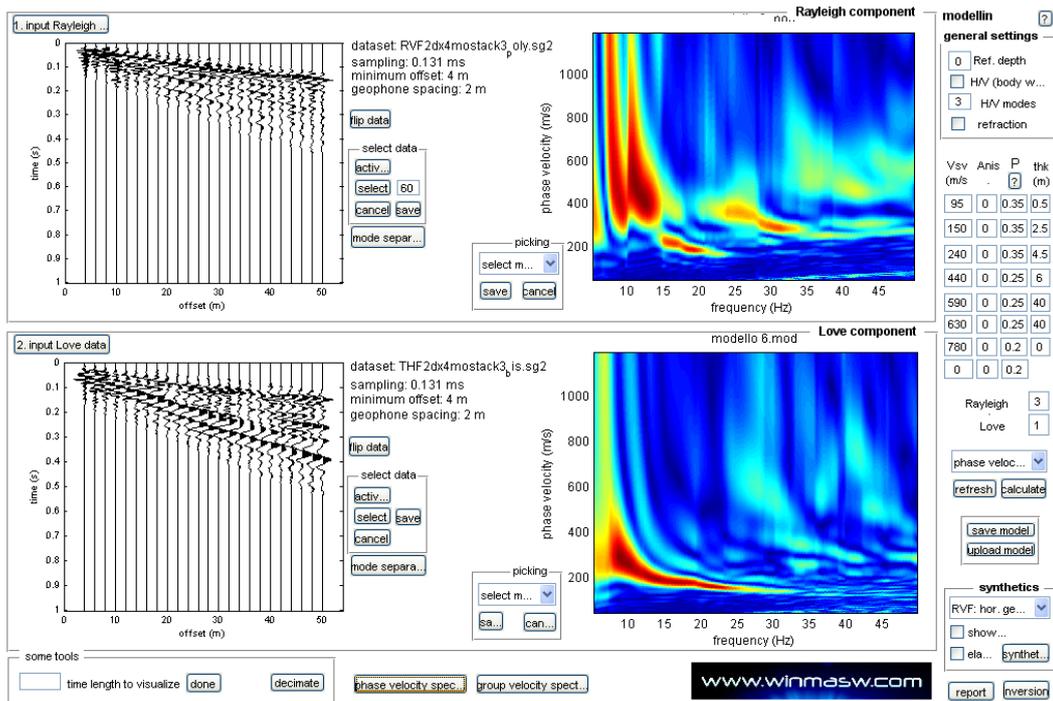


Figura 11.17. Acquisizione della componente orizzontale delle onde Rayleigh (RVF) e delle onde di Love (THF). Sulla sinistra le tracce sismiche acquisite (sismogramma), sulla destra gli spettri di velocità.

Successivamente alla pulizia del dato si è proceduto alla modellazione diretta delle curve di dispersione ottenendo le curve riportate di seguito. Da notare come allo spettro di velocità osservato siano state sovrapposte tramite la tecnica della modellazione diretta le curve di dispersione, dei primi 3 modi per le onde di Rayleigh e del modo fondamentale per le onde di Love.

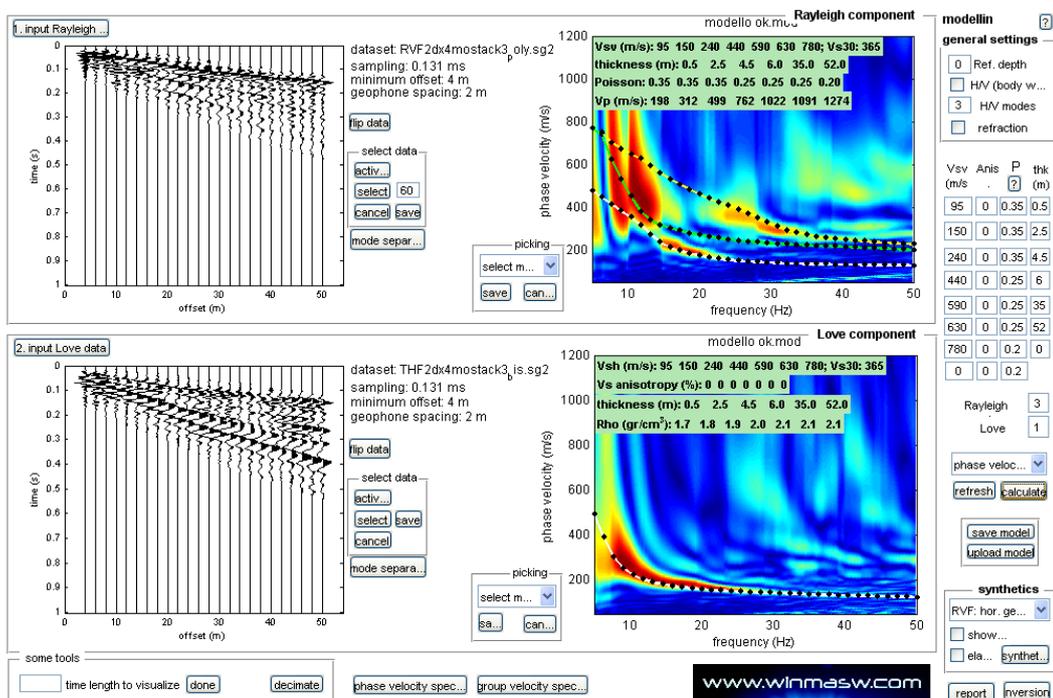


Figura 11.18. Spettri di velocità con sovrapposte le curve di dispersione dei principali modi riconosciuti.

**RAPPORTI SPETTRALI H/V**

Nella figura successive si riporta lo spettro d'ampiezza medio delle 3 componenti (NS, EW e verticale) ed i valori HVSR per l'acquisizione eseguita.

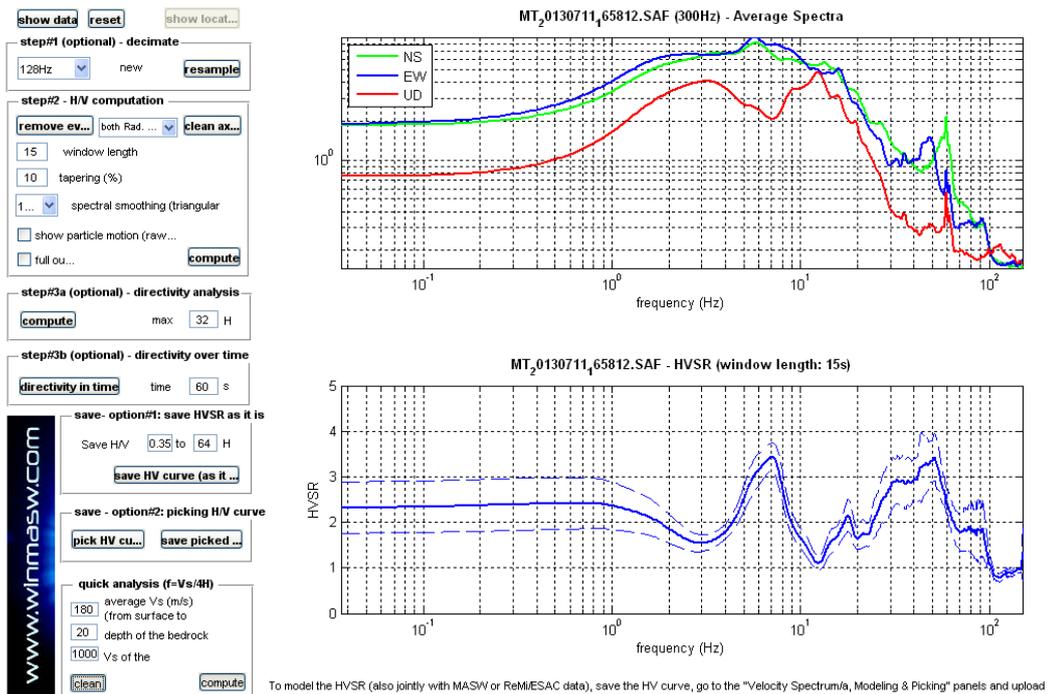


Figura 11.19. Spettri d'ampiezza medi delle 3 componenti (NS, EW e verticale) e valori di HVSR.

La modellazione dell'HV realizzato a metà stendimento è stata eseguita applicando lo schema geologico dato dall'analisi delle onde di superficie (figura successiva).

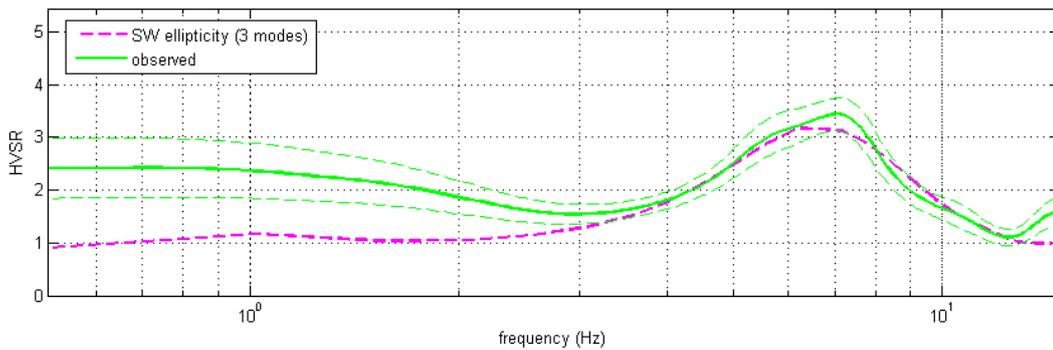


Figura 11.20. HVSR: in verde le misure effettuate, in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009). Il modello è chiaramente lo stesso usato per l'analisi delle onde di superficie.

033028L28MASW59\_MASW28\_loc.ROCCHETTA

**ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI**

**STRUMENTAZIONE**

L'acquisizione dei dati è stata eseguita tramite l'utilizzo di un sismografo 24 canali (modello Echo 2002) collegato a geofoni orizzontali aventi frequenza propria di 4.5 Hz.

È stato realizzato uno stendimento sismico lineare di lunghezza pari a 46 metri con spaziatura di 2 metri tra i 24 geofoni e tempo di acquisizione pari a 1 secondo.

L'acquisizione delle onde di Love è del tutto analoga a quelle di Rayleigh, cambia solo il tipo di sorgente e l'orientazione dei geofoni orizzontali (asse perpendicolare allo stendimento per le Love e asse parallelo per le Rayleigh).



Figura 11.21. Stendimento sismico (a sinistra) e acquisizione HVSR (a destra).

L'energizzazione è stata effettuata in posizione esterna rispetto ai geofoni estremi con offsets pari a 2, 4, 6 e 8 m; per le onde di Rayleigh si è utilizzata una mazza battente di 8 kg ad impatto verticale su piastra metallica, per quelle di Love una mazza battente ad impatto di taglio su piastra in polipropilene.

Le acquisizioni utili ad analizzare il rapporto spettrale H/V (HVSR) sono state eseguite utilizzando lo strumento SR04-GEOBOX, dotato di sensore a 2.0 Hz (Sara electronic instruments). L'analisi dei dati acquisiti è stata eseguita utilizzando il software WINMASW 5.2 versione Professional.

**ANALISI RAYLEIGH + LOVE**

Dai sismogrammi acquisiti (dominio spazio-tempo) si sono determinati mediante la trasformata di Fourier gli spettri di ampiezza (dominio frequenza-ampiezza), dai quali attraverso il metodo denominato *phase shift* si ricavano gli spettri di velocità nel dominio frequenza-velocità.

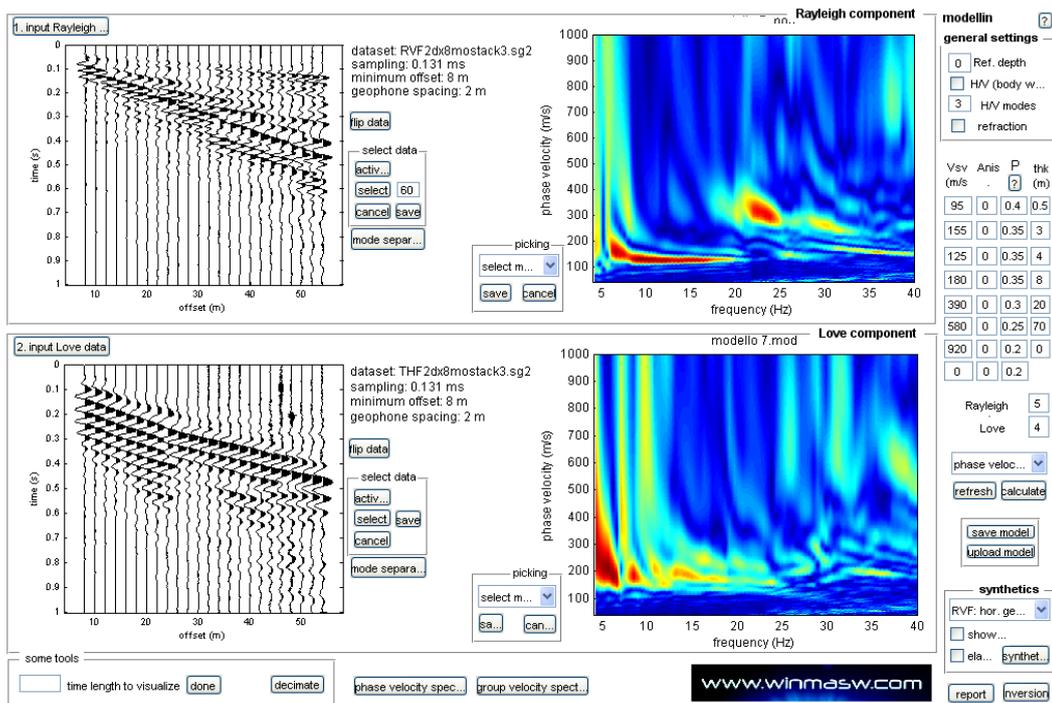


Figura 11.22. Acquisizione della componente orizzontale delle onde Rayleigh (RVF) e delle onde di Love (THF). Sulla sinistra le tracce sismiche acquisite (sismogramma), sulla destra gli spettri di velocità.

Successivamente alla pulizia del dato si è proceduto alla modellazione diretta delle curve di dispersione ottenendo le curve riportate di seguito. Da notare come allo spettro di velocità osservato siano state sovrapposte tramite la tecnica della modellazione diretta le curve di dispersione, dei primi 5 modi per le onde di Rayleigh e dei primi 4 le onde di Love.

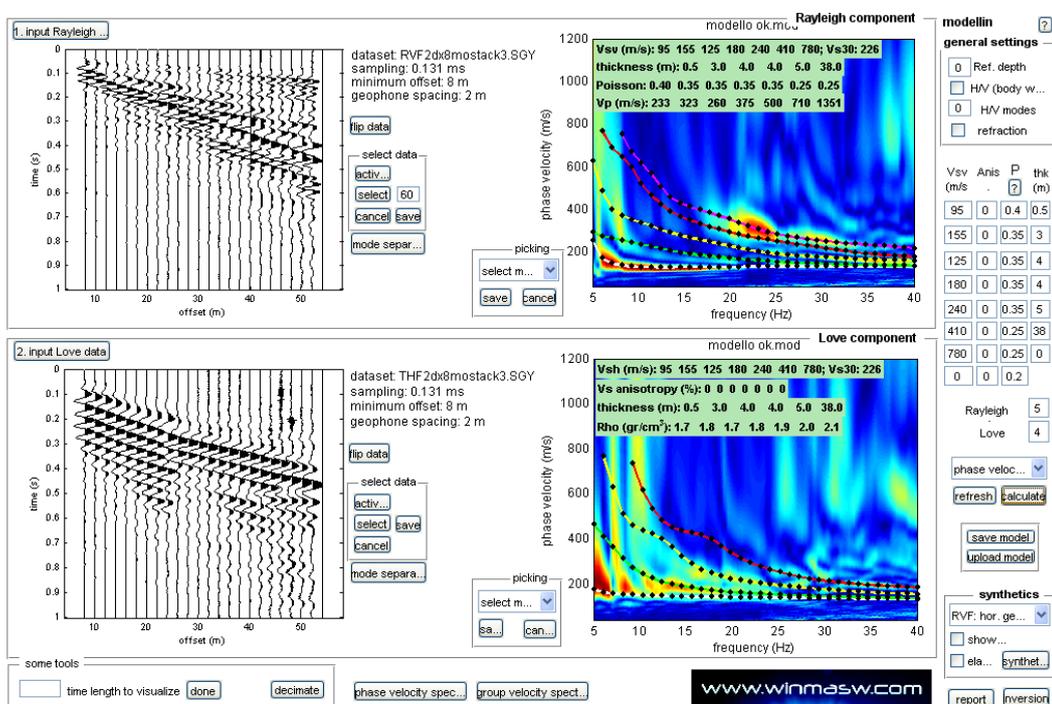


Figura 11.23. Spettri di velocità con sovrapposte le curve di dispersione dei principali modi riconosciuti.

**RAPPORTI SPETTRALI H/V**

Nella figura successive si riporta lo spettro d'ampiezza medio delle 3 componenti (NS, EW e verticale) ed i valori HVSR per l'acquisizione eseguita.

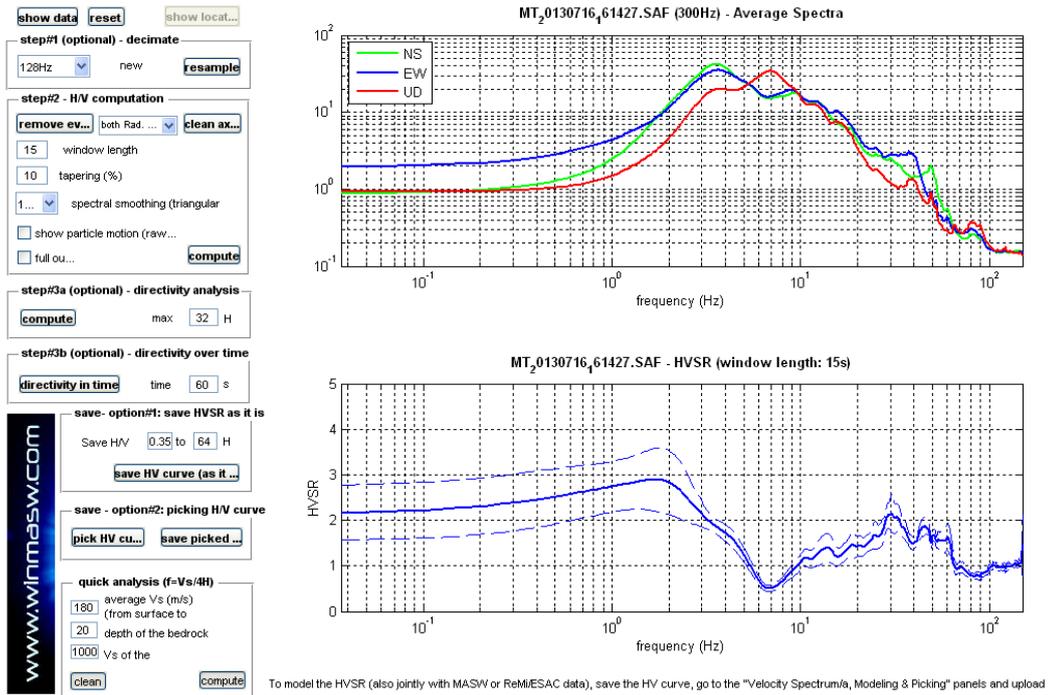


Figura 11.24. Spettri d'ampiezza medi delle 3 componenti (NS, EW e verticale) e valori di HVSR.

La modellazione dell'HV realizzato a metà stendimento è stata eseguita applicando lo schema geologico dato dall'analisi delle onde di superficie (figura successiva).

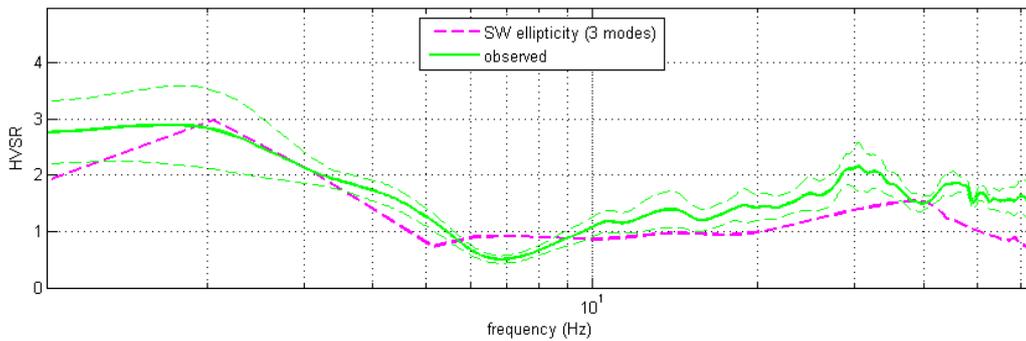


Figura 11.25. HVSR: in verde le misure effettuate, in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009). Il modello è chiaramente lo stesso usato per l'analisi delle onde di superficie.

11.2 Prove sismiche tipo HVSR

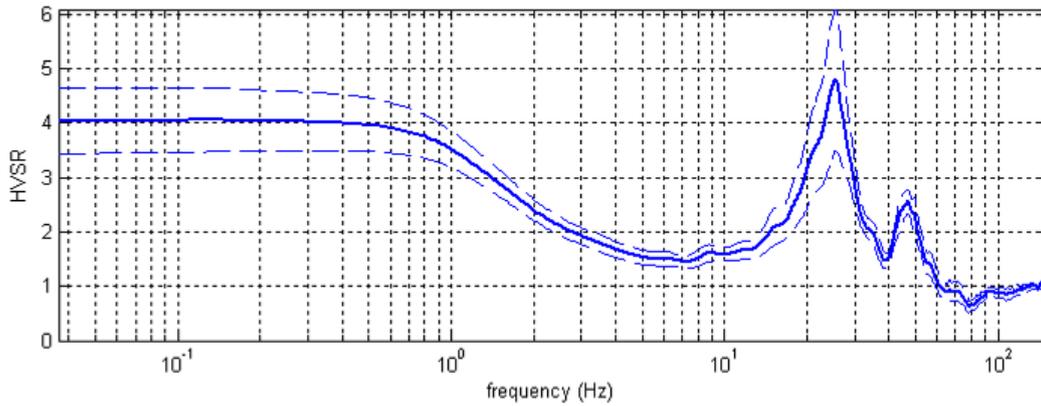
**033028P81HVSR84\_HV01**

Località: Teruzzi La Piana  
 Data acquisizione: 01/08/2012

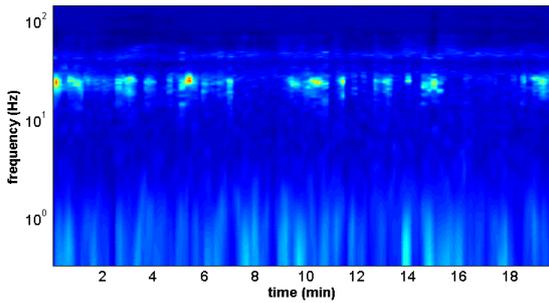
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 10%



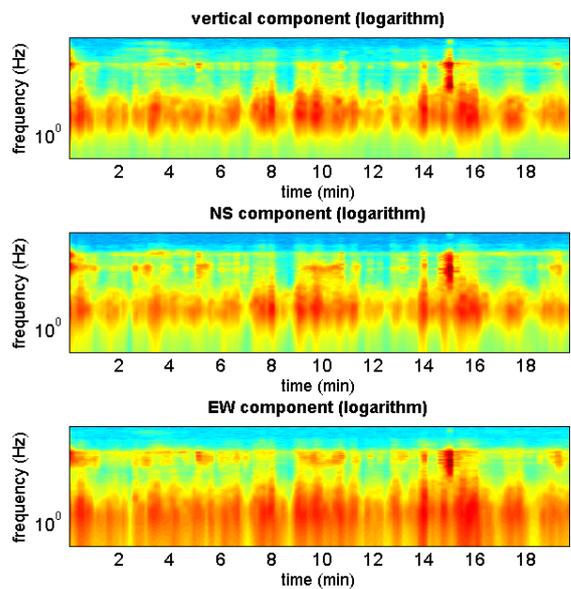
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



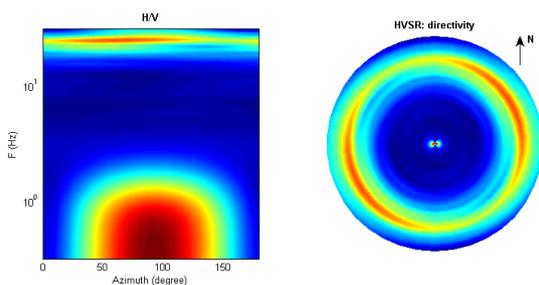
SERIE TEMPORALE H/V  
 HVSR vs time



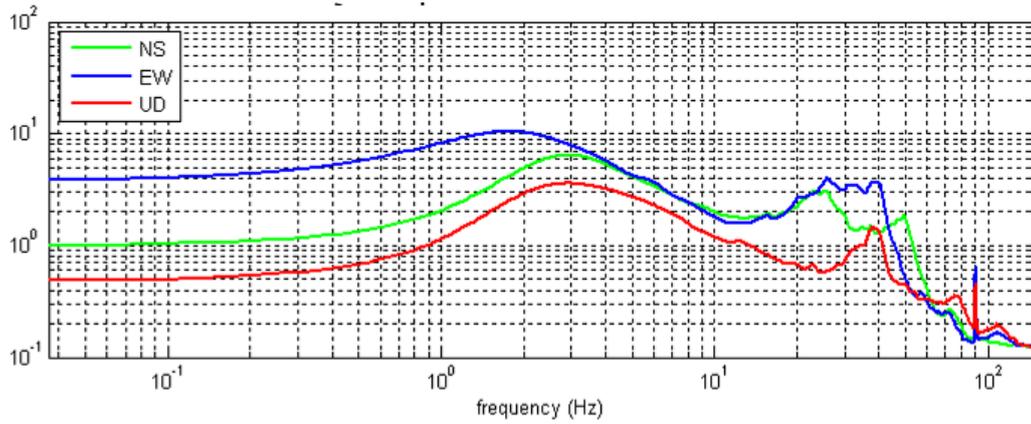
SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



In the following the results considering the data in the 0.5-30.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 25.5 ( $\pm 11.4$ )

Peak HVSr value: 4.9 ( $\pm 1.4$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 25.5 > 0.5 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 60253 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

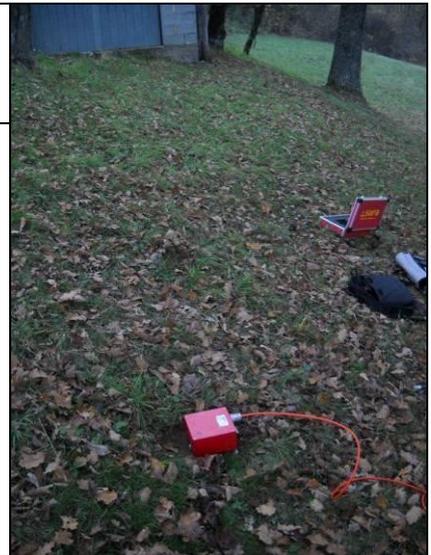
==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 17.7Hz (OK)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 4.9 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 11.411 > 1.277 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.401 < 1.58 (OK)

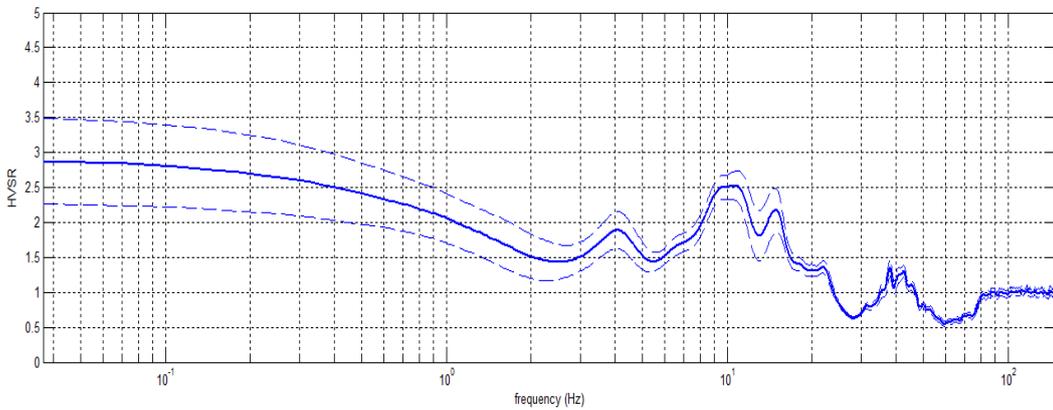
**033028P82HVSR85\_HV02**

Località: Rusteghini  
 Data acquisizione: 01/11/2012

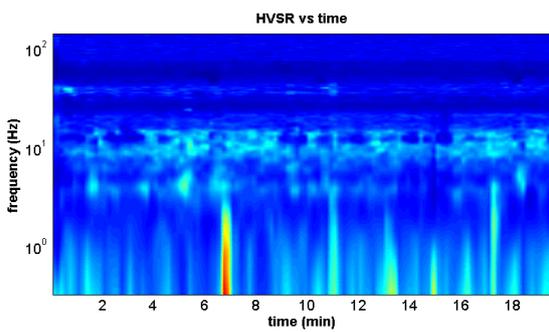
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 10%



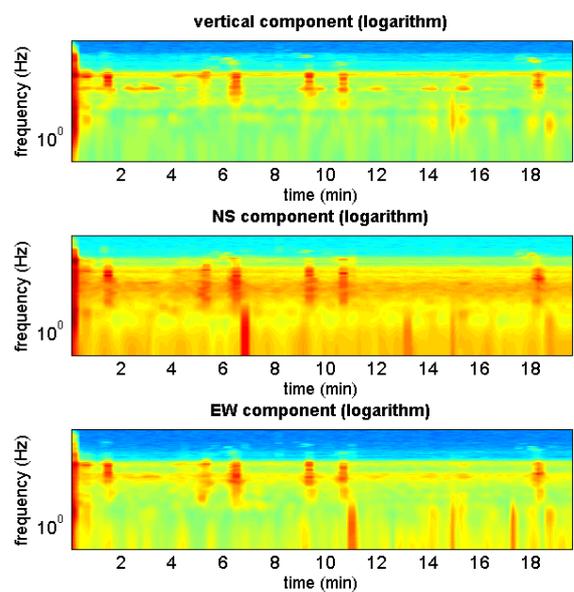
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



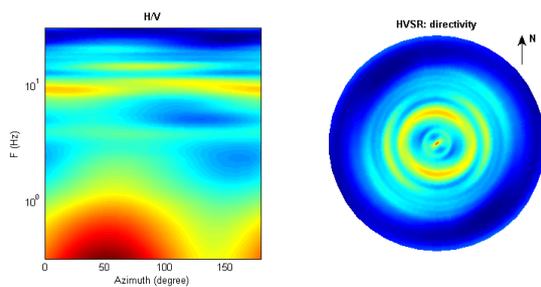
SERIE TEMPORALE H/V



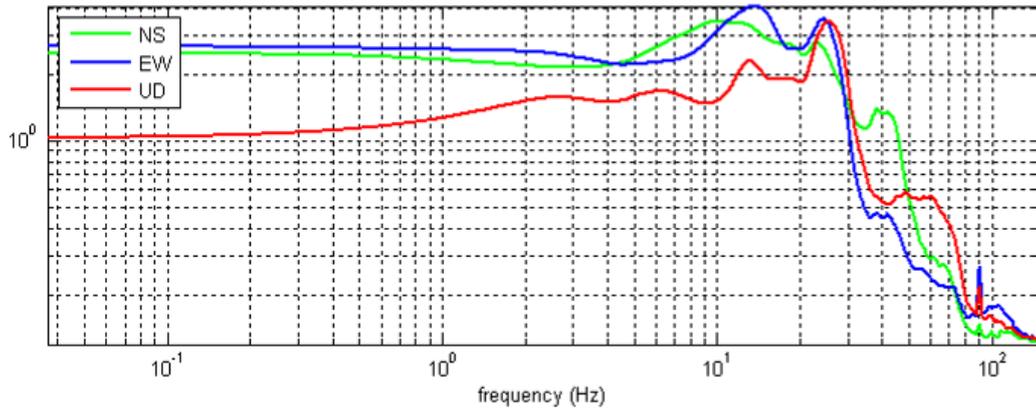
SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 10.1 ( $\pm 3.6$ )

Peak HVSR value: 2.4 ( $\pm 0.2$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]:  $10.1 > 0.5$  (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]:  $23946 > 200$  (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]:  $2.4 > 2$  (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]:  $3.620 > 0.507$  (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]:  $0.200 < 1.58$  (OK)

Peak frequency (Hz): 4.1 ( $\pm 0.4$ )

Peak HVSR value: 1.9 ( $\pm 0.3$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]:  $4.1 > 0.5$  (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]:  $8196 > 200$  (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

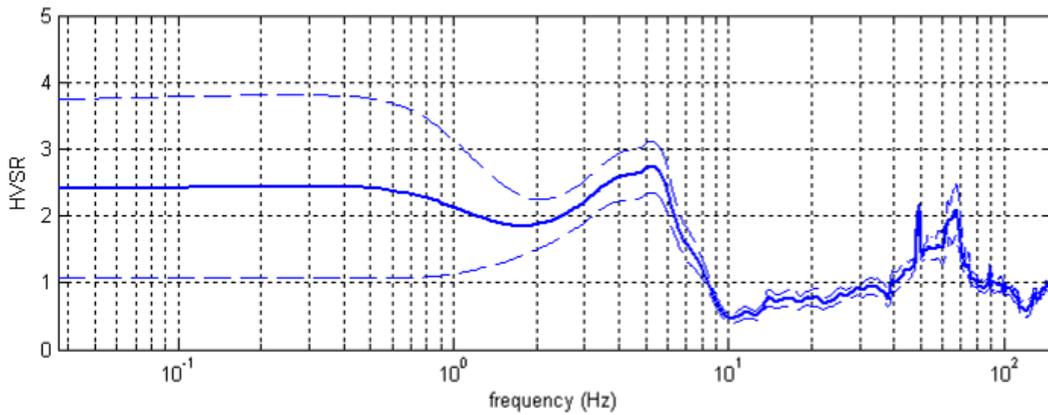
- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]:  $1.9 < 2$  (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]:  $0.400 > 0.207$  (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]:  $0.265 < 1.58$  (OK)

**033028P83HVSUR86\_HV03**

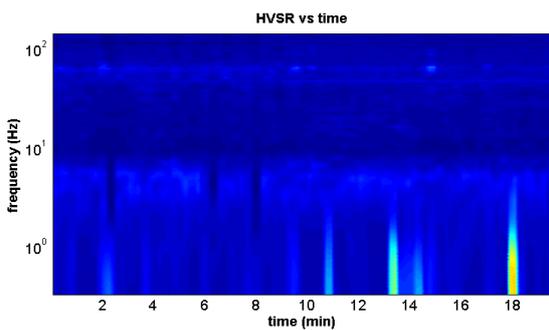
Località: S. Michele  
 Data acquisizione: 01/06/2012

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 10%

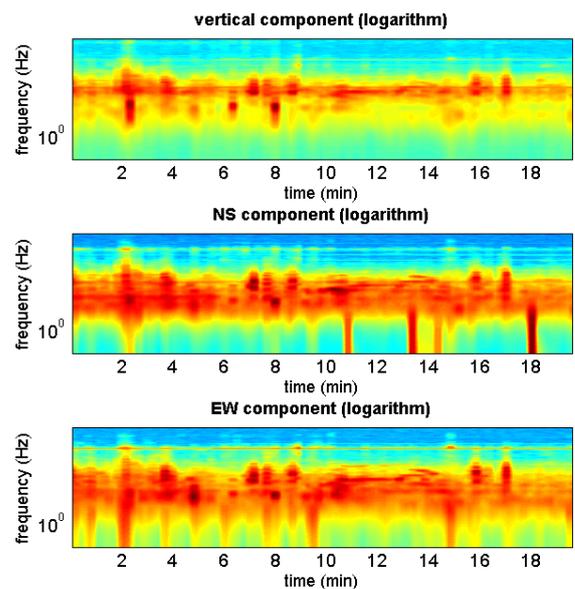
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



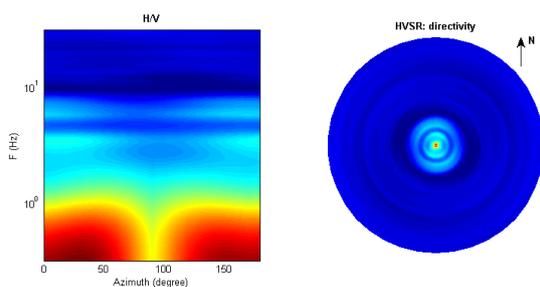
SERIE TEMPORALE H/V

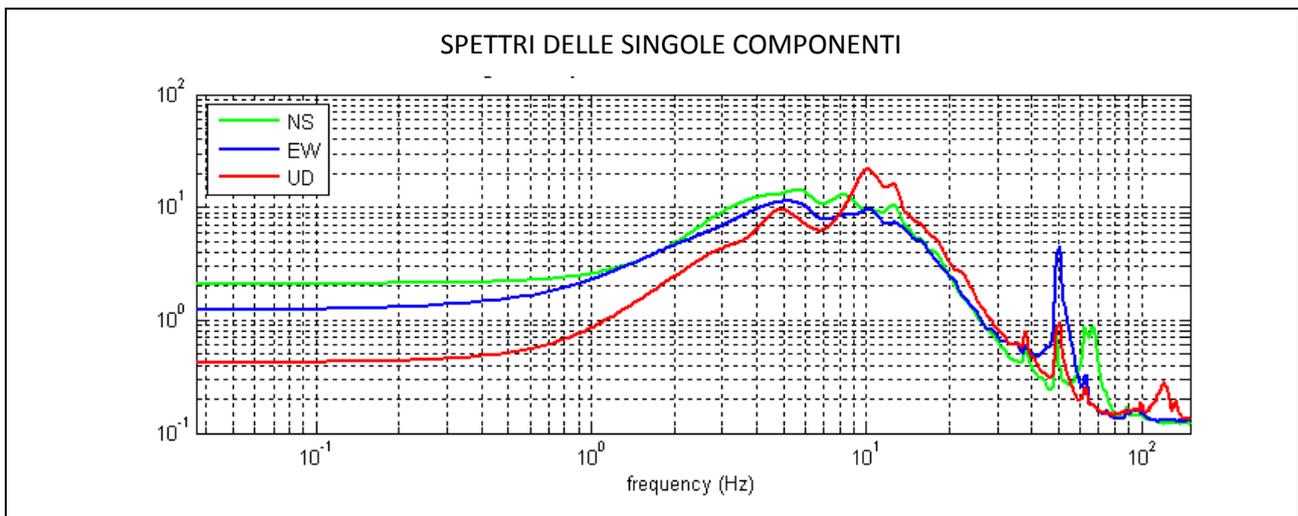


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V





Peak frequency (Hz): 5.3 ( $\pm 1.9$ )

Peak HVSR value: 2.7 ( $\pm 0.4$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 5.3 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 12535 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 7.7Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.7 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{fA} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.932 > 0.266 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.383 < 1.58 (OK)

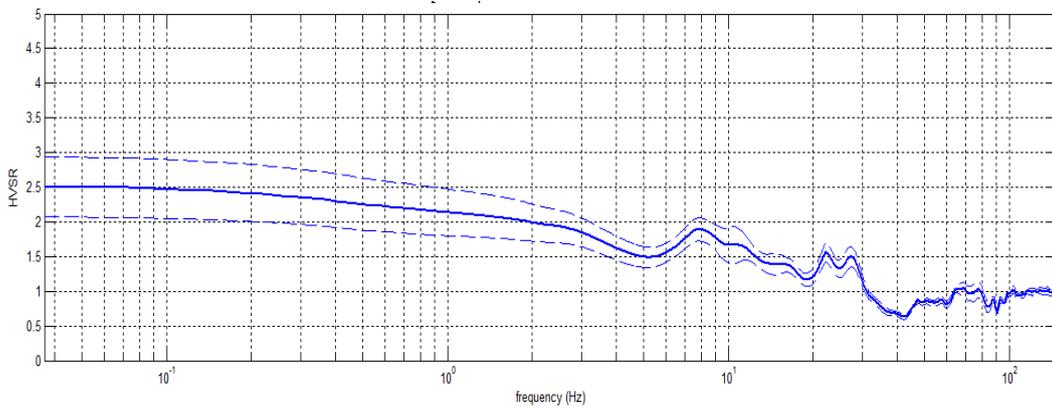
**033028P84HVSr87\_HV04**

Località: i Rabbini  
 Data acquisizione: 11/01/2012

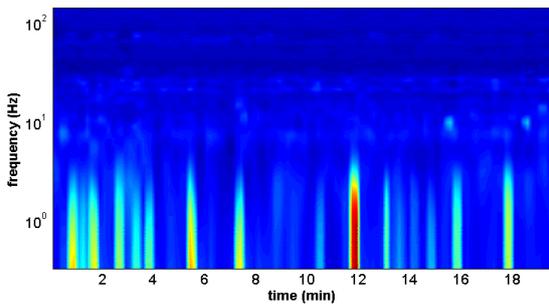
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 20%



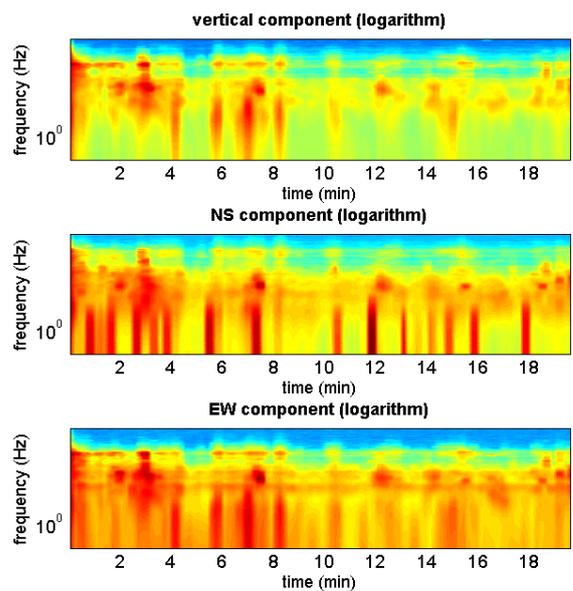
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



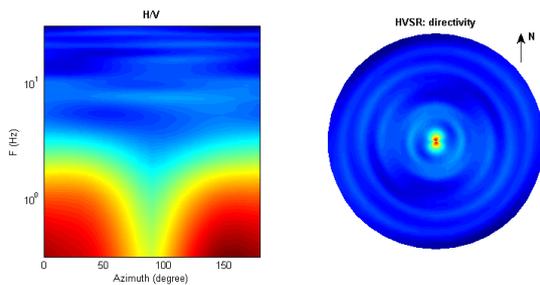
**SERIE TEMPORALE H/V**  
 HVSR vs time

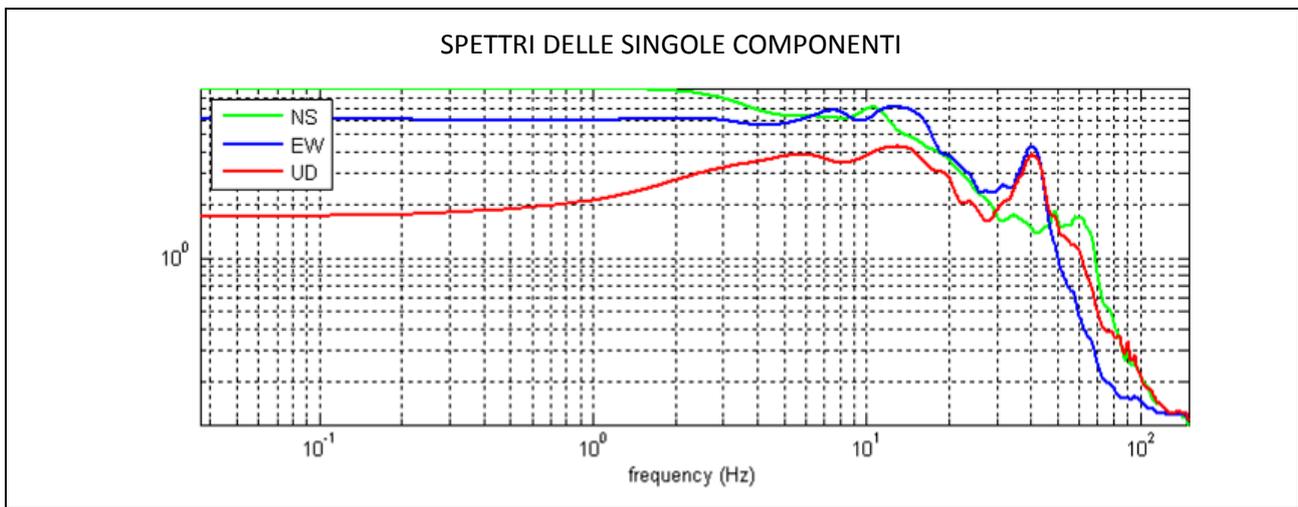


**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**





Peak frequency (Hz): 7.8 ( $\pm 0.8$ )

Peak HVSR value: 1.9 ( $\pm 0.2$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 7.8 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 18491 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.9 < 2 (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.813 > 0.390 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.193 < 1.58 (OK)

**033028P85HVSR88\_HV05**

Località: Morfasso

Data acquisizione: 01/03/2012

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

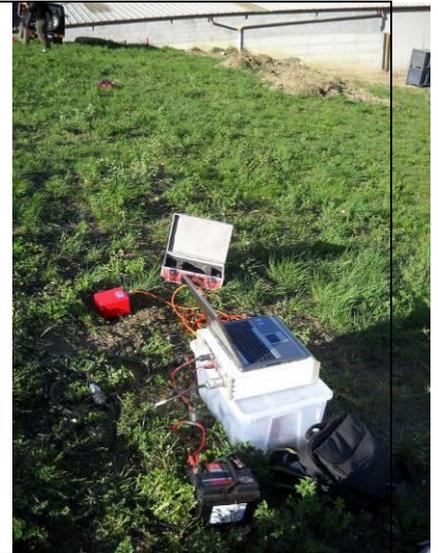
Durata registrazione: 20 minuti

Frequenza campionamento: 300 Hz

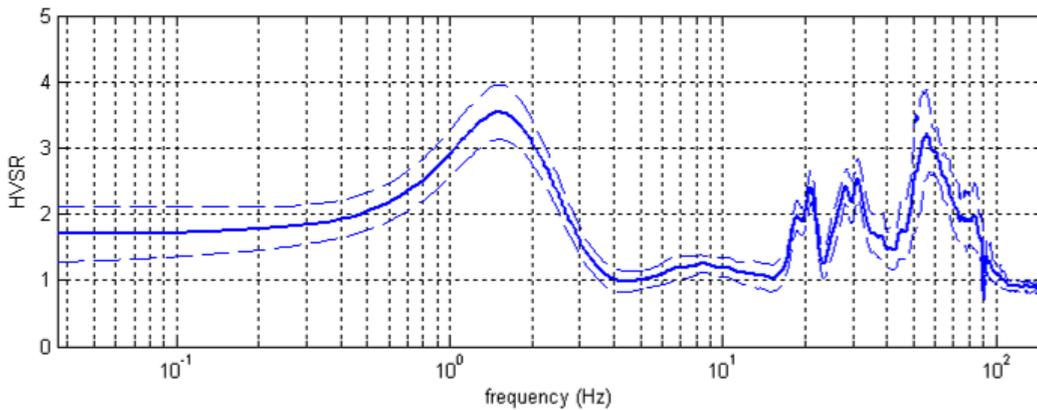
Lunghezza finestre: 20 secondi

Tipo di lisciamento: triangolare

Lisciamento: 10%

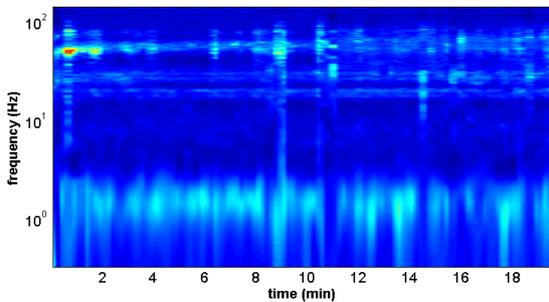


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



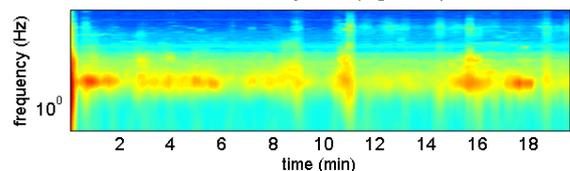
SERIE TEMPORALE H/V

HVSR vs time

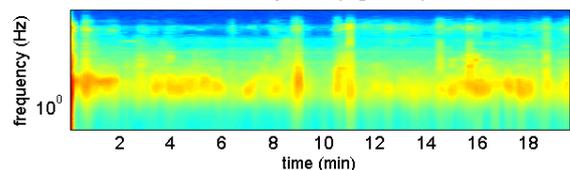


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI

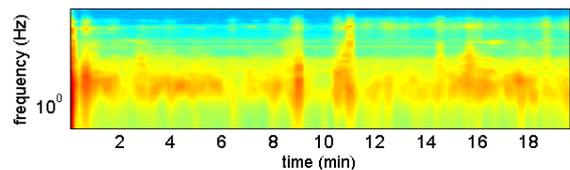
vertical component (logarithm)



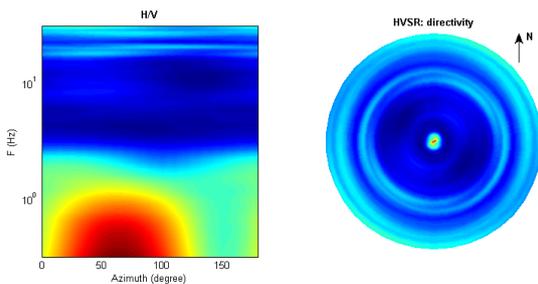
NS component (logarithm)

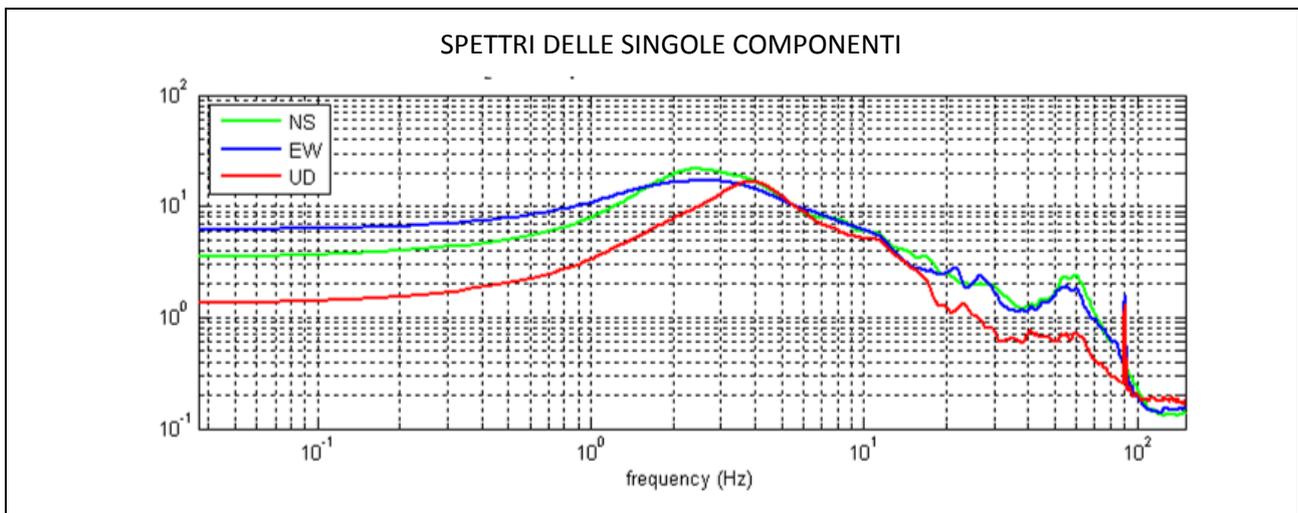


EW component (logarithm)



DIREZIONALITÀ H/V





Peak frequency (Hz): 1.5 ( $\pm 4.8$ )

Peak HVSR value: 3.5 ( $\pm 0.4$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 1.5 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 3631 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.9Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 3.5 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 4.841 > 0.154 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.416 < 1.78 (OK)

**033028P86HVSr89\_HV06**

Località: Levei

Data acquisizione: 03/11/2011

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

Durata registrazione: 20 minuti

Frequenza campionamento: 300 Hz

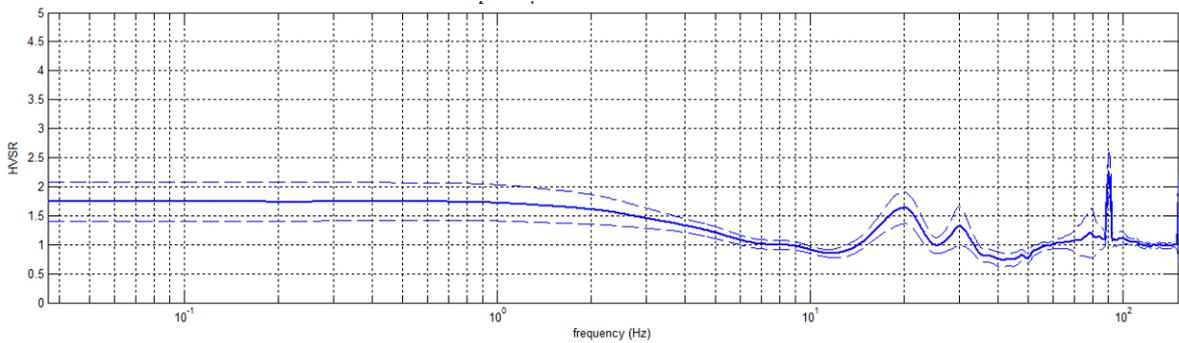
Lunghezza finestre: 20 secondi

Tipo di lisciamento: triangolare

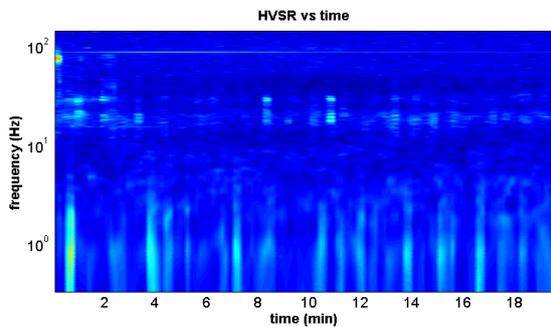
Lisciamento: 20%



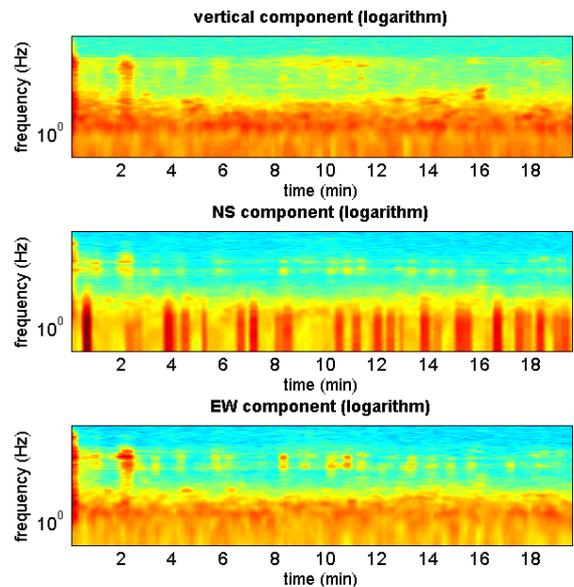
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



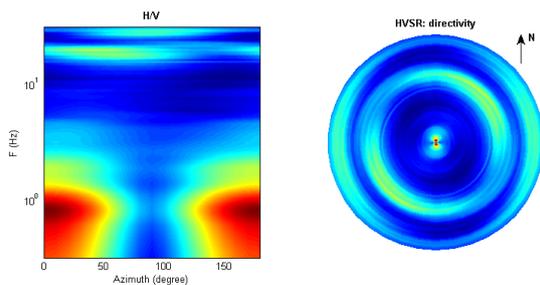
**SERIE TEMPORALE H/V**



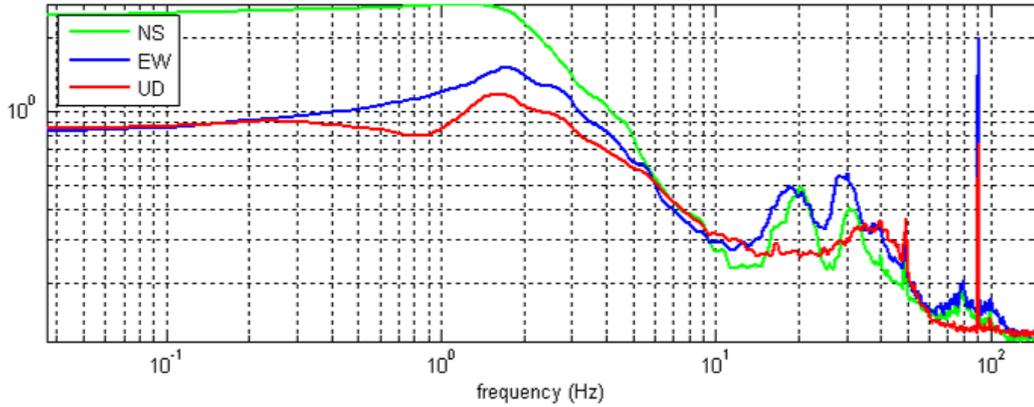
**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 20.1 ( $\pm 7.1$ )

Peak HVSR value: 1.6 ( $\pm 0.3$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 20.1 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 47459 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.6 < 2 (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon_{\text{sigma}}(f_0)$ ]: 7.111 > 1.005 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.270 < 1.58 (OK)

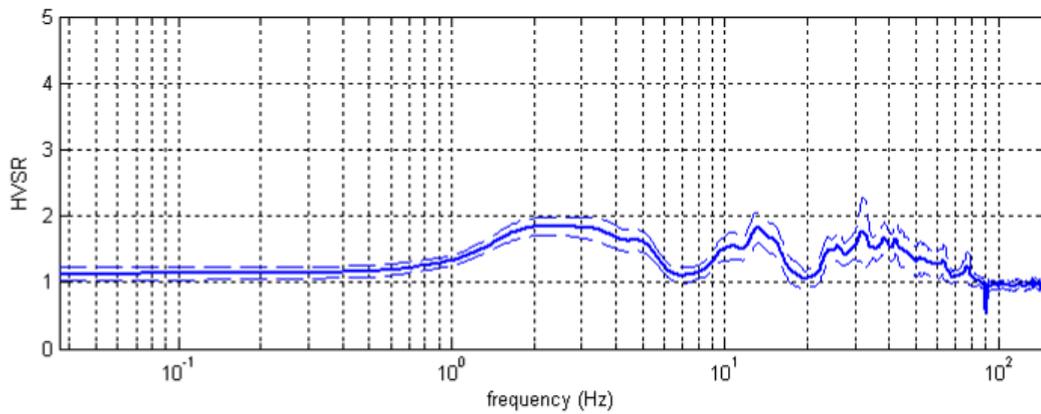
**033028P87HVS90\_HV07**

Località: Casale  
 Data acquisizione: 10/01/2012

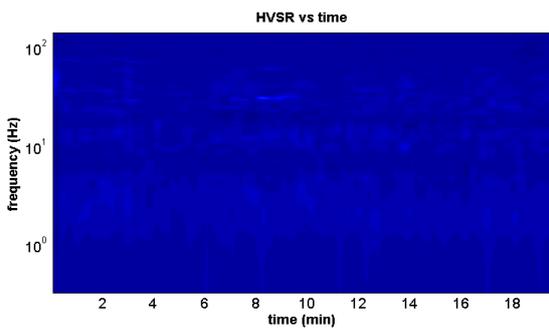
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 10%



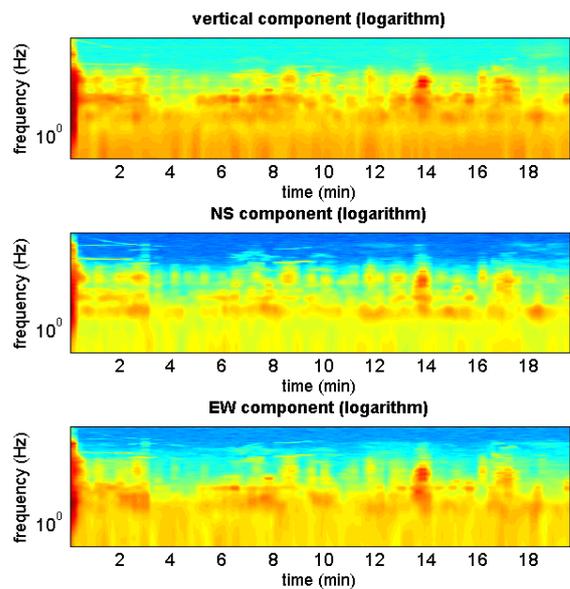
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



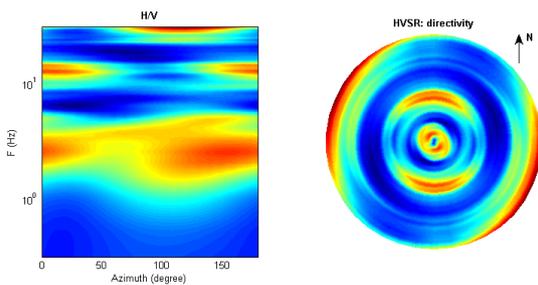
SERIE TEMPORALE H/V

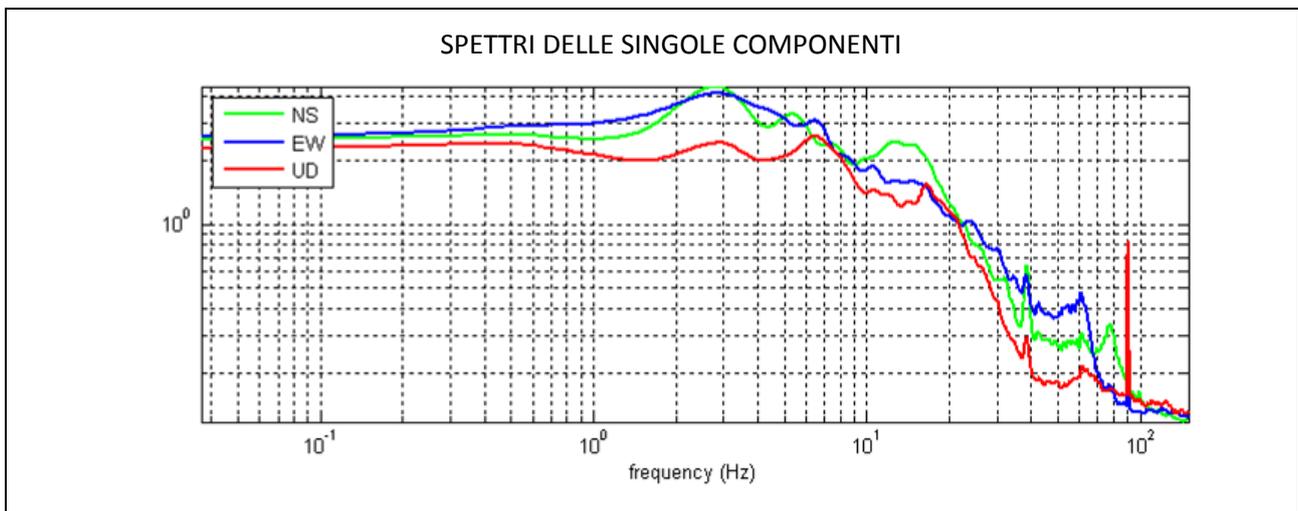


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V





Peak frequency (Hz): 2.3 ( $\pm 2.3$ )

Peak HVSR value: 1.9 ( $\pm 0.1$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 2.3 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 5360 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.9 < 2 (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 2.313 > 0.114 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.134 < 1.58 (OK)

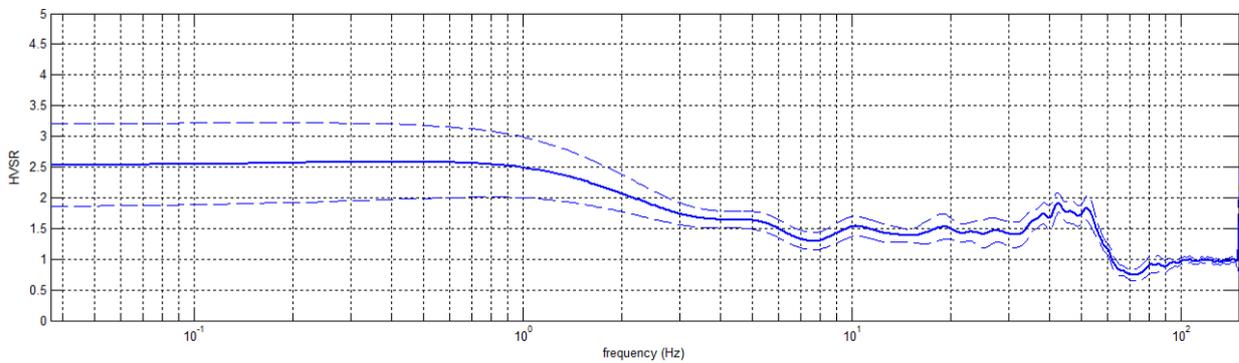
**033028P88HVSR91\_HV08**

Località: Cornolo  
 Data acquisizione: 14/04/2013

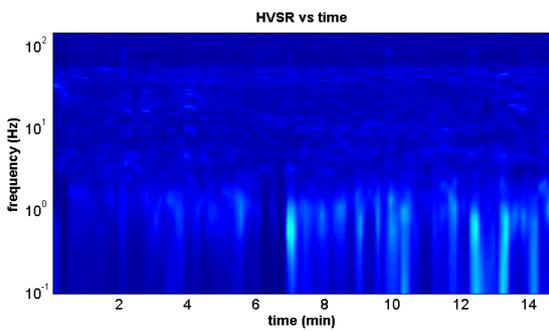
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 20%



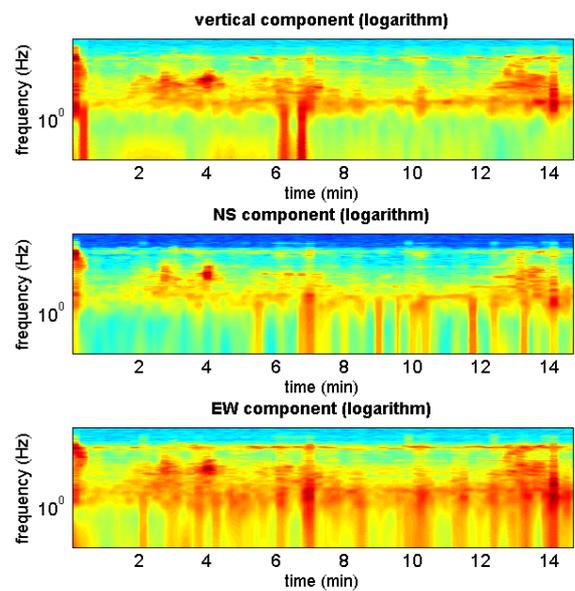
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



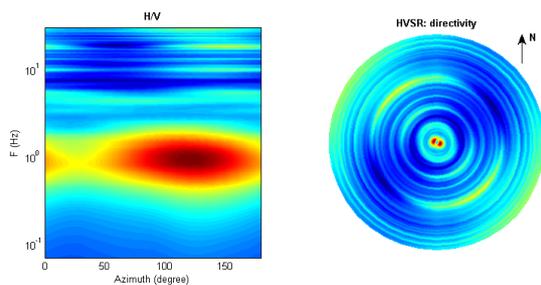
**SERIE TEMPORALE H/V**



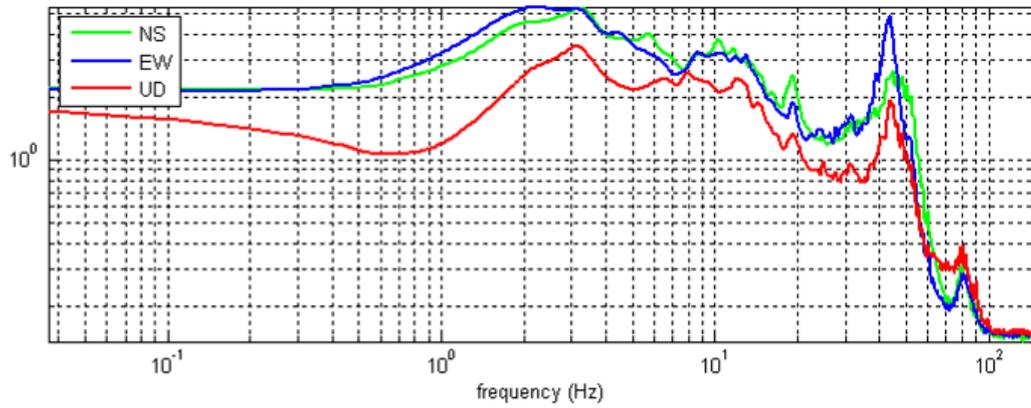
**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 4.9 ( $\pm 2.3$ )

Peak HVSR value: 1.7 ( $\pm 0.2$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 4.9 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 8639 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

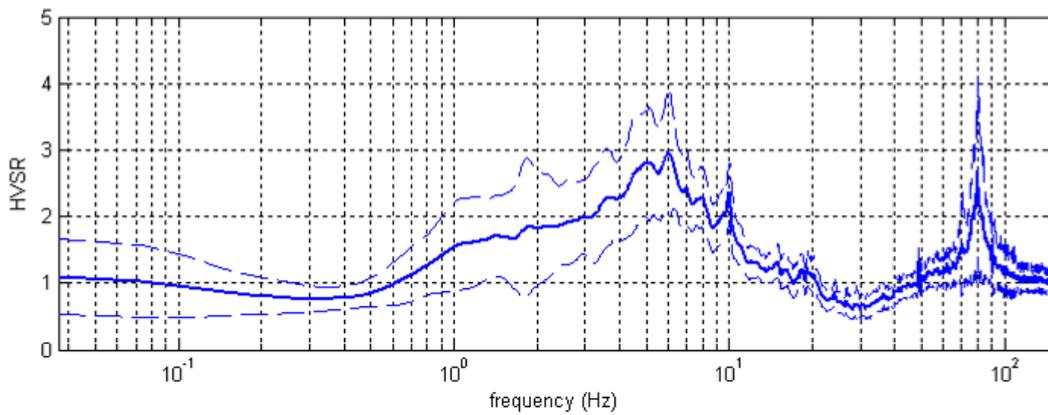
- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.7 < 2 (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon_{\text{sigma}}(f_0)$ ]: 2.251 > 0.245 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.198 < 1.58 (OK)

**033028P89HVS92\_HV09** \_eseguito per la MZS

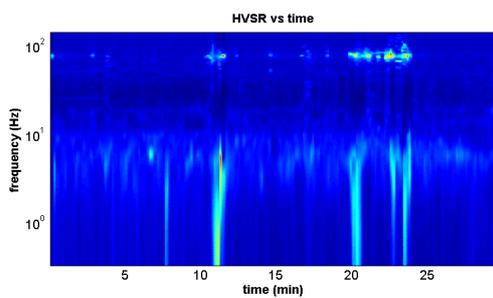
Località: Cornolo  
 Data acquisizione: 20/02/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 10%

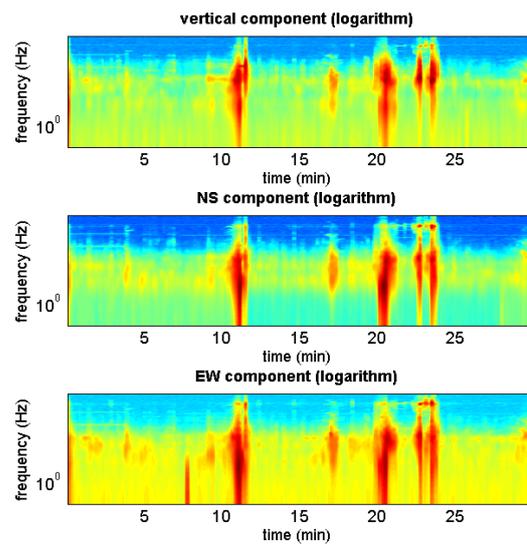
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



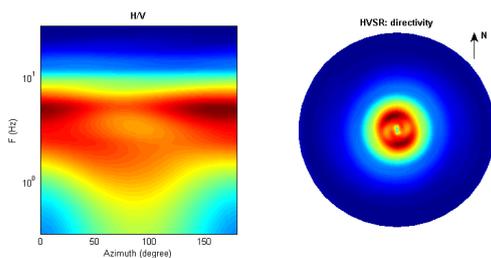
SERIE TEMPORALE H/V

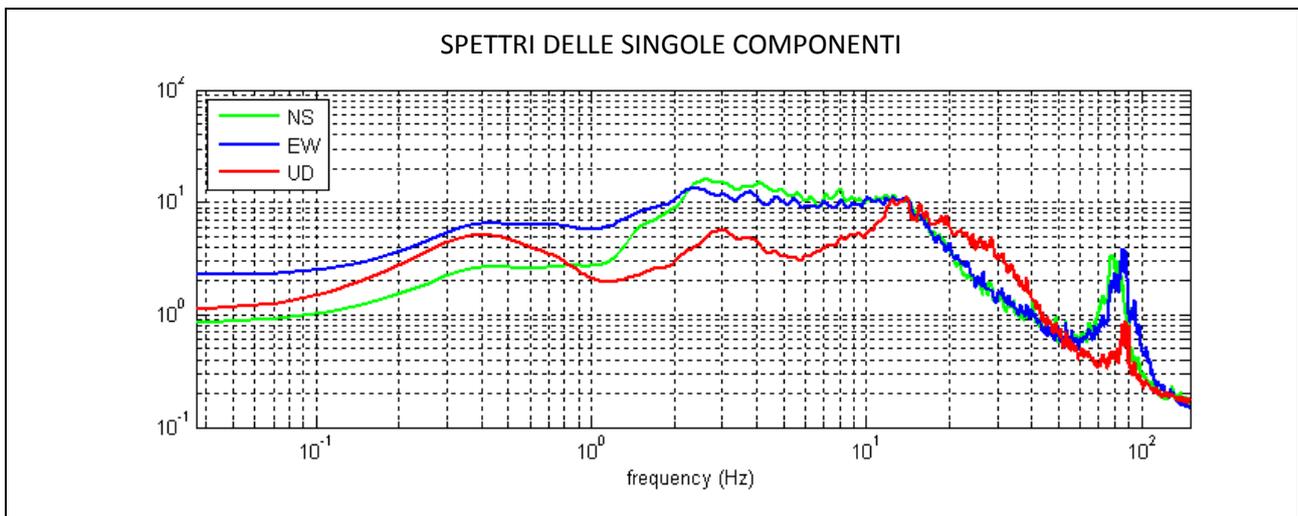


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V





Peak frequency (Hz): 5.8 ( $\pm 1.9$ )

Peak HVSR value: 2.6 ( $\pm 0.5$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 5.8 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 20662 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.6 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.908 > 0.289 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.544 < 1.58 (OK)

**033028P90HVS93\_HV10\_** eseguito per la MZS

Località: Olza

Data acquisizione: 13/03/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

Durata registrazione: 20 minuti

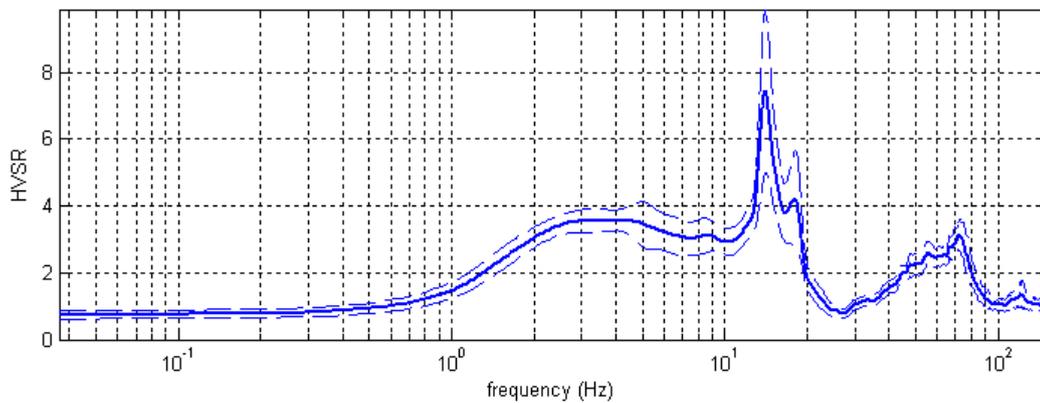
Frequenza campionamento: 300 Hz

Lunghezza finestre: 20 secondi

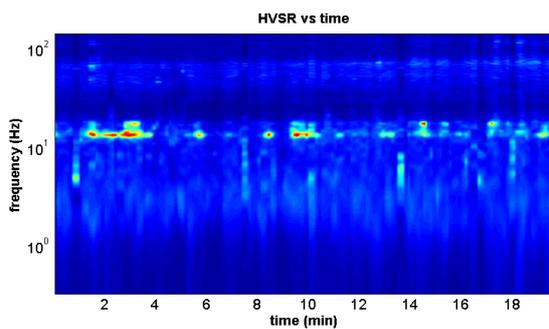
Tipo di lisciamento: triangolare

Lisciamento: 10%

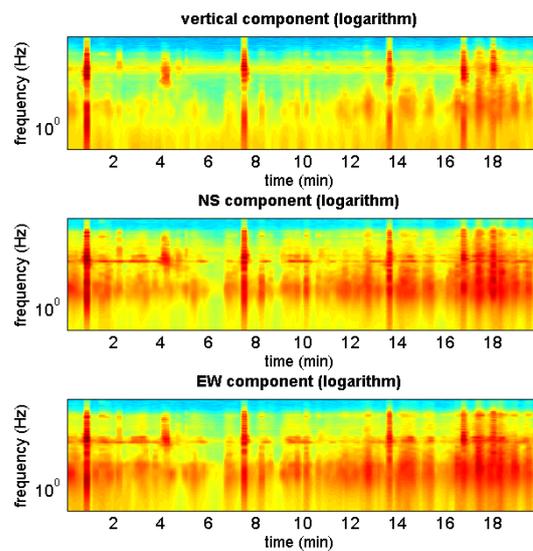
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



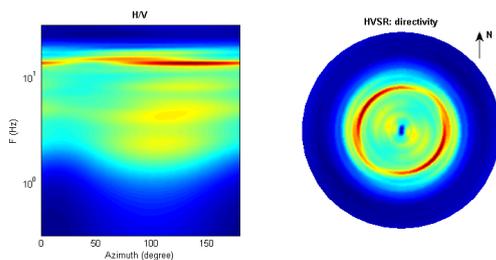
SERIE TEMPORALE H/V



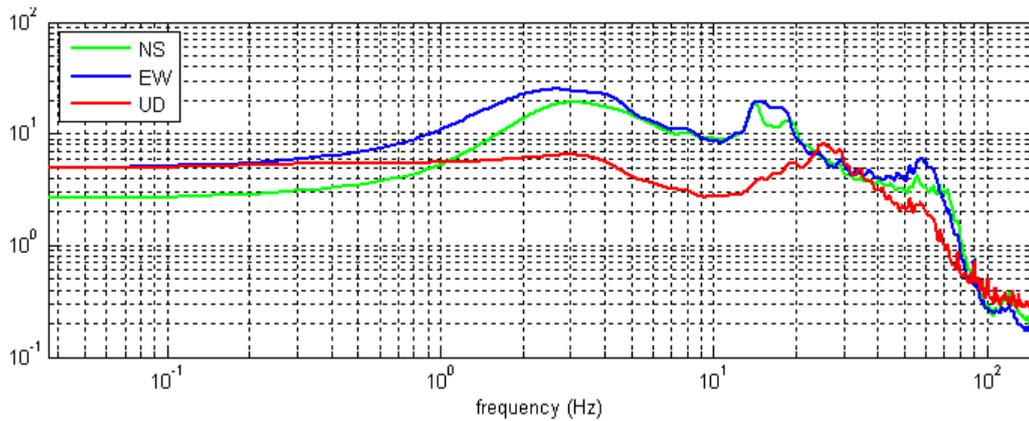
SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 4.1 ( $\pm 2.3$ )

Peak HVSR value: 3.6 ( $\pm 0.3$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 4.1 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 9810 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{\text{A}}(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 1.2Hz (OK)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 3.6 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_{\text{A}}(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{\text{A}} < \epsilon(f_0)$ ]: 2.349 > 0.207 (NO)
- #6. [ $\sigma_{\text{A}}(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.315 < 1.58 (OK)

Peak frequency (Hz): 14.1 ( $\pm 3.4$ )

Peak HVSR value: 7.8 ( $\pm 2.4$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 14.1 > 0.5 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 30823 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{\text{A}}(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

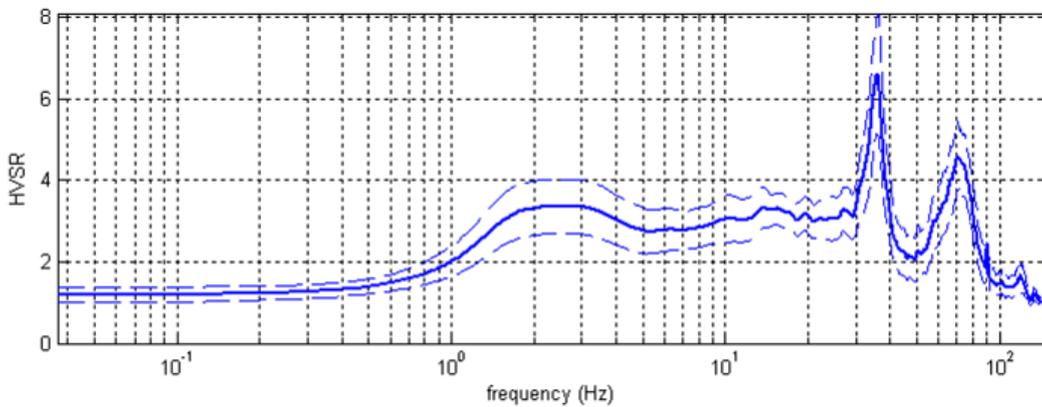
- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 12.9Hz (OK)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 18.7Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 7.8 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_{\text{A}}(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{\text{A}} < \epsilon(f_0)$ ]: 3.400 > 0.707 (NO)
- #6. [ $\sigma_{\text{A}}(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 2.394 < 1.58 (NO)

**033028P91HVSR94\_HV11\_** eseguito per la MZS

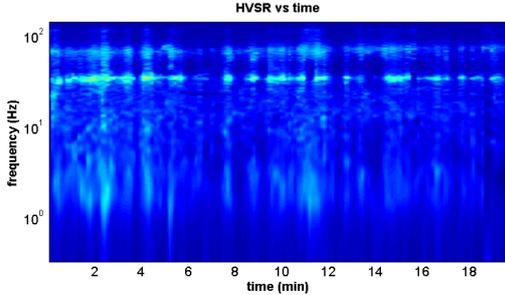
Località: la Costa  
 Data acquisizione: 13/03/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 10%

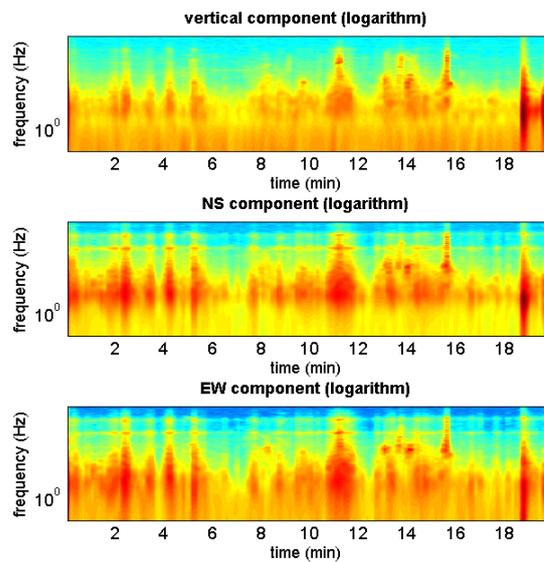
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



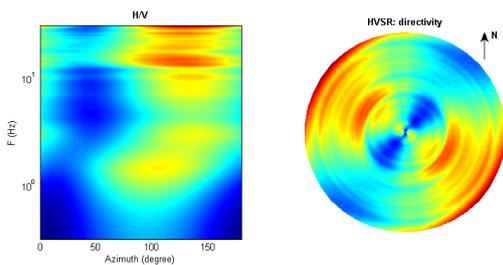
SERIE TEMPORALE H/V

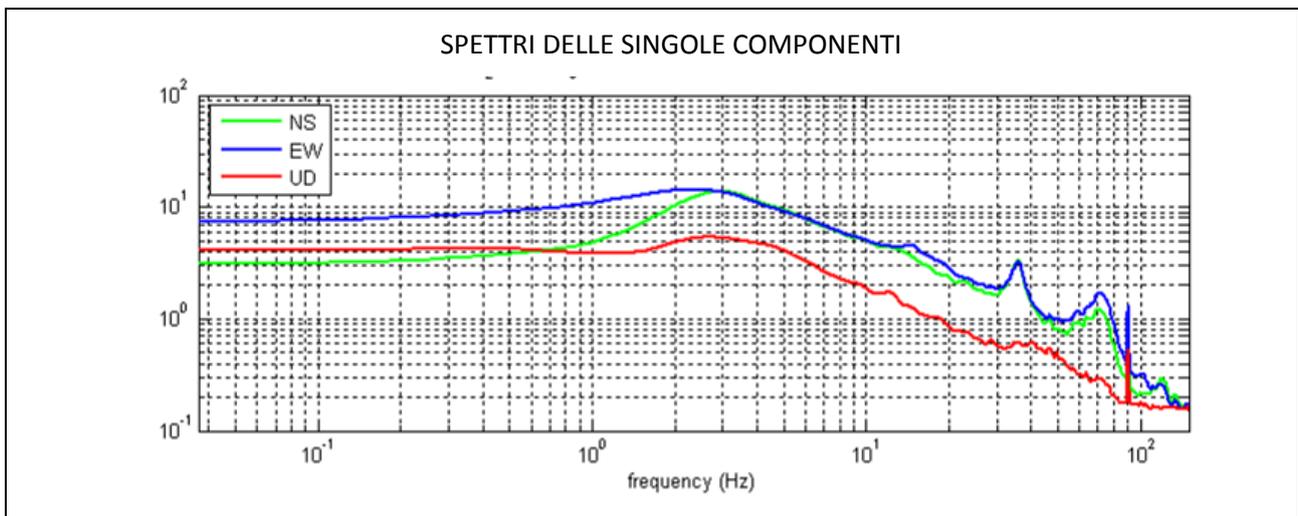


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V





Peak frequency (Hz): 2.5 ( $\pm 3.1$ )

Peak HVSR value: 3.4 ( $\pm 0.7$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 2.5 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 5990 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.8Hz (OK)
- #2. [exists  $f^+$  in the range  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 3.4 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 3.056 > 0.126 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.656 < 1.58 (OK)

**033028P92HVSR95\_HV12\_**eseguito per la MZS

Località: i Rabbini

Data acquisizione: 03/05/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

Durata registrazione: 20 minuti

Frequenza campionamento: 300 Hz

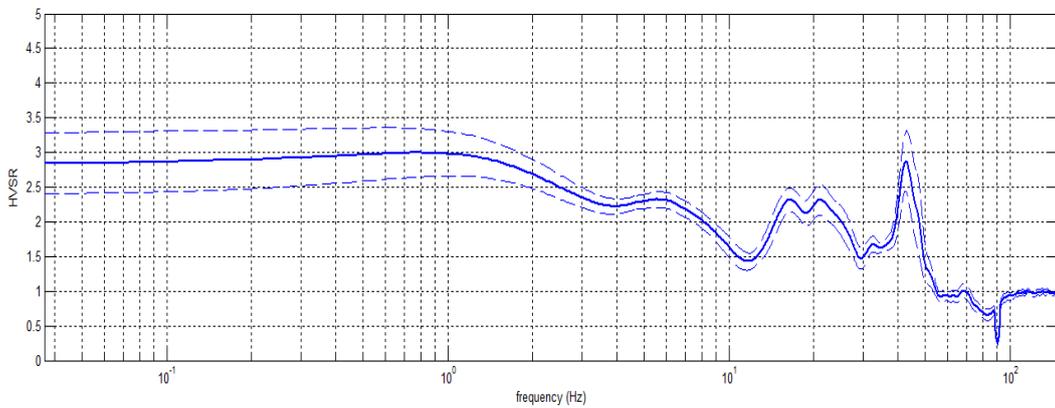
Lunghezza finestre: 20 secondi

Tipo di lisciamento: triangolare

Lisciamento: 20%

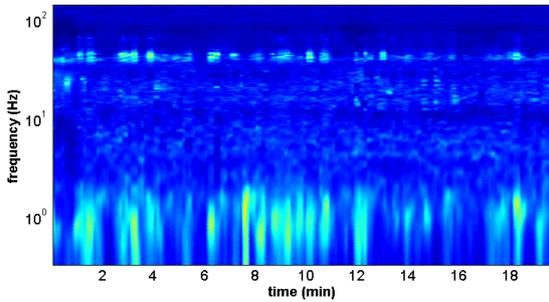


**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



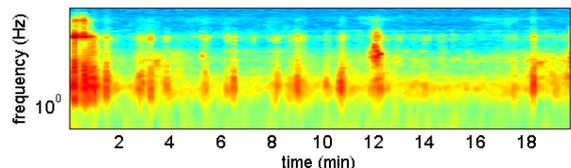
**SERIE TEMPORALE H/V**

HVSR vs time

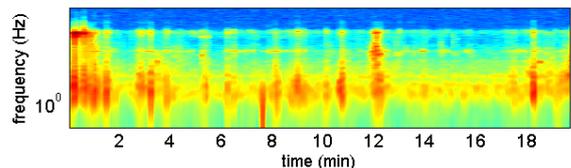


**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**

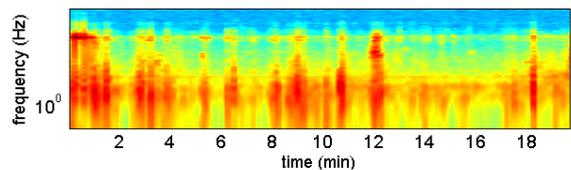
vertical component (logarithm)



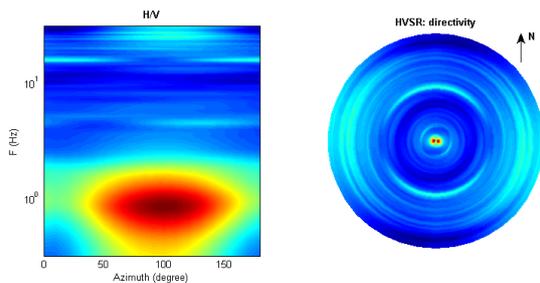
NS component (logarithm)



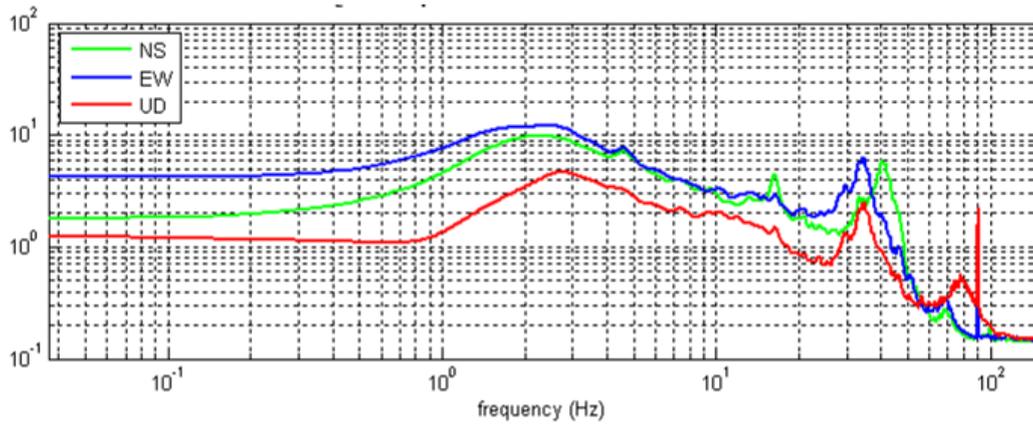
EW component (logarithm)



**DIREZIONALITÀ H/V**



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 4.8 (±1.8)

Peak HVSR value: 2.3 (±0.2)

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

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $4.8 > 0.66667$  (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]:  $11286 > 200$  (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]:  $2.3 > 2$  (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon_{\text{f}_0}$ ]:  $1.750 > 0.238$  (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta_{f_0}$ ]:  $0.206 < 1.58$  (OK)

**033028P93HVSR96\_HV13\_**eseguito per la MZS

Località: Casali

Data acquisizione: 03/05/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

Durata registrazione: 20 minuti

Frequenza campionamento: 300 Hz

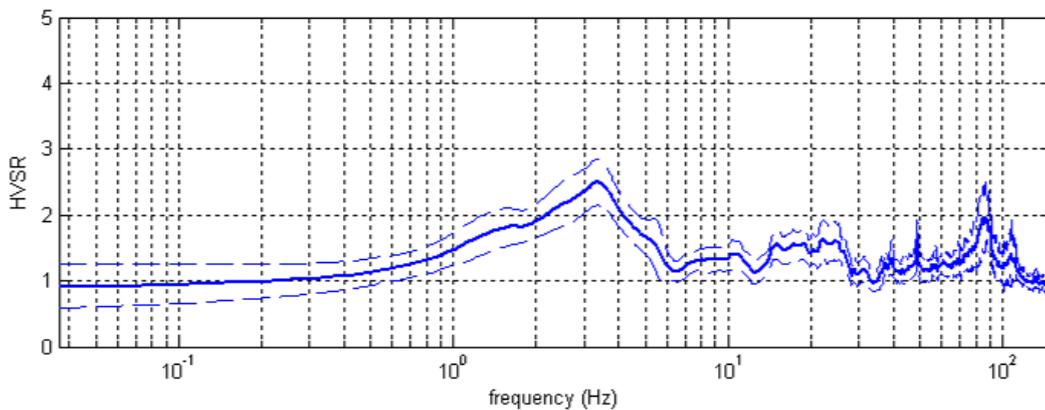
Lunghezza finestre: 20 secondi

Tipo di lisciamento: triangolare

Lisciamento: 5%

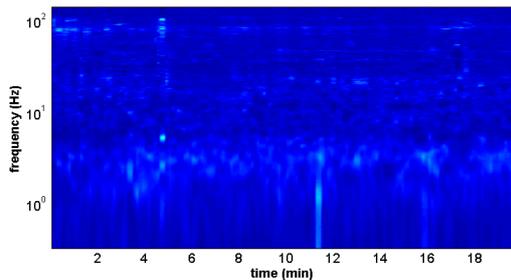


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

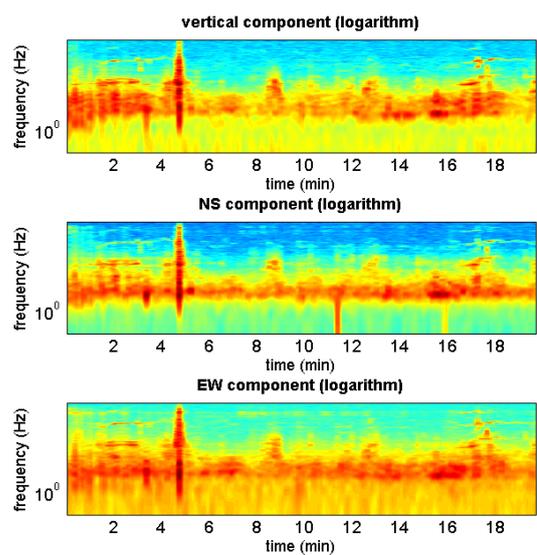


SERIE TEMPORALE H/V

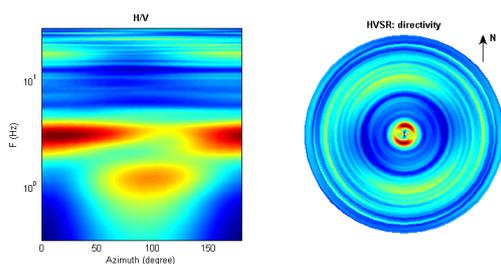
HVSR vs time

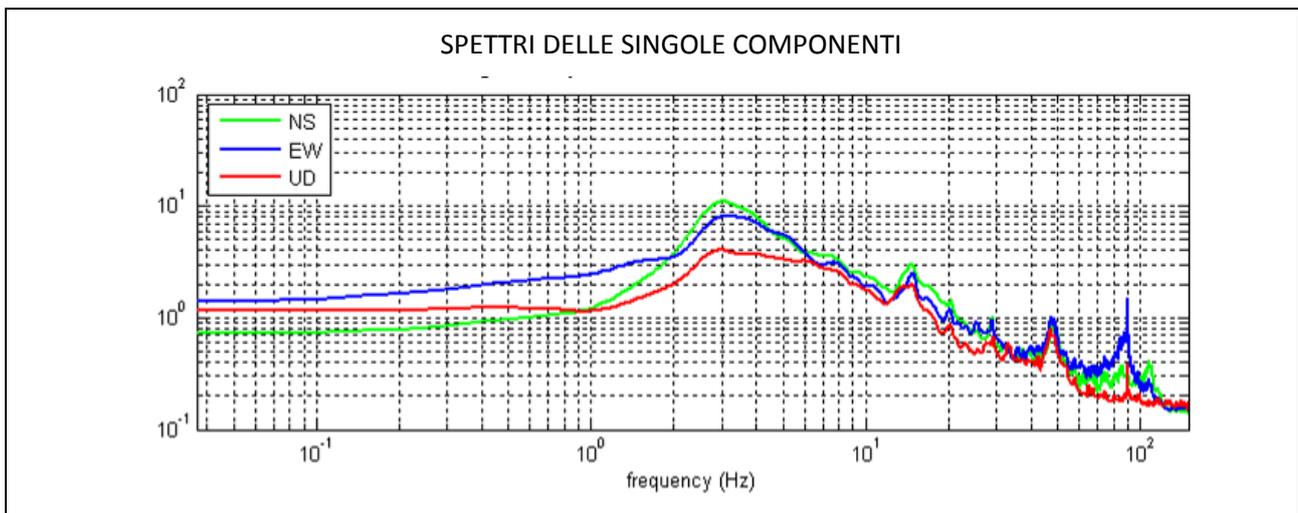


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V





Peak frequency (Hz): 3.4 ( $\pm 1.4$ )

Peak HVSr value: 2.5 ( $\pm 0.4$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 3.4 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 8074 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 6.0Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.5 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.426 > 0.170 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.350 < 1.58 (OK)

**033028P94HVS97\_HV14\_** eseguito per la MZS

Località: Casali

Data acquisizione: 03/05/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

Durata registrazione: 20 minuti

Frequenza campionamento: 300 Hz

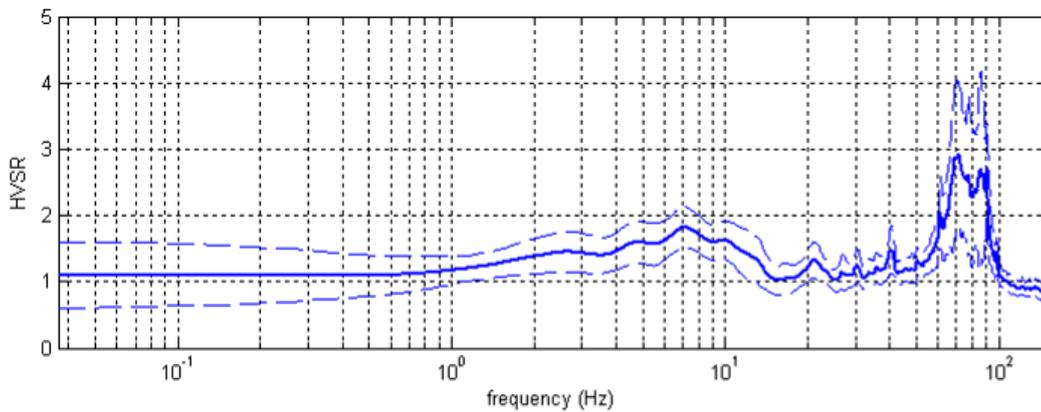
Lunghezza finestre: 20 secondi

Tipo di lisciamento: triangolare

Lisciamento: 10%

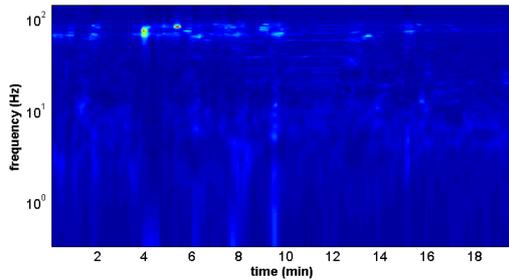


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



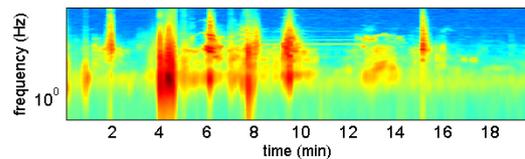
SERIE TEMPORALE H/V

HVSr vs time

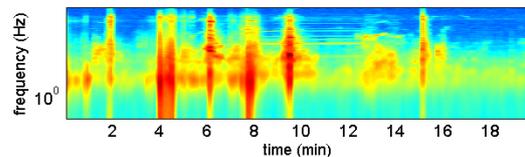


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI

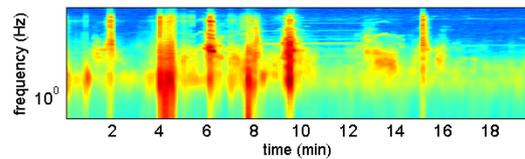
vertical component (logarithm)



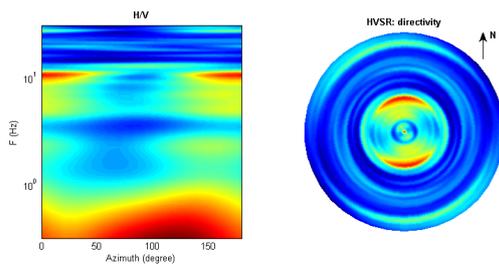
NS component (logarithm)

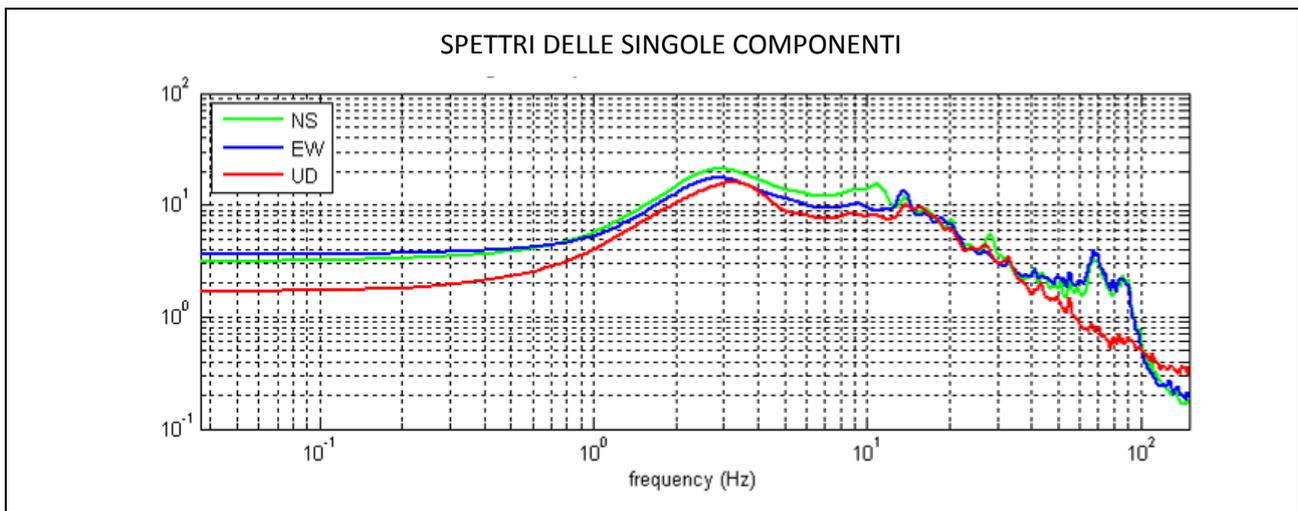


EW component (logarithm)



DIREZIONALITÀ H/V





Peak frequency (Hz): 7.1 ( $\pm 4.4$ )

Peak HVSr value: 1.8 ( $\pm 0.3$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 7.1 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 16929 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.8 < 2 (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$ ]: 4.415 > 0.357 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.315 < 1.58 (OK)

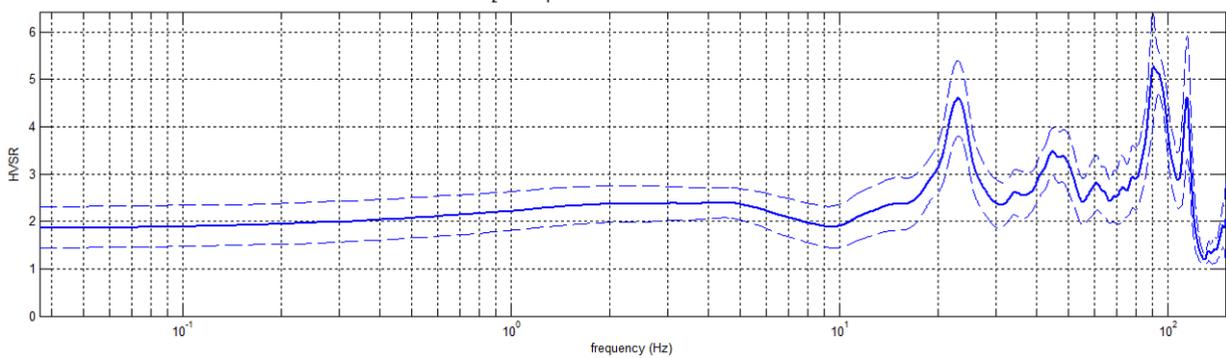
**033028P95HVSR98\_HV15\_** eseguito per la MZS

Località: Pedina inferiore  
 Data acquisizione: 03/05/2013

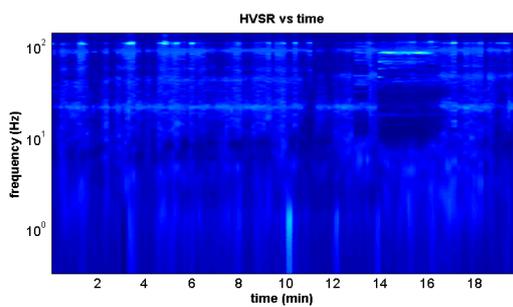
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamo: triangolare  
 Lisciamo: 20%



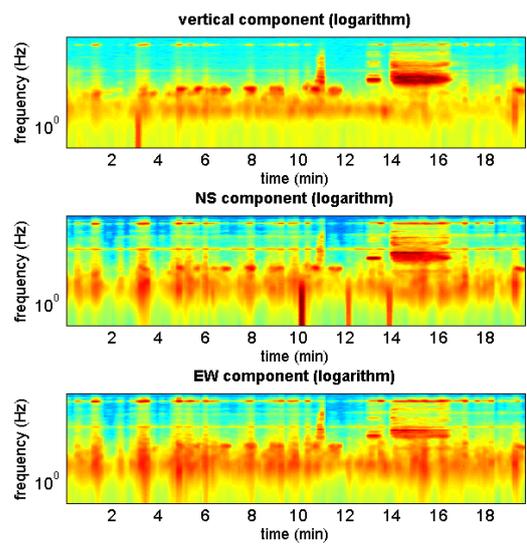
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



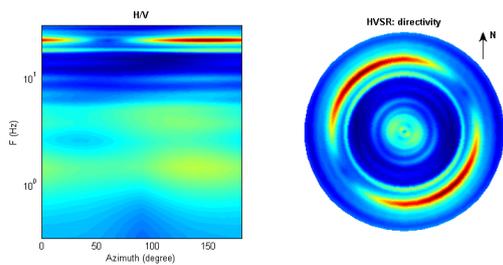
SERIE TEMPORALE H/V

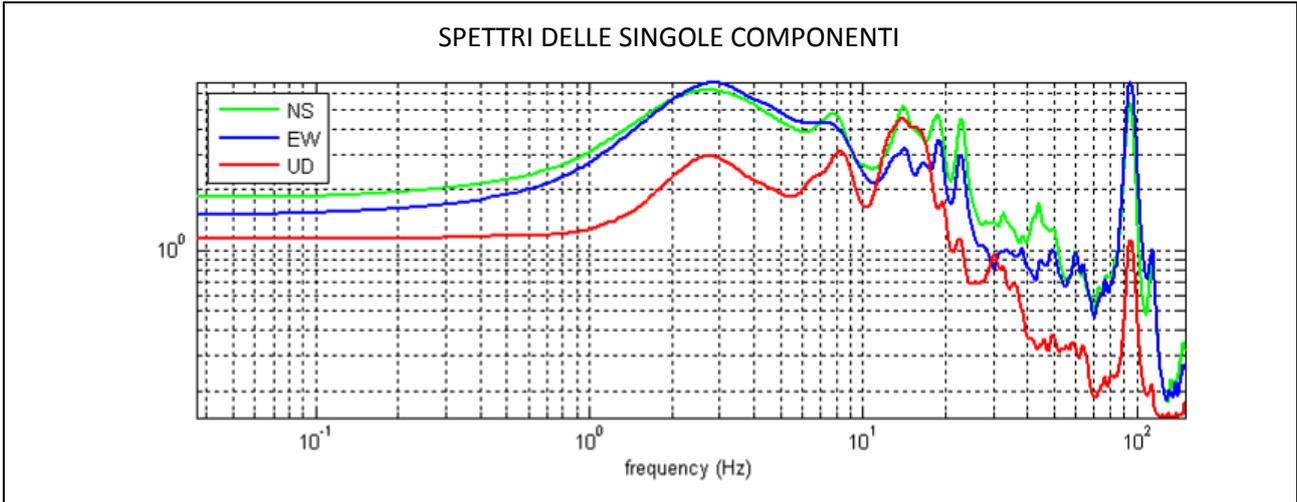


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V





Peak frequency (Hz): 23.0 ( $\pm 0.6$ )

Peak HVSR value: 5.1 ( $\pm 0.5$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 23.0 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 41933 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

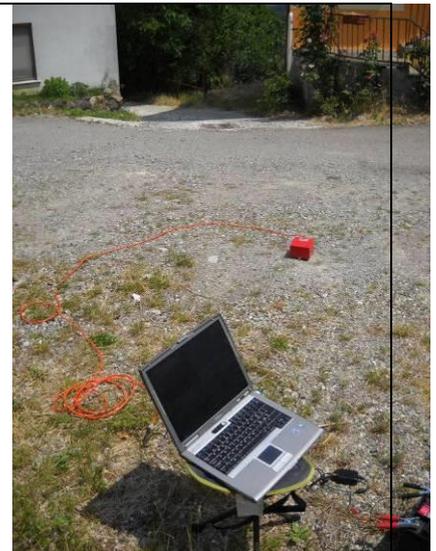
==== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 5.1 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.557 < 1.152 (OK)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.512 < 1.58 (OK)

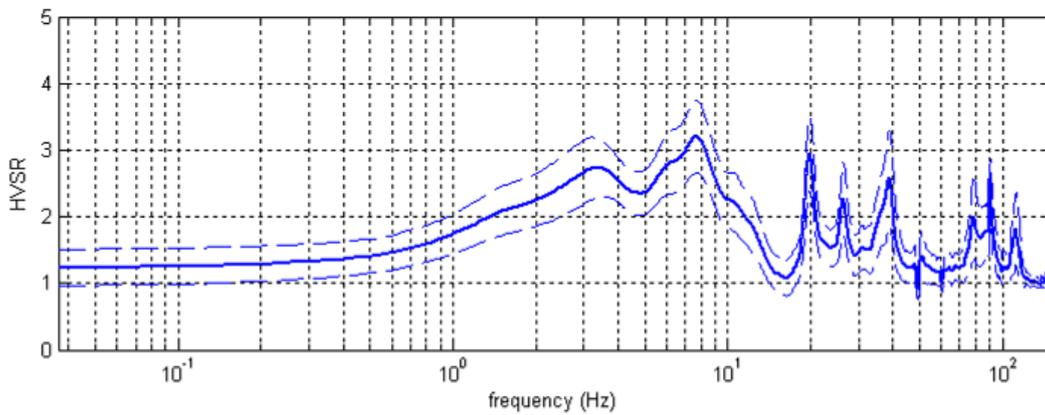
**033028P96HVSR99\_HV16\_** eseguito per la MZS

Località: Pedina superiore  
 Data acquisizione: 04/05/2013

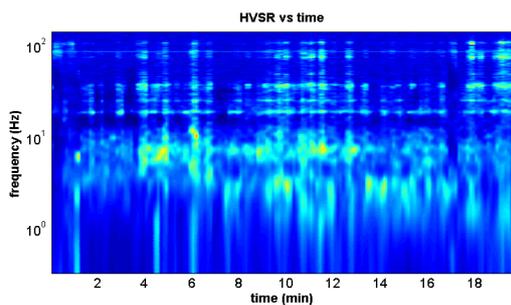
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 10%



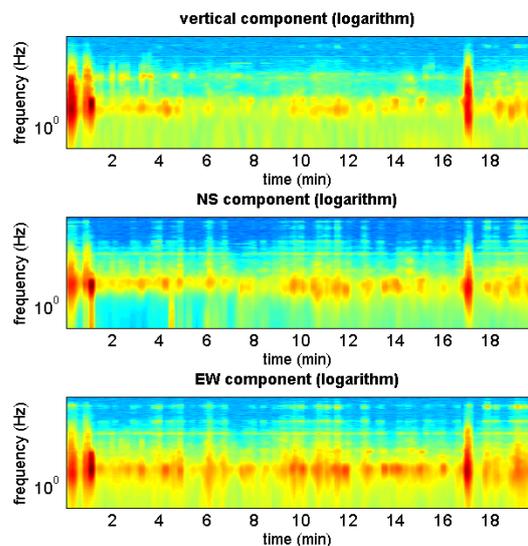
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



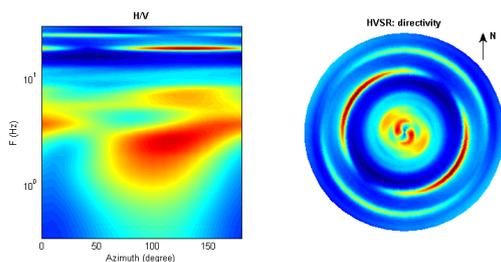
SERIE TEMPORALE H/V



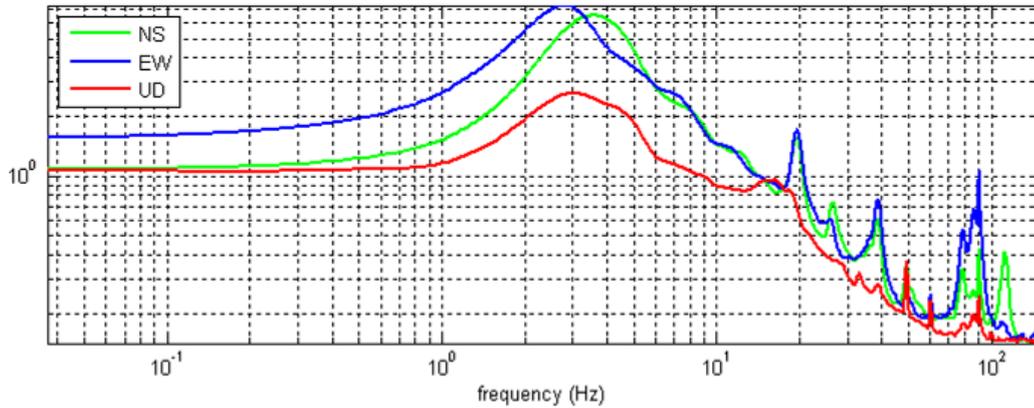
SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 3.4 ( $\pm 1.1$ )

Peak HVSR value: 2.7 ( $\pm 0.4$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 3.4 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 7987 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.7 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.144 > 0.168 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.452 < 1.58 (OK)

Peak frequency (Hz): 7.8 ( $\pm 1.2$ )

Peak HVSR value: 3.2 ( $\pm 0.5$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 7.8 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 18404 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 3.2 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.168 > 0.388 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.544 < 1.58 (OK)

**033028P97HVSR100\_HV17\_**eseguito per la MZS

Località: Negri

Data acquisizione: 04/05/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

Durata registrazione: 20 minuti

Frequenza campionamento: 300 Hz

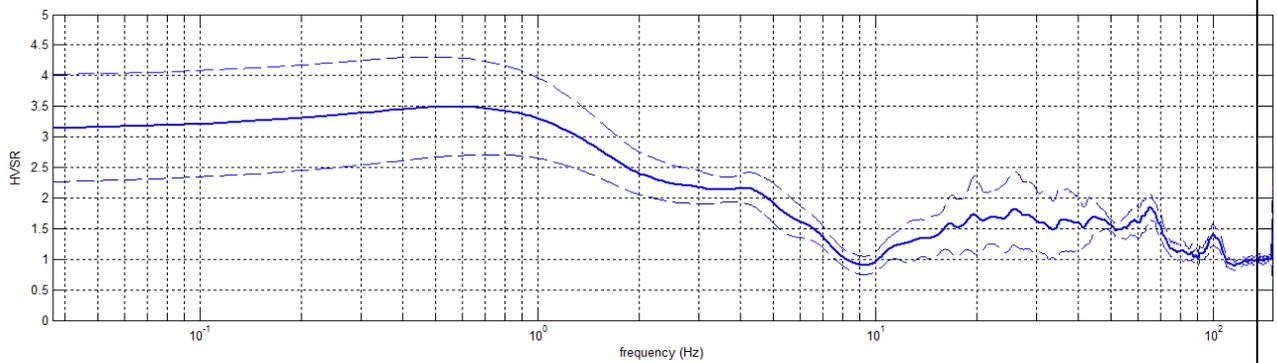
Lunghezza finestre: 20 secondi

Tipo di lisciamento: triangolare

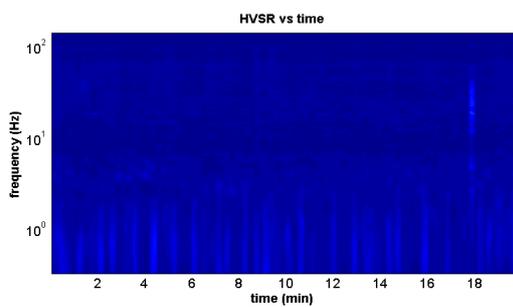
Lisciamento: 20%



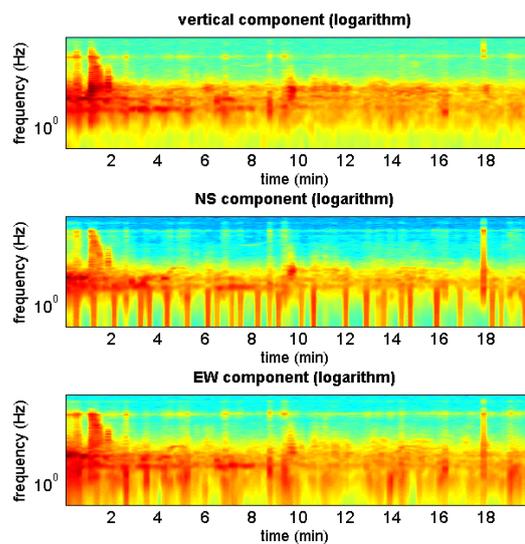
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



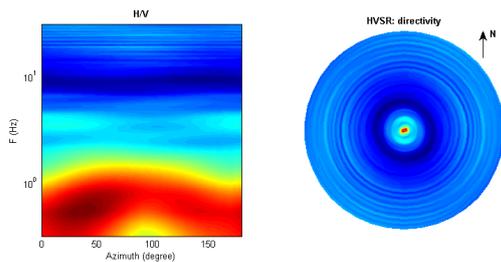
**SERIE TEMPORALE H/V**



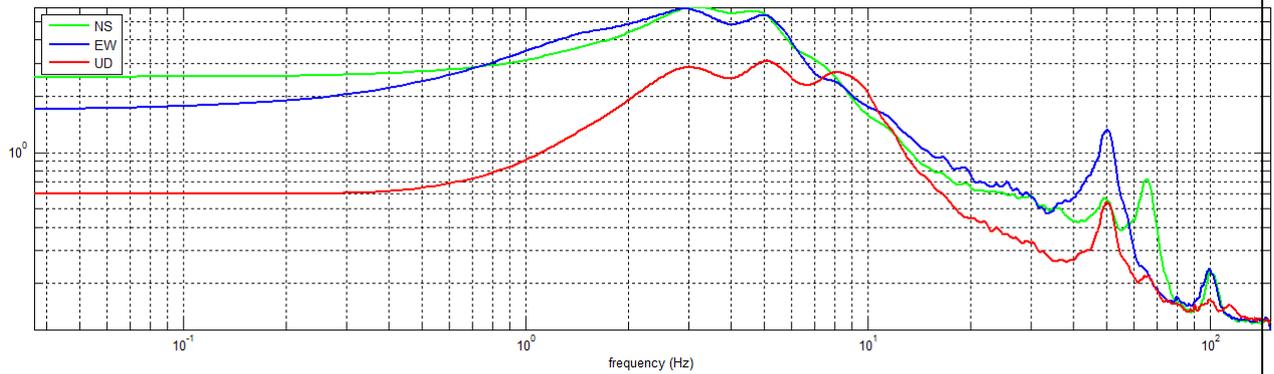
**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 4.2 ( $\pm 4.6$ )

Peak HVSR value: 2.2 ( $\pm 0.3$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 4.2 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 9855 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 7.9Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.2 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$ ]: 4.618 > 0.209 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.252 < 1.58 (OK)

Peak frequency (Hz): 26.1 ( $\pm 4.5$ )

Peak HVSR value: 1.8 ( $\pm 0.6$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 26.1 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 61637 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.8 < 2 (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$ ]: 4.483 > 1.306 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.599 < 1.58 (OK)

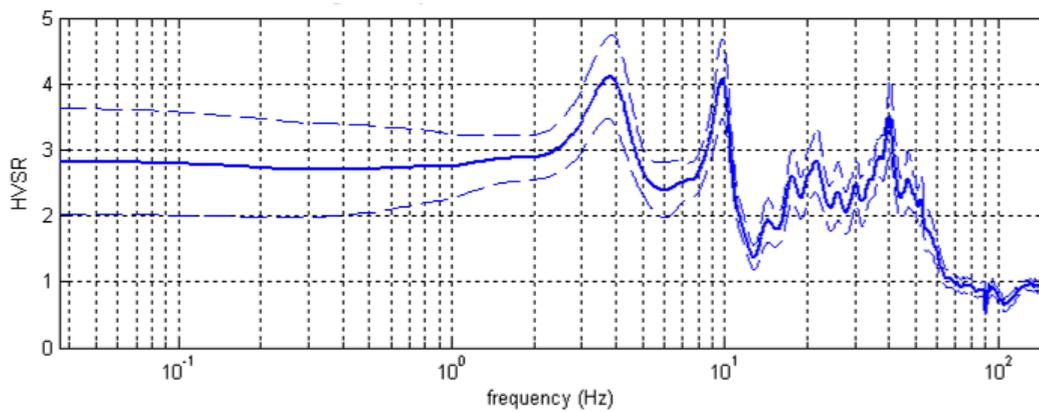
**033028P98HVSR101\_HV18\_** *eseguito per la MZS*

Località: Morfasso, area Municipio  
 Data acquisizione: 04/05/2013

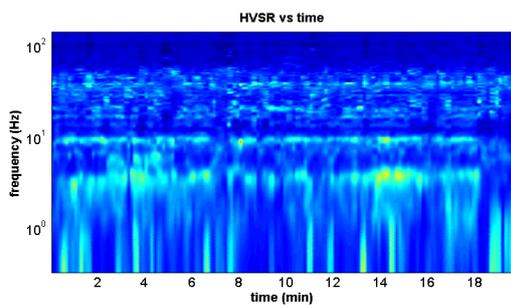
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di liscio: triangolare  
 Liscio: 10%



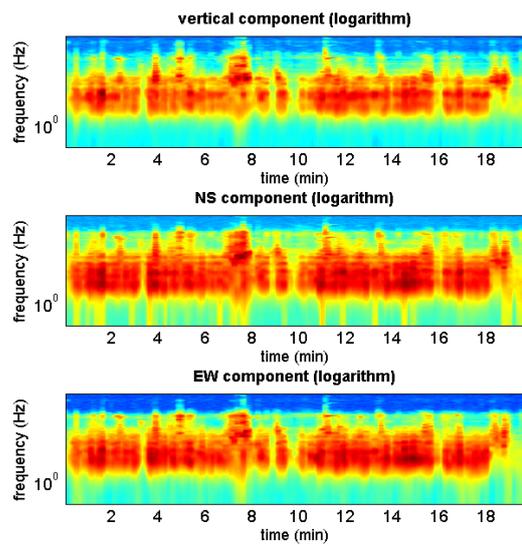
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



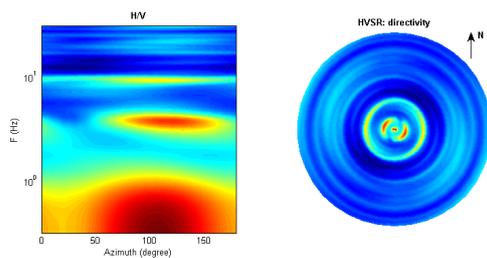
**SERIE TEMPORALE H/V**



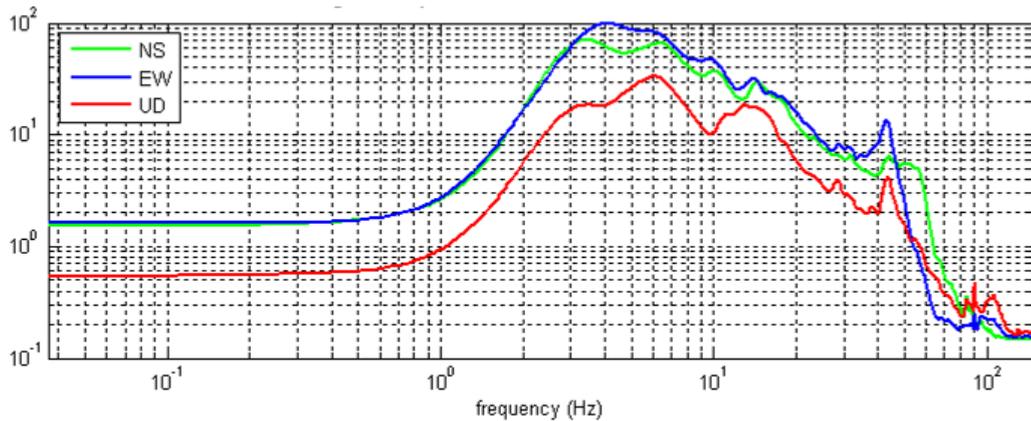
**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 3.8 ( $\pm 1.3$ )

Peak HVSR value: 4.1 ( $\pm 0.6$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 3.8 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 9029 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 4.1 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.265 > 0.190 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.628 < 1.58 (OK)

Peak frequency (Hz): 9.9 ( $\pm 1.4$ )

Peak HVSR value: 4.1 ( $\pm 0.6$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 9.9 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 23353 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 4.1 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.373 > 0.493 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.609 < 1.58 (OK)

**033028P99HVSR102\_HV19\_** *eseguito per la MZS*

Località: Morfasso, Via Papa Giovanni XXIII

Data acquisizione: 08/05/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

Durata registrazione: 20 minuti

Frequenza campionamento: 300 Hz

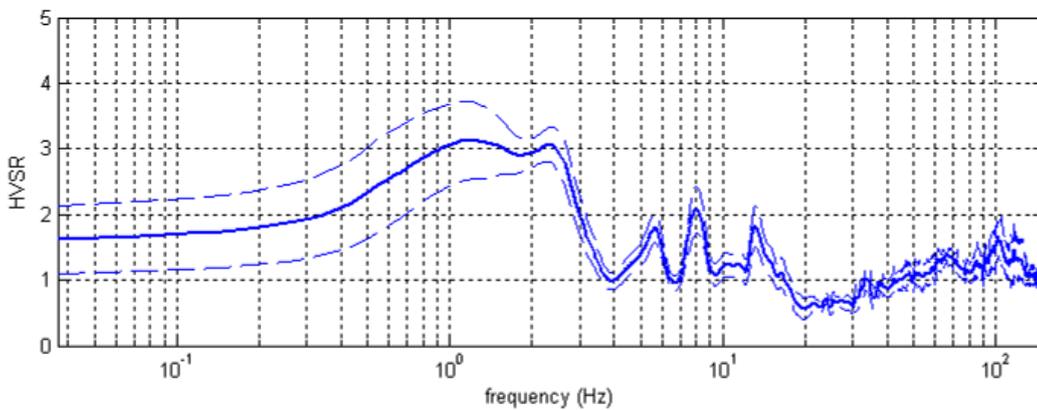
Lunghezza finestre: 20 secondi

Tipo di lisciamento: triangolare

Lisciamento: 5%

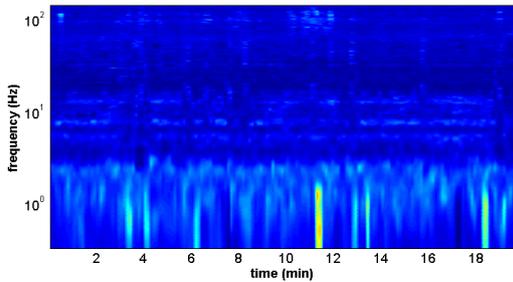


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



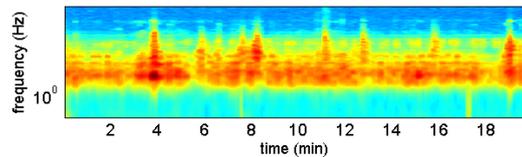
SERIE TEMPORALE H/V

HVSR vs time

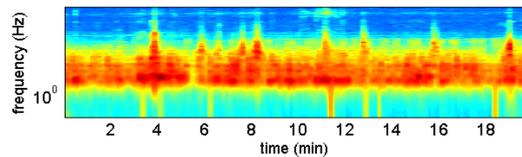


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI

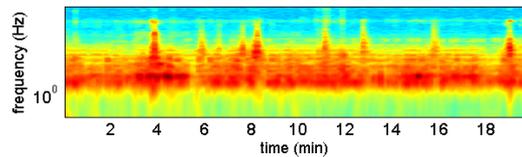
vertical component (logarithm)



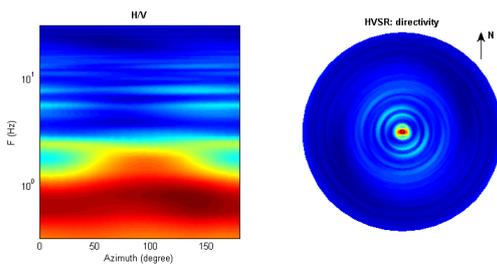
NS component (logarithm)



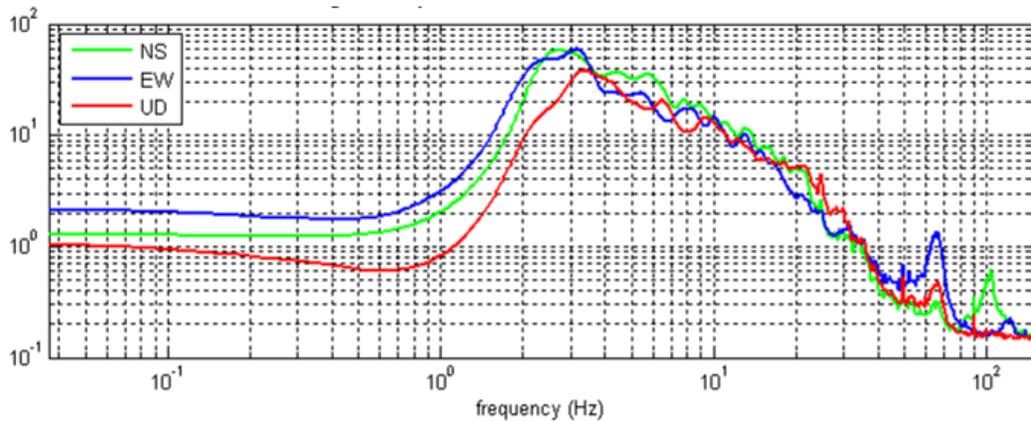
EW component (logarithm)



DIREZIONALITÀ H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 2.3 (±0.2)

Peak HVSR value: 3.1 (±0.3)

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]:  $2.3 > 0.66667$  (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]:  $5556 > 200$  (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]:  $3.1 > 2$  (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon_{\text{psilon}}(f_0)$ ]:  $0.241 > 0.117$  (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta_{\text{theta}}(f_0)$ ]:  $0.260 < 1.58$  (OK)

Peak frequency (Hz): 5.5 (±1.2)

Peak HVSR value: 2.2 (±0.2)

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]:  $5.5 > 0.66667$  (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]:  $12935 > 200$  (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 9.4Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]:  $2.2 > 2$  (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon_{\text{psilon}}(f_0)$ ]:  $1.176 > 0.273$  (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta_{\text{theta}}(f_0)$ ]:  $0.225 < 1.58$  (OK)

Peak frequency (Hz): 8.1 (±0.6)

Peak HVSR value: 1.9 (±0.3)

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]:  $8.1 > 0.66667$  (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]:  $19186 > 200$  (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

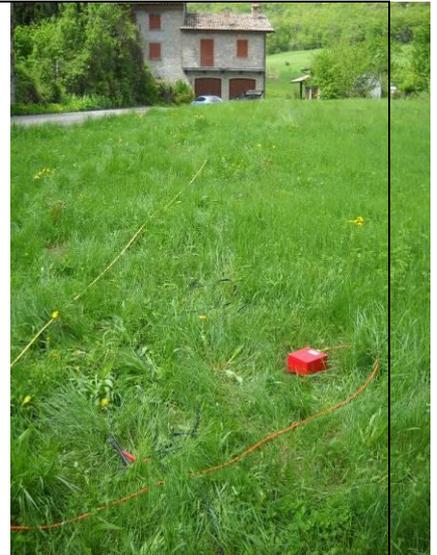
=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]:  $1.9 < 2$  (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon_{\text{psilon}}(f_0)$ ]:  $0.588 > 0.405$  (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta_{\text{theta}}(f_0)$ ]:  $0.271 < 1.58$  (OK)

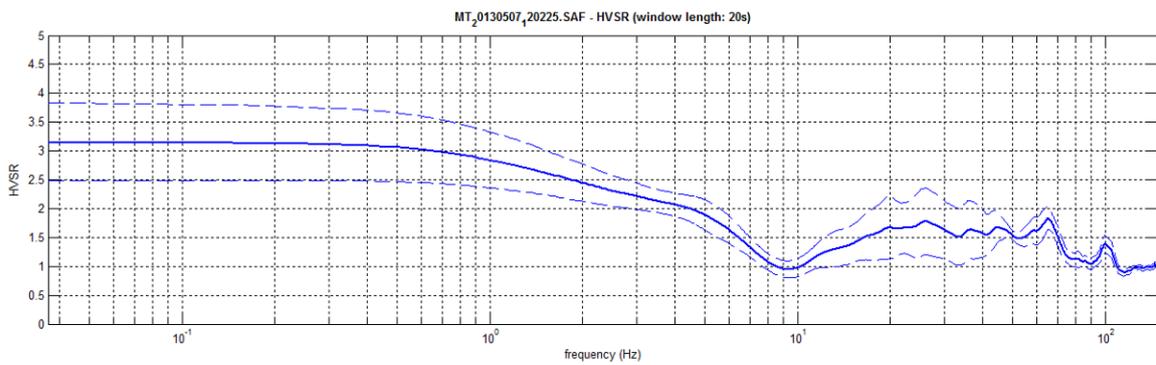
# 033028P100HVSr103\_HV20

Località: Taverne  
 Data acquisizione: 08/05/2013

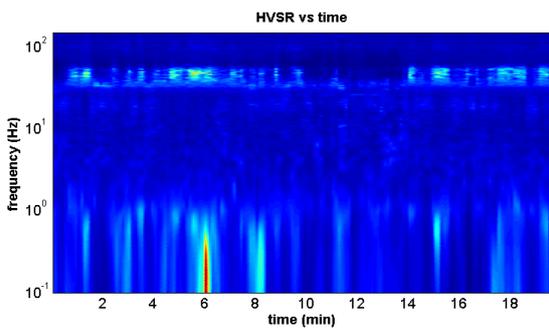
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 20%



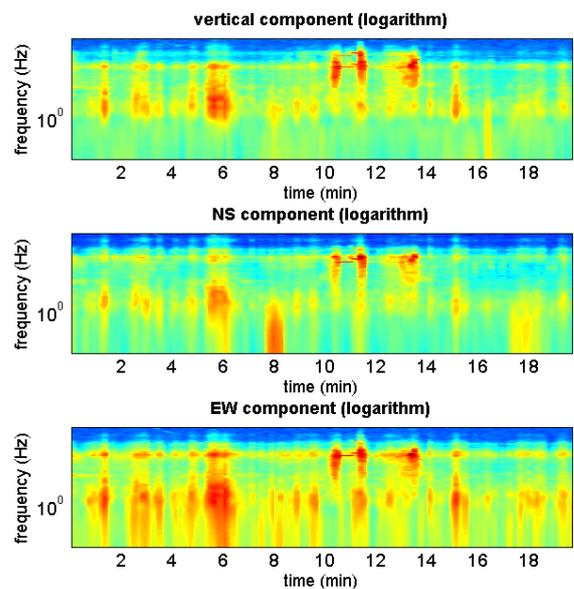
## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



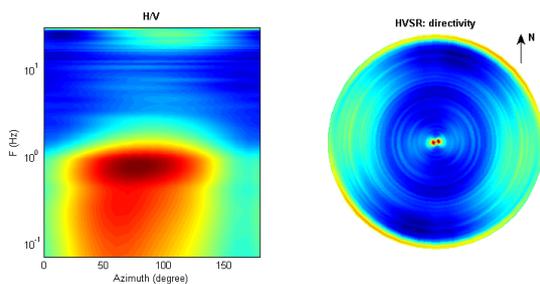
## SERIE TEMPORALE H/V



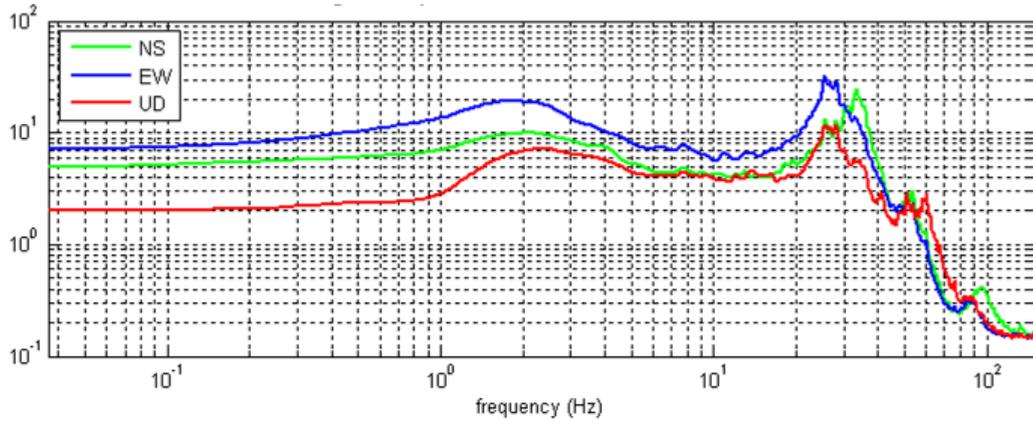
## SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



## DIREZIONALITÀ H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



**033028P101HVSR104\_HV21\_**eseguito per la MZS

Località: Costa

Data acquisizione: 08/05/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

Durata registrazione: 20 minuti

Frequenza campionamento: 300 Hz

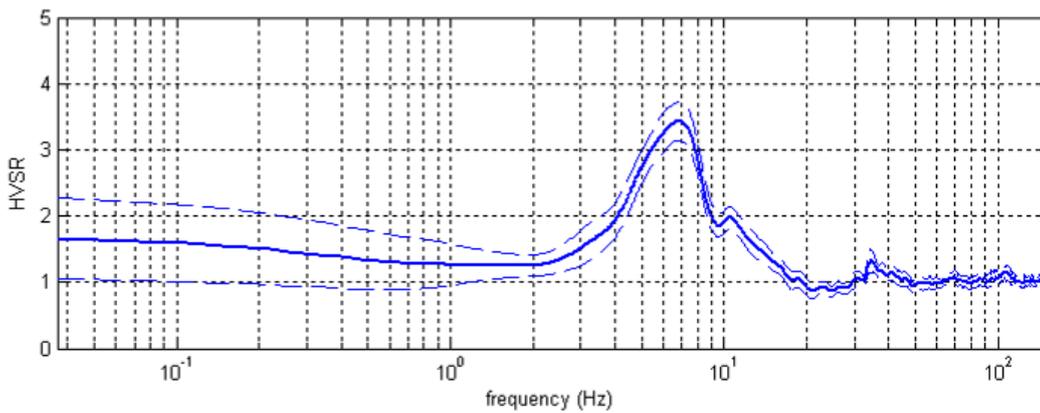
Lunghezza finestre: 20 secondi

Tipo di lisciamento: triangolare

Lisciamento: 10%

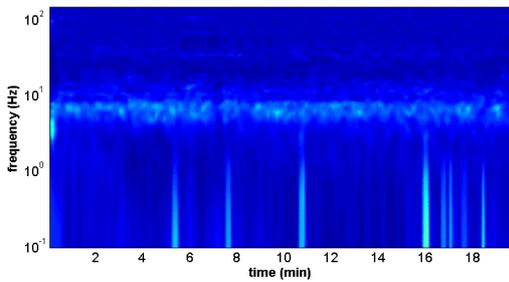


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



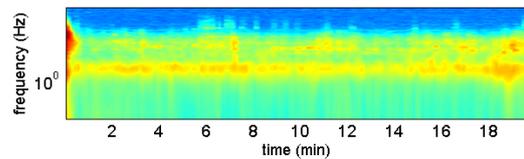
SERIE TEMPORALE H/V

HVSR vs time

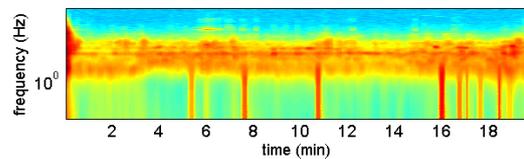


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI

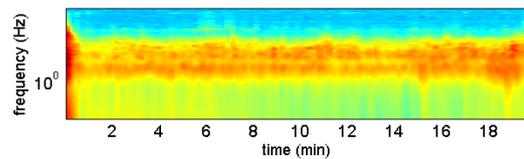
vertical component (logarithm)



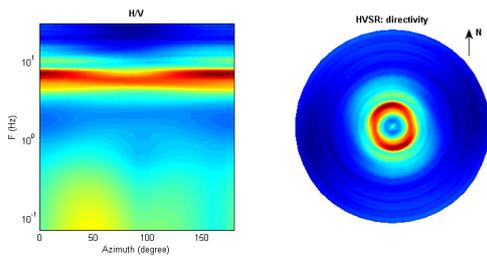
NS component (logarithm)



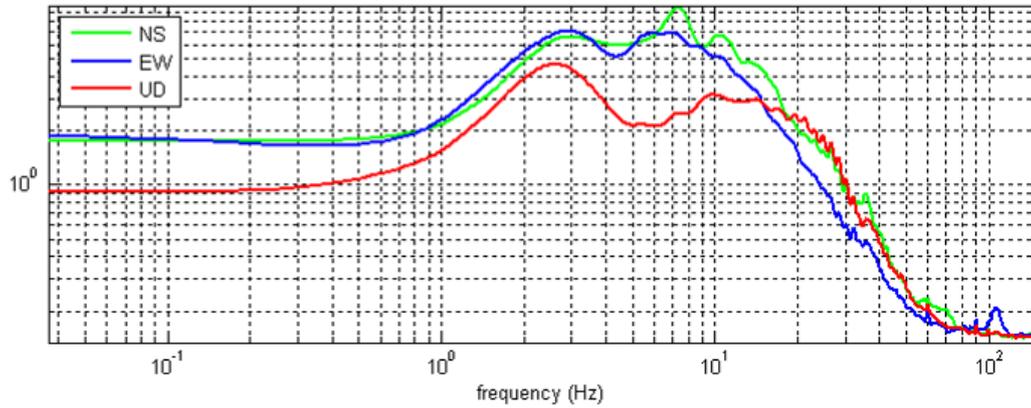
EW component (logarithm)



DIREZIONALITÀ H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 6.9 ( $\pm 1.6$ )

Peak HVSR value: 3.4 ( $\pm 0.3$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 6.9 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 16321 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 3.5Hz (OK)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 12.1Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 3.4 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.559 > 0.344 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.289 < 1.58 (OK)

**033028P102HVSR105\_HV22\_** *eseguito per la MZS*

Località: Carignone

Data acquisizione: 11/05/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

Durata registrazione: 20 minuti

Frequenza campionamento: 300 Hz

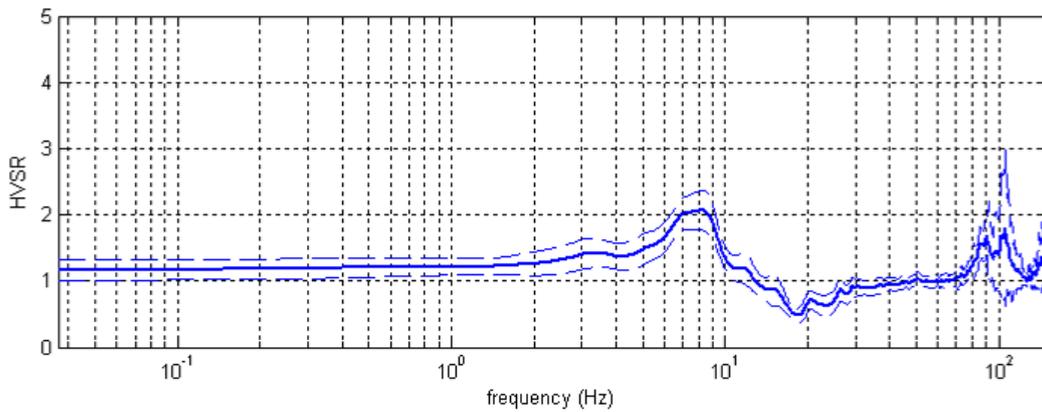
Lunghezza finestre: 20 secondi

Tipo di lisciamento: triangolare

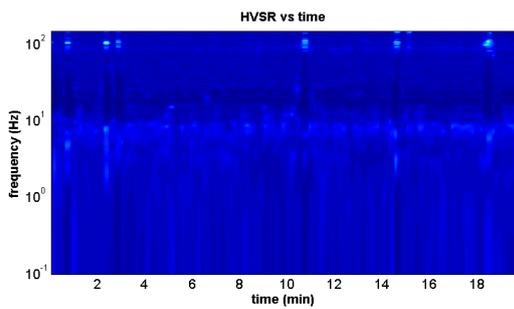
Lisciamento: 10%



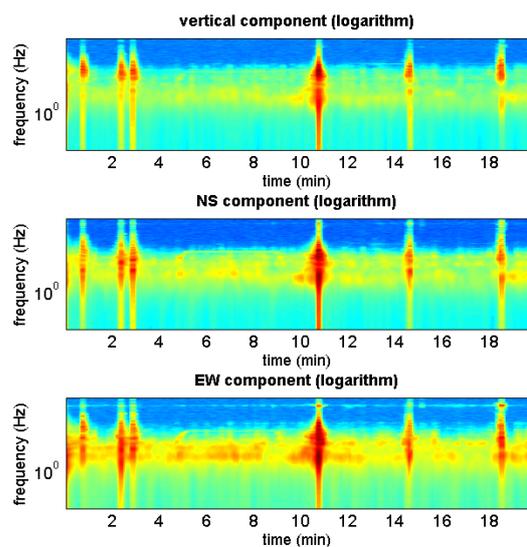
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



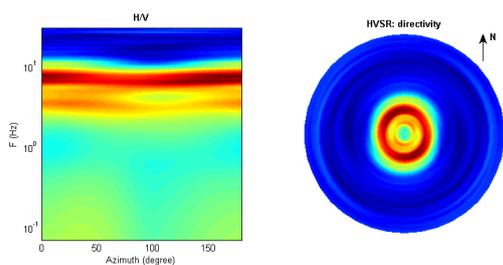
**SERIE TEMPORALE H/V**

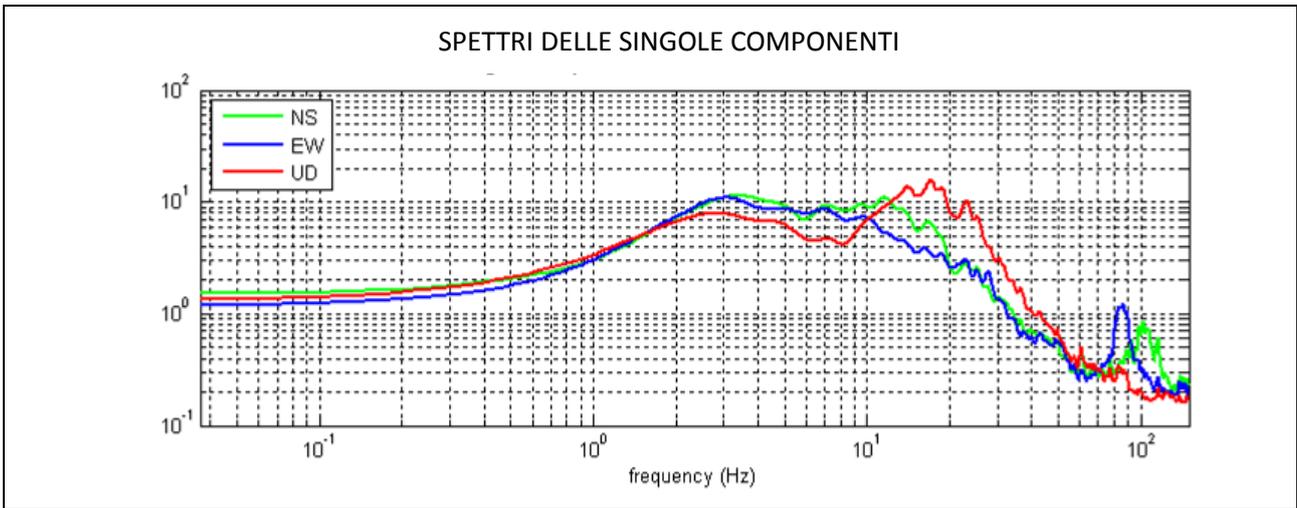


**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**





Peak frequency (Hz): 8.3 ( $\pm 2.5$ )

Peak HVSR value: 2.1 ( $\pm 0.3$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 8.3 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 19707 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 12.8Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.1 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$ ]: 2.468 > 0.416 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.300 < 1.58 (OK)

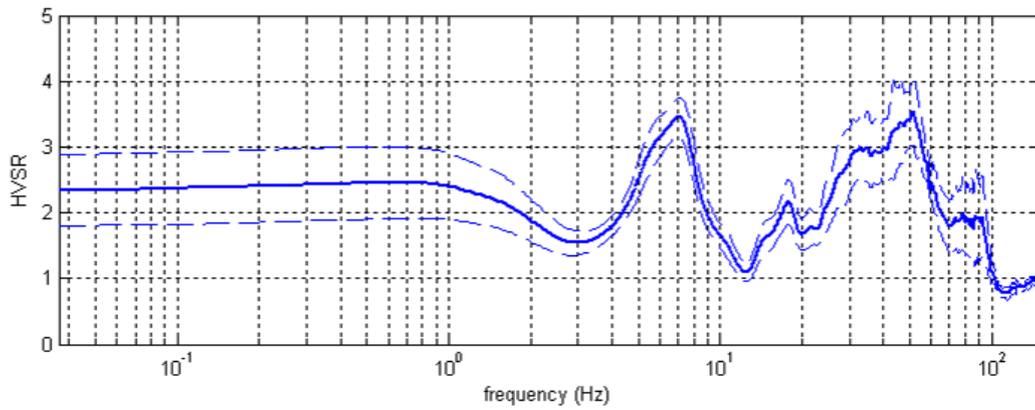
**033028P103HVS106\_HV23\_** eseguito per la MZS

Località: Malvisi  
 Data acquisizione: 11/05/2013

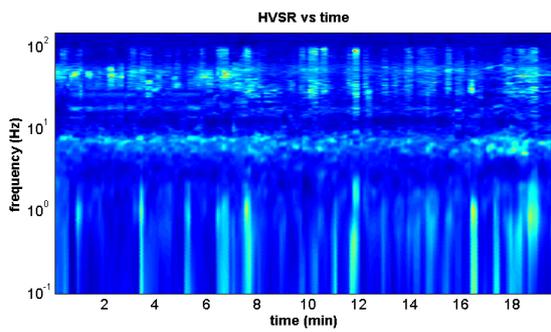
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 5%



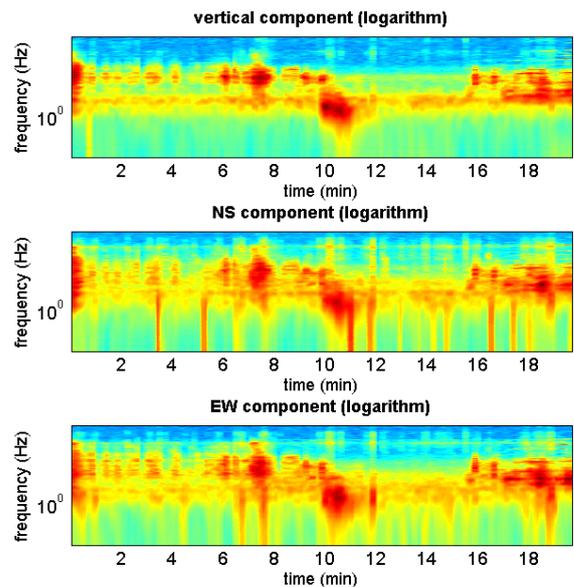
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



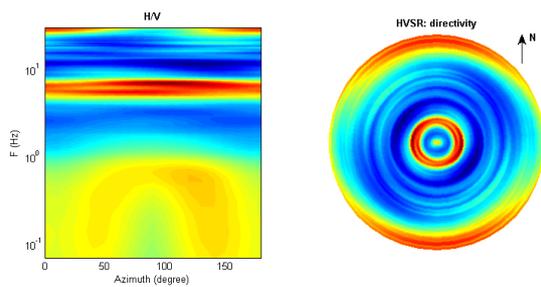
SERIE TEMPORALE H/V

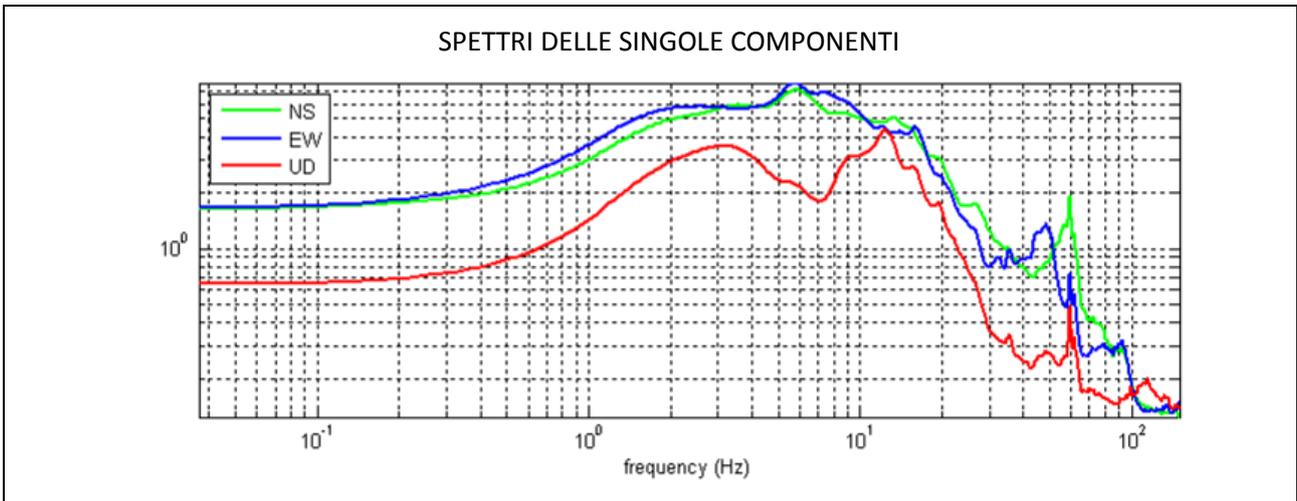


SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V





Peak frequency (Hz): 7.1 ( $\pm 0.7$ )

Peak HVSr value: 3.5 ( $\pm 0.3$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 7.1 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 16684 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 9.7Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 3.5 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.720 > 0.353 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.292 < 1.58 (OK)

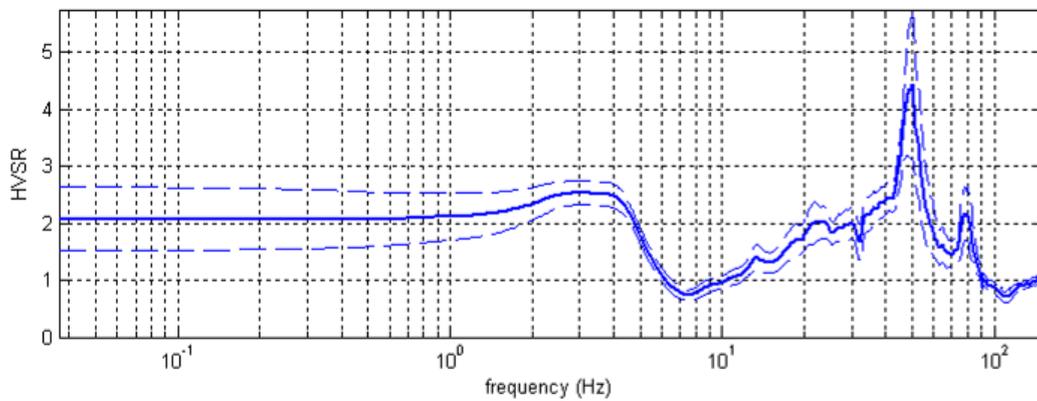
**033028P104HVSR107\_HV24\_**eseguito per la MZS

Località: San Michele  
 Data acquisizione: 11/05/2013

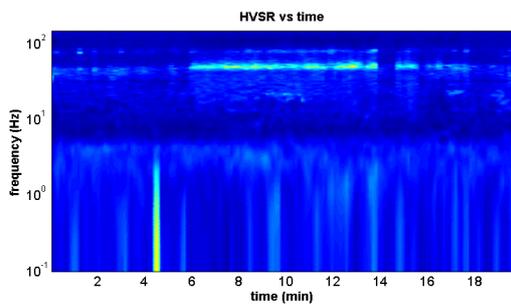
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 10%



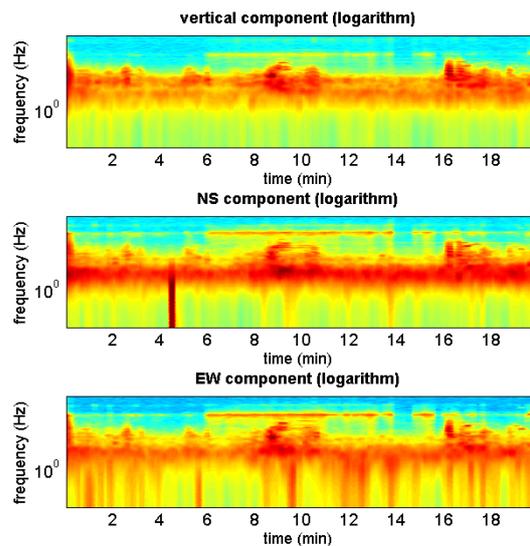
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



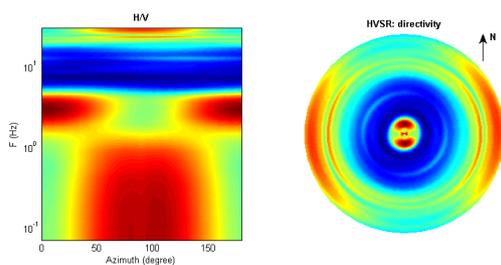
**SERIE TEMPORALE H/V**

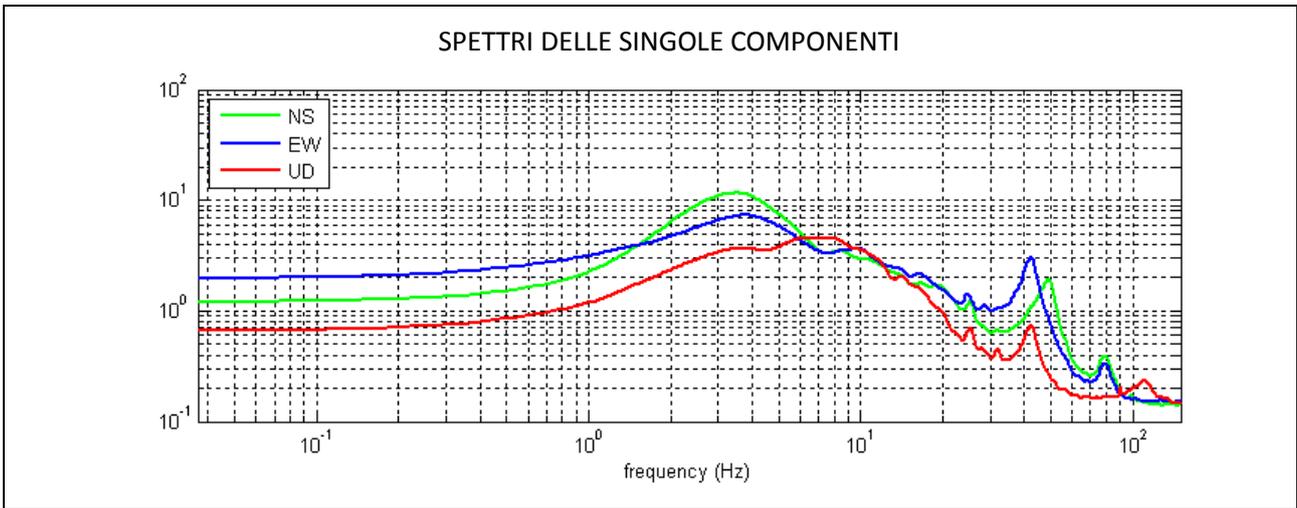


**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**





Peak frequency (Hz): 3.1 ( $\pm 4.1$ )

Peak HVSR value: 2.5 ( $\pm 0.2$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 3.1 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 7292 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 5.7Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.5 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 4.133 > 0.154 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.211 < 1.58 (OK)

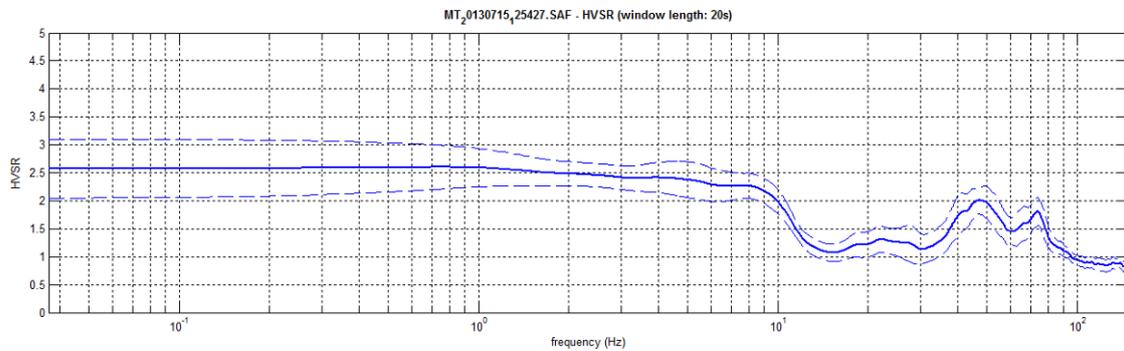
**033028P105HVSR108\_HV25\_** *esequito per la MZS*

Località: San Michele  
 Data acquisizione: 11/05/2013

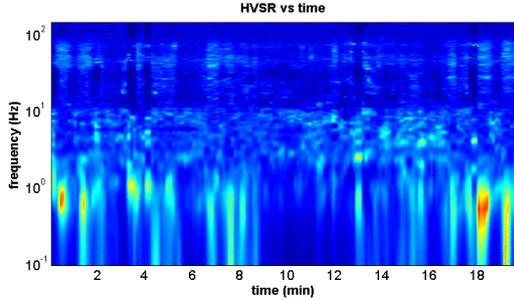
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 20%



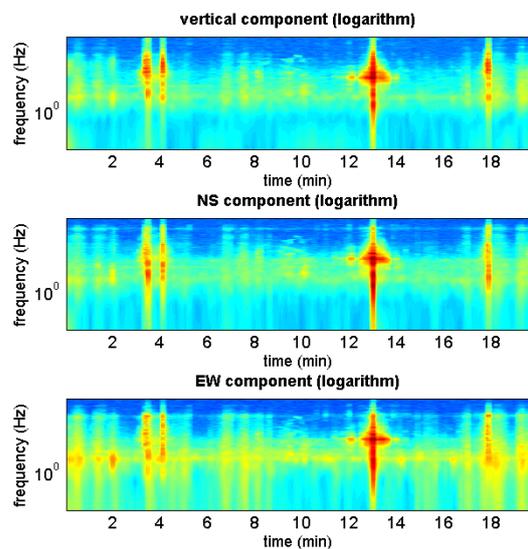
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



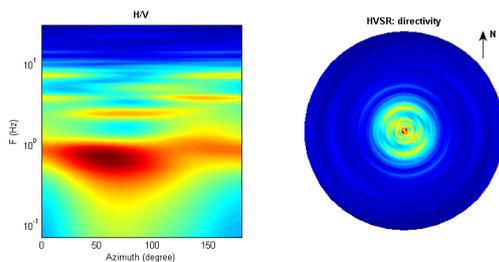
**SERIE TEMPORALE H/V**

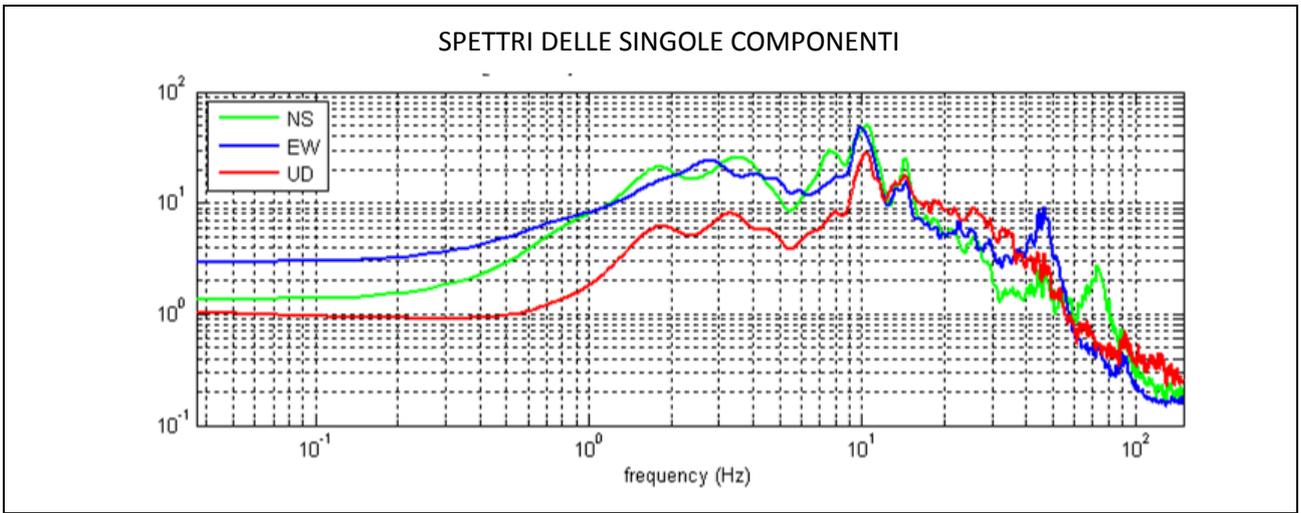


**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**





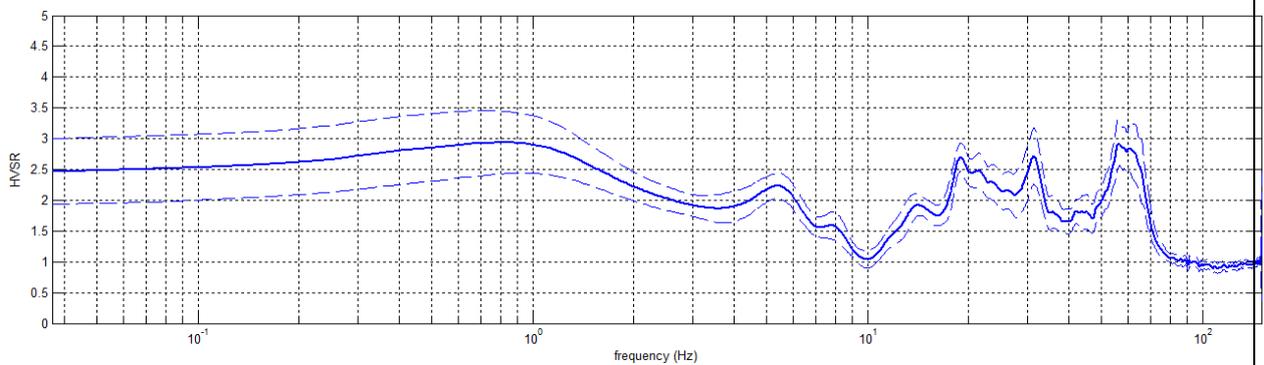
**033028P106HVS109\_HV26\_** eseguito per la MZS

Località: San Michele  
 Data acquisizione: 16/05/2013

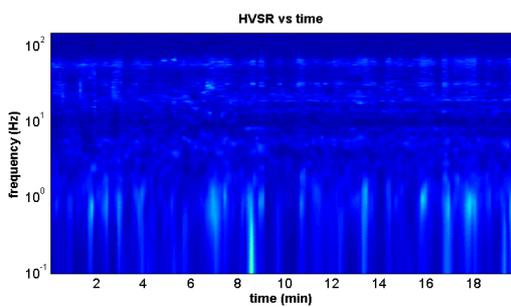
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 20%



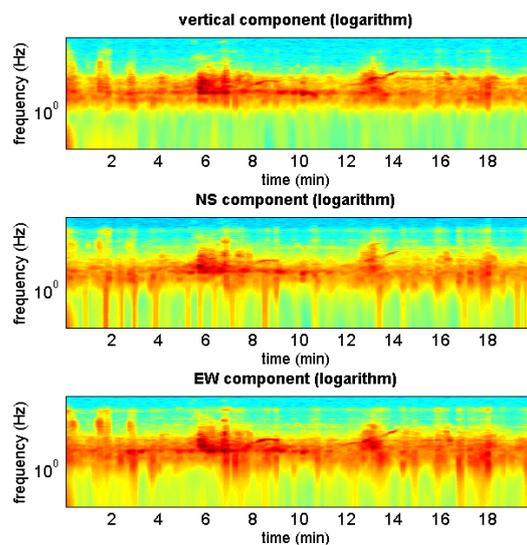
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



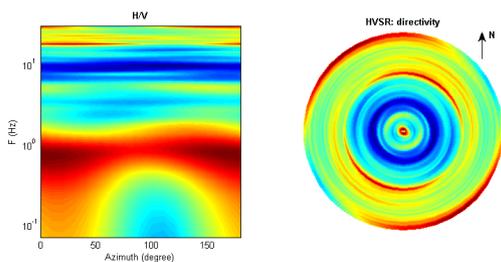
**SERIE TEMPORALE H/V**



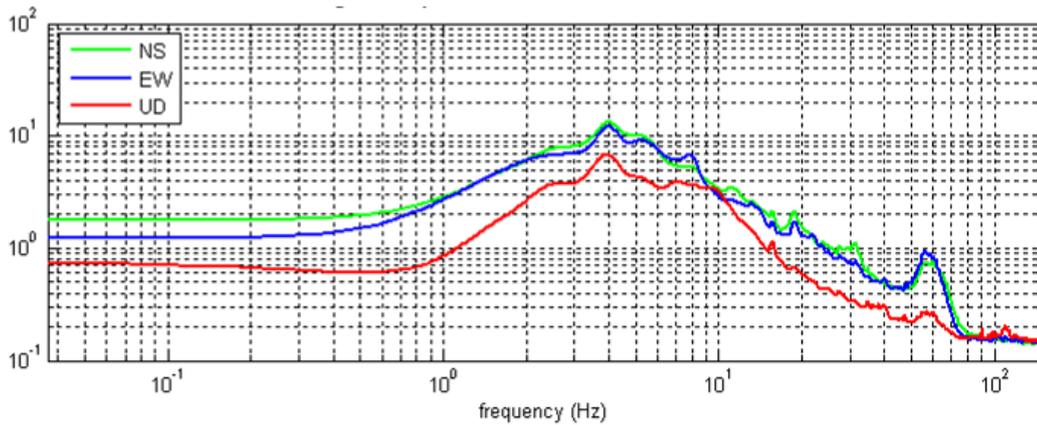
**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 5.2 ( $\pm 1.1$ )

Peak HVSR value: 2.3 ( $\pm 0.3$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]:  $5.2 > 0.66667$  (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]:  $12414 > 200$  (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 9.2Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]:  $2.3 > 2$  (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]:  $1.149 > 0.262$  (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]:  $0.275 < 1.58$  (OK)

Peak frequency (Hz): 19.0 ( $\pm 5.7$ )

Peak HVSR value: 2.7 ( $\pm 0.2$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]:  $19.0 > 0.5$  (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]:  $44866 > 200$  (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 11.5Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]:  $2.7 > 2$  (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]:  $5.729 > 0.951$  (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]:  $0.227 < 1.58$  (OK)

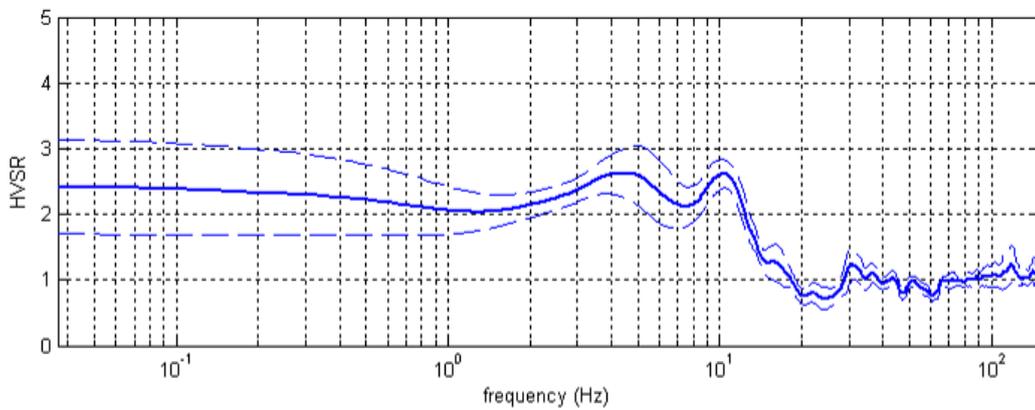
**033028P107HVSr110\_HV27\_** *eseguito per la MZS*

Località: Olza  
 Data acquisizione: 16/05/2013

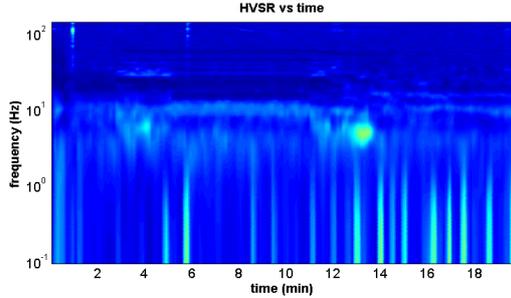
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 20%



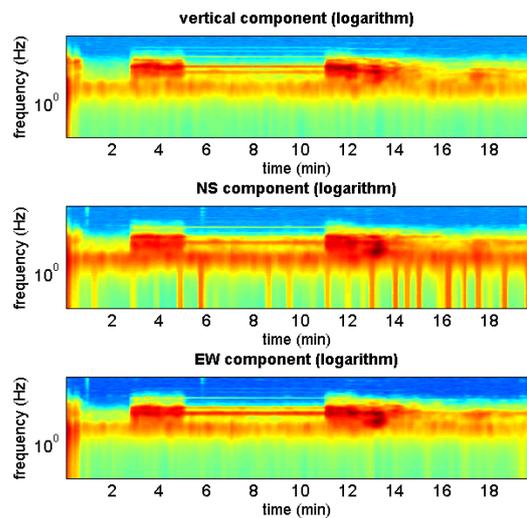
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



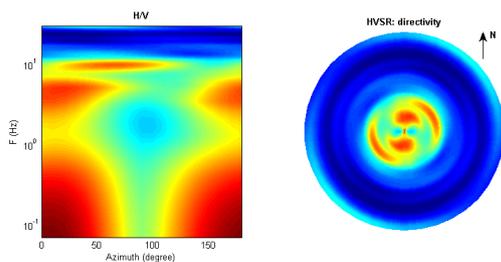
SERIE TEMPORALE H/V



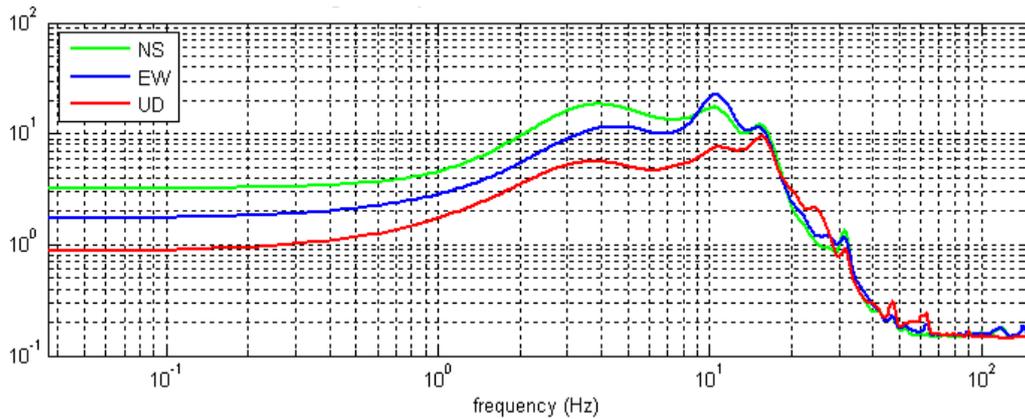
SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI



DIREZIONALITÀ H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 10.4 ( $\pm 1.6$ )

Peak HVSR value: 2.6 ( $\pm 0.2$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 10.4 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 24742 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 14.5Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.6 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.610 > 0.522 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.216 < 1.58 (OK)

Peak frequency (Hz): 4.4 ( $\pm 0.9$ )

Peak HVSR value: 2.6 ( $\pm 0.4$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 4.4 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 10418 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.6 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.947 > 0.220 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.361 < 1.58 (OK)

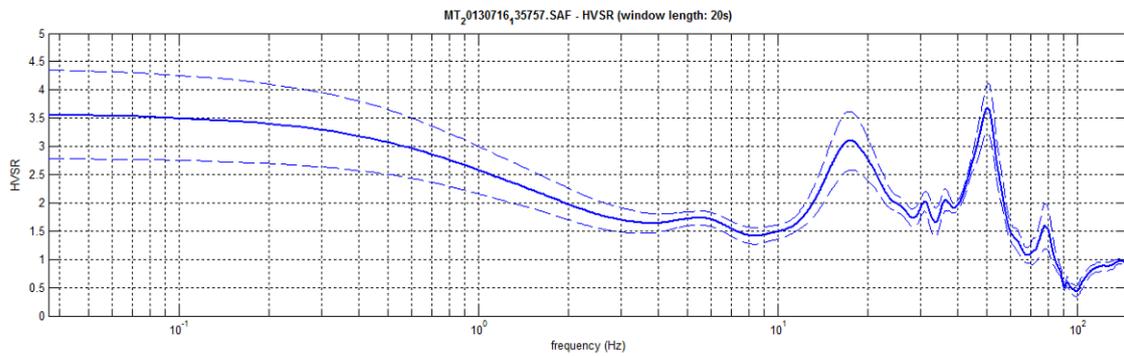
**033028P108HVSR111\_HV28\_** *esequito per la MZS*

Località: Malvisi  
 Data acquisizione: 16/05/2013

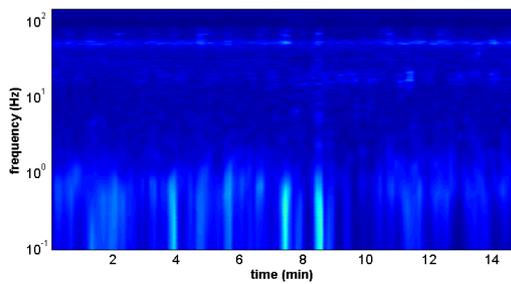
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 20%



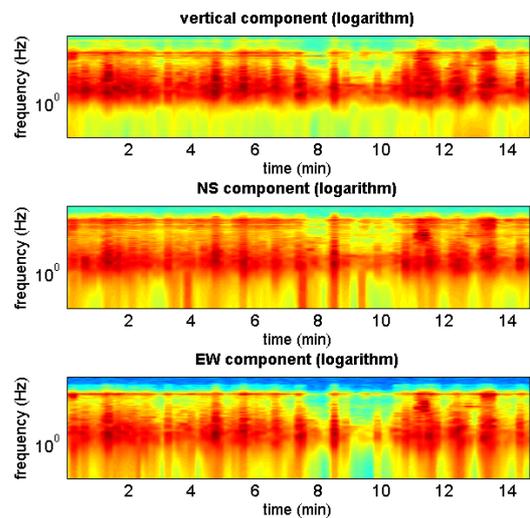
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



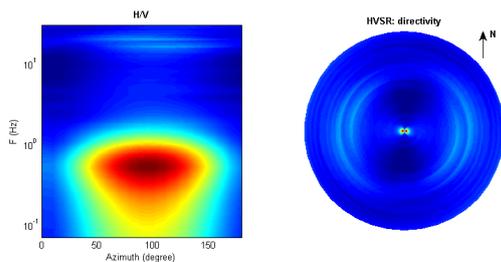
**SERIE TEMPORALE H/V**

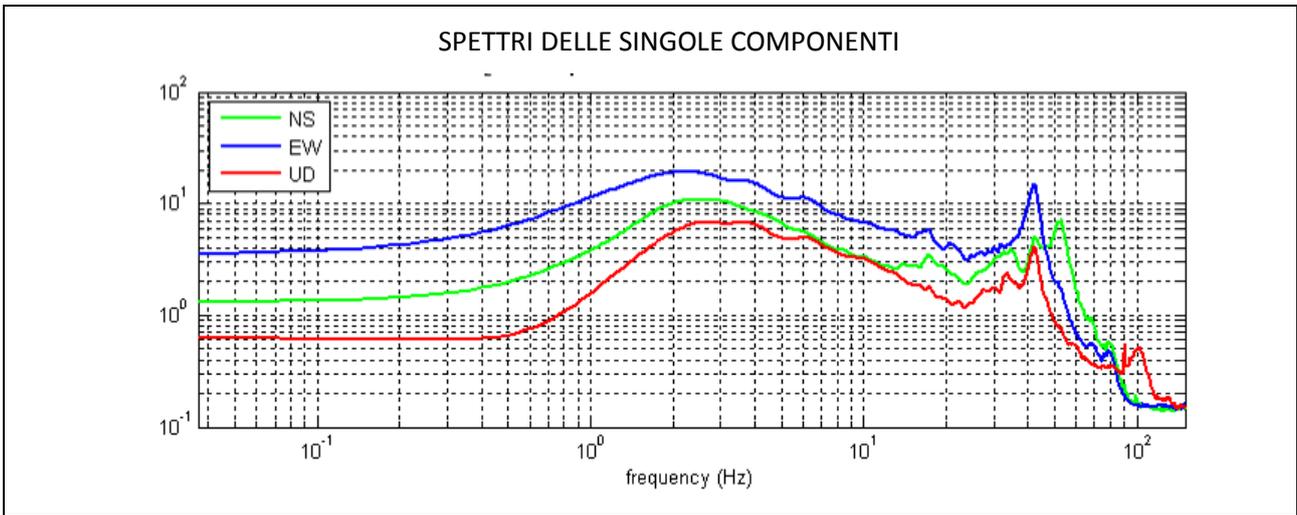


**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**





**In the following the results considering the data in the 3.0-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 17.9 ( $\pm 4.1$ )

Peak HVSR value: 3.2 ( $\pm 0.5$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 17.9 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 41556 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 11.2Hz (OK)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 3.2 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$ ]: 4.110 > 0.896 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.550 < 1.58 (OK)

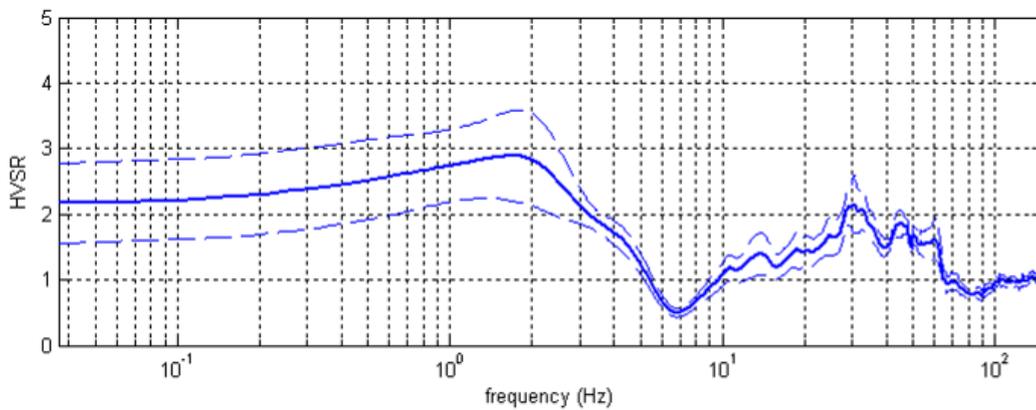
**033028P109HVSR112\_HV29\_** *esequito per la MZS*

Località: Rocchetta  
 Data acquisizione: 18/05/2013

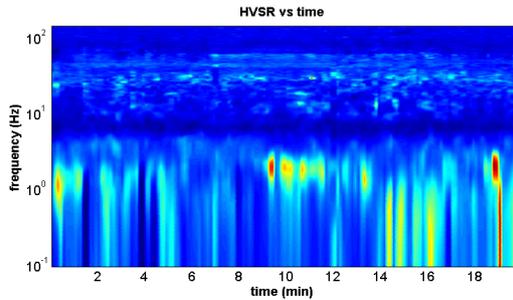
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 10%



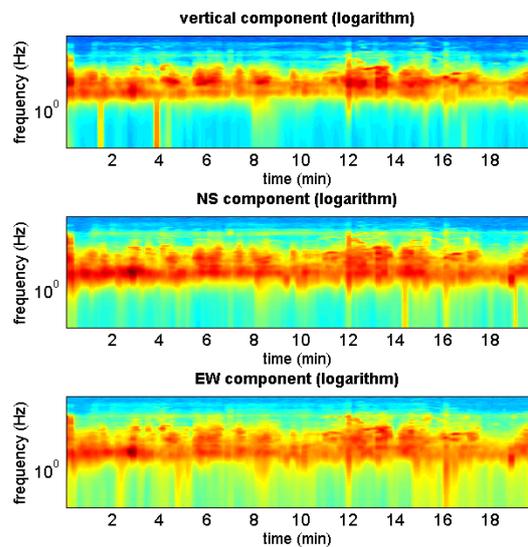
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



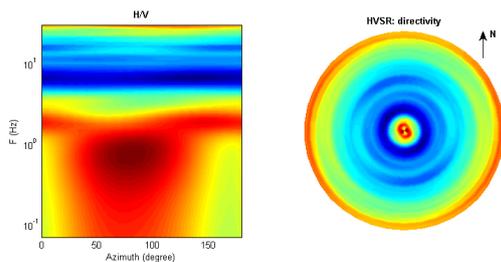
**SERIE TEMPORALE H/V**

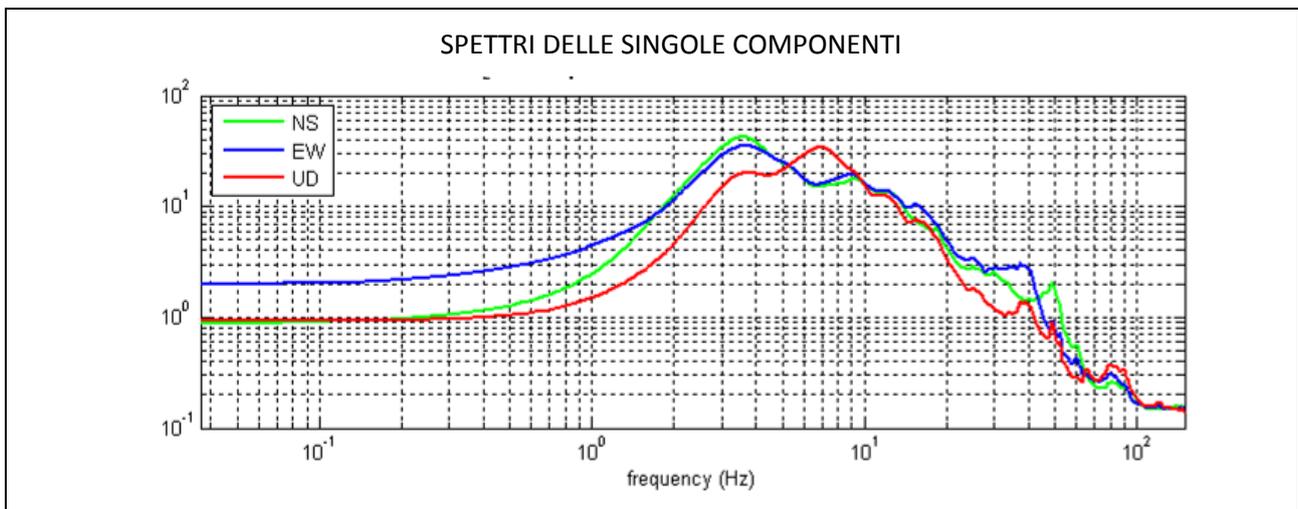


**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**





Peak frequency (Hz): 1.8 ( $\pm 4.1$ )

Peak HVSR value: 2.9 ( $\pm 0.7$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 1.8 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 4167 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 4.7Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.9 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$ ]: 4.107 > 0.176 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.695 < 1.78 (OK)

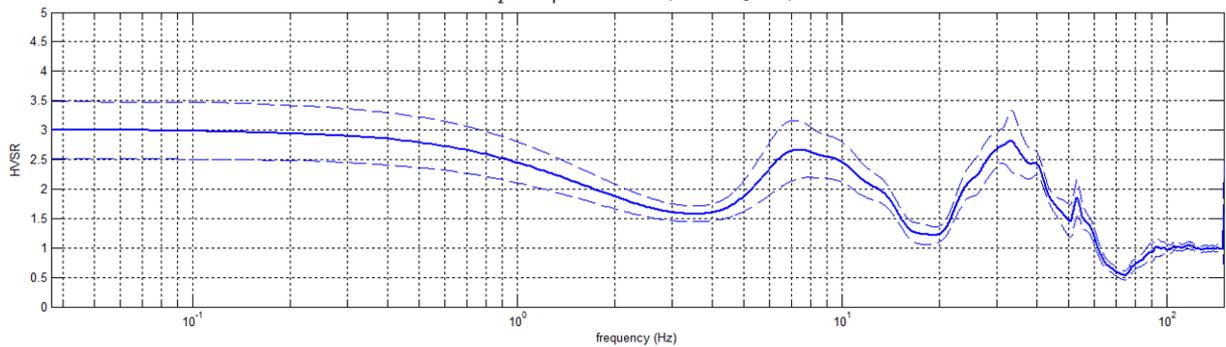
**033028P110HVSR113\_HV30\_** *eseguito per la MZS*

Località: Teruzzi  
 Data acquisizione: 18/05/2013

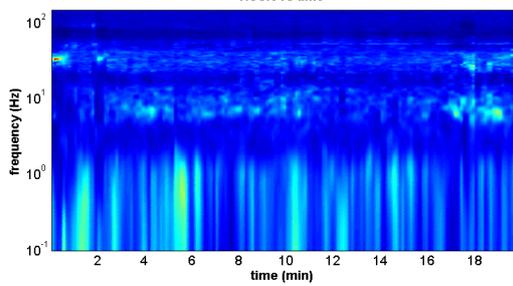
Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz  
 Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional  
 Durata registrazione: 20 minuti  
 Frequenza campionamento: 300 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 secondi  
 Tipo di lisciamento: triangolare  
 Lisciamento: 20%



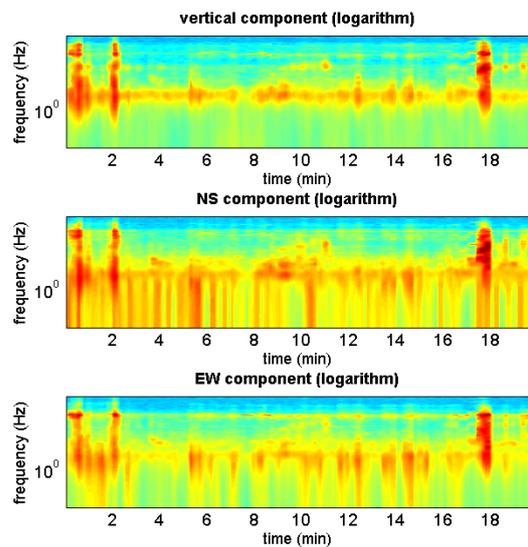
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



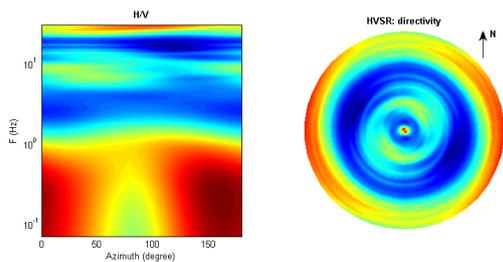
**SERIE TEMPORALE H/V**



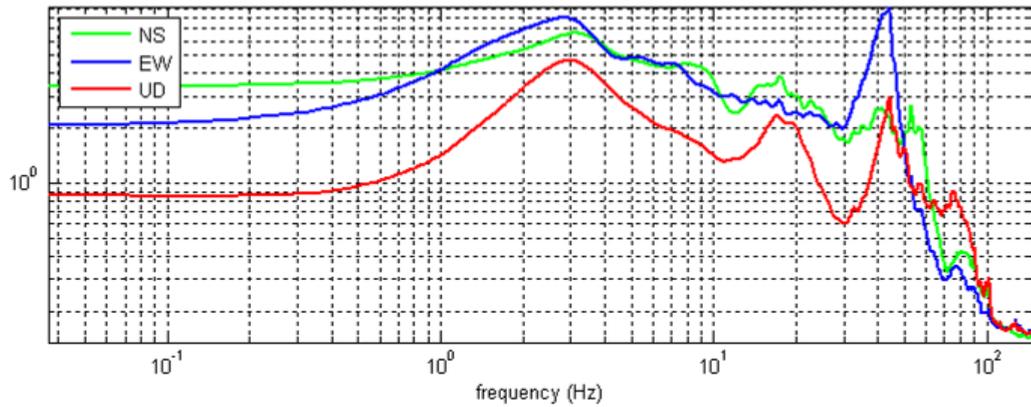
**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**



**DIREZIONALITÀ H/V**



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 7.0 ( $\pm 2.9$ )

Peak HVSR value: 2.8 ( $\pm 0.6$ )

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

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 7.0 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 16668 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 15.7Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.8 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 2.893 > 0.352 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.611 < 1.58 (OK)

**033028P111HVS114\_HV31\_** *eseguito per la MZS*

Località: Rusteghini

Data acquisizione: 18/05/2013

Strumento: sismografo SR04-GEOBOX Sensore 2.0 Hz

Software elaborazione: WINMASW 5.2 Professional

Durata registrazione: 20 minuti

Frequenza campionamento: 300 Hz

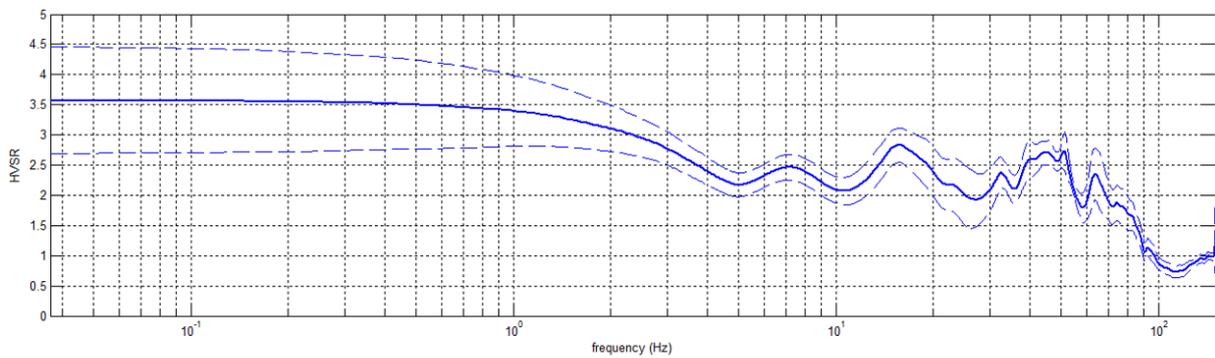
Lunghezza finestre: 20 secondi

Tipo di lisciamento: triangolare

Lisciamento: 20%

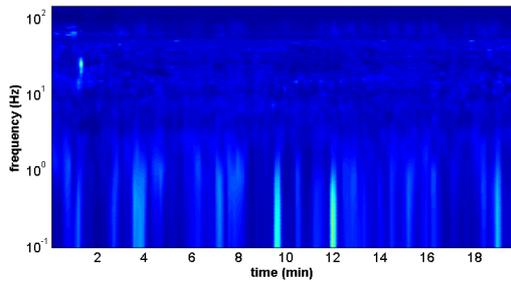


**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



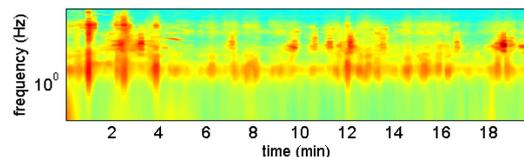
**SERIE TEMPORALE H/V**

HVSR vs time

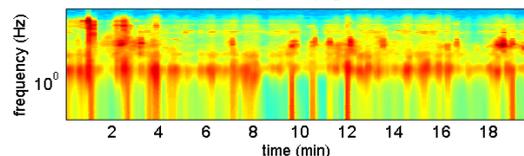


**SERIE TEMPORALE SINGOLE COMPONENTI**

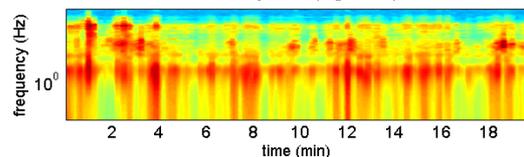
vertical component (logarithm)



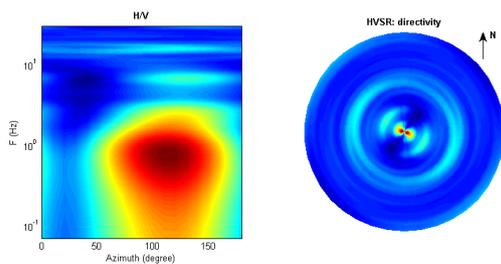
NS component (logarithm)



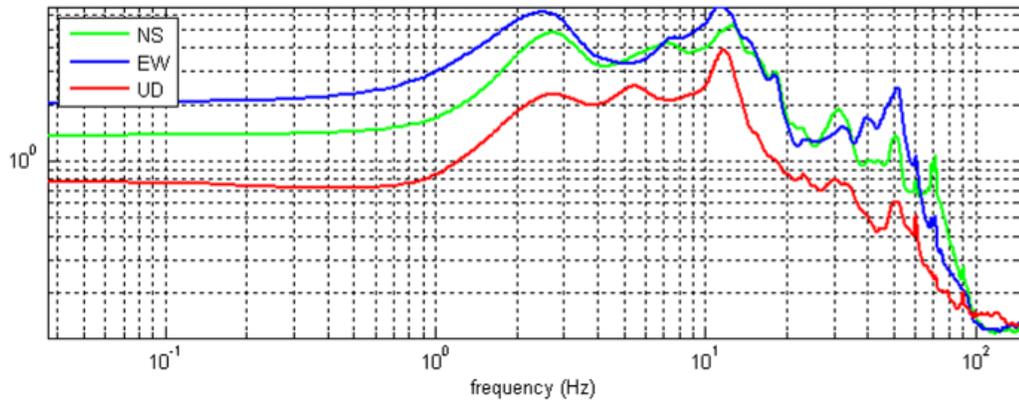
EW component (logarithm)



**DIREZIONALITÀ H/V**



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Peak frequency (Hz): 7.7 ( $\pm 1.7$ )

Peak HVSR value: 2.3 ( $\pm 0.3$ )

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

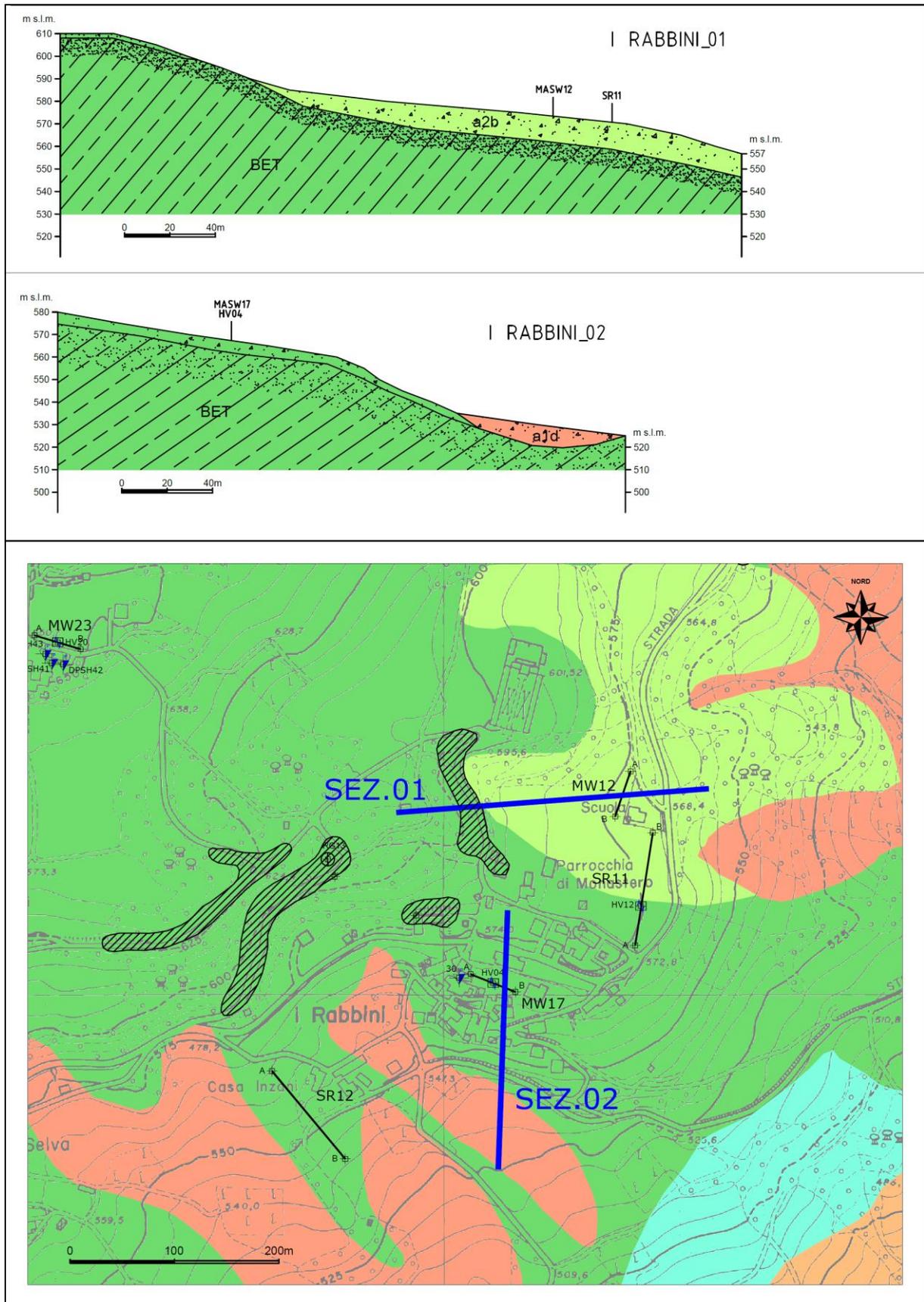
- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 7.7 > 0.66667 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 13615 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_{A(f)} < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

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

- #1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $A_{H/V}(f_-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $A_{H/V}(f_+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.3 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)
- #5. [ $\sigma_{A(f)} < \epsilon(f_0)$ ]: 1.737 > 0.385 (NO)
- #6. [ $\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)$ ]: 0.283 < 1.58 (OK)

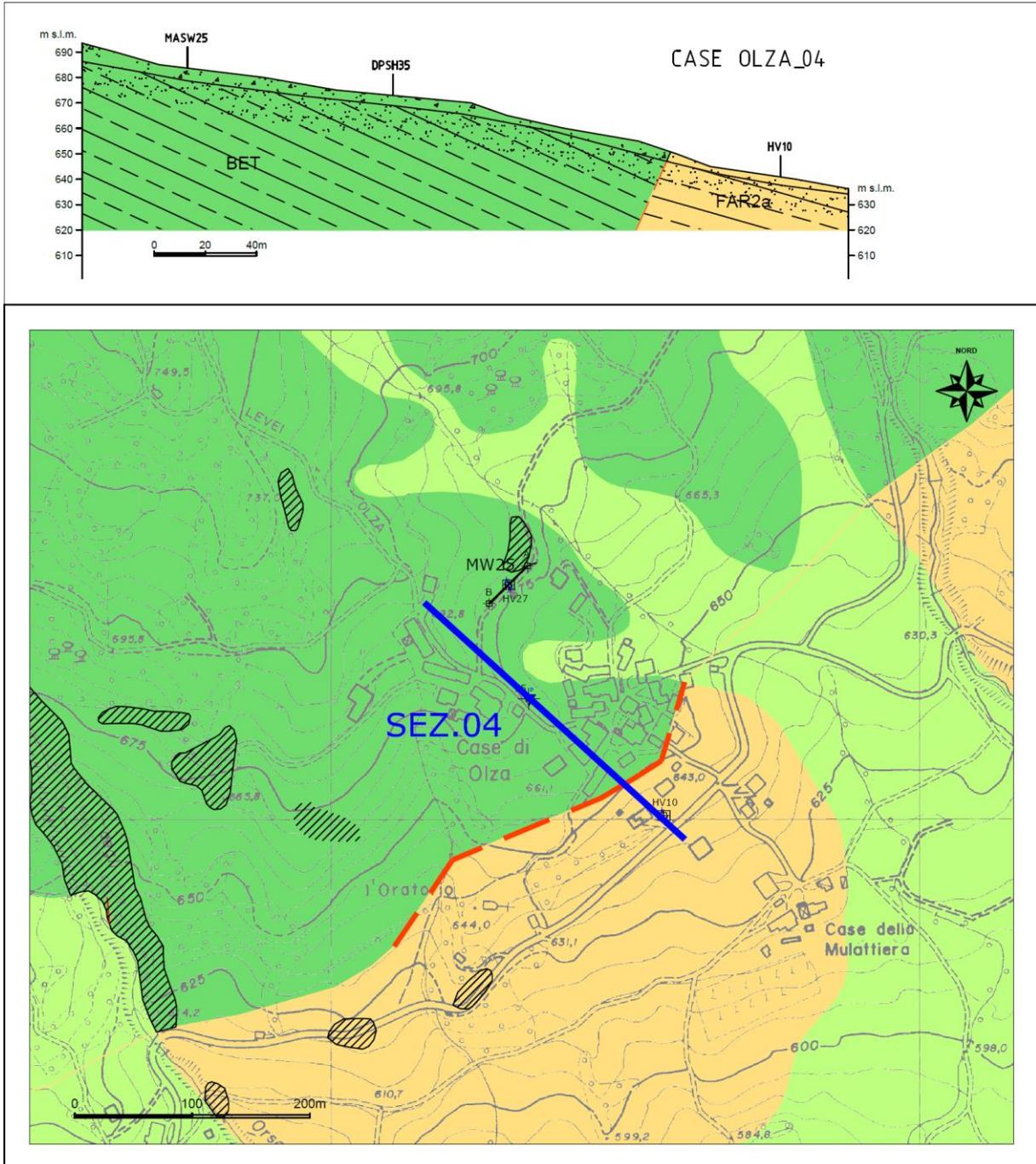
11.3 Sezioni Geologiche

*I Rabbini*

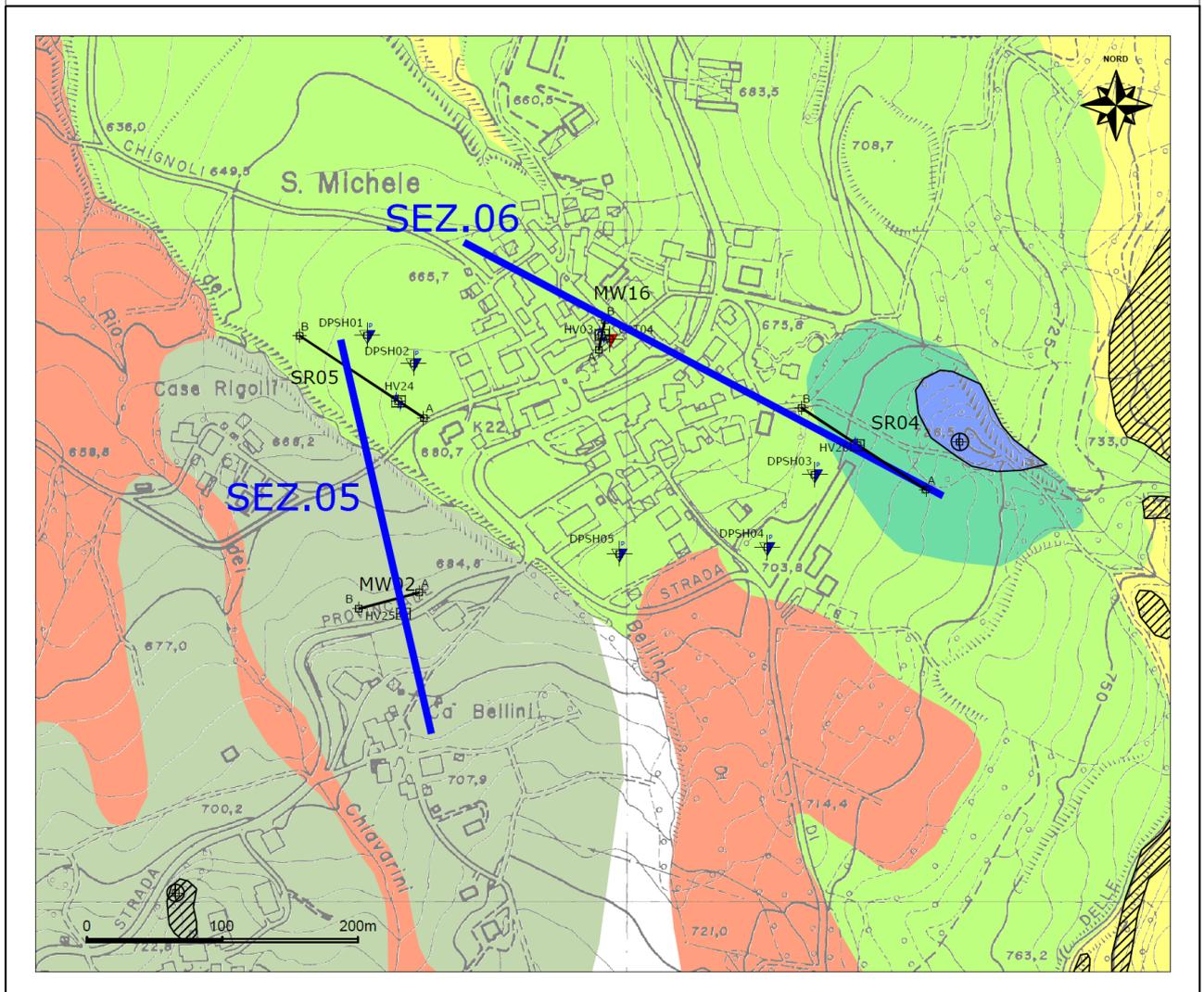
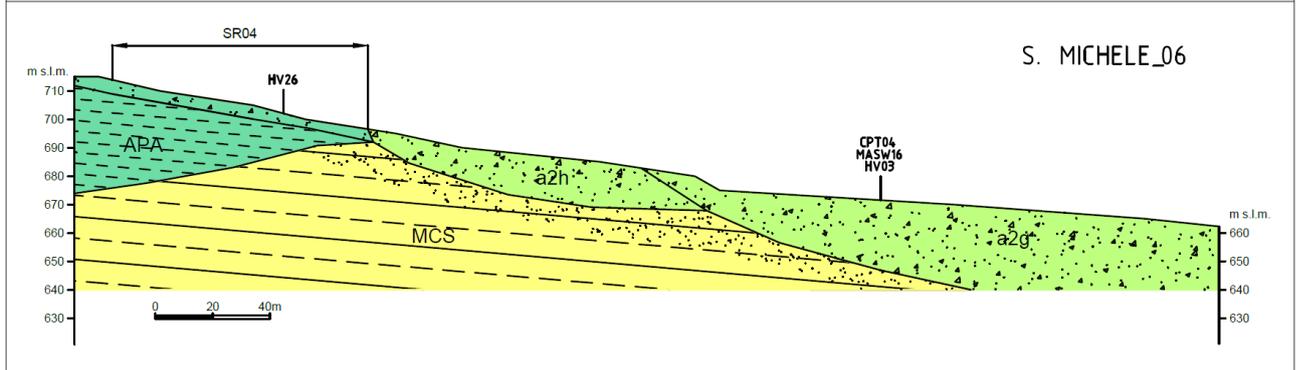
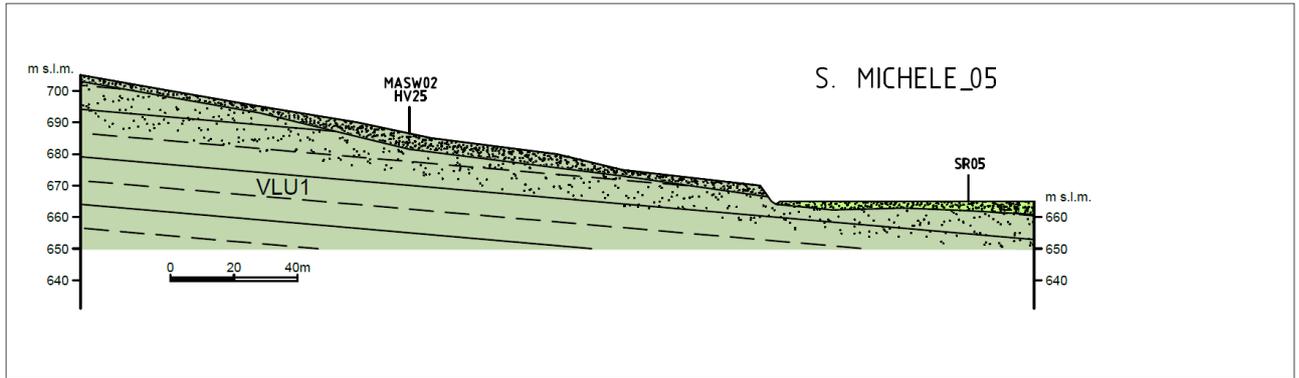




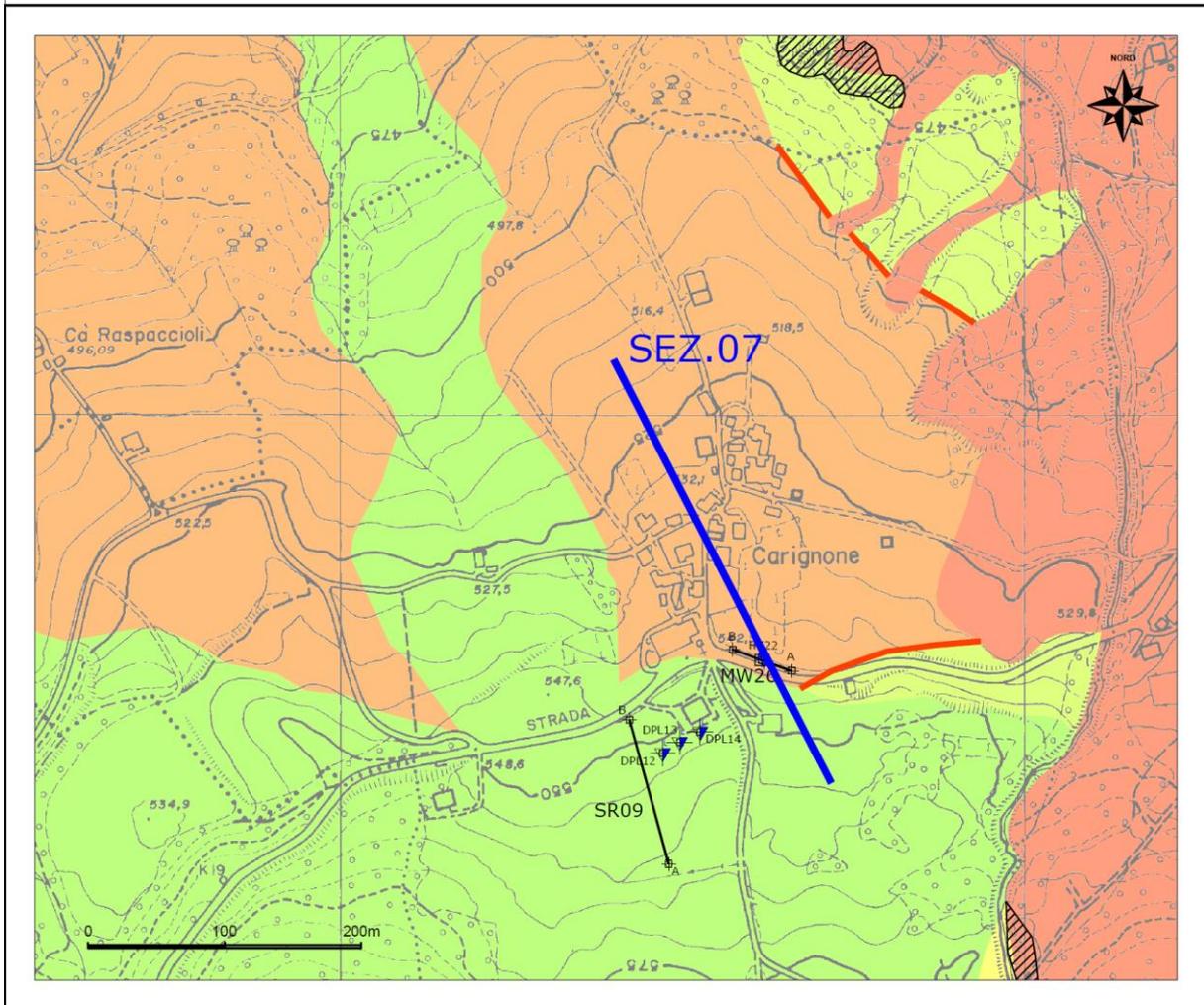
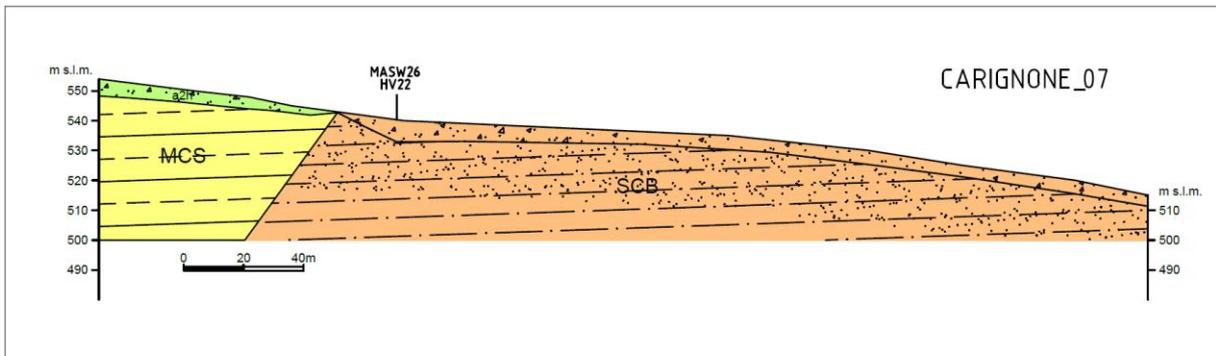
Case di Olza



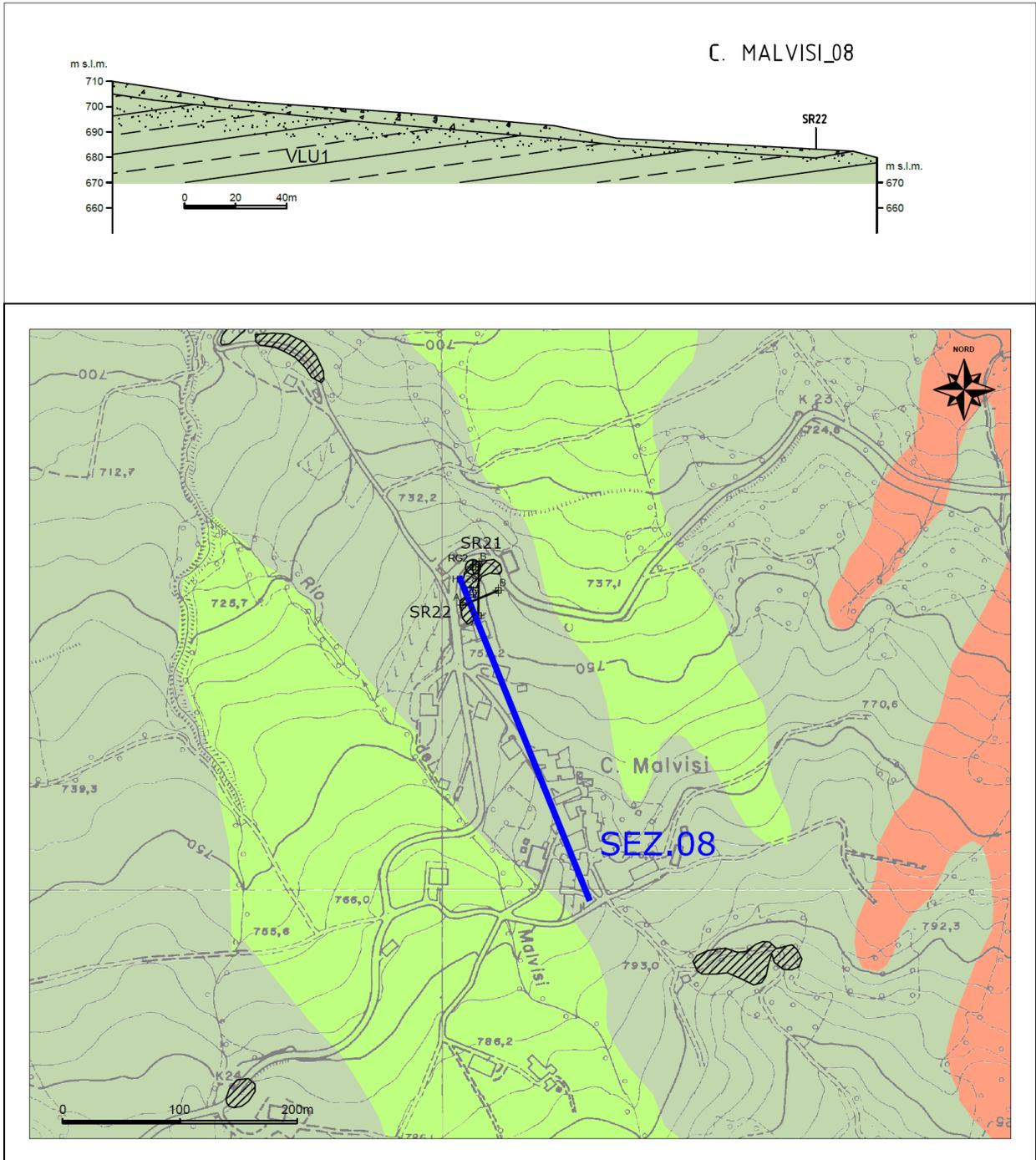
San Michele



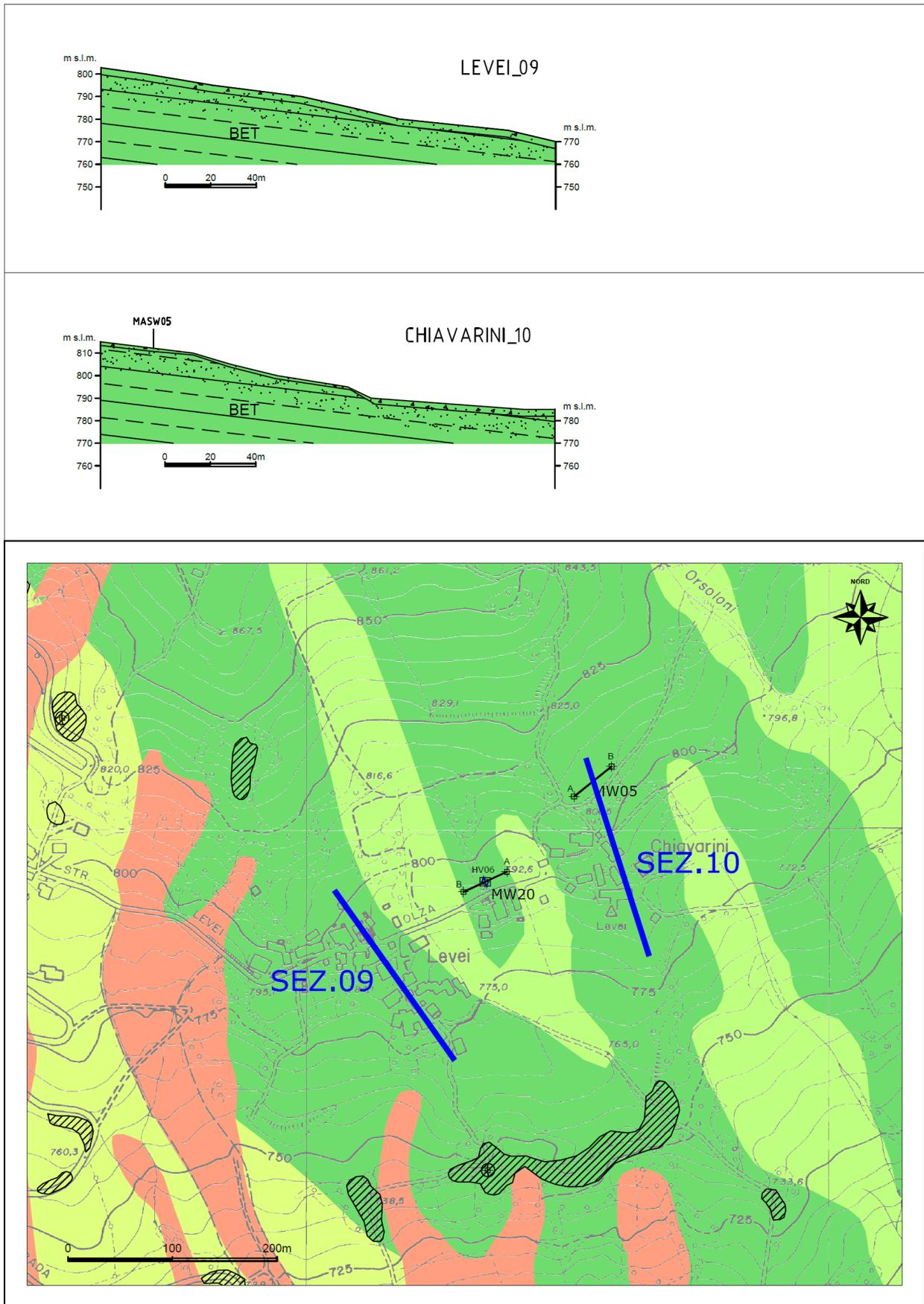
Carignone



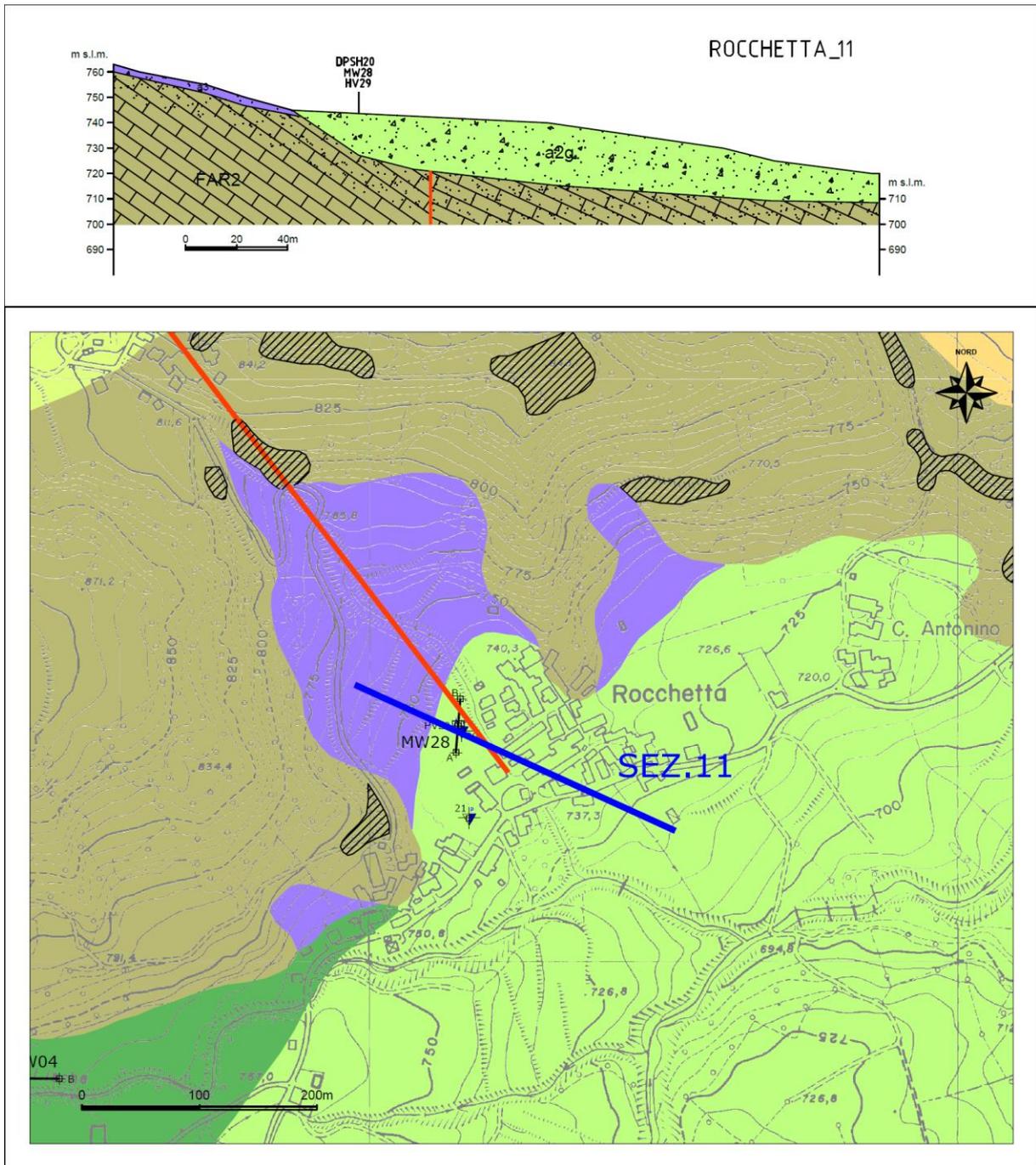
Case Malvisi



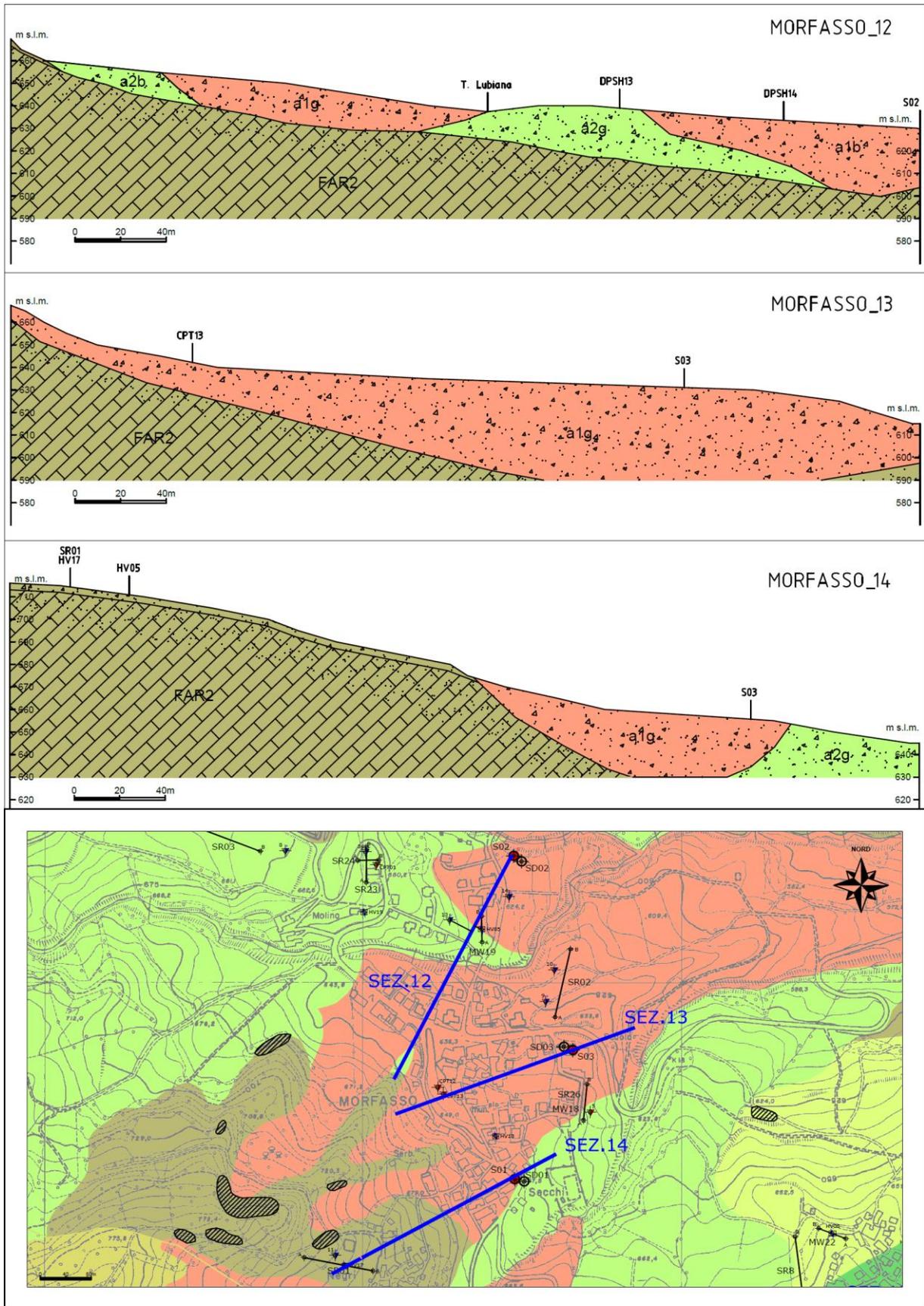
Level-Chiavarini



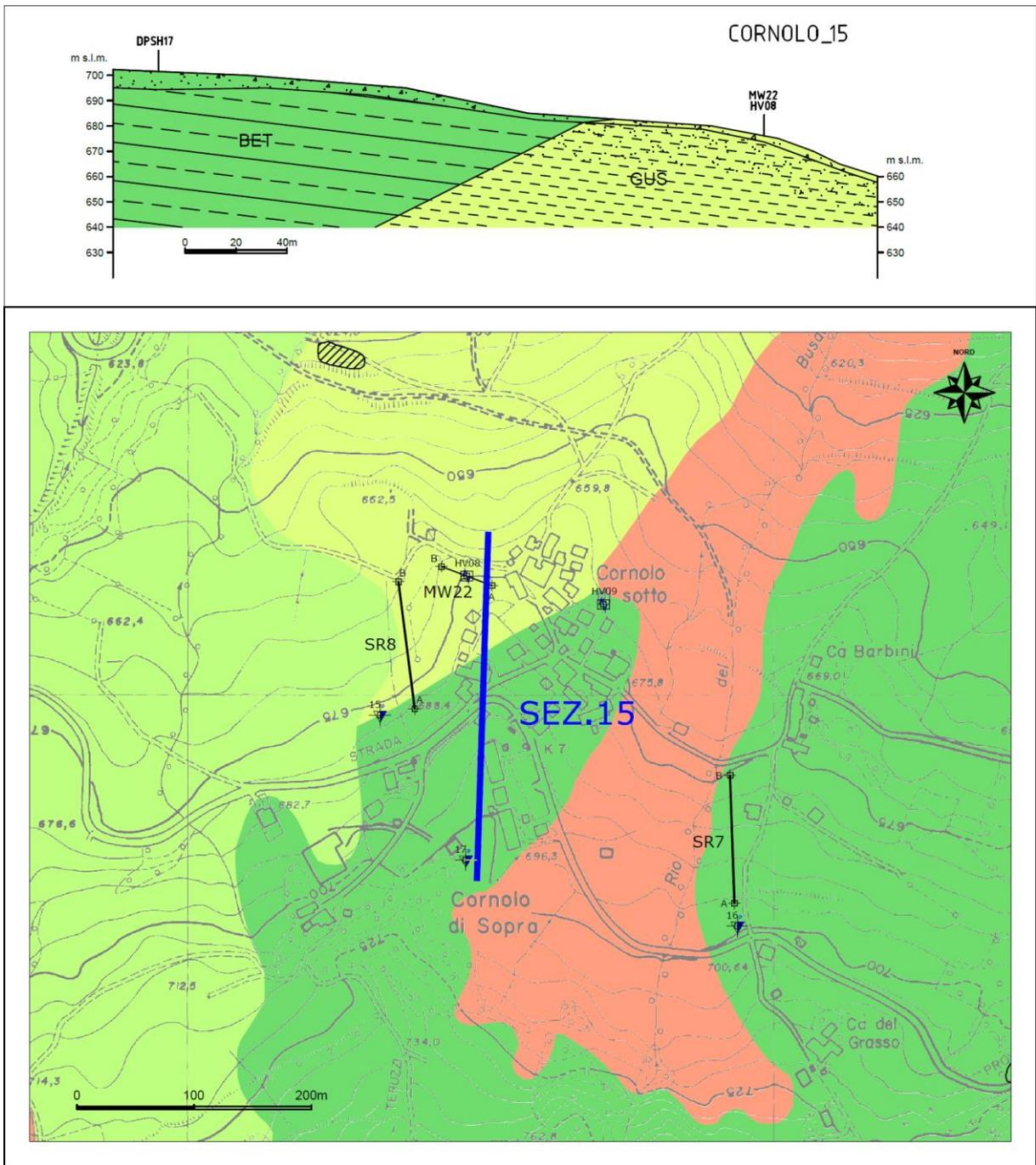
Rocchetta



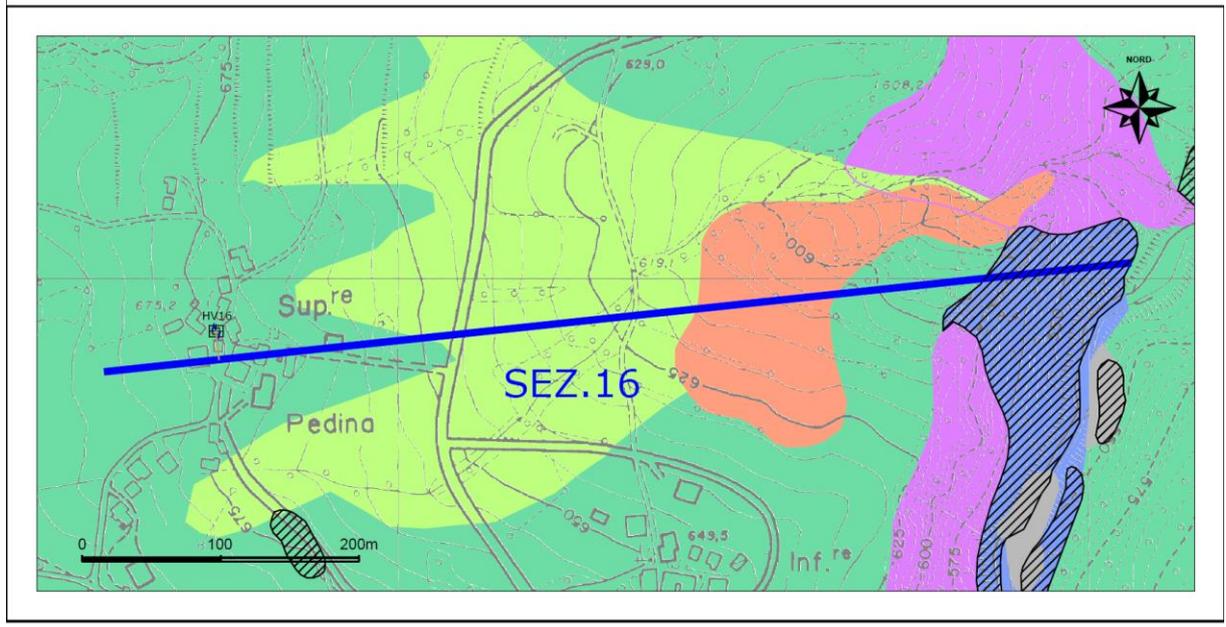
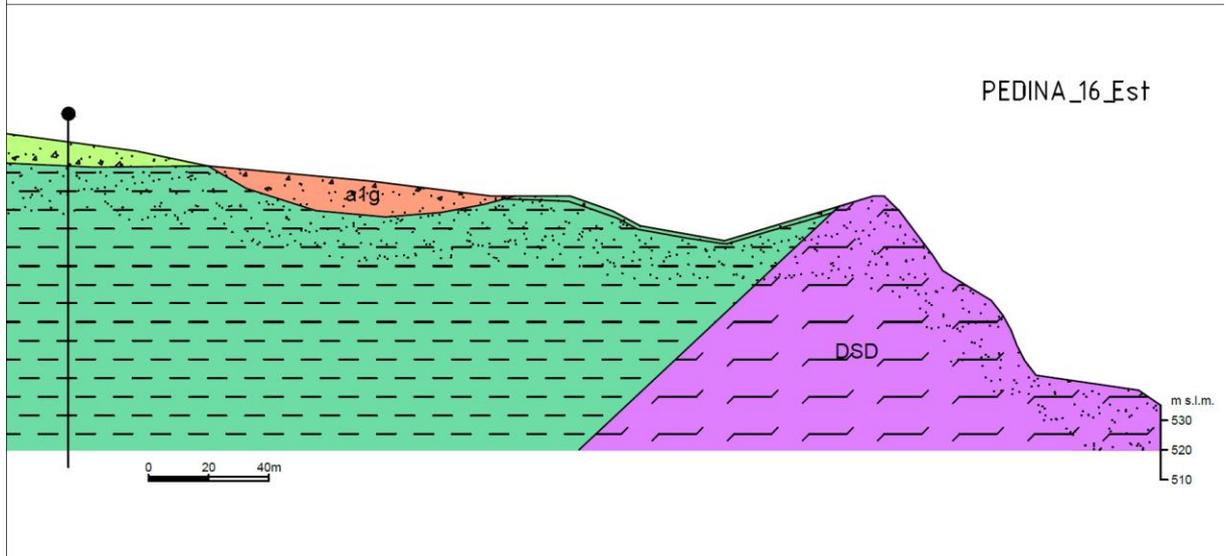
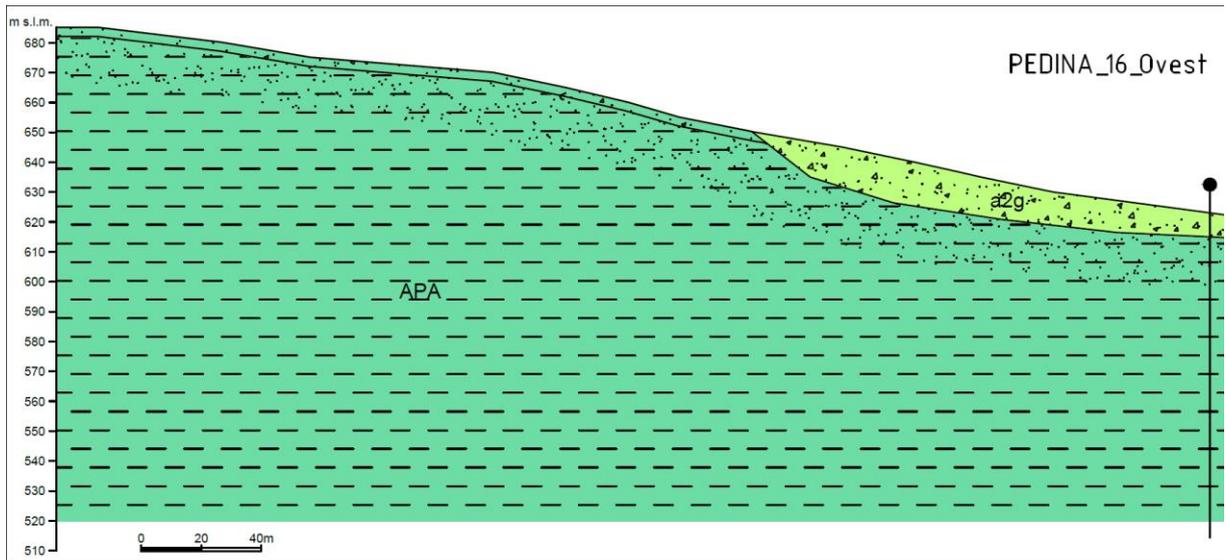
Morfasso



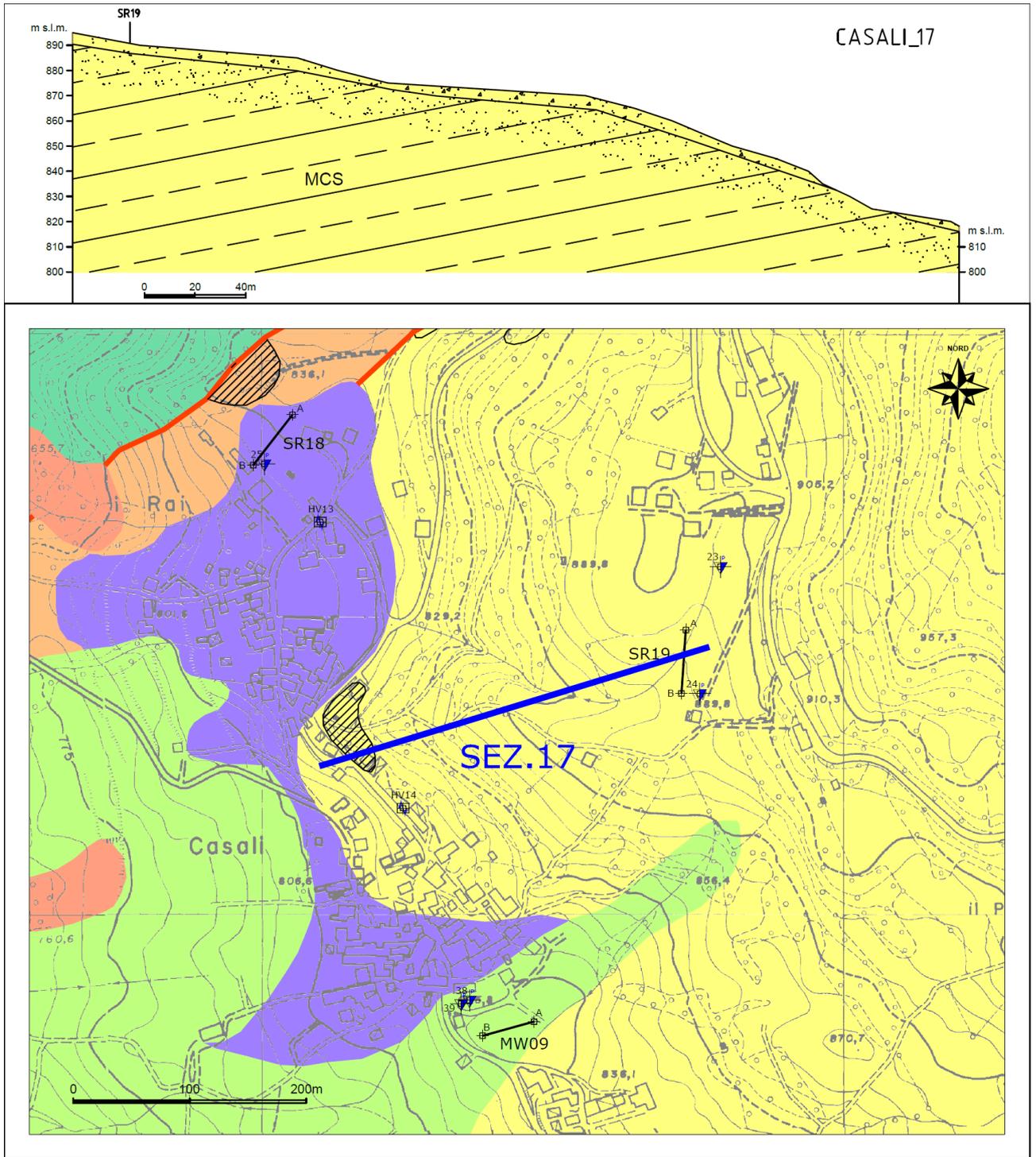
Cornolo



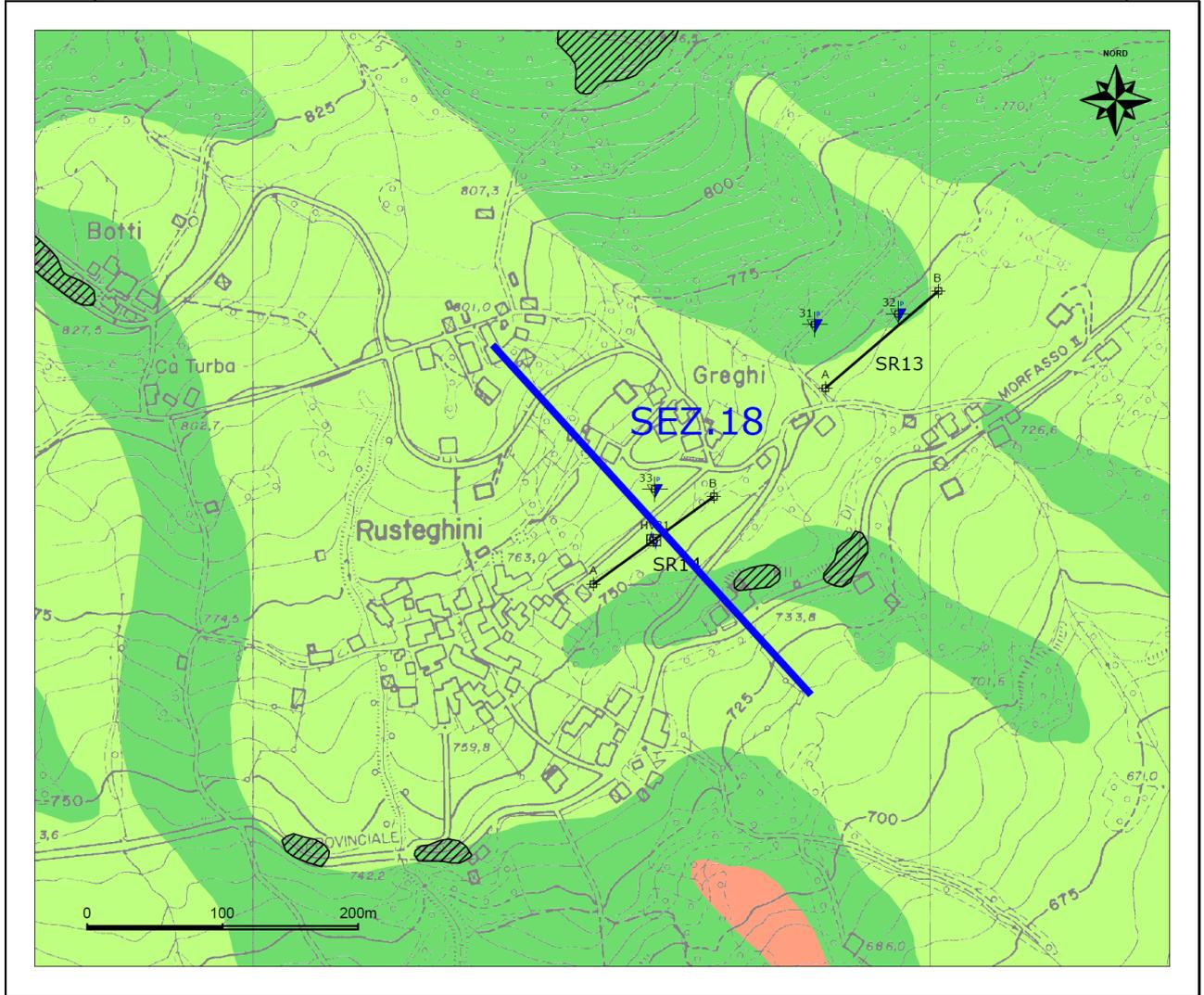
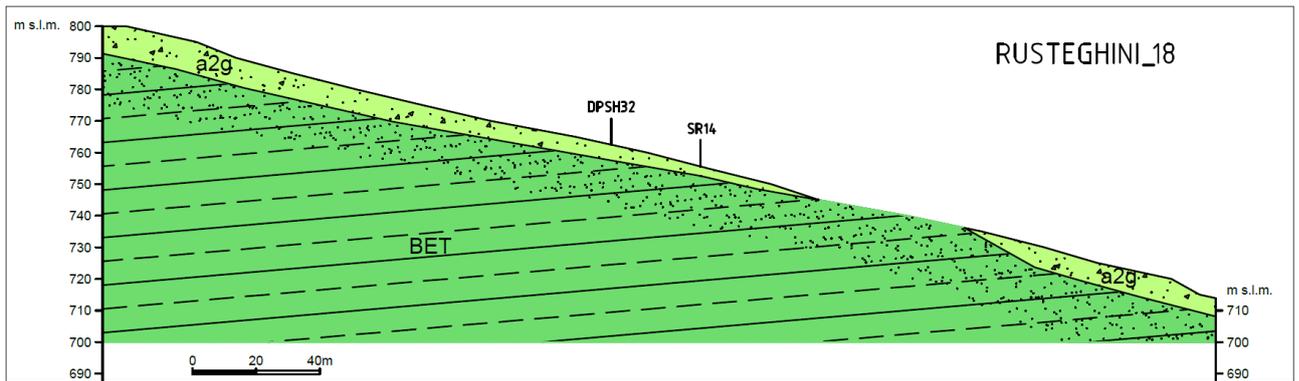
Pedina



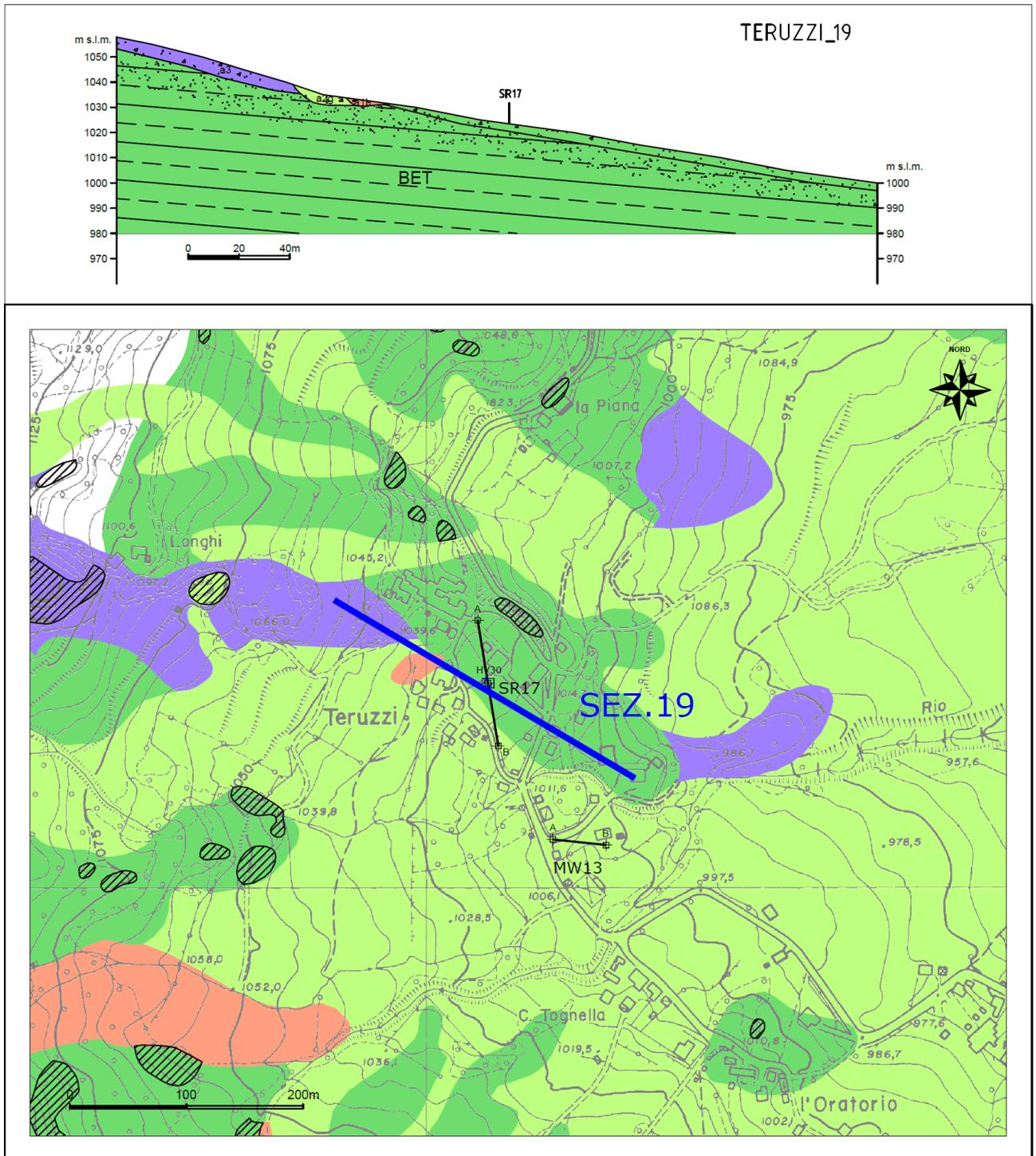
Casali



*Rusteghini*



Teruzzi



11.4 Rilievi geomeccanici

033028P112GEO115

<b>RG01</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: la Costa Data: 10/05/2013 Affioramento: BET	185N/28	2,4	20
			20
			22
			24
			30
			35
			48
			50
			50
			55

033028P113GEO116

<b>RG02</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: C. Malvisi Data: 10/05/2013 Affioramento: VLU1	-	Disgregato e fratturato, impossibile eseguire conteggio discontinuità.	18
			20
			25
			26
			28
			38
			45

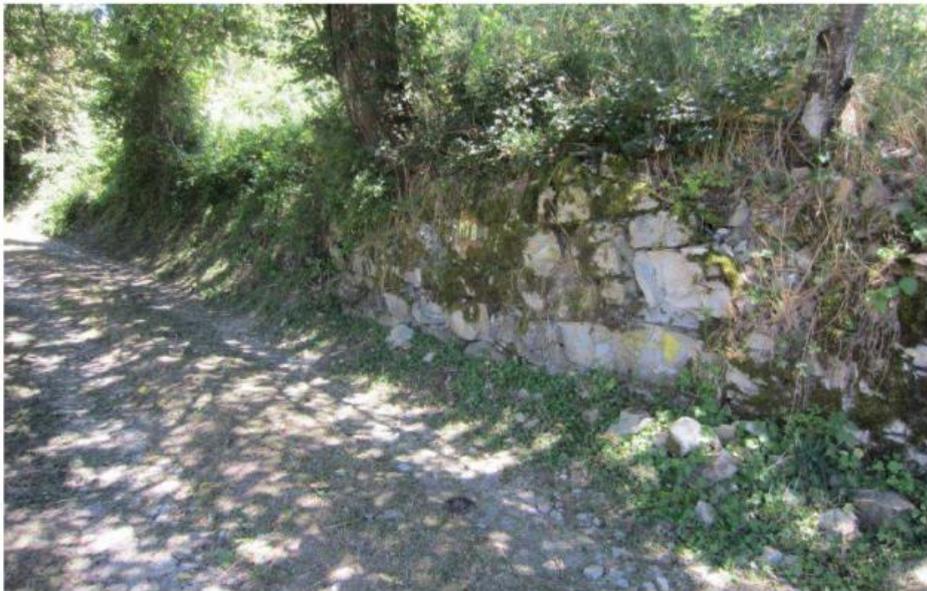
033028P114GEO117

<b>RG03</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Teruzzi Data: 10/05/2013 Affioramento: BET	50N/15	10,5	15
			28
			30
			36
			46
			50
			60

033028P115GEO118

<b>RG04</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Casali Data: 10/05/2013 Affioramento: MCS	140N/25	5,5	10
			10
			12
			12
			26
			30
			32
			40
			47
			52
			56

033028P116GEO119

<b>RG05</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Casali Data: 11/05/2013 Affioramento: MCS	20N/5	10,1	30
			36
			36
			38
			42
			52
			53

033028P117GEO120

<b>RG06</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Casali Data: 11/05/2013 Affioramento: SCB	-	Disgregato e fratturato, impossibile eseguire conteggio discontinuità.	14
			16
			20
			20
			22
			32
			40

033028P118GEO121

<b>RG07</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Pedina Data: 11/05/2013 Affioramento: APA	240N/90	Livelli calcarei stratificati alternati a livelli argillitici. I livelli calcareo marnosi sono piegati. I valori ricavati con lo sclerometro sono stati determinati sui livelli calcarei.	40
			46
			50
			54

033028P119GEO122

<b>RG08</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Rusteghini Data: 11/05/2013 Affioramento: BET	230N/16	11,5	10
			10
			20
			20

033028P120GEO123

<b>RG09</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Rocchetta Data: 11/05/2013 Affioramento: FAR2	140N/37	Fratture pressoché assenti. JV<2	30
			32
			36
			38
			40

033028P121GEO124

<b>RG10</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Cornolo Data: 14/05/2013 Affioramento: BET	190N/50	6,5	22
			24
			30
			34
			40
			44
			52

033028P122GEO125

<b>RG11</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità $J_v$ ( $m^{-1}$ )	Misura sclerometrica
Località: Levei Data: 14/05/2013 Affioramento: GUS	5N/20	Disgregato e fratturato, impossibile eseguire conteggio discontinuità.	
			

033028P123GEO126

<b>RG12</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità $J_v$ ( $m^{-1}$ )	Misura sclerometrica
Località: Olza Data: 14/05/2013 Affioramento: FAR2a	190N/60	Disgregato e fratturato, impossibile eseguire conteggio discontinuità.	14
			14
			16
			18
			20
			22
			24

033028P124GEO127

<b>RG13</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: i Rabbini Data: 14/05/2013 Affioramento: BET	310N/30	Livelli arenacei eterogenei, da molto a poco alterati. Non è stato possibile eseguire conteggio discontinuità.	14
			14
			20
			24
			30
			34
			38
			42
			48
			50
			50
			60

033028P125GEO128

<b>RG14</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: Levei Data: 14/05/2013 Affioramento: BET	70N/25	10,0	20
			26
			42
			42
			48
			50
			54
			54
			54
			54
			56
			58

033028P126GEO129

<b>RG15</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: San Michele Data: 14/05/2013 Affioramento: CCL	150N/20	5,9	14
			14
			16
			20
			20
			22
			32
			40
			50

033028P127GEO130

<b>RG16</b>	Giacitura stratificazione	Stima discontinuità Jv (m <sup>-1</sup> )	Misura sclerometrica
Località: San Michele Data: 14/05/2013 Affioramento: VUL1	150N/45	11,3	18
			20
			24
			26
			26
			32
			40
			42