



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



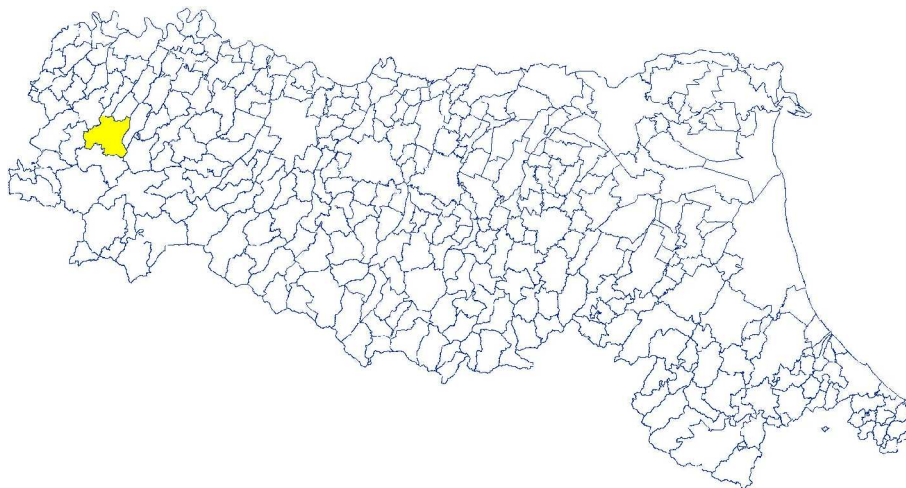
CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Emilia-Romagna Comune di Bettola



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dr Geol. Roberto Ponzanibbio Dr Geol. Francesco Tagliavini	Settembre 2017

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

INDICE

1	Introduzione	6
2	Definizione della pericolosità sismica di base	8
3	Assetto geologico e geomorfologico dell'area	18
3.1	Unità Liguridi	20
3.2	Unità Epiliguridi.....	21
3.3	Depositi quaternari	22
3.4	Forme strutturali	22
3.5	Forme e depositi legati alla degradazione meteorica	23
3.6	Forme e depositi legati al ruscellamento	24
3.7	Movimenti di massa lenti.....	25
3.8	Movimenti rapidi	25
4	Dati geotecnici e geofisici	26
5	Modello del sottosuolo ed effetti di sito	28
6	Metodologie di elaborazione e risultati	31
6.1	CASE RICÒ	33
6.1.1	Carta delle indagini tav. 2 di 4	33
6.1.2	Carta geologico-tecnica tav. 1 di 22	33
6.1.3	Carta delle frequenze naturali dei terreni tav. 2 di 4	33
6.1.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 1 di 22	34
6.1.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 2 di 4	34
6.1.6	Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 1 di 22.....	34
6.2	LUGHERZANO.....	35
6.2.1	Carta delle indagini tav. 2 di 4	35
6.2.2	Carta geologico-tecnica tav. 2 di 22	35
6.2.3	Carta delle frequenze naturali tav. 2 di 4	35
6.2.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 2 di 22	36
6.2.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 2 di 4	36
6.2.6	Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 2 di 22.....	36
6.3	CASA BARDARELLI	37
6.3.1	Carta delle indagini tav. 2 di 4	37
6.3.2	Carta geologico-tecnica tav. 3 di 22	37
6.3.3	Carta delle frequenze naturali tav. 3 di 22	37
6.3.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 3 di 22	38
6.3.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 3 di 22.....	38

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	1 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.3.6	Carta di microzonazione sismica (Fa _{PGA} , Fa _{0,1-0,5s} , Fa _{0,5-1,0s}) tav. 3 di 22	38
6.4	RECESIO	39
6.4.1	Carta delle indagini tav. 1 di 4	39
6.4.2	Carta geologico-tecnica tav. 4 di 22	39
6.4.3	Carta delle frequenze naturali tav. 1 di 4	39
6.4.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 4 di 22	40
6.4.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4	40
6.4.6	Carta di microzonazione sismica (Fa _{PGA} , Fa _{0,1-0,5s} , Fa _{0,5-1,0s}) tav. 4 di 22	40
6.5	SPONGIOLA	41
6.5.1	Carta delle indagini tav. 1 di 4	41
6.5.2	Carta geologico-tecnica tav. 5 di 22	41
6.5.3	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 5 di 22	41
6.5.4	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4	42
6.5.5	Carta di microzonazione sismica (Fa _{PGA} , Fa _{0,1-0,5s} , Fa _{0,5-1,0s}) tav. 5 di 22	42
6.6	CASTELLO DI RONCOVERO	43
6.6.1	Carta delle indagini tav. 1 di 4	43
6.6.2	Carta geologico-tecnica tav. 6 di 22	43
6.6.3	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 6 di 22	44
6.6.4	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4	45
6.6.5	Carta di microzonazione sismica (Fa _{PGA} , Fa _{0,1-0,5s} , Fa _{0,5-1,0s}) tav. 6 di 22	45
6.7	BETTOLA NW IL LOGHETTO	46
6.7.1	Carta delle indagini tav. 1 di 4	46
6.7.2	Carta geologico-tecnica tav. 7 di 22	46
6.7.3	Carta delle frequenze naturali tav. 1 di 4	46
6.7.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 7 di 22	47
6.7.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4	48
6.7.6	Carta di microzonazione sismica (Fa _{PGA} , Fa _{0,1-0,5s} , Fa _{0,5-1,0s}) tav. 7 di 22	48
6.8	BETTOLA NE SAN BERNARDINO	49
6.8.1	Carta delle indagini tav. 1 di 4	49
6.8.2	Carta geologico-tecnica tav. 8 di 22	49
6.8.3	Carta delle frequenze naturali tav. 1 di 4	49
6.8.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 8 di 22	49
6.8.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4	50
6.8.6	Carta di microzonazione sismica (Fa _{PGA} , Fa _{0,1-0,5s} , Fa _{0,5-1,0s}) tav. 8 di 22	50
6.9	BETTOLA SW TORRICELLE DI SOPRA	51

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	2 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.9.1	Carta delle indagini tav. 1 di 4	51
6.9.2	Carta geologico-tecnica tav. 9 di 22	51
6.9.1	Carta delle frequenze naturali tav. 1 di 4	52
6.9.2	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 9 di 22	52
6.9.1	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4	53
6.9.2	Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 9 di 22	53
6.10	BETTOLA SE PIANAZZO	54
6.10.1	Carta delle indagini tav. 1 di 4	54
6.10.2	Carta geologico tecnica tav. 10 di 22	54
6.10.3	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 10 di 22	54
6.10.4	Carta delle velocità delle onde di taglio 10 di 22	55
6.10.1	Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 10 di 22	55
6.11	EBBIO	56
6.11.1	Carta delle indagini tav. 2 di 4	56
6.11.2	Carta geologico-tecnica tav. 11 di 22	56
6.11.3	Carta delle frequenze naturali tav. 2 di 22	57
6.11.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 11 di 22	57
6.11.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 2 di 22	57
6.11.6	Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 11 di 22	57
6.12	MISSANO	58
6.12.1	Carta delle indagini tav. 1 di 4	58
6.12.2	Carta geologico-tecnica tav. 12 di 22	58
6.12.3	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 12 di 22	59
6.12.4	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4	59
6.12.5	Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 12 di 22	59
6.13	RIGLIO	60
6.13.1	Carta delle indagini tav. 2 di 4	60
6.13.2	Carta geologico-tecnica tav. 13 di 22	60
6.13.3	Carta delle frequenze naturali tav. 2 di 22	60
6.13.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 13 di 22	60
6.13.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 2 di 22	61
6.13.6	Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 13 di 22	61
6.14	VILLANOVA	62
6.14.1	Carta delle indagini tav. 3 di 4	62
6.14.2	Carta geologico-tecnica tav. 14 di 22	62

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	3 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.14.3	Carta delle frequenze naturali tav. 3 di 4	62
6.14.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 14 di 22	62
6.14.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 3 di 4	63
6.14.6	Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 14 di 22	63
6.15	VEROGNA	64
6.15.1	Carta delle indagini tav. 3 di 4	64
6.15.2	Carta geologico-tecnica tav. 15 di 22	64
6.15.3	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 15 di 22	64
6.15.4	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 3 di 4	65
6.15.5	Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 15 di 22	65
6.16	LEGGIO	66
6.16.1	Carta delle indagini tav. 3 di 4	66
6.16.2	Carta geologico-tecnica tav. 16 di 22	66
6.16.3	Carta delle frequenze naturali tav. 3 di 4	67
6.16.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 16 di 22	67
6.16.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 16 di 22	68
6.16.6	Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 16 di 22	68
6.17	MONTOSERO	69
6.17.1	Carta delle indagini tav. 3 di 4	69
6.17.2	Carta geologico-tecnica tav. 17 di 22	69
6.17.3	Carta delle frequenze naturali tav. 3 di 4	69
6.17.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 17 di 22	69
6.17.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 3 di 4	70
6.17.6	Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 17 di 22	70
6.18	MUSA	71
6.18.1	Carta delle indagini tav. 3 di 4	71
6.18.2	Carta geologico-tecnica tav. 18 di 22	71
6.18.3	Carta delle frequenze naturali tav. 3 di 4	72
6.18.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 18 di 22	72
6.18.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 3 di 4	73
6.18.6	Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 18 di 22	73
6.19	BRAMAIANO	74
6.19.1	Carta delle indagini tav. 4 di 4	74
6.19.2	Carta geologico-tecnica tav. 19 di 22	74
6.19.3	Carta delle frequenze naturali tav. 4 di 4	74

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	4 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.19.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 19 di 22	74
6.19.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 4 di 4	75
6.19.6	Carta di microzonazione sismica ($F_{a_{PGA}}$, $F_{a_{0,1-0,5s}}$, $F_{a_{0,5-1,0s}}$) tav. 19 di 22	75
6.20	COSTA.....	76
6.20.1	Carta delle indagini tav. 4 di 4	76
6.20.2	Carta geologico-tecnica tav. 20 di 22	76
6.20.3	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 20 di 22	77
6.21	GROPPODUCALE, I CORDANI e I FORLINI	77
6.21.1	Carta delle indagini tav. 4 di 4	77
6.21.2	Carta geologico-tecnica tav. 21 di 22	77
6.21.3	Carta delle frequenze naturali tav. 4 di 4	78
6.21.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 21 di 22	78
6.21.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 4 di 4	78
6.21.6	Carta di microzonazione sismica ($F_{a_{PGA}}$, $F_{a_{0,1-0,5s}}$, $F_{a_{0,5-1,0s}}$) tav. 21 di 22	78
6.22	PRATO BARBIERI.....	79
6.22.1	Carta delle indagini tav. 4 di 4	79
6.22.2	Carta geologico-tecnica tav. 22 di 22	79
6.22.3	Carta delle frequenze naturali tav. 4 di 4	79
6.22.4	Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 22 di 22	79
6.22.5	Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 4 di 4	79
6.22.6	Carta di microzonazione sismica ($F_{a_{PGA}}$, $F_{a_{0,1-0,5s}}$, $F_{a_{0,5-1,0s}}$) tav. 22 di 22	79
7	Interpretazioni ed incertezze	80
8	Confronto della distribuzione dei danni degli eventi passati	81
9	Bibliografia	82
10	Allegati.....	83

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	5 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

1 Introduzione

Nel presente documento vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello *Studio di microzonazione sismica di I e II livello del Comune di Bettola*, effettuato su incarico dell'Amministrazione Comunale (determina n° 396 del 25/11/2012) e finanziato con Ordinanza Presidenza Consiglio Ministri 29 febbraio 2012, n. 4007 in attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39 convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n.77 e della D.G.R. 10 settembre 2012, n. 195.

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

Costituisce, quindi, un supporto fondamentale ai pianificatori per indirizzare le scelte verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

Lo studio di microzonazione sismica ha la finalità infatti di prevedere la distribuzione degli effetti di un terremoto in un'area urbana e di individuare criteri di gestione del territorio (geotecnici, strutturali, urbanistici) volti a mitigare, in futuro, i danni di un terremoto. La microzonazione sismica implica quindi la stima sia della pericolosità che della vulnerabilità sismica dell'area di studio, e quindi non può prescindere da una valutazione della risposta sismica locale, vale a dire del modo in cui la struttura geologica superficiale influisce sulla propagazione delle onde sismiche. Effetti locali d'amplificazione dell'ampiezza e d'incremento della durata del moto sismico (effetti di sito) caratterizzano generalmente le coperture di terreni superficiali poggianti su un substrato roccioso.

Gli effetti di sito possono quindi giocare un ruolo cruciale sulla distribuzione del danneggiamento durante terremoti di forte intensità. Lo studio degli effetti di sito avviene mediante l'analisi di registrazioni di terremoti e di rumore sismico ambientale (metodi sperimentali) e/o la simulazione della propagazione delle onde sismiche in modelli del sottosuolo (metodi numerici), e necessariamente si avvale di contributi di diversa estrazione di tipo sismologico, geofisico, geotecnico, ingegneristico.

I danni causati dal terremoto e la geologia locale risultano essere in stretta relazione; in particolare, la morfologia superficiale e profonda, il regime delle acque sotterranee, la costituzione del sottosuolo e le proprietà dinamiche dei terreni rappresentano fattori che possono fortemente condizionare l'entità degli effetti in superficie di un sisma. Lo studio del territorio assume perciò enorme importanza per la valutazione dell'esposizione al rischio sismico, in particolare nelle aree critiche dal punto di vista della concentrazione urbana, del patrimonio artistico o delle attività industriali.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	6 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

La Pericolosità Sismica (Seismic Hazard) viene definita come il probabile livello di scuotimento del suolo associato al verificarsi di un terremoto; una sua quantificazione può essere ottenuta dagli elenchi e dalle carte recentemente realizzati dal Servizio Sismico Nazionale (SSN) e dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT).

Tutti i Comuni sono stati suddivisi in quattro categorie (Microzonazione Sismica) contraddistinte da differenti valori di PGA. Tale suddivisione tuttavia, non tenendo in considerazione i possibili effetti di amplificazione dovuti al passaggio del moto sismico attraverso la copertura sedimentaria superficiale, può risultare inadatta a rappresentare situazioni locali che, per caratteristiche peculiari, possono presentare gradi di pericolosità sismica assai diversi.

La Microzonazione Sismica rappresenta l'attività svolta ai fini di una più dettagliata suddivisione del territorio in aree in cui i valori di pericolosità sismica rispecchiano più rigorosamente le condizioni locali. L'analisi della risposta di un suolo alle sollecitazioni sismiche (Risposta Sismica Locale), costituisce la parte fondamentale delle attività di Microzonazione Sismica; essa richiede un approccio di tipo multidisciplinare che integri i contributi provenienti dalla Sismologia, dalla Geofisica, dalla Geotecnica e dall'Ingegneria Strutturale.

Il presente studio di Microzonazione Sismica di Livello I e II, rappresenta un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica ("MOPS").

Per il presente studio i dati esistenti sono stati implementati con le seguenti indagini geofisiche:

- n. 15 misure di frequenze naturali dei terreni (HVSR);
- n. 10 prove penetrometriche statiche (C.P.T.)

Lo studio e le indagini geofisiche sono state condotte secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento normativo e tecnico:

- O.P.C.M. n. 4007/12 del 29.02.2012 pubblicata in G.U. del 07.03.2012 che disciplina i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico e fa riferimento alla precedente;
- O.P.C.M. n. 3907 del 13.11.2010 pubblicata in G.U. del 01.12.2010 (modificata con O.P.C.M. n. 3925 del 23.02.11), previsti dall'Art. 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n.39, convertito, con modificazioni, dalla Legge n. 77 del 24/06/2009;

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	7 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

- Delibera di Giunta Regionale n° 2193 del 21.12.2015 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- Delibera di Giunta Regionale n° 1302 del 10.09.2012 (pubblicata sul BUR n. 195 del 26.09.2012) "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti locali".

Le aree di indagine sono state scelte e localizzate in corrispondenza delle aree urbane e urbanizzabili che il Comune di Bettola ha individuato nel proprio P.R.G. Variante Generale 1998.

2 Definizione della pericolosità sismica di base

Il territorio del comune di Bettola risente delle dinamiche orogenetiche legate alla formazione dell'Appennino settentrionale: a parte alcuni tratti subpianeggianti lungo il torrente Nure, perlopiù costituiti da depositi alluvionali terrazzati, il resto del territorio bettolese è occupato dall'apparato collinare legato al corrugamento e deformazione delle formazioni liguri ed epiliguri. L'intensa attività orogenetica di questa parte dell'Appennino ha fatto sì che fino ai giorni si sviluppassero terremoti di varia intensità a riconferma del fatto che il fronte sepolto appenninico sia sempre geologicamente attivo. Queste scosse di terremoto nel corso degli ultimi due secoli sono state registrate e catalogate da parecchie strutture preposte e proprio dall'analisi del catalogo DOM4.1, che raccoglie le osservazioni macrosismiche di terremoti d'area italiana al di sopra della soglia del danno e che contiene circa 37.000 osservazioni macrosismiche relative a più di 900 terremoti e a più di 10.000 località, su incarico della protezione civile, da Molin et al' (1996) in combinazione con i dati di CFTI (Catalogo dei Forti Terremoti Italiani di ING/SGA Boschi et al' (1995)) è stata redatta la "mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", di cui si riporta un estratto relativamente alla Regione Emilia-Romagna (Figura 1).

Il territorio di Bettola è caratterizzato da un'intensità macrosismica inferiore o pari a I_{max} 6.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	8 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

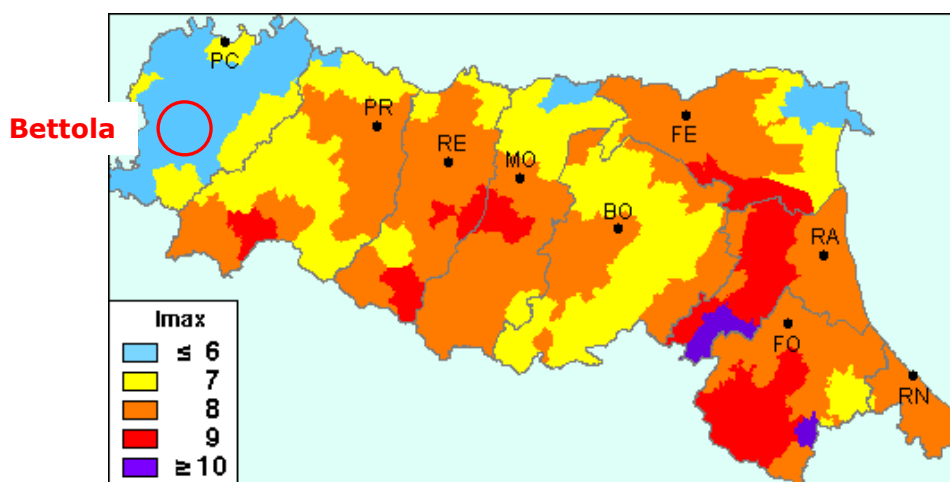


Figura 1 – Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni dell’Emilia Romagna.

I dati Macrosismici contenuti nel catalogo di cui in precedenza rappresentano la base per la definizione della pericolosità sismica di base e sono riportati nel Database Macrosismico Italiano la cui ultima versione è il DBMI 2011, messo a disposizione dall’INGV. All’interno del catalogo sono stati selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato il territorio comunale di Bettola; in particolare sono stati individuati 12 eventi di riferimento a partire dal 1885 con relativa Magnitudo di Momento (Mw) dell’epicentro della scossa.

Storia sismica del comune di Bettola					
[44.775, 9.603]					
Effetti	In occasione del terremoto del:				
Is	Data	Località	Np	Io	Mw
3	1885 02 26 20:48	SCANDIANO	78	6	5.19 ±0.15
4-5	1887 02 23 05:21:50	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
3	1906 11 10 17:55	Appennino ligure	49	5-6	4.44 ±0.28
5	1920 09 07 05:55:40	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
4-5	1927 10 28 21:49	BEDONIA	51	6	4.88 ±0.21
6	1980 12 23 12:01:06	Piacentino	38	6-7	4.60 ±0.09
3	1983 11 09 16:29:52	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07:20	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
NF	1991 10 31 09:31:18	Parmense	134	5	4.45 ±0.14
3	1995 10 10 06:54:23	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
NF	2005 04 13 18:46:08	Valle del Trebbia	165	5	4.05 ±0.18
3-4	2005 04 18 10:59:18	Valle del Trebbia	286	5	3.98 ±0.09

Tabella 1 – Principali eventi sismici che hanno interessato il territorio comunale di Bettola a partire dal 1885.

La massima intensità Is registrata risulta pari a 6 gradi su MCS riferito all’evento del 23 dicembre 1980 avvenuto nel PIACENTINO (Grafico 1).

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	9 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

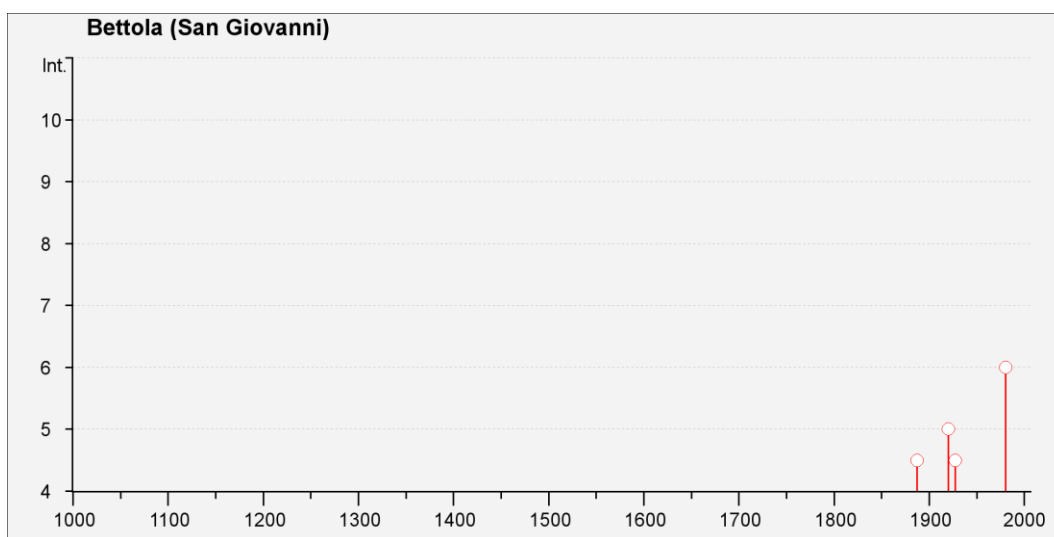


Grafico 1 – Intensità Is degli eventi sismici che hanno interessato il territorio comunale di Bettola.

Un passo fondamentale nella valutazione del rischio sismico di un'area è l'identificazione delle faglie attive.

Sebbene esistano, infatti, strutture a scorrimento lento asismico (fault creep o tectonic creep), molte delle faglie attive sono considerate sorgenti sismiche in quanto lo scorrimento istantaneo dei due lati delle stesse, che avviene allorché lo stress supera la resistenza delle rocce, genera il rilascio di onde elastiche che si propagano in tutte le direzioni. A tali faglie sismogenetiche è associato il maggior rischio.

Per la definizione di faglia attiva si fa normalmente riferimento alla possibilità che una faglia possa attivarsi in un intervallo di tempo futuro che interessa la nostra società. D'altra parte le faglie che hanno la maggiore probabilità di muoversi in un futuro prossimo sono da ricercarsi tra quelle che si sono mosse nelle fasi più recenti della storia geologica. Così una delle definizioni più comunemente accettata è quella della U.S Nuclear Regulatory Commission (1982), che definisce attive le faglie che presentano un'attivazione negli ultimi 35.000 anni o almeno due negli ultimi 500.000 anni.

La Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna alla scala 1:250.000, oltre alla definizione della pericolosità sismica locale e all'individuazione di strutture potenzialmente sismogenetiche, offre anche un quadro delle relazioni fra attività tettonica attuale e i rischi naturali. In detto lavoro, infatti, l'analisi comparata della sismicità e delle strutture attive, evidenti per la loro espressione sia morfologica che geologica, unitamente ad una riconsiderazione dei dati disponibili sui movimenti verticali del suolo (sollevamento dei terrazzi alluvionali, subsidenza, evoluzione del reticolo idrografico) e alla ricostruzione delle isobate delle 2 principali e più recenti superfici di discontinuità del sottosuolo (rispettivamente 450.000

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	10 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

anni, base del SERS, e 10.000 anni, base dell'Olocene), ha permesso di ottenere un quadro neotettonico e sismotettonico ben definito del territorio indagato.

Esaminando la Figura 2, che può essere considerata lo schema di sintesi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna, emerge che le zone a maggiore sollevamento, con tassi >1 mm/anno, sono individuabili nella parte alta della catena, corrispondente al settore a monte del principale raddoppio crostale a conferma dell'attività di questa struttura.

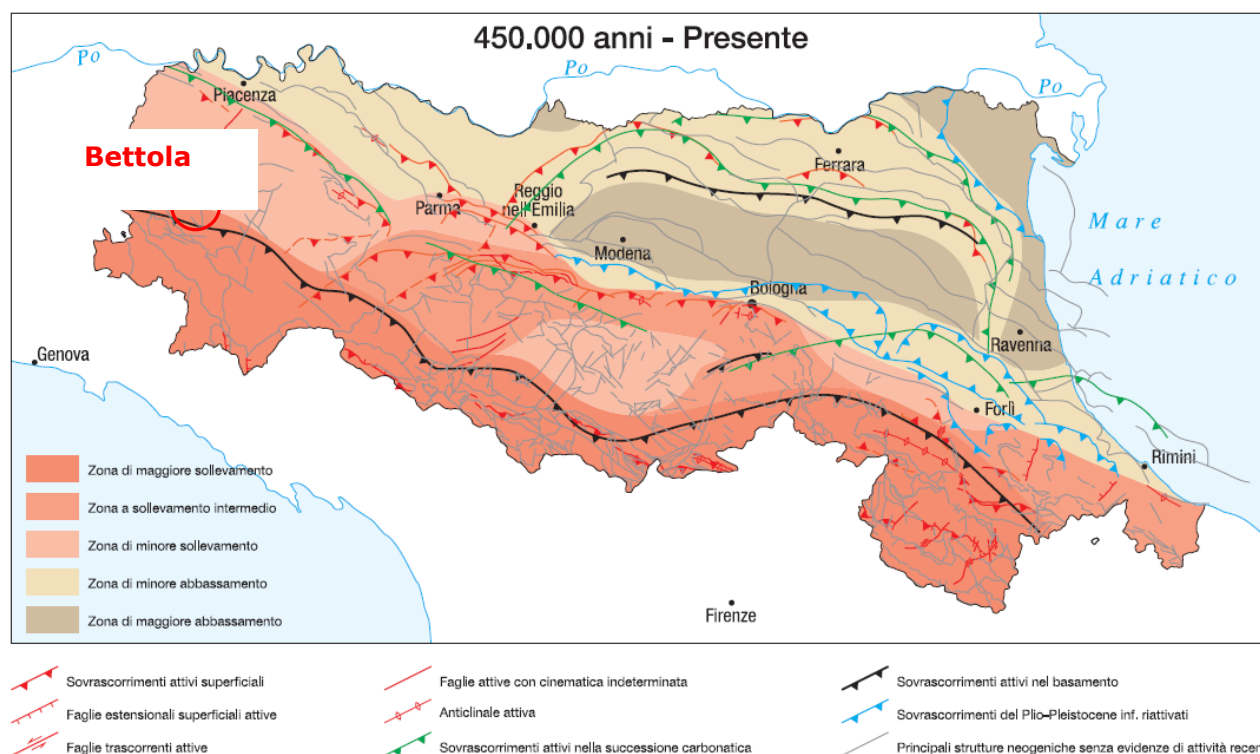


Figura 2 - Schema di sintesi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna

L'area a sollevamento intermedio, con tassi mediamente ≥ 1 mm/anno, corrisponde al settore immediatamente retrostante la struttura superficiale del margine che da Bologna si estende verso NW fino alla valle del Taro. Le aree a minore sollevamento (<1 mm/anno) si collocano immediatamente a valle della struttura crostale. Anche in pianura le zone di minore abbassamento, con tassi <1 mm/anno, corrispondono alle aree maggiormente interessate dalle strutture attive. Le strutture di questo settore sono sepolte e non mostrano, generalmente, evidenze in superficie.

Il sistema attivo delle Pieghie Emiliane corrisponde al limite tra la zona in minore sollevamento della catena con la zona di minore abbassamento della pianura.

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri mediamente ad una profondità inferiore a 15 km, risulta molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese.

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	11 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti indicando direzioni di compressione sia NE-SW che NW-SE. I meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari. Risulta quindi che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

La sismicità crostale, con ipocentri mediamente compresi tra 15 e 35 km, mostra una distribuzione simile a quella più superficiale ma con una densità inferiore. Anche in questo caso i meccanismi focali risultano compressivi e trascorrenti con direzioni di compressione sia NW-SE che NE-SW ed i meccanismi distensivi sono rari e ben localizzati.

La sismicità più profonda, con ipocentri oltre i 35 km, fino ad oltre 50 km, è sempre diffusa nel settore di catena e in corrispondenza del margine appenninico-padano, e decisamente minore in pianura. I meccanismi focali calcolati sono in accordo con quanto riscontrato nei livelli strutturali superiori.

Risulta così un modello geodinamico attivo in cui le strutture superficiali della copertura, quelle crostali nonché quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti e inquadrabili in un sistema transpressivo che rispetto alle zone esterne dell'avampaese padano, relativamente stabili, assume il significato di un sistema di ordine inferiore all'interno di una zona di trascorrenza destra.

In Figura 3 è riportata la distribuzione delle strutture attive della copertura, della crosta e del mantello con una zonazione delle aree che maggiormente risentono della loro attività.

Per questa zonazione si è tenuto conto anche degli effetti superficiali quali le aree di maggiore sollevamento in catena e di minore abbassamento in pianura, come pure della distribuzione delle aree a maggiore frequenza di fenomeni franosi.

Pozzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.pozzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	12 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

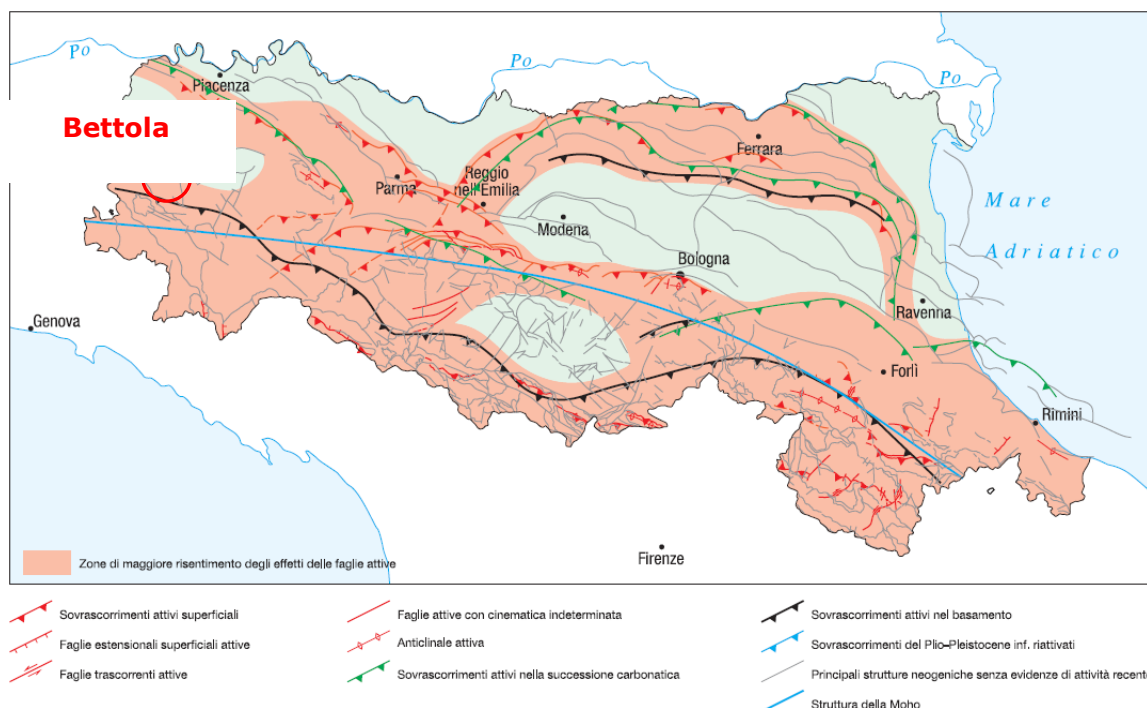


Figura 3 - Zonazione delle aree che maggiormente risentono delle faglie attive

Dunque dall'analisi della Figura 2 e Figura 3 si evince che l'areale del Comune di Bettola ricade in una zona a minor sollevamento.

Con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 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", il Comune di Bettola è stato classificato, come evidenziato nella figura successiva, in zona sismica 3.

L'appartenenza alla terza classe implica la necessità di approfondire la situazione sismica locale al fine di pervenire ad una gestione del territorio che consenta il più possibile di preservare la vita umana e le strutture in caso di terremoto. In tal senso si è provveduto ad effettuare un'analisi del territorio attraverso la realizzazione di misure passive del rumore sismico ambientale mediante la tecnica nota come HVSR (*horizontal to vertical spectral ratios*) e attraverso l'analisi dei dati bibliografici a disposizione, con particolare attenzione al quadro conoscitivo del PRG Variante generale 1998 e al PTCP della Provincia di Piacenza approvato con atto n.69 del 02.07.2010.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006, n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ha fissato i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, di cui si riporta nella pagina precedente un estratto relativo alla Regione Emilia Romagna. Il valore di

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	13 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

pericolosità sismica del territorio del comune di Bettola, così come individuato dall'INGV e riproposto nella mappa della pericolosità a scala comunale, è compreso tra 0,100g e 0,125g.

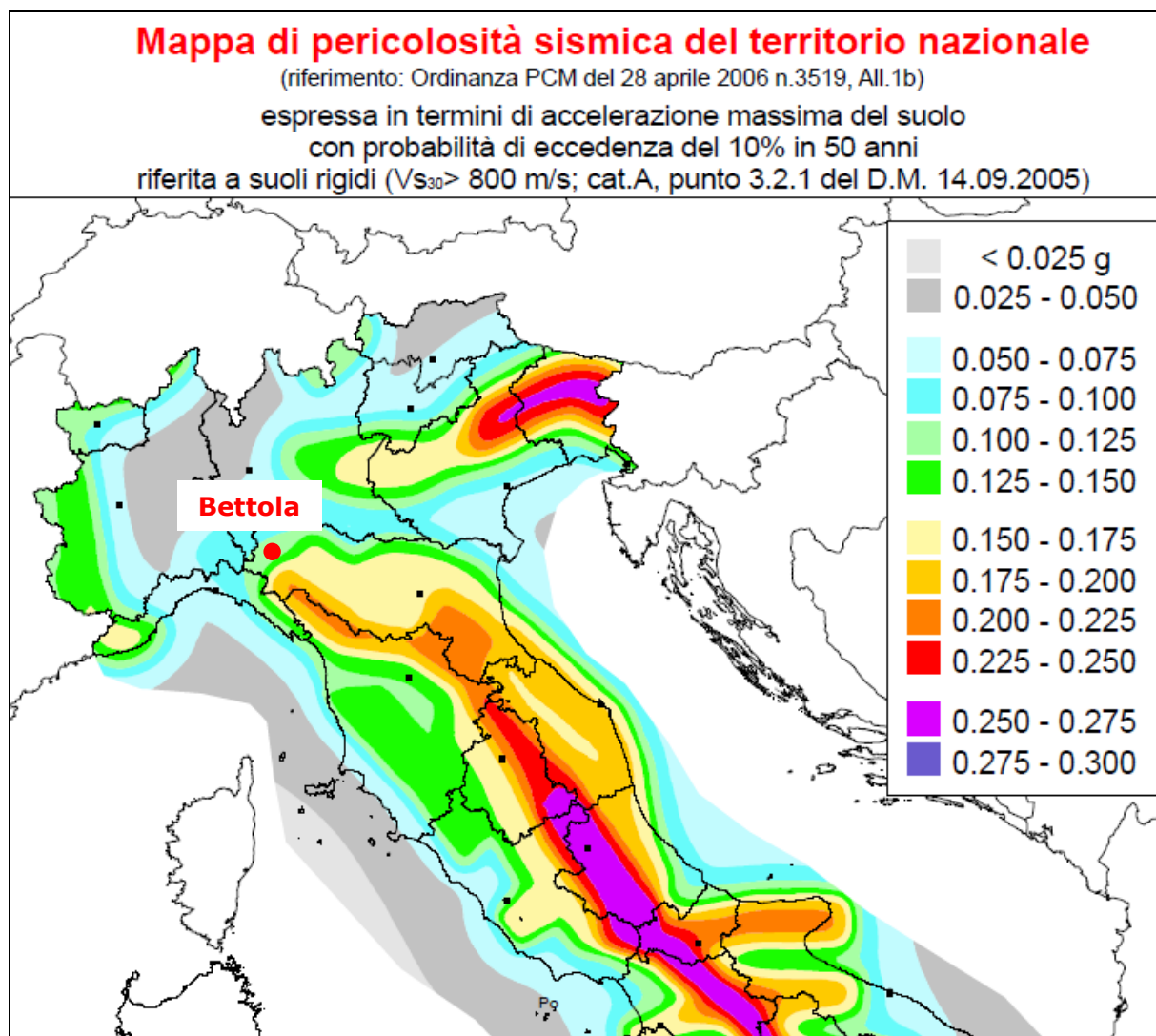


Figura 4 - Stralcio della Carta della Pericolosità Sismica di Riferimento, secondo OPCM 3519/2006, espressa in termini di accelerazione con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi.

La deliberazione dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 2007 "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (proposta della Giunta Regionale in data 10 gennaio 2007, n.1), fornisce i criteri per la valutazione della risposta sismica locale e per la microzonazione sismica del territorio e stabilisce che gli indirizzi approvati dovranno essere osservati dalle Amministrazioni provinciali e comunali nell'elaborazione della propria strumentazione territoriale ed urbanistica. In tale documento sono inoltre individuati per ogni comune della

<p>Pozzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.pozzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	14 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Regione, sulla base dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519/2006, i valori di accelerazione di riferimento che per il Comune di Bettola risulta pari a 0,113g (V.si Figura 5).

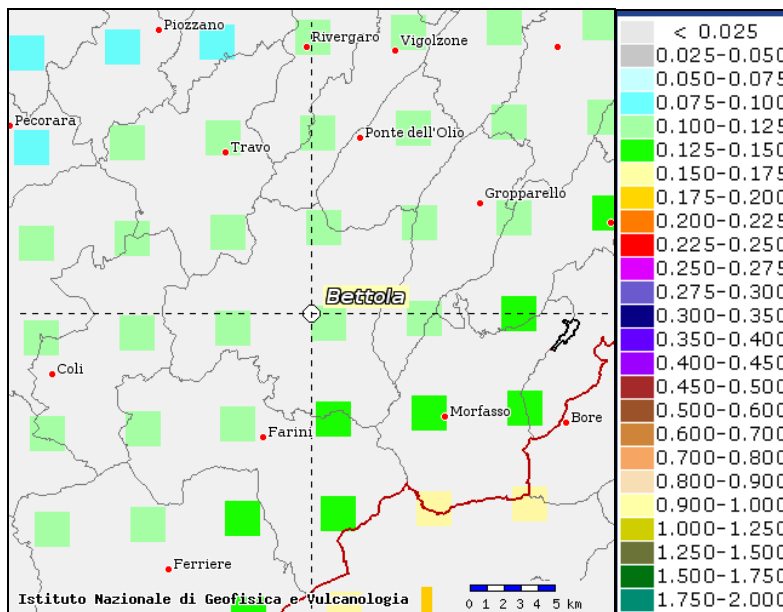


Figura 5 - Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (ag) con tempi di ritorno di 475 anni, per il territorio comunale di Bettola

La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone di ZS4 e dell'introduzione di nuove. La zonazione ZS9 soddisfa i seguenti requisiti:

- È basata prevalentemente sul background informativo e sull'impianto generale di ZS4, che deriva dall'approccio cinematico all'elaborazione del modello sismotettonico;
- Recepisce le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 (Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy, Valensise e Pantosti, 2001) e da altre compilazioni regionali di faglie attive;
- Considera le indicazioni e gli spunti che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4;
- Supera il problema delle ridotte dimensioni delle zone-sorgente e della conseguente limitatezza del campione di terremoti che ricade in ciascuna di esse;

Sulla base di questi requisiti la zonazione sismogenetica del territorio italiano definisce diverse zone identificate da un numero o da una lettera a seconda del significato.

Il territorio del comune di Bettola (v.si Figura 6) ricade nella zona sismogenetica 911, che è costituito dall'unione delle zone 25 e 26 di ZS4, opportunamente ristrette, comprende il cosiddetto "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative. Si suppone che la funzione delle

<p>Pozzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.pozzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	15 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

strutture comprese all'interno della 911 sia di "svincolo" cinematico del sistema supposto in migrazione.

Lo smembramento di tale zona nelle diverse zone appenniniche longitudinali non avrebbe consentito la corretta valutazione della pericolosità nell'area da essa racchiusa, a fronte di una non trascurabile sismicità dell'area stessa.

Codesta zonazione sismogenetica consente di calcolare per ciascuna area anche la magnitudo massima attesa, che per l'area 911, entro cui ricade il territorio comunale di Bettola, è stata stimata in rapporto all'intensità sismica dei terremoti verificatisi nella zona. Utilizzando i dati presenti nel database del INGV e la formula suggerita dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti è stato ottenuto una magnitudo massima attesa pari a 6,14.

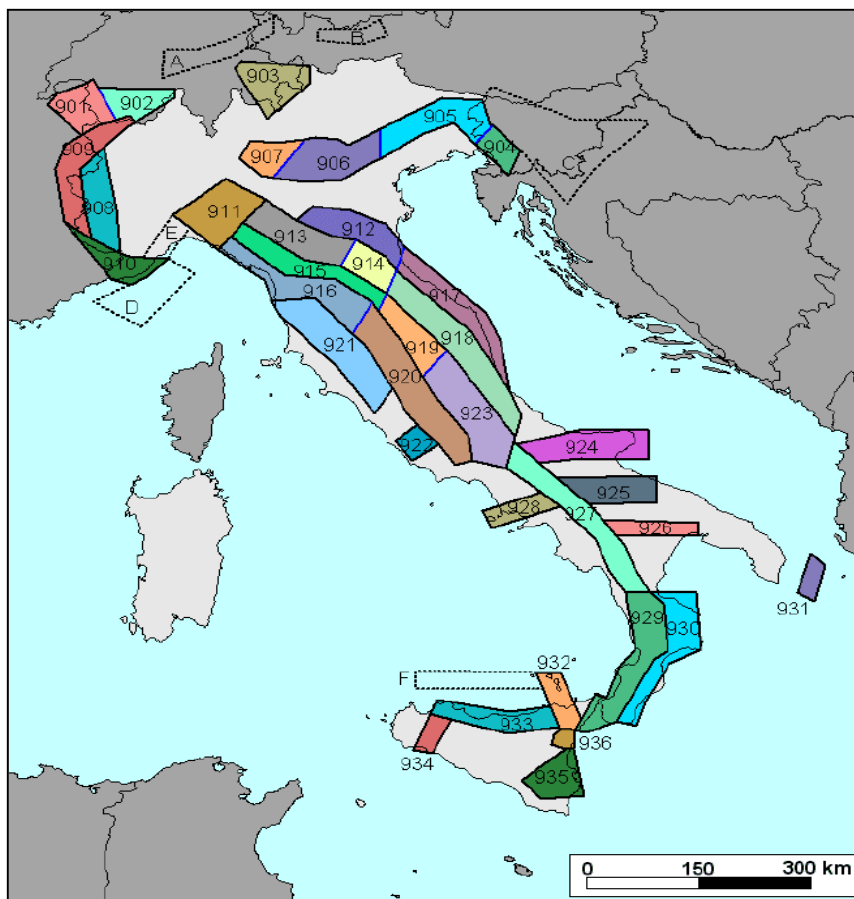


Figura 6 – Zonazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica.

Con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico in adempimento agli obblighi della normativa nazionale, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione dell'Assemblea legislativa n. 112 del 2 maggio 2007, ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	16 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Scopo di tale documento è quello di fornire i criteri per la individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

In esso si afferma che la componente pericolosità del rischio sismico dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica di base") sia dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcuni depositi e forme del paesaggio possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti predisponenti al verificarsi di effetti locali quali fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica locale").

Conseguentemente gli studi della pericolosità sismica hanno come obiettivo:

- L'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;
- La stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);
- La suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).

Detti studi vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PRG e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	17 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

3 Assetto geologico e geomorfologico dell'area

L'edificio dell'Appennino settentrionale nasce in un contesto tettonico a stile compressivo nel quale hanno avuto un ruolo di prioritaria importanza i movimenti di convergenza e divergenza della placca Corso-Sarda, Iberica, Adriatica ed Europea. Il meccanismo evolutivo risulta alquanto complesso; nelle linee generali è impresso dal movimento rotazionale antiorario della placca Africana, per l'apertura dell'Oceano Atlantico, determinando nel bacino Mediterraneo (nel settore italico) spinte tettoniche con vergenza nord-est. Le fasi dell'attività geodinamica possono essere sostanzialmente raggruppate in due cicli tettonici fondamentali. Il ciclo più antico, conosciuto come "Fase Ligure" (ELTER G. et al', 1966; ELTER P., 1973; ZANZUCCHI, 1963, 1980), si sviluppò dal terziario basso all'Oligocene superiore e comprese gli eventi geodinamici antecedenti e pertinenti la collisione continentale tra la propaggine Corso-Sarda della placca Euroasiatica e la micro-placca Adriatica.

Il secondo ciclo, invece, noto come "Fase Toscana" (ABBATE E. SAGRI M. 1991), si sviluppò per tutto il Miocene e comprese gli eventi geodinamici relativi alla messa in posto quasi definitiva delle unità oggi affioranti nella fascia appenninica.

Successivamente al secondo ciclo nella regione Toscana seguirono manifestazioni di tettonica distensiva che si tradussero in grandi sistemi di faglie, parallele alla costa tirrenica, ed in evidente relazione con l'apertura di questo mare. Nel dominio emiliano continuò, invece, la tettonica compressiva con estesi piegamenti e con ulteriori traslazioni e giustapposizioni delle unità presenti e in corso di sedimentazione. La tettonica a stile compressivo continuò a perdurare fino ai giorni nostri, con picchi nel pliocene e nel pleistocene inferiore, interessando le strutture frontali sepolte della Pianura Padana.

L'edificio Appennino, come già affermato, nasce quindi in un contesto tettonico a stile compressivo nel quale le spinte orogenetiche attive dal terziario basso fino ai giorni nostri, quasi esclusivamente in ambiente sottomarino, hanno comportato un notevole raccorciamento crostale.

Concettualmente il processo di strutturazione è sintetizzabile nella dislocazione e deformazione di potenti ammassi rocciosi, secondo un modello generale a falde di ricoprimento. Si tratta della sovrapposizione multipla (dall'inglese Thrusts) di sequenze sedimentarie ed ignee (in modo subordinato), staccatesi dal substrato oceanico di formazione e traslate e giustapposte verso nord est, in rapporto all'azione delle spinte orogenetiche. Nel dettaglio la strutturazione dell'Appennino si compone di una serie di unità alloctone (Liguridi interne ed esterne e Subliguridi) che ricoprono con contatti di natura chiaramente tettonica un substrato costituito da una serie di unità autoctone (Unità della Falda Toscana, Unità di Pracchiola Bobbio - Cervarola e Cervarola e Unità padano adriatiche). In posizione superiore, sopra le Liguridi, si collocano le unità pseudo-autoctone della Successione Epiligure M. Piano

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	18 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Bismantova (Epiligure e bacino terziario piemontese) e le successioni neoautoctone del margine appenninico (V.si Figura 7).

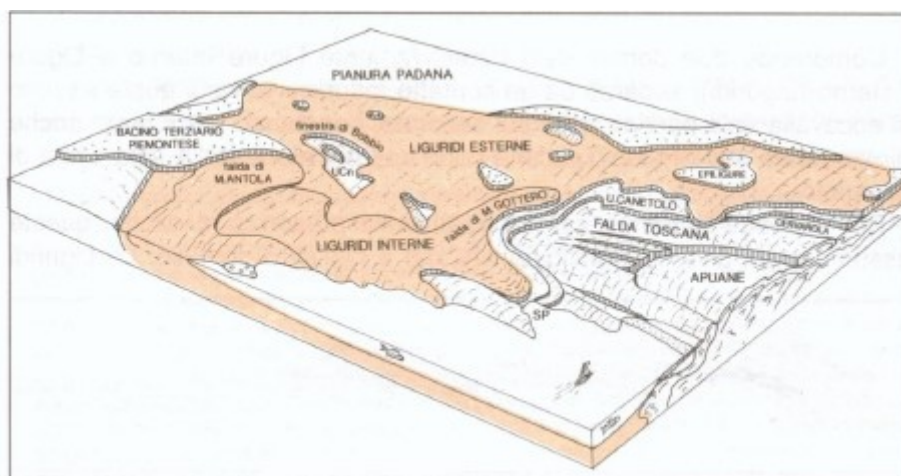


Figura 7 - Schema della sovrapposizione tettonica delle principali unità dell'edificio appenninico in Provincia di Parma e zone limitrofe

Le unità alloctone, collocate quindi al tetto della catena appenninica, sono suddivisibili in due successioni principali:

Successione cretaceo-eocenica: rappresentano i sedimenti di fondo oceanico dell'estinto bacino della Tetide, depositati antecedentemente alla collisione della placca Corso-Sarda con la Placca Europea. Si tratta di unità traslate ed intensamente deformate sopra alle unità autoctone.

Si compongono di un Complesso di Base a composizione argilloso-calcareo prevalente con inclusi potenti complessi ofiolitici (Complessi Ofiolitici di M. Camulara, M. Bercello, Costa Monte Capra, ecc.) e da una serie di unità calareo-marnose (Flysch di Bettola, Flysch di M. Cassio, Formazione di Val Luretta, Flysch di M. Orocco, Flysch di Ottone) e arenaceo-calcareo-pelitiche (Flysch di M. Penice, Flysch di Farini d'Olmo); Successione eo-miocenica: rappresentano i sedimenti di fondo oceanico sedimentati posteriormente alla collisione della placca Corso-Sarda con la Placca Europea (Epiliguridi e Subliguridi: Unità di Sanguinetto, Unità Aveto). Queste unità, intensamente deformate dall'orogenesi appenninica, principalmente dalla Fase Toscana, si collocano sopra la successione cretaceo-eocenica. La composizione è molto varia in relazione alla situazione morfologica dei vari bacini di formazione, nati dalla collisione di due placche tettoniche.

Le unità autoctone, situate invece alla base della catena appenninica, presentano deformazioni più contenute rispetto alle unità alloctone. Esse caratterizzano la nota finestra tettonica di Bobbio (Marne di M. La Croce e Formazione di Bobbio).

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	19 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

L'edificio strutturale dell'area in esame, situata nella parte mediana del bacino del T. Nure dal centro abitato di Bettola fino alla frazione di Lugherzano (settore settentrionale del comune al confine con quello di Ponte dell'Olio), si compone di una serie di unità alloctone, appartenenti sia alla successione cretaceo-eocenica sia alla successione eo-miocenica (Epiliguri).

In particolare le unità affioranti sono:

1. Successioni Epiliguridi: a-Unità Calcarea Marnosa: Flysch di Bettola, Formazione di Val Luretta; Complessi di Base: Argille varicolori, Complesso di Pietra Parcellara, Arenarie di Scabiazza;
2. Successioni Epiliguridi: Formazione di Ranzano; Marne di M. Piano.

3.1 Unità Liguridi

Le unità liguridi sono collocate al tetto della catena appenninica e ricoprono tettonicamente le unità subliguridi, anche se i rapporti geometrici non sono sempre chiari. Caratterizzano la maggior parte degli affioramenti presenti nell'area in esame. Esse sono composte, come già affermato, da un Complesso di Base a composizione argilloso-calcareo prevalente con inclusi potenti complessi ofiolitici sovrastato da unità calcarea-marnosa (Flysch di M. Caio). Lo spessore totale del "Complesso di base è difficilmente valutabile per l'intensa tettonizzazione, ma potrebbe essere compreso tra i 500 e i 1.200 metri. Le unità raggruppate in letteratura geologica con il nome di Complesso di base costituiscono le sequenze stratigrafiche inferiori delle liguridi. Si tratta di litotipi prevalentemente argillosi e pelitici di età cretacea, comprendenti anche lembi dislocati di successione giurassiche, caratterizzati di sovente da una notevole deformazione che spesso le trasforma in "tettoniti" duttili, stratigraficamente molto disordinate e caotiche.

In particolare sono presenti:

Complesso di Pietra Parcellara: Unità costituita prevalentemente da lembi intensamente fratturati di Argille a Palombini e breccie monogeniche ad abbondante matrice pelitica con clasti calcarei, riferibili alle stesse Argille a Palombini. Ai suddetti litotipi si intercalano areniti, breccie poligeniche a matrice argillitica, olistoliti di ultramafiti, basalti, diaspri e calcari a calpionelle. L'età è attribuibile al Cretaceo Superiore.

Argille Varicolori: argilliti e siltiti rosse, grigio scure e verdi con intercalazioni di arenarie grigie in strati sottili e medi. Emipelagiti con torbiditi di ambiente bacinale (Campaniano-Maastrichtiano). L'età è attribuibile al Santoniano -Campaniano

Arenarie di Scabiazza: sono costituite da torbiditi di arenarie fini, siltiti e peliti in strati sottili e molto sottili che localmente, verso l'alto della serie, aumentano mediamente di

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	20 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

spessore fino a presentare bancate arenacee ed arenaceo-marnose di alcuni metri. L'età è attribuibile al Turoniano Superiore - Campaniano Inferiore.

Flysch di M. Bettola: appartiene al gruppo dei Flysch ad Elmintoidi Campaniano - Maastrichtiani. Questa formazione è costituita da torbiditi calcareo-marnose disposte in strati solitamente spessi e molto spessi, la cui base presenta generalmente una frazione a granulometria arenitica. A queste sequenze s'intercalano torbiditi silicoclastiche in strati medio-sottili di arenarie medio fini e peliti. Al tetto della formazione possono essere presenti calcari marnosi biancastri, disposti in strati di spessore particolarmente elevato. Secondo alcuni studi compiuti sulle associazioni a nannoplancton calcareo il Flysch di Bettola presenta, indicativamente, un'età compresa nell'intervallo Campaniano Superiore Maastrichtiano Superiore.

Formazione di Val Luretta: suddivisa in tre membri dei quali affioranti nell'area in esame solamente quello basale ed intermedio. Il membro basale, noto come Membro di Poviago (Paleocene), è costituito da marne rosate ed argilliti rosse in strati da medi a molto spessi, talora bianchi, alternati ad arenarie medio-fini in strati gradati da medi a spessi e a calcari e calcari marnosi bianche in strati spessi e molto spessi Il membro intermedio, noto come Membro di Monteventano (Paleocene superiore-Eocene medio), è costituito da calcari marnosi, calcilutiti e marne in strati medi e spessi con intercalazioni di arenarie medio-fini e peliti marnose in strati gradati medi e localmente molto spessi.

3.2 Unità Epiliguridi

Nell'Appennino piacentino, in generale discordanza stratigrafica su gran parte delle Unità Liguri, affiorano le unità epiliguri, deposte posteriormente alla collisione continentale della placca Corso-Sarda con la Placca Europea, fra l'Eocene medio ed il Messiniano. Queste unità marine, essendo in posizione superiore rispetto alle Liguridi, si sono formate nei bacini residui derivanti dalla collisione continentale e unitamente alle serie sottostanti sono state traslate e strutturate, secondo un modello generale a falde di ricoprimento, dalle spinte orogenetiche nord-est vergenti, nel corso della fase Toscana. Merla G. (1951), per descrivere il loro duplice carattere, d'appoggio stratigrafico sulle Liguridi e di alloctonia rispetto alle unità propriamente autoctone, situate alla base della catena appenninica, introdusse nella letteratura geologica il concetto di semialloctono e sono:

- Marne di M. Piano: (Eocene sup.) rappresenta la formazione basale della Successione Epiligure e appoggia in discordanza stratigrafica sulle Unità Liguri. Si tratta essenzialmente di marne, marne siltose e argille grigie, grigio verdi e rossastre a stratificazione mal definita, con rare intercalazioni di arenarie torbiditiche quarzoso-

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	21 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

feldspatiche. Talora sono presenti intercalazioni di brecce non cementate in matrice pelitica. La formazione presenta spessori da pochi metri a circa un centinaio metri.

- Formazione di Ranzano: (Eocene sup.? -Oligocene inf.) è di notevole spessore (da qualche centinaio ad oltre 1000 m) e caratterizzata da una sedimentazione silicoclastica torbidity grossolana con potenti intercalazioni di frane extra e intraformazionali. Essa presenta, a seconda dei luoghi, contatti transizionali, netti, o addirittura discordanti sulla Formazione di M. Piano, sottolineando la marcata influenza della tettonica locale.

3.3 Depositi quaternari

I depositi del quaternario sono rappresentati da corpi di frana, falde di detrito e depositi fluviali:

I corpi di frana sono composti da ammassi caotici eterometrici ed eterogenei che ricoprono vaste porzioni dei versanti sia in destra sia in sinistra orografica della Val Nure;

Le falde di detrito si trovano alla base di pendii rocciosi, costituite dall'accumulo di materiale eterometrico generalmente caratterizzato da elementi spigolosi, delle dimensioni di una ghiaia, prive o con scarsa matrice fine sabbiosa e limosa.

I depositi fluviali affiorano nel fondo valle nell'ambito del greto fluviale costituiti da ghiaie e/o blocchi poligenici ed eterometrici pulite o in scarsa matrice fine sabbiosa e limosa.

3.4 Forme strutturali

Le forme strutturali sono il risultato delle interazioni tra l'assetto e la selettività delle masse rocciose affioranti e l'azione esercitata dai processi morfogenetici (acque superficiali e meteoriche, vento, gelo-disgelo, gravità, ecc.). La morfoselezione è, infatti, correlata all'impedenza (capacità ad opporsi all'erosione operata dalle acque superficiali dilavanti) ed alla ritenzione idrica (capacità d'assorbimento delle acque superficiali). In relazione alla tipologia di materiali che caratterizzano i versanti esaminati si hanno le situazioni morfologiche di seguito descritte.

Rocce tenere (Complesso di Pietra Parcellara, Argille Varicolori e Marne di M. Piano): la successione stratigrafica è costituita prevalentemente da peliti ed argilliti con basso grado di morfoselezione. La natura tesserale di questi litotipi, talora associato ad un intenso grado di tettonizzazione e caoticizzazione, li rende estremamente sensibili ai processi erosivi e di degradazione meteorica. Le forme del rilievo sono generalmente addolcite e variamente ondulate, con diffuse irregolarità scaturite da dissesti più o meno accentuati, in relazione alla facile degradabilità delle litologie medesime. L'assetto morfologico è tipicamente rappresentato da lunghi versanti irregolari, in cui si alternano piccoli crinali secondari, zone di accumulo e

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	22 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

frequenti frane; la pendenza è tipicamente del 10 -25%; localmente la natura tessiturale delle rocce tenere permette al ruscellamento diffuso di dare origine a forme calanchive. Nella maggior parte dei casi, le rocce tenere affiorano nei settori più depressi dei bacini vallivi e solo raramente danno luogo a forme selettive.

Rocce dure (Formazione di Val Luretta, Arenarie di Scabiazza, Flysch di Bettola, Formazione di Ranzano): la successione stratigrafica, costituita prevalentemente da calcari, marne, arenarie e siltiti determina un grado di morfoselezione medio-alto ed alto, costituendo la classe di stabilità maggiormente rappresentata nel territorio in esame. La stratificazione massiccia, più o meno regolare, porta alla formazione di rilievi selettivi, picchi rocciosi, versanti ripidi e linee di crinale ben stagliate rispetto al territorio circostante, nei quali la morfologia segna l'andamento della giacitura degli strati. Nell'evoluzione delle forme dei versanti l'orientazione della stratificazione gioca inoltre un ruolo fondamentale: i versanti con stratificazione a reggipoggio e a traversopoggio configurano pareti subverticali e pendii molto acclivi con pendenze di oltre il 40%, mentre i versanti con stratificazione a franappoggio configurano invece pendii generalmente regolari, localmente interrotti da movimenti franosi, con pendenze generalmente medie (25 - 40%) equiparabili a quelle del dorso degli strati subverticali. Nel complesso l'assetto della stratificazione dà origine a rilievi asimmetrici denominati cuesta, con fronte ripido (versanti con stratificazione a reggipoggio) e dorso poco inclinato (versanti con stratificazione a franappoggio). Localmente la successione delle rocce dure, soprattutto lungo gli allineamenti delle principali faglie, è condizionata da una notevole fratturazione e caoticizzazione, che determinano un grado di morfoselezione medio-basso; in queste zone l'assetto morfologico è configurato da modesti rilievi e da versanti mediamente o poco acclivi, con pendenze raramente superiori al 25%, spesso interessati da movimenti franosi.

Nel complesso il paesaggio delle zone di specifico interesse è ampiamente dominato dalla presenza di forme strutturali. L'assetto morfologico, per il netto contrasto esistente tra le zone di affioramento delle rocce dure e delle rocce tenere e per la presenza di numerose faglie, risulta molto vario e tipicamente contraddistinto da valli asimmetriche e dall'altalenante sequenza di versanti ripidi e versanti poco acclivi.

3.5 Forme e depositi legati alla degradazione meteorica

Si tratta di depositi di materiali a prevalente comportamento coesivo, nonostante l'alta frazione di elementi litoidi, le cui proprietà reologiche sono condizionate dal contenuto d'acqua:

In condizioni di siccità originano la formazione di una crosta essiccata di terreno, molto consistente, soggetta ad importanti fenomeni di ritiro volumetrico con formazione di fessure di

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	23 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

essiccazione che possono estendersi anche a profondità rilevanti, comportando una permeabilità fissurale medio-alta;

In condizioni stagionali umide sono soggetti a fenomeni di rigonfiamento e di plasticizzazione; l'acqua in seno alla massa di terreno ne comporta l'ammollimento con possibilità di fargli acquisire le proprietà di una massa semifluida, esercitando inoltre pressioni interstiziali che vanno a ridurre le forze stabilizzanti.

Le coltri detritiche sono estremamente sensibili agli effetti del dilavamento e dell'infiltrazione delle acque superficiali; le interazioni con le acque meteoriche sono, infatti, all'origine dei meccanismi che regolano l'innescamento sia dei processi erosivi, con formazione di calanchi, sia del collasso per movimenti gravitativi.

Nelle zone di affioramento delle rocce dure per la natura coerente delle rocce con grado di selettività medio-alto in versanti ad alta pendenza, è invece frequente l'affioramento delle rocce stesse.

Le coltri detritiche, come nel caso di quelle derivanti dalla degradazione delle rocce tenere, sono sensibili agli effetti del dilavamento e dell'infiltrazione delle acque superficiali; le interazioni con le acque meteoriche, in relazione alle caratteristiche granulometriche dei materiali, danno origine a movimenti gravitativi. Il grado di conducibilità idraulica di tali materiali, per afflussi idrici ordinari, consente il deflusso delle acque d'infiltrazione senza comportare problemi per la staticità del pendio, perché le conseguenti pressioni interstiziali sono di modeste entità e sono rapidamente dissipate. In condizioni di afflussi straordinari ed eccezionali il drenaggio dell'acqua infiltrata diviene invece difficoltoso con conseguente innescamento di pressioni interstiziali non trascurabili che vanno a ridurre le forze stabilizzanti.

3.6 Forme e depositi legati al ruscellamento

Il ruscellamento dipende direttamente dal dilavamento delle acque meteoriche, perciò è discontinuo nel tempo ed è in funzione del ritmo e dell'intensità delle precipitazioni. L'azione meccanica diretta della pioggia e successivamente dell'acqua superficiale può originare sui versanti fenomeni di erosione. Tutti i versanti dell'area in esame sono soggetti a queste forme d'erosione. Il tasso d'erosione è tuttavia funzione di molteplici fattori che comprendono il tipo di vegetazione presente, la pendenza dei versanti, la natura, la permeabilità, la tessitura e la resistenza delle rocce e dei terreni affioranti.

3.4. Forme e depositi dovuti al dissesto

Nella zona in esame sono state individuate e rappresentate graficamente le zone soggette a dissesto attuale e recente, nonché quelle caratterizzate da instabilità potenziale e/o di provata documentazione storica, al fine di valutare il rischio geomorfologico e l'evoluzione del territorio in relazione ai fattori morfogenetici attivi. Tra gli elementi individuati rientrano anche le aree

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	24 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

sottese agli orli delle scarpate di degradazione, siano esse di natura strutturale (superfici e testate di strato, limiti geologici, ecc.) o geomorfologica (scarpate di frana, di erosione selettiva, di cava, ecc.), in quanto indicanti superfici che presentano condizioni sfavorevoli per la stabilità dei versanti (in quanto potenzialmente soggette a caduta massi, frane di crollo, ecc.).

I movimenti gravitativi possono essere suddivisi in movimenti lenti e rapidi. Nei primi non è possibile apprezzare visivamente la dinamica del movimento, ma lasciano nel tempo effetti morfologici caratteristici. I secondi invece provocano sui versanti delle vistose modificazioni, tra cui una zona di distacco (rappresentata in genere da una scarpata a forma di nicchia spesso soggetta a degradazione), una zona di movimento e una zona di accumulo.

3.7 Movimenti di massa lenti

L'espressione dei movimenti lenti è dovuta ai fenomeni di soliflusso generalizzato e reptazione. Il soliflusso generalizzato è un lento movimento solidale di una massa semi-fluida che interessa superficialmente versanti poco inclinati, costituiti da terreni prevalentemente fini capaci di assorbire molta acqua. Sui versanti dà luogo a piccole colate, lobi, terrazze e increspature del terreno.

La reptazione è invece il risultato complessivo di tutto un insieme di movimenti lentissimi e parziali del mantello eluvio-colluviale verso valle, che conferiscono al versante leggere increspature e depressioni.

3.8 Movimenti rapidi

I movimenti di massa rapidi, in riferimento alla classificazione geomorfologica adottata dalla Provincia di Piacenza nelle carte del dissesto contenute nel PTCP, derivata in buona parte da quella regionale (carta del dissesto in scala 1:25.000), e con specifico riferimento al territorio in esame, sono stati suddivisi in:

- Frane attive: esprimono una situazione di crisi del versante, nel quale si evince un movimento in atto responsabile di evidenti alterazioni nella continuità morfologica del pendio.
- Frane quiescenti: esplicano una fase di quiete di un pregresso stato di crisi. I depositi mobilizzati dalle spinte gravitative si sono accumulati secondo un profilo di equilibrio a minimo potenziale, ovvero si trovano in uno stato di attività che possiamo definire latente. Il corpo di frana, in dipendenza della gestione del territorio e dell'azione dei processi esogeni, può evolvere ancora in un movimento gravitazionale attivo, oppure trovare uno stato di equilibrio definitivo e duraturo (paleofrane).

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	25 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Le due categorie di movimenti di massa individuati esprimono sostanzialmente lo stato d'attività del dissesto, sia in termini di cinematismo sia d'equilibrio statico.

Riguardo invece alla classificazione tipologica del movimento franoso si è fatto esplicito riferimento alla suddivisione di NEMCOK et alii (1972), VARNES (1978) e HUTCHINSON (1988), opportunamente adattata alla situazione geomorfologica dell'Appennino Settentrionale. I movimenti sono stati suddivisi in 7 differenti tipi: crolli, ribaltamenti, scorrimenti (o scivolamenti), espansioni laterali, colamenti, frane complesse e deformazioni gravitative profonde. Nei seguenti paragrafi sono esplicate le tipologie dei movimenti franosi (secondo NEMCOK et alii, 1972; VARNES, 1978; e HUTCHINSON, 1988; modificato) in funzione del cinematismo del movimento. Le frane complesse sono costituite dalla combinazione di almeno due tra i movimenti principali, definiti nei paragrafi precedenti. Una tipologia di frana complessa, frequente nell'ambito dell'Appennino settentrionale, è lo scorrimento rotazionale o traslativo, il cui corpo di frana evolve in colata.

4 Dati geotecnici e geofisici

I dati necessari allo studio di microzonazione sismica sono suddivisibili in dati pregressi e dati ottenuti da nuove acquisizioni geofisiche. I dati pregressi sono stati ottenuti da consultazione diretta presso l'ufficio Tecnico del Comune di Bettola, dei dati di base catalogati e allegati al Piano Regolatore Generale variante 1998 (rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi), dei dati presenti nelle relazione geologiche eseguite in aree urbanizzate e/o urbanizzabili a carico di committenti pubblici e privati.

Dati pregressi:

- Allegati al PRG vigente del Comune di Bettola (Pc);
- Raccolti presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Bettola (Pc), Pratiche Edilizie private e pubbliche (interventi diretti e piani attuativi), Varianti e le indagini specifiche;
- Banca dati del Servizio Geologico d'Italia (Indagini del sottosuolo, Sondaggi profondi, Faglie capaci, Geofisica) - ISPRA;
- Banca dati del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna.

I dati definiti da una geometria puntuale sono identificati da un record progressivo che va da 1 a 172, riportati nella tabella CdI_tabelle; i dati definiti da una geometria lineare sono identificati da un record progressivo che va da 1 a 48. Si rimanda ai file in formato .pdf nella cartella Bettola_S20/Indagini/Documenti allegati per la descrizione dei singoli dati riportati nella "Carta delle indagini".

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	26 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Dati ottenuti da nuove indagini:

- n. 18 siti di acquisizione di misure strumentali di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola; la campagna di indagini geofisiche è stata eseguita dallo Scrivente tecnico in collaborazione con il geologo Tagliavini Francesco;
- n. 8 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPTm, di cui 4 hanno raggiunto la condizione di rifiuto tecnico dopo pochi cm in profondità. La campagna geognostica costituita da queste prove penetrometriche statiche è stata eseguita dallo Scrivente tecnico.
- L'ubicazione delle indagini è stata stabilita sulla base di un criterio di copertura areale ma prima di tutto, a partire dei dati pregressi di natura geologica, geotecnica e geofisica disponibili e quindi sulla base di considerazioni di carattere litologico e stratigrafico.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di 172 dati puntuali e di 48 dati lineari, suddivisi e rappresentati, in forma simbolica e per tipologia, secondo la legenda prevista negli standard regionali per l'informatizzazione degli studi di MS con riferimento agli Indirizzi e Criteri di Microzonazione sismica (ICMS) a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile e catalogati e archiviati mediante software QGIS. I dati rappresentati in carta sono affiancati da un record numerico progressivo che ne rappresenta l'identificativo rintracciabile nella tabella CdI_tabelle.

Descrizione	Sigla	Quantità
Prova penetrometrica statica	C.P.T.m.	15
Prova penetrometrica dinamica leggera	D.L.	43
Prova penetrometrica dinamica pesante	D.P.	36
Analisi di microtremore a stazione singola	HVSR	19
Sondaggio a carotaggio	S	13
Trincea esplorativa	T	46

Tabella 2 – record indagini puntuali suddivise per tipologia e numero.

Descrizione	Sigla	Quantità
Multichannel analysis of surface waves	M.A.S.W	46
Refraction Microtremors	R.E.M.I.	2

Tabella 3 – record indagini lineari suddivise per tipologia e numero.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	27 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

5 Modello del sottosuolo ed effetti di sito

La base per uno studio di microzonazione sismica è la definizione, quanto più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo, cercando di individuare come varia la successione stratigrafica all'interno delle aree in esame e a che profondità si possa trovare il substrato rigido.

In generale gli effetti di un terremoto diminuiscono di intensità all'aumentare della distanza dall'epicentro (punto della superficie sulla verticale dell'ipocentro, dove è avvenuto il movimento che ha generato il terremoto), ma possono essere notevolmente diversi a seconda delle caratteristiche dell'area considerata: cioè gli 'scuotimenti' in una certa zona, anche molto circoscritta, possono essere maggiori in intensità e durata rispetto alle zone vicine.

Ciò è dovuto al fatto che le onde sismiche subiscono delle modificazioni dipendenti da fattori morfologici e stratigrafici locali. Quindi gli effetti del terremoto non dipendono solo dall'energia liberata (magnitudo) e dalla distanza dall'ipocentro, ma anche dal tipo e dall'assetto dei materiali geologici attraversati.

Gli studi di microzonazione sismica sono finalizzati all'individuazione di questi "effetti di sito", cioè le condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche che a scala locale possono modificare più o meno intensamente le caratteristiche dello scuotimento sismico, e dei cosiddetti "effetti co-sismici", cioè quei fenomeni che vengono innescati dal terremoto (V.si Figura 8).

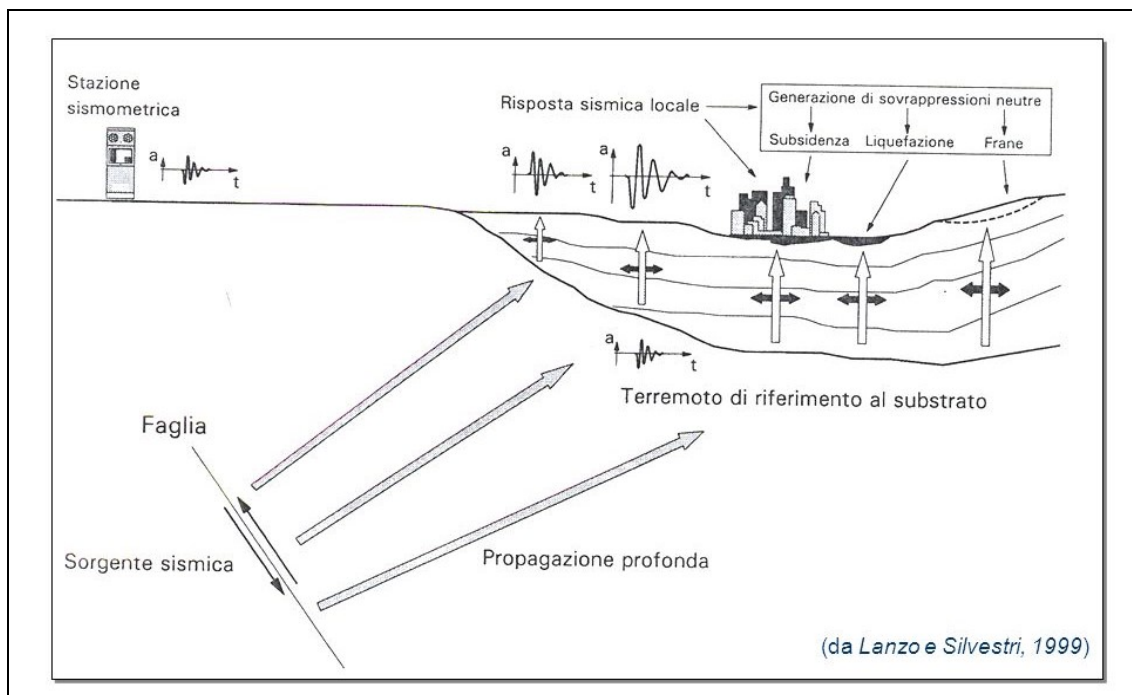


Figura 8 - Gli effetti di un terremoto sono fortemente influenzati dalle caratteristiche locali note come "effetti di sito".

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	28 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Gli effetti co-sismici (e post-sismici) sono costituiti da tutti quei fenomeni, per i quali l'area considerata presenta una certa predisposizione, che vengono innescati dalla scossa sismica:

- Aperture di faglie e fratture in superficie;
- Instabilità dei versanti (frane);
- Instabilità del suolo: liquefazione e fenomeni di densificazione in terreni grossolani incoerenti (sabbie) - consolidazione post-sismica di terreni a grana fine (argille e silt).

Gli effetti di sito comportano dunque la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dell'azione sismica.

Quando le onde sismiche attraversano una superficie di discontinuità tra rocce e terreni di età e caratteristiche diverse in prossimità della superficie si verificano contemporaneamente (V.si Figura 9):

- La generazione di onde riflesse e trasmesse (rifratte);
- La generazione di onde superficiali (che, come evidenzia il nome, si generano comunque in corrispondenza della superficie);
- Una modificazione nell'ampiezza, in misura proporzionale alla differenza di impedenza sismica dei mezzi a contatto (impedenza = velocità onde di taglio per il peso dell'unità di volume del terreno), cioè, detto semplicemente maggiore è la diminuzione di velocità delle onde sismiche e minore è la densità dei terreni superficiali, maggiore è l'amplificazione (un caso tipico è quello dei depositi alluvionali recenti nei fondo valle).

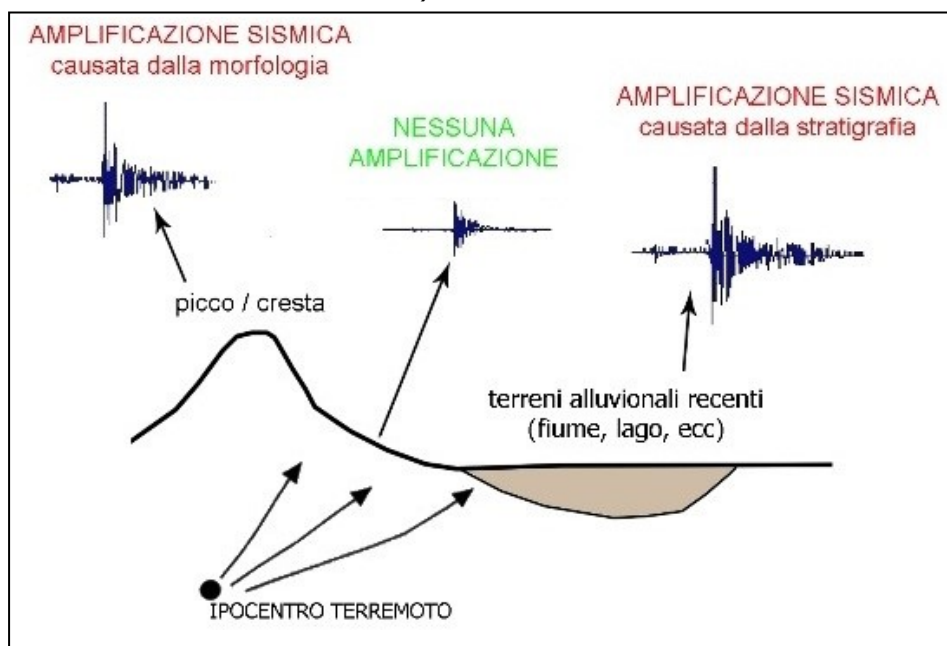


Figura 9 - Tra gli "effetti di sito" che provocano l'aumento di ampiezza e durata di una scossa sismica in un determinato sito vi sono le caratteristiche morfologiche (es. le onde sismiche si concentrano nelle zone di cresta) e stratigrafiche.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	29 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

A tale scopo, per il Comune di Bettola, sono stati esaminati e confrontati tra loro tutti i dati geognostici raccolti oltre a differenti cartografie tematiche, con scale di diverso grado di dettaglio.

Rimandando ai paragrafi successivi la descrizione specifica delle caratteristiche delle porzioni di territorio comunale oggetto del presente studio, di seguito, ci si limita a proporre alcune considerazioni su come il complesso assetto geologico rilevato possa modificare il moto sismico in superficie e quali problematiche comporti per la determinazione degli effetti locali (V.si Sezione geologica rappresentativa).

A riguardo, va considerato che i depositi presenti nel sottosuolo del territorio comunale di Bettola, sia appartenenti al Supersistema Emiliano-Romagnolo che ai depositi di frana e/o eluvio-colluviali (come specificato nel paragrafo 3), presentano una forte variabilità sia di tessitura che dello stato di addensamento. Ne consegue che significative variazioni si hanno anche nei profili delle Vs che, di norma, risultano maggiori all'aumentare della densità e della dimensione dei granuli, mentre, ad una diminuzione di tessitura consegue un'inversione di velocità.

La velocità delle Vs del bedrock sismico, quasi sempre intercettato, è sempre superiore a 800 m/s.

Come già indicato, il presente studio, oltre ad utilizzare i quantità di dati pregressi, ha previsto l'esecuzione di una nuova campagna d'indagini sismiche.

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

I risultati ottenuti per ciascuna prova, riportati nel documento "Elaborazione prove tromografiche (HVSR)" sono:

1. Il grafico rapporto spettrale H/V naturale con curva H/V sintetica, in cui si possono osservare picchi caratteristici, in corrispondenza di determinate frequenze;
2. Spetti delle singole componenti;
3. Tabelle delle Vs-iesime per ciascun sismostrato individuato.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	30 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6 Metodologie di elaborazione e risultati

Nella prima fase di lavoro, relativamente alle aree da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica, ovvero l'intero territorio urbanizzato e urbanizzabile, come definito nell'Allegato 2 alla lettera d'invito per l'affidamento del servizio, sono stati acquisiti dati bibliografici e di archivio, sono stati condotti rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica disponibile.

Successivamente è stata eseguita una campagna di indagini di sismica passiva (misure di ascolto dei microtremori con tromografi digitali portatili) ai fini della definizione delle frequenze fondamentali dei terreni.

Gli elaborati prodotti nella prima fase sono costituiti da:

1. **Carta di Sintesi:** in questa singola tavola è riportata l'ubicazione di tutte le carte di seguito elencate rispetto all'intero territorio comunale di Bettola (scala 1:25.000);
2. **Carta delle indagini:** si tratta di n° 4 tavole in cui sono riportate le indagini pregresse e quelle di nuova esecuzione; tutte le prove sono state classificate in base alla loro tipologia (scala 1:10.000);
3. **Carta geologico-tecnica:** si tratta di n° 22 tavole derivate dalla revisione a scala dettagliata dei rilievi disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie (scala 1:2.000);
4. **Carte delle frequenze naturali dei terreni:** si tratta di n° 4 tavole alla scala 1:2.000 in cui sono riportati i punti di misura e i risultati di indagini di sismica passiva (misure HVSr); in particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1);
5. **Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica [MOPS]:** in questa cartografia, costituita da n° 22 tavole, sono indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari, distinguendo tra zone suscettibili di instabilità, ove sono richiesti approfondimenti di terzo livello, e zone suscettibili di amplificazioni locali, oggetto di approfondimenti di secondo livello, all'interno delle quali sono state operate ulteriori distinzioni, identificando delle microzone omogenee, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche (scala 1:2.000).

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	31 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Successivamente e in diretta continuità con la prima, è stata svolta la seconda fase di lavoro, che ha quale obiettivo la Microzonazione Sismica del territorio indagato.

In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

1. **Carta delle velocità delle onde di taglio S:** si tratta di n° 4 tavole in sono ubicati tutti i punti di misura di Vs con indicazione, per ogni punto misura, del valore di Vs₃₀ (scala 1:10.000);
2. **Carta di microzonazione sismica:** sono carte in cui sono raffigurate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame, quantificata sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI₀), per prefissati intervalli di periodi. In particolare si tratta di:
 - FA_{PGA}, fattore di amplificazione riferito al suolo A come previsto dall'Eurocodice 8 (n° 22 tavole alla scala 1:2.000);
 - FA 0.1s<T₀<0.5s, intensità di Housner (intensità dello spettro di risposta) SI/SI₀ tra 0.1 e 0.5 sec. (n° 22 tavole alla scala 1:2.000);
 - FA 0.5s< T₀<1.0s, intensità di Housner (intensità dello spettro di risposta) SI/SI₀ tra 0.5 e 1.0 sec. (n° 22 tavole alla scala 1:2.000).

L'analisi della distribuzione dei dati ha riguardato solamente le aree urbanizzate ed urbanizzabili, pertanto per ciascuna zona di indagine è stato identificato, secondo il metodo della discrezionalità dello Scrivente, il grado di approfondimento in essere e quello eventualmente ritenuto necessario.

Le tavole per ciascun campo d'applicazione precedentemente illustrato e sono consultabili nella cartella Plot.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	32 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.1 CASE RICÒ

6.1.1 Carta delle indagini tav. 2 di 4

Le indagini eseguite in località Case Ricò sono state eseguite *ex novo* dallo Scrivente tecnico poiché sfogliando l'archivio comunale non è stata reperita alcuna indagine specifica in sito. Lo Scrivente ha eseguito in quest'area, classificata secondo il PRG vigente come urbanizzabile, n° 01 prova penetrometrica statica (CPTm) e n° 01 acquisizione sismica a stazione singola (HVSr). La CPT non ha fornito dati giudicabili poiché non è stato possibile effettuare l'ancoraggio in quanto il tetto delle ghiaie costituenti il deposito alluvionale che interessa l'area di competenza è sub-affiorante.

L'indagine sismica passiva è stata pertanto determinante per stimare gli spessori dei depositi presenti nell'area, in particolare è emerso che lungo la verticale d'indagine vi è una coltre di origine alluvionale di spessore stimato pari a circa 9,10 m da piano campagna. Tale coltre è costituita prevalentemente da ciottoli di origine calcareo marnosa, poco arrotondati, in scarsa matrice argilloso limosa e poggia su un substrato marino costituito da $V_s > 800$ m/s.

6.1.2 Carta geologico-tecnica tav. 1 di 22

Il sottosuolo dell'area in oggetto è costituito da un substrato roccioso costituito da un'alternanza di litotipi stratificati appartenenti all'Unità Arenarie di Ranzano, su cui poggia in discordanza una copertura alluvionale appartenente ai depositi continentali dell'Unità di Modena. Questa copertura è attraversata dal torrente Spettine a Nord e dal rio Pagani, che scorre da Sud a Nord immettendosi nel torrente Spettine proprio nei pressi di Case Ricò. Il rio Pagani incide fortemente sia il substrato roccioso costituito da arenarie di Ranzano alternate a marne di Monte Piano, formando una valle stretta a V e ripide scarpate di altezza superiore a 20 m e acclività $>15^\circ$, che la coltre detritica portando a luce i depositi grossolani continentali.

6.1.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni tav. 2 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSr denominata nella CdI_tabelle "033004P134-HVSr135" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	8,38 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	4,29

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	33 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.1.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 1 di 22

Nella tavola l'area in oggetto ricade in Zona 2 ovvero Zona suscettibile di amplificazioni sismiche locali la cui successione stratigrafica è costituita da depositi prevalentemente ghiaiosi plurimetrici, intercalati da sottili lenti di materiale fine argilloso, a partire dal piano campagna fino ad una profondità stimata di circa 9 m da p.c., poggianti su un substrato roccioso.

6.1.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 2 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S9} = 346 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 573 \text{ m/s}$$

6.1.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 1 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s. I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento sono:

Fa_{PGA}	1,50
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,10
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,00

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	34 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.2 LUGHERZANO

6.2.1 Carta delle indagini tav. 2 di 4

L'area denominata "Lugherzano" è stata indagata da numerose indagini in sito negli anni addietro, in particolare da n° 03 CPT, n° 06 DP, n° 5 trincee esplorative, n° 2 stendimenti sismici a rifrazione. Lo Scrivente ha provveduto a realizzare n° 01 acquisizione sismica HVSR. Il numero delle indagini nuove e pregresse è stato ritenuto sufficiente a definire il quadro geolitologico dell'area in esame.

In particolare la porzione di terreno che si estende verso Nord Ovest è costituita da depositi alluvionali costituiti prevalentemente da ghiaie grossolane e miscele di ghiaie e sabbie per uno spessore medio di 30 m.

L'area nei pressi del toponimo "Lughersano" è interessata da una coltre limoso argillosa di spessore pari a 6 m circa, profondità a cui le indagini CPT eseguite hanno dato "rifiuto tecnico".

6.2.2 Carta geologico-tecnica tav. 2 di 22

L'area in esame è costituita da un'estesa fascia di depositi alluvionali terrazzati, la cui continuità è interrotta da depositi di conoide alluvionale originate dai rii che scendono dalle aree calanchive ad Ovest dell'abitato di Lugherzano.

I valori di acclività del centro abitato sono abbastanza bassi e comunque sempre inferiori a 15°. Il bedrock è affiorante solo nella porzione Sud Ovest della carta.

Il torrente Nure è il principale elemento idrografico e ad esso sono dovuti i depositi alluvionali terrazzati su cui poggia l'abitato di Lugherzano.

6.2.3 Carta delle frequenze naturali tav. 2 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR denominata nella CdI_tabelle "033004P135-HVSR136" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	19,69 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	2,61

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	35 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.2.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 2 di 22

Nella tavola l'area in oggetto ricade principalmente in Zona 3 e Zona 6 ovvero Zona suscettibile di amplificazioni sismiche locali la cui successione stratigrafica è costituita da depositi argillosi e limosi, con intercalazioni ghiaiose, a partire dal piano campagna fino ad una profondità stimata di circa 30 m da p.c., poggianti su un substrato roccioso.

6.2.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 2 di 4

La profondità del substrato sismico in loc. Lughersano corrisponde alla profondità di 30 m da piano campagna, pertanto la velocità corrispondente allo spessore del deposito sciolto corrisponde con la velocità della V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S30} = 491 \text{ m/s}$$

6.2.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 2 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un substrato di riferimento rigido della porzione verso monte (loc. Lughersano) sono:

Fa_{PGA}	1,50
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,50
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,10

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	36 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.3 CASA BARDARELLI

6.3.1 Carta delle indagini tav. 2 di 4

Le indagini eseguite in località Casa Bardarelli sono state eseguite *ex novo* dallo Scrivente tecnico, poiché nell'archivio comunale è stata reperita soltanto n° 01 DL, prova penetrometrica dinamica leggera, non ritenuta sufficiente alla definizione del modello di sottosuolo in questione. Lo Scrivente ha eseguito in quest'area, classificata secondo il PRG vigente come urbanizzabile, n° 01 prova penetrometrica statica (CPT) e n° 01 acquisizione sismica a stazione singola (HVSr).

La CPT è stata spinta fino a raggiungere la condizione di rifiuto tecnico alla penetrazione alla profondità di 2,2 m da piano campagna.

L'indagine sismica passiva HVSr, eseguita lungo la medesima verticale, ha confermato lo spessore individuato mediante la CPT eseguita *ex novo*, e in particolare è emerso che vi è una coltre di origine alluvionale di spessore stimato pari a circa 28 m da piano campagna, costituente il deposito terrazzato del torrente Nure, che poggia su un substrato marino $V_s \geq 800$ m/s.

6.3.2 Carta geologico-tecnica tav. 3 di 22

L'area urbanizzabile, ubicata nel settore Nord della carta, si trova lungo il confine comunale con il comune di Ponte dell'Olio e poggia su un deposito di conoide alluvionale poco evoluto, sovrastante depositi alluvionali poggianti in discordanza sul substrato flyschoidale marino VLU2, formazione della Val Luretta, membro di Monteventano. I fenomeni di erosione selettiva hanno modellato questa porzione di versante, soprattutto in corrispondenza delle litologie più tenere.

6.3.3 Carta delle frequenze naturali tav. 3 di 22

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSr denominata nella CdI_tabelle "033004P137-HVSr138" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	25,31 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	2,58

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	37 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.3.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 3 di 22

L'area in oggetto ricade in Zona Stabile che non prevede un ulteriore grado di approfondimento. Altresì sono state individuate porzioni di territorio ricadenti in Zona 7 e 9.

6.3.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 3 di 22

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S28.7} = 507 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 515 \text{ m/s}$$

6.3.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 3 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento sono:

Fa_{PGA}	1,50
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,50
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,10

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	38 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.4 RECESIO

6.4.1 Carta delle indagini tav. 1 di 4

Le indagini eseguite in località Recesio sono state eseguite *ex novo* dallo Scrivente tecnico, poiché nell'archivio comunale sono state reperite n° 04 DL, prova penetrometrica dinamica leggera, ubicate però in località "Case Forelli", risultando poco significative in termini di identificazione degli spessori delle coperture del sito.

Lo Scrivente ha quindi provveduto ad eseguire nell'area di Recesio, classificata secondo il PRG vigente come urbanizzabile, n° 01 prova penetrometrica statica (CPT) e n° 01 acquisizione sismica a stazione singola (HVSr).

La CPT ha raggiunto immediatamente la condizione di rifiuto tecnico alla penetrazione non consentendo quindi di ottenere valori indicativi sullo spessore del deposito alluvionale.

L'indagine sismica passiva HVSr, eseguita lungo la medesima verticale, ha messo in evidenza un deposito alluvionale dallo spessore stimabile in 10,30 m da piano campagna.

6.4.2 Carta geologico-tecnica tav. 4 di 22

Nell'intorno dell'abitato di Recesio il versante è intersecato da una depressione valliva solcata dal rio Cassino che a valle si distende in un'ampia conoide detritica. Il sovrastante rilievo collinare si eleva con acclività non trascurabile ed è localmente coinvolto da movimenti franosi della coltre più superficiale, testimoniati da nicchie erosive, da dissesti a muri di contenimento e a murature di fabbricati.

Il substrato marino è sub affiorante nella parte Est dell'abitato ed è costituito da un'alternanza di litotipi appartenenti alla formazione della Val Luretta, Membro di Monteventano VLU2.

6.4.3 Carta delle frequenze naturali tav. 1 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSr denominata nella CdI_tabelle "033004P139-HVSr140" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	9,63 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	2,20

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	39 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.4.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 4 di 22

L'area in oggetto ricade in una zona prevalentemente Stabile ma suscettibile di amplificazione; infatti il territorio è suddivisibile in zone ricadenti in Zona 8 e 3.

6.4.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S10.3} = 249 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 514 \text{ m/s}$$

6.4.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 4 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

Per la zona 8 i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento sono:

Fa_{PGA}	1,70
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,30
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,00

Per la zona 3 i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento sono:

Fa_{PGA}	1,50
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,50
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,10

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.5 SPONGIOLA

6.5.1 Carta delle indagini tav. 1 di 4

L'area denominata "Spongiola" è stata indagata da numerose indagini in sito negli anni addietro, in particolare da n° 03 DL, n° 13 DP, n° 7 trincee esplorative, n° 04 stendimenti sismici a rifrazione SR, n° 01 MASW. Lo Scrivente pertanto non ha eseguito ulteriori indagini in sito, poiché il numero delle indagini pregresse è stato ritenuto sufficiente a definire il quadro geolitologico dell'area in esame.

Lo spessore massimo individuato da codeste indagini è risultato essere a 20 m da piano campagna, oltre al quale è stato intercettato il substrato roccioso, con $V_s \geq 800$ m/s.

6.5.2 Carta geologico-tecnica tav. 5 di 22

L'area su cui poggia l'abitato di Spongiola è interessata da un deposito di frana quiescente complesso che scende lungo il versante con valori di acclività inferiori a 15° nella porzione dell'abitato stesso. L'accumulo è delimitato a monte dal più ripido versante collinare boscato, ove il substrato roccioso resta ricoperta da una coltre eluvio-colluviale; più a settentrione è confinato da un'ampia concavità la cui morfologia risulta irregolarmente ondulata per movimenti superficiali del suolo. Il piede dell'accumulo franoso termina in corrispondenza dell'arteria stradale principale di fondovalle.

Il substrato geologico di riferimento è costituito dal membro di Poviago (VLU1a), che corrisponde alla litofacies arenaceo pelitica della Formazione della Val Luretta.

6.5.3 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 5 di 22

L'area in oggetto presenta perlopiù Zone suscettibili di instabilità che prevedono il 3° livello di approfondimento, di cui alla Figura 10. Parte dell'area presso il toponimo Casa Vecchia ricade in Zona Stabile, che non prevede un ulteriore grado di approfondimento. Solo nei pressi del toponimo Maglio è stata individuata un'are suscettibile di amplificazione locale (Zona 2).

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	41 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

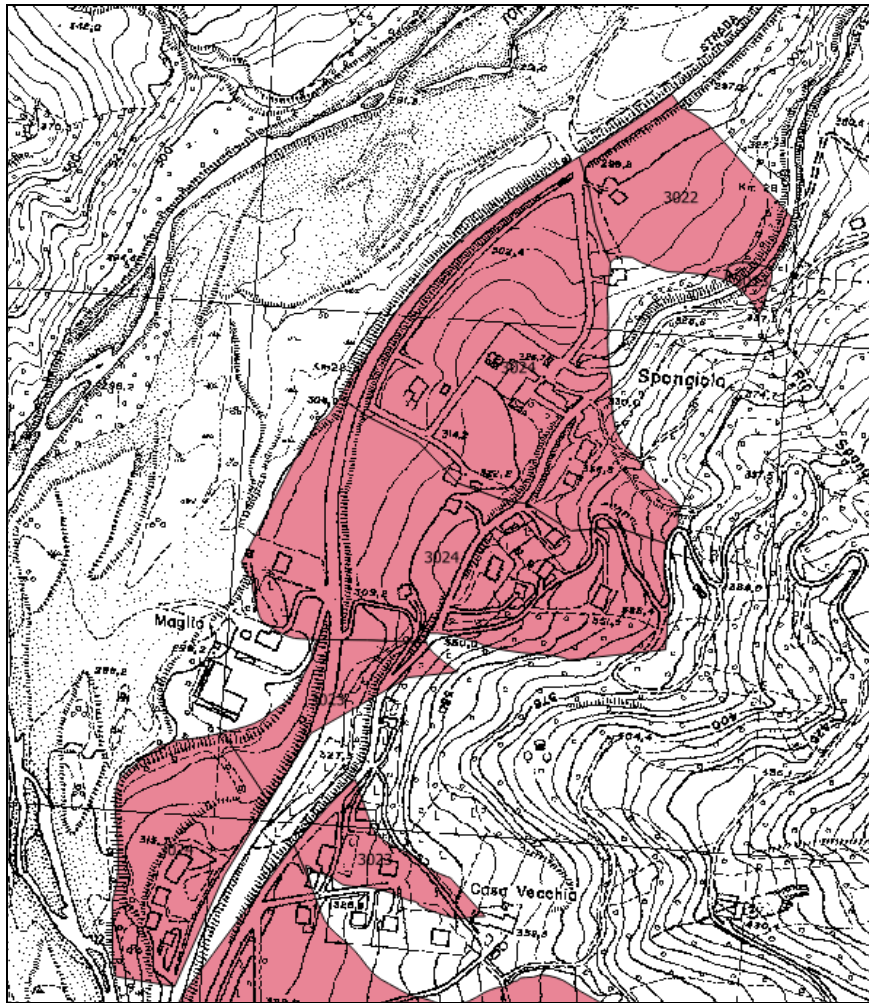


Figura 10 - Aree suscettibili di instabilità.

6.5.4 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{s30} :

$$V_{sh} = V_{s19} = 336 \text{ m/s}$$

$$V_{s30} = 427 \text{ m/s}$$

6.5.5 Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 5 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	42 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

L'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento in località Maglio sono:

Fa _{PGA}	1,90
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,70
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,10

6.6 CASTELLO DI RONCOVERO

6.6.1 Carta delle indagini tav. 1 di 4

L'area denominata "Castello di Roncovero" è stata indagata da numerose indagini in sito negli anni addietro, in particolare da n° 04 DL, n° 07 DP, n° 08 trincee esplorative, n° 01 stendimenti sismici a rifrazione SR, n° 05 MASW, n° 01 Re.Mi. n° 01 CPT. Lo Scrivente pertanto non ha eseguito ulteriori indagini in sito, poiché il numero delle indagini pregresse è stato ritenuto sufficiente a definire il quadro geolitologico dell'area in esame.

Lo spessore massimo individuato da codeste indagini è risultato essere - 6 m da piano campagna. La zona individuata dal toponimo "Seminario di San Luigi" è stata indagata da n° 03 trincee esplorative, n° 03 stendimenti sismici a rifrazione SR, n° 02 DP, n° 01 Re.Mi.

6.6.2 Carta geologico-tecnica tav. 6 di 22

L'area edificata ed edificabile in esame denominata "Castello di Roncovero" si estende per più di 500 m in destra idrografica del torrente Nure, occupando la parte finale di numerosi fenomeni franosi quiescenti, che scendono dai versanti fino ad intersecare i depositi alluvionali del torrente Nure in corrispondenza della strada Val Nure. Il livello di antropizzazione dell'area in questione è stato particolarmente significativo negli ultimi anni, determinando numerose modificazioni morfologiche nei pressi della strada di fondovalle. Il modello geologico di sottosuolo stimato è costituito da 4,80 m di argille e limi mediamente consistenti, che poggiano su un deposito alluvionale prevalente ghiaioso fino a -30 da p.c. L'abitato corrispondente al toponimo "Seminario di San Luigi" è quasi completamente compreso entro i limiti di un deposito di frana quiescente, dallo spessore medio di 4 m poggiante sulla Formazione della Val Luretta, VLU1a membro di Poviago. Dall'indagine sismica a rifrazione si

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	43 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

nota che lo spessore massimo del deposito franoso è di circa 10 m e poggia sul substrato arenaceo-pelitico.

6.6.3 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 6 di 22

Gran parte della tavola è costituita da un'alternanza di zone Stabili con bedrock affiorante e di zone suscettibili di instabilità che prevedono un livello di approfondimento di 3° livello (V.si Figura 11). È presente lungo il torrente Nure un ampio deposito alluvionale ghiaioso che è classificabile come Zona 1 ovvero suscettibile di amplificazione del moto sismico.

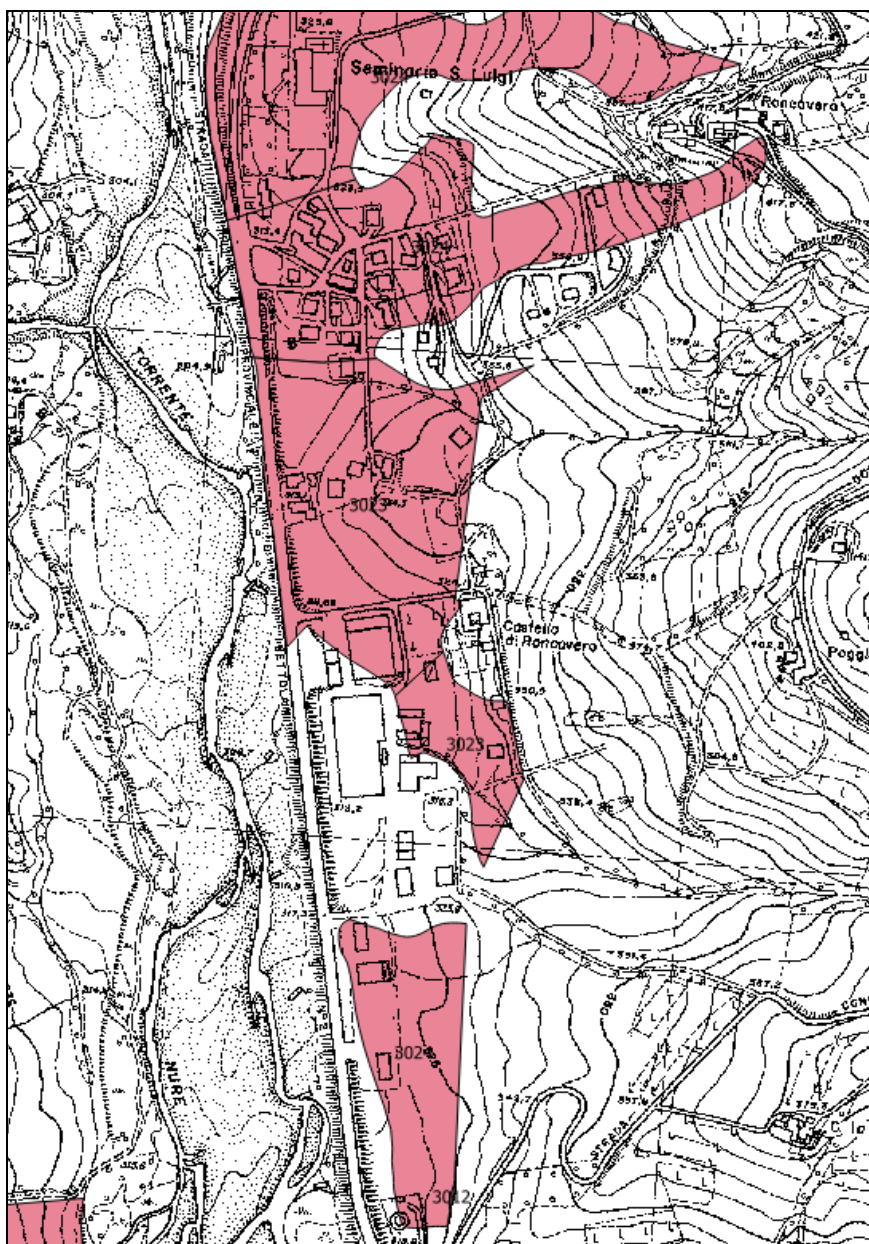


Figura 11 - Aree suscettibili di instabilità.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	44 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.6.4 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere superiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{sh} corrispondente alla V_{s30} spessore del deposito sciolto:

$$V_{sh} = V_{s30} = 300 \text{ m/s}$$

6.6.5 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 6 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento in località Zona Artigianale di Castello di Roncovero sono:

Fa PGA	1,90
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	2,30
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,60

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	45 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.7 BETTOLA NW IL LOGHETTO

6.7.1 Carta delle indagini tav. 1 di 4

L'area denominata "Il Loghetto San Giovanni" è stata indagata dalle seguenti indagini in sito: n° 05 DP, n° 03 MASW, n° 08 trincee esplorative, n° 01 stendimenti sismici a rifrazione SR, n° 05 sondaggi a carotaggio continuo, n° 01 Re.Mi. n° 01 CPT. Lo Scrivente ha ritenuto integrare le succitate indagini con l'esecuzione di n° 01 prova penetrometrica statica (CPT) e n° 02 acquisizioni sismiche a stazione singola (HVSr).

Lo spessore massimo della coltre superficiale individuato dai carotaggi eseguiti, ritenuti i più significativi tra le prove archiviate, è di 13,50 m (carotaggio Sb2).

6.7.2 Carta geologico-tecnica tav. 7 di 22

La zona considerata la porzione occidentale del capoluogo comunale ed il piede delle sovrastanti pendici collinari. La fascia di più antica edificazione è compresa entro il fondovalle del Nure in fregio al cui ampio alveo ciottoloso essa si estende per quasi 600 m di lunghezza con una ampiezza di un centinaio di metri: il piano di campagna giace a quote prossime a quelle di massima piena del Nure ma è preservata del rischio di tracimazione grazie all'argine che si eleva lungo la strada parallela all'alveo, il cui fianco di valle è protetto dall'erosione torrentizia da difese spondali.

Sui sovrastanti pendii collinari il substrato roccioso, costituito da calcari di Bettola sovrascorsi sulle arenarie di Scabiazza poco più a Nord rispetto al rio San Giovanni, è celato da una spessa coltre colluviale diffusamente coinvolta da movimenti franosi; in particolare un corpo di frana, attivo in tempo recenti, interseca il pendio tra il cimitero ed il convento della Madonna della Quercia, lambendo con un fronte di un centinaio di metri l'estremità settentrionale dell'abitato di San Giovanni.

Un antico accumulo di frana evidenziato dalla marcata convessità del piano campagna si protende verso il Nure anche all'estremità meridionale dell'area considerata, in sinistra idrografica del rio San Giovanni.

6.7.3 Carta delle frequenze naturali tav. 1 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSr denominate nella CdI_tabelle "033004P117-HVSr118" e "033004P142-HVSr143" hanno fornito rispettivamente i seguenti risultati:

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	46 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

F ₀ (frequenza del picco H/V)	7,09 Hz
A ₀ (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F ₀)	3,37

F ₀ (frequenza del picco H/V)	0,25 Hz
A ₀ (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F ₀)	2,52

6.7.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 7 di 22

In sinistra spondale del torrente Nure, lungo la fascia che da Il Loghetto in direzione sud arriva fino a Il Castellaccio si trova un’alternanza di aree stabili e aree instabili che richiedono il terzo livello di approfondimento.

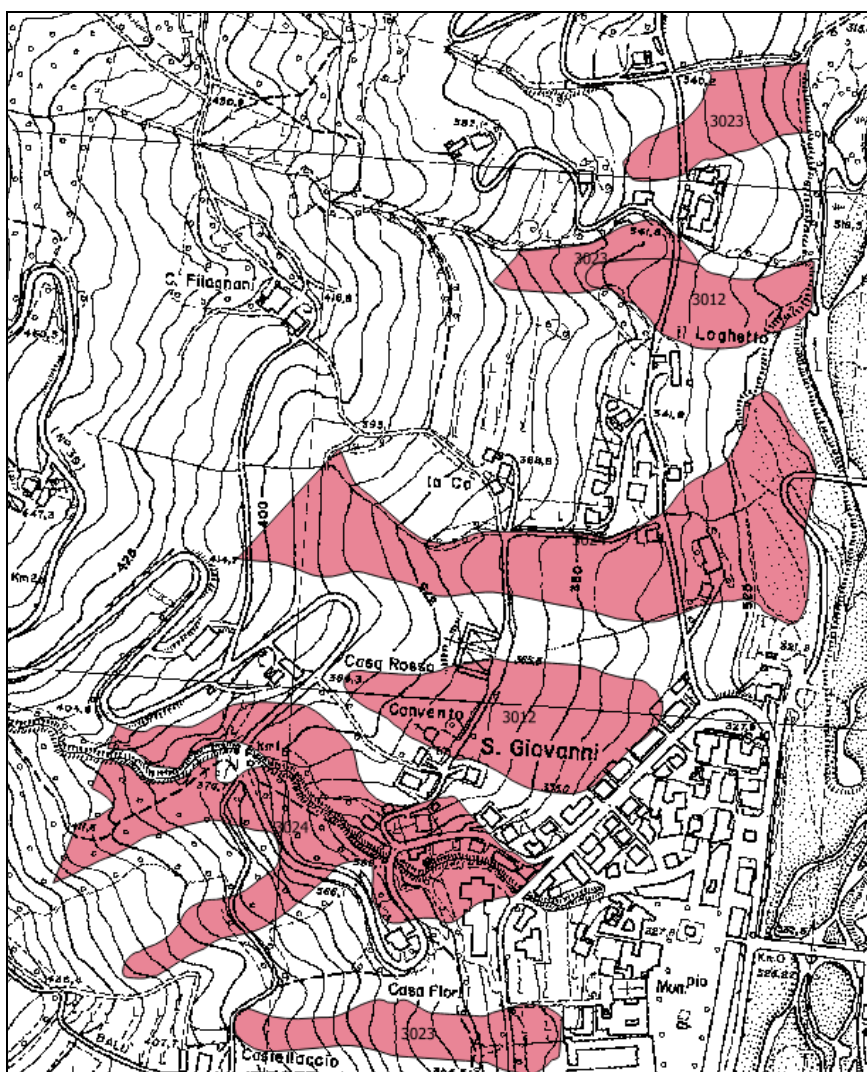


Figura 12 - Aree suscettibili di instabilità.

Il nucleo storico di Bettola ricade in Zona 4 e in Zona 6 cioè suscettibili di amplificazione sismica, mentre presso il Loghetto la litozona è pressoché stabile.

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	47 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.7.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

Bettola nucleo storico zona 4:

$$V_{Sh} = V_{S25,62} = 500 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 537 \text{ m/s}$$

Bettola nucleo storico zona 6:

$$V_{Sh} = V_{S18} = 572 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 953 \text{ m/s}$$

6.7.6 Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 7 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento sono:

Bettola nucleo storico Zona 4:

F_{aPGA}	1,50
F_{a} Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,30
F_{a} Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,00

Bettola nucleo storico Zona 6:

F_{aPGA}	1,30
F_{a} Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,10
F_{a} Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,00

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.8 BETTOLA NE SAN BERNARDINO

6.8.1 Carta delle indagini tav. 1 di 4

Le indagini geognostiche e geofisiche a disposizione sono collocate nella parte inferiore del corpo di frana e sono rappresentate da n° 08 DP, n° 01 HVSR, n° 02 stendimenti sismici a rifrazione SR, n° 01 MASW.

Lo Scrivente ha eseguito un'acquisizione sismica a stazione singola. Lo spessore massimo del deposito alluvionale individuato dall'indagine è stato di 25,0 m.

6.8.2 Carta geologico-tecnica tav. 8 di 22

L'area interessata dall'abitato di San Bernardino corrisponde alla porzione comunale del capoluogo; essa si estende per quasi 1 km in sponda destra del torrente Nure, tra le incisioni torrentizie del rio dei Pozzoli a Sud e del rio Barbarone a Nord.

La fascia di valle si trova sempre al di sopra delle quote di massima piena del torrente Nure; il tratto inferiore del pendio, già intensamente edificato, si presenta stabile e di assai modesta acclività. Il substrato roccioso costituito dalla Formazione dei calcari di Bettola (BET) localmente affiora sul fondo dell'incisione del rio San Bernardino, e più diffusamente lungo le scarpate morfologiche che intersecano il versante a quota 360 m s.l.m.

6.8.3 Carta delle frequenze naturali tav. 1 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR denominata nella CdI_tabelle "033004P140-HVSR141" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	5,22 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	2,53

6.8.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 8 di 22

La quartiere San Bernardino di Bettola è per la maggior parte classificato come area suscettibile di amplificazione locale (Zona 4).

Nei pressi delle località Fra i Luoghi e San Bernardino sud si ritrovano zone stabili cioè in cui non è previsto ulteriore approfondimento. In località M. Barbarone è presente una zona suscettibile di instabilità che invece richiede un approfondimento di 3° livello (V.si Figura 13).

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	49 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

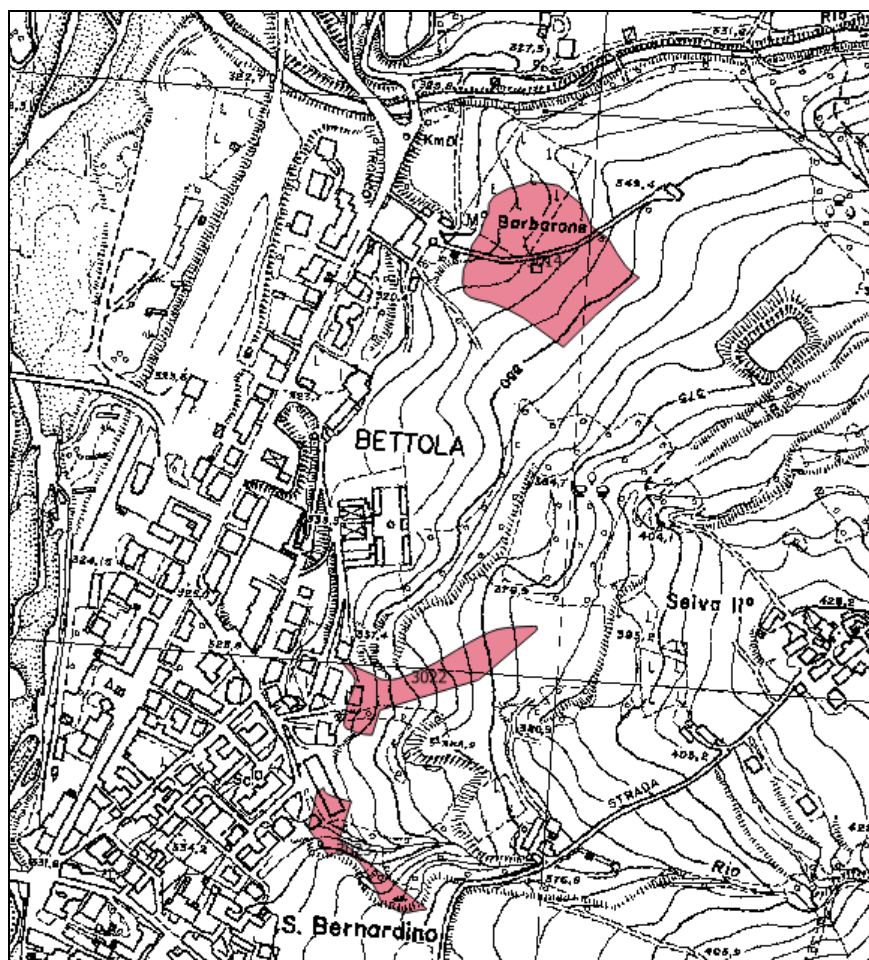


Figura 13 - Aree suscettibili di instabilità.

6.8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S25} = 457 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 492 \text{ m/s}$$

6.8.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 8 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	50 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento nucleo storico di Bettola sono:

Fa _{PGA}	1,60
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,50
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,10

6.9 BETTOLA SW TORRICELLE DI SOPRA

6.9.1 Carta delle indagini tav. 1 di 4

Le indagini eseguite sia in località Torricelle che in località I Perani sono catalogate come n° 03 DL, n° 08 sondaggi a carotaggio continuo, n° 01 CPT, n° 1 DP, n° 1 trincea esplorativa, n° 01 MASW, n° 06 stesa sismica a rifrazione. Lo Scrivente ha eseguito un'acquisizione sismica a stazione singola.

Lo spessore della copertura superficiale in località I Perani è di 3-5 m, invece in località Torricelle di Sopra è mediamente di 6 m (da sismica a rifrazione SR).

6.9.2 Carta geologico-tecnica tav. 9 di 22

L'abitato individuato dal toponimo "Torricelle di Sopra" si trova nel settore basale del versante che discende con direzione Est verso la valle del torrente Nure a partire dalla quota di 395 m, interessando la S.P. di Val Nure. Il corpo franoso, cartografato a partire dal nucleo di Perani a nord sino ad Abbandonata a sud, deve intendersi come la coalescenza di corpi detritici di varia origine, favoriti dal disturbo tettonico subito dall'ammasso roccioso, trovandosi in prossimità della linea di sovrascorrimento dell'Unità delle Arenarie di Scabiazza sull'Unità del Flysch di Bettola.

Dal punto di vista morfologico si individua un costone a morfologia centrifuga, a pendenza media, disposto in direzione OSO-ENE, su cui sorge il nucleo antico di Torricelle di sopra.

Procedendo verso nord si osserva un impluvio conchiforme che tende a diventare subpianeggiante a valle della S.P. della Val Nure, delimitato verso est da una ripida scarpata di erosione fluviale, che passa da un'altezza massima di oltre 20 m. in corrispondenza dell'edificio esistente prossimo al ciglio della scarpata stessa, per scendere sino a circa 5 m. a nord di Perani.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	51 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

In corrispondenza dell'edificio di cui sopra la scarpata è interessata da fenomeni di scoscendimento recenti; a protezione di potenziali scalzamenti in caso di erosione da parte del Torrente Nure è stata realizzata una difesa fluviale mediante gabbionate e pennelli. Nell'abitato de "I Perani" si notano tipiche ondulazioni della superficie topografica indicative del movimento franoso, individuabili nel settore a monte di Perani, mentre il settore a valle della S.P. della Val Nure presenta blanda pendenza anche a seguito delle sistemazioni agricole dei terreni.

Il dissesto si colloca immediatamente a valle di una vasta frana attiva (classificata tra le "Aree a rischio idrogeologico molto elevato" di cui al PS 267), interessante il settore di testata e mediano del bacino del Rio San Giovanni.

6.9.1 Carta delle frequenze naturali tav. 1 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR, eseguita in area di frana, denominata nella CdI_tabelle "033004P118-HVSR119" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	2,97 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	2,01

6.9.2 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 9 di 22

I toponimi I Perani, Torricelle di Sopra e Torricelle di sotto ricadono in una zona suscettibile di instabilità che prevede quindi un grado di approfondimento di 3° livello, la restante parte di territorio risulta stabile.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	52 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

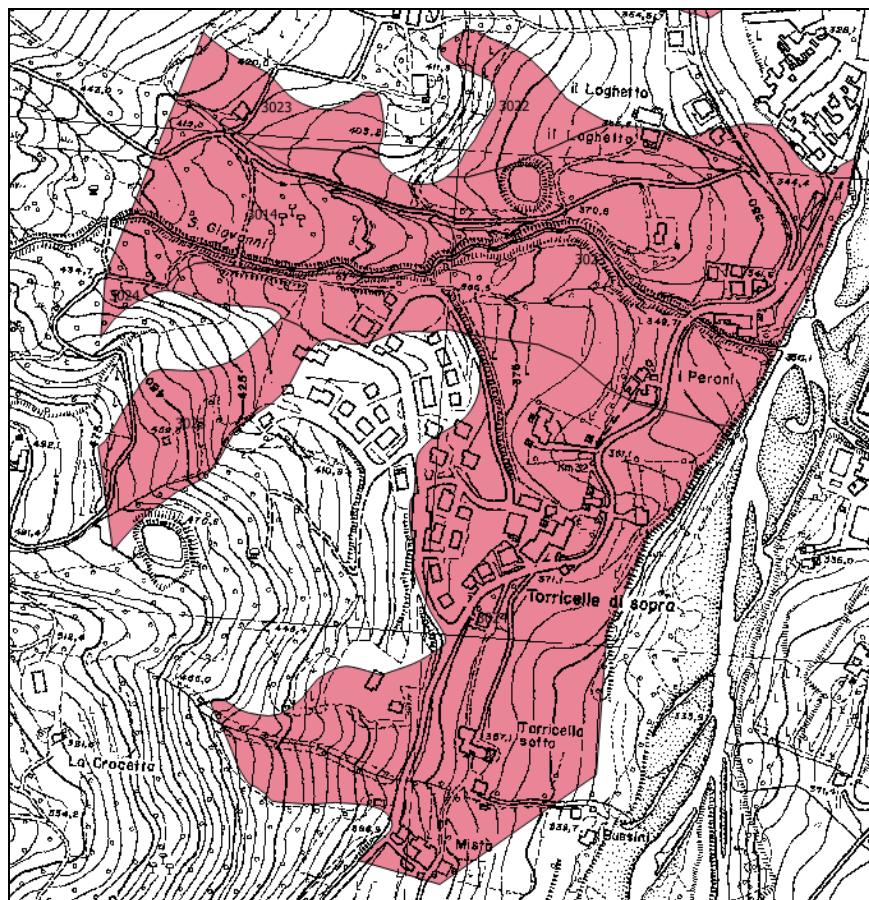


Figura 14 - Aree suscettibili di instabilità.

6.9.1 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4

Il substrato geologico sismico rigido è praticamente sub-affiorante, secondo le indagini reperite, con spessori in zone stabili tra 3 e 5 metri. Non state eseguite ulteriori analisi di dettaglio.

6.9.2 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA}, Fa_{0,1-0,5s}, Fa_{0,5-1,0s}) tav. 9 di 22

I toponimi I Perani, Torricelle di Sopra e Torricelle di sotto ricadono in una zona suscettibile di instabilità che prevede quindi un grado di approfondimento di 3° livello, la restante parte di territorio risulta stabile.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	53 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.10 BETTOLA SE PIANAZZO

6.10.1 Carta delle indagini tav. 1 di 4

Le indagini geognostiche e geofisiche a disposizione sono collocate nella parte inferiore del corpo di frana e sono rappresentate da n° 05 DP, n° 02 trincee esplorative, n° 07 stendimenti sismico a rifrazione SR, n° 02 MASW, n° 01 DL.

Lo Scrivente non ha eseguito ulteriori indagini poiché ha ritenuto sufficienti quelle reperite in archivio comunale.

6.10.2 Carta geologico tecnica tav. 10 di 22

I depositi dell'area di località Pianazzo sono riferibili alla Formazione del Flysch di Bettola, formazione che risulta essere tempo-equivalente e sedimentata nel medesimo bacino del Flysch di Monte Caio. Tale substrato non affiora direttamente nell'area di indagine ma è celato da una discreta coltre di spessore metrico di detriti in stato di Dissesto quiescente di natura detritica argilloso-limosi e argilloso-detritica.

Da un punto di vista morfologico, l'area in esame giace entro il versante a pendenza abbastanza irregolare che discende ovest-nord-ovest; esso risulta essere modellato da forme definite dalla presenza di litologie a diversa resistenza e giacitura (Flysch di Bettola e Argille a Palombini) derivanti, con ogni probabilità, dal substrato celato più in profondità e ricoperto da una modesta coltre detritica di spessore variabile da pochi decimetri a qualche metro. Dal rilievo morfologico eseguito si rileva che il versante in oggetto non risulta ad oggi essere in stato di dissesto attivo.

6.10.3 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 10 di 22

L'area cartografata rappresenta il naturale proseguimento della tavola 8 di 22 Bettola NE San Bernardino, ma a differenza di quest'ultima, nella tavola 10 vi sono sia aree stabili, dovute alla presenza di roccia, sia aree suscettibili di amplificazione sismica locale, prevalentemente nei depositi alluvionali (Zona 4) e di conoide inattiva (Zona 8) lungo il torrente Nure.

In località Pianazzo e parzialmente la località l'Abbandonata le aree ricadono in una zona suscettibile di instabilità che prevede in grado di approfondimento di 3° Livello.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	54 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

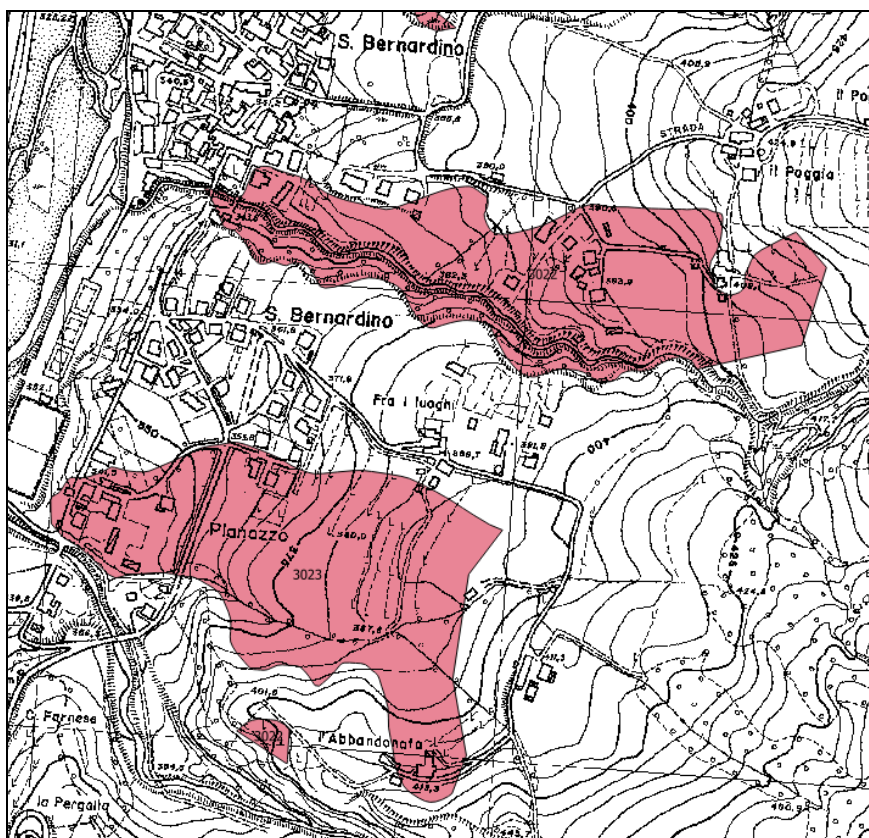


Figura 15 - Aree suscettibili di instabilità.

6.10.4 Carta delle velocità delle onde di taglio 10 di 22

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{s30} :

San Bernardino Zona 8

$$V_{sh} = V_{s8} = 621 \text{ m/s}$$

$$V_{s30} = 876 \text{ m/s}$$

San Bernardino Zona 4

$$V_{sh} = V_{s25} = 457 \text{ m/s}$$

$$V_{s30} = 492 \text{ m/s}$$

6.10.1 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 10 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	55 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento sono:

San Bernardino Zona 8:

Fa PGA	1,00
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,00
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,00

San Bernardino Zona 4:

Fa PGA	1,60
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,50
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,10

6.11 EBBIO

6.11.1 Carta delle indagini tav. 2 di 4

Le indagini eseguite in località Ebbio sono state eseguite *ex novo* dallo Scrivente tecnico poiché sfogliando l'archivio comunale non è stata reperita alcuna indagini specifica in sito, al netto di n° 02 trincee esplorative in corrispondenza del cimitero.

Lo Scrivente ha eseguito in quest'area, classificata secondo il PRG vigente come urbanizzata, n° 01 prova penetrometrica statica (CPT) e n° 01 acquisizione sismica a stazione singola (HVSR). La CPT ha raggiunto la profondità di 4,0 m da piano campagna.

Mediante l'indagine sismica passiva sono stati individuati gli spessori degli depositi presenti nell'area, in particolare è emerso che lungo la verticale d'indagine vi è la coltre di detrito di versante di spessore stimato pari a circa 4,75 m da piano campagna, in linea con la CPT succitata.

6.11.2 Carta geologico-tecnica tav. 11 di 22

L'abitato di Ebbio si trova per la maggior parte su un deposito di detrito di versante (a3) che insiste lungo la parte mediana del versante del Monte Barbieri e poggia su un substrato roccioso costituito da alternanza di arenaria e peliti appartenenti al Membro di Monteventano (VLU2). I valori di acclività nei pressi dell'abitato sono inferiori a 15°, mentre superano questa

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	56 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

soglia nella zona a Sud Ovest del versante. Nella parte Nord della carta è presente un deposito di frana quiescente dal movimento complesso lungo la cui direzione si trova il paesino di Ebbio. La parte Ovest di Ebbio è incisa da un piccolo rio che incide fortemente sia la copertura quaternaria che il substrato roccioso.

6.11.3 Carta delle frequenze naturali tav. 2 di 22

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR denominata nella CdI_tabelle "033004P144-HVSR145" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	2,06 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	2,44

6.11.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 11 di 22

L'area ricade quasi interamente nella litozona 10 ovvero zona suscettibile di amplificazione locale.

6.11.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 2 di 22

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S20.75} = 369 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 444 \text{ m/s}$$

6.11.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 11 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	57 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento in località Ebbio sono:

Fa _{PGA}	1,90
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,70
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,10

6.12 MISSANO

6.12.1 Carta delle indagini tav. 1 di 4

Le indagini eseguite in questa località sono state n° 05 DL, n° 01 HVSR, n° 02 stesa sismica a rifrazione SR. Viste la ridotta estensione dell'abitato, lo Scrivente ha ritenuto sufficienti le indagini di archivio.

6.12.2 Carta geologico-tecnica tav. 12 di 22

La porzione di pendice sulla quale si colloca la frazione di Missano è contraddistinta da un'acclività, nell'insieme, relativamente moderata, circa il 18%, risultando caratterizzata da un cambio di pendenza all'isoipsa dei 500 m.

Malgrado un accurato rilievo geologico di superficie non abbia accertato la presenza di "significativi affioramenti rocciosi" è emerso che, con l'esclusione dell'estrema porzione Nord-orientale, il centro abitato di Missano si dispone lungo una pendice dotata di condizioni morfologiche e idrogeologiche "parzialmente" favorevoli.

Il substrato geologico rientra nell'ambito del Flysch della Val Luretta, in particolare nel Membro di Monteventano costituito prevalentemente da alternanze medio sottili arenacee argillose. Tale substrato affiora in parte nell'area di indagine, la maggior parte è celato da una discreta coltre di spessore metrico di depositi in stato di frana quiescente di natura detritica eterogenea argilloso-ciottolosa e limo-argillosi.

Da un punto di vista morfologico, l'area in esame giace entro il versante a pendenza abbastanza regolare che discende verso ovest-nord-ovest; esso risulta essere modellato da forme definite dalla presenza di litologie (Flysch della Val Luretta) a diversa resistenza e giacitura derivanti, con ogni probabilità, dal substrato celato appena più in profondità e ricoperto da una modesta coltre detritica di spessore variabile da pochi metri a diversi metri.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	58 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.12.3 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 12 di 22

L'area ricade quasi interamente nella litozona 10 ovvero zona suscettibile di amplificazione locale.

6.12.4 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 1 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S12} = 388 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 561 \text{ m/s}$$

6.12.5 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 12 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento in località Missano sono:

Fa $_{PGA}$	1,40
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,00
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,10

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.13 RIGLIO

6.13.1 Carta delle indagini tav. 2 di 4

Nell'archivio del Comune di Bettola sono state reperite n° 2 trincee esplorative, lo Scrivente ha eseguito ex-novo n° 1 acquisizione sismica passiva HVSr e n° 1 prova penetrometrica statica CPT. La CPT ha raggiunto la profondità di - 3,20 m da p.c. L'indagine sismica ha evidenziato che la coltre superficiale ha uno spessore di 3,00 m come da indagine penetrometrica eseguita.

Il bedrock sismico è stimato essere a 30,00 m da p.c.

6.13.2 Carta geologico-tecnica tav. 13 di 22

L'abitato di Riglio si è sviluppato lungo la valle stretta del rio Lubbie alla confluenza con il torrente Riglio. L'abitato ad ovest poggia sulle Argilliti di Guselli mentre ad est si ritrova una conoide torrentizia, del rio Lubbie, parzialmente erosa dal torrente Riglio. Risalendo il rio Lubbie, ad ovest dell'abitato, si ritrovano in sinistra idrografica una frana quiescente complessa mentre in destra orografica una frana attiva di scorrimento. A nord dell'abitato affiora il membro di Poviago, litofacies arenaceo-pelitica, mentre a sud affiora il membro di Monteventano, litofacies arenaceo-calcareo, entrambi afferenti alla Formazione della Val Luretta.

6.13.3 Carta delle frequenze naturali tav. 2 di 22

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSr denominata nella CdI_tabelle "033004P146-HVSr147" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	12,97 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	3,60

6.13.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 13 di 22

L'area ricade nelle litozone 9 e 3, entrambe suscettibili di amplificazione sismica locale. Solo la porzione Nord presenta una zona Stabile con substrato affiorante.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	60 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.13.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 2 di 22

La profondità del substrato sismico corrisponde alla profondità di 30 m da piano campagna, pertanto la velocità corrispondente allo spessore del deposito sciolto corrisponde con la velocità della V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S30} = 376 \text{ m/s}$$

6.13.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 13 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento in località Riglio, sia per la Zona 9 che per la Zona 3, sono:

Fa_{PGA}	1,70
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,80
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,20

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	61 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.14 VILLANOVA

6.14.1 Carta delle indagini tav. 3 di 4

Lo Scrivente ha eseguito *ex-novo* n° 1 acquisizione sismica passiva HVSR e n°1 prova penetrometrica statica CPT. La prova penetrometrica statica ha raggiunto immediatamente la condizione di "rifiuto" pertanto l'individuazione del bedrock sismico è stata rilevata mediante l'indagine sismica. In particolare essa ha evidenziato che il bedrock sismico si trova ad una profondità di 23,50 m da p.c.

6.14.2 Carta geologico-tecnica tav. 14 di 22

L'abitato di Villanova poggia interamente su un deposito di frana quiescente complessa che si estende lungo tutto il versante fino al torrente Perino.

Lo spessore del deposito di frana è stato stimato in 23,50 metri e poggia su un substrato flyschoidale costituito dalle calcareniti del Flysch di Farini (FAR2). I valori di acclività superano i 15° nella porzione ad ovest dell'abitato stesso, mentre nel paese sono mediamente inferiori. Gli edifici non presentano significative lesioni dovute a movimenti in atto.

6.14.3 Carta delle frequenze naturali tav. 3 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR denominata nella CdI_tabelle "033004P148-HVSR149" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	3,81 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	3,28

6.14.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 14 di 22

L'area ricade, per la quasi totalità, in Zona suscettibile di instabilità che comporta un grado di approfondimento di 3° livello, ad eccezione della zona nei pressi del cimitero che risulta stabile (V.si Figura 16).

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	62 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

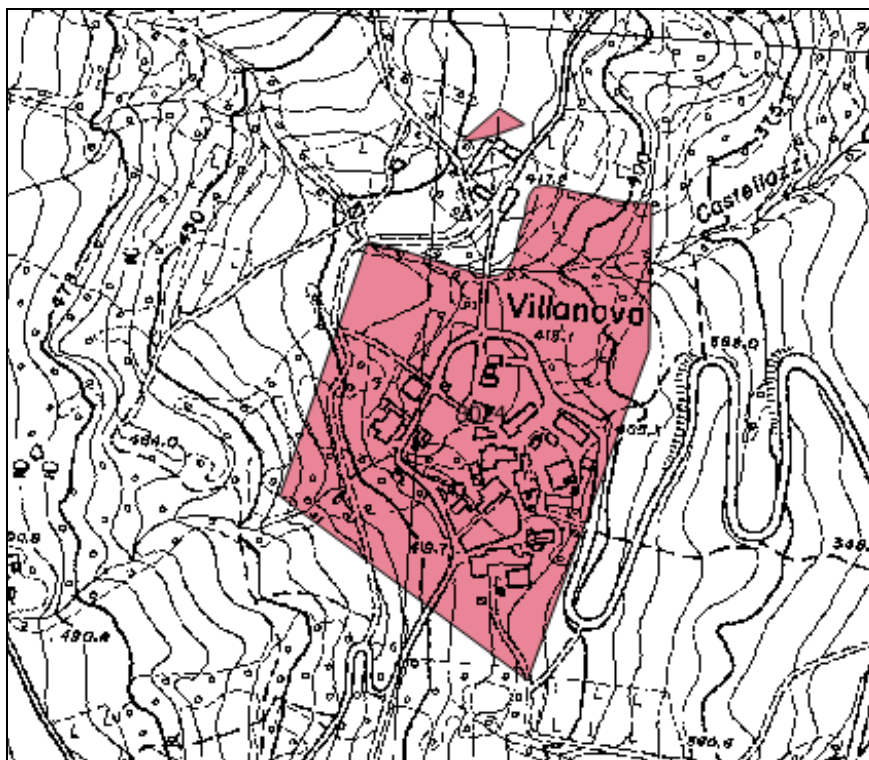


Figura 16 - Aree suscettibili di instabilità.

6.14.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 3 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S23.56} = 280 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 327 \text{ m/s}$$

6.14.6 Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 14 di 22

Nell'area di Villanova non sono presenti aree suscettibili di amplificazione sismica locale.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	63 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.15 VEROGNA

6.15.1 Carta delle indagini tav. 3 di 4

Le indagini, reperite nell'archivio comunale ed eseguite in località Verogna sono state n° 03 prove penetrometriche dinamiche, n° 02 stendimenti sismici a rifrazione.

Lo Scrivente ha ritenuto sufficiente il grado di approfondimento raggiunto dalle indagini eseguite. Secondo gli stendimenti a rifrazione il bedrock si trova ad una profondità media di circa 12 m da piano campagna. Le prove penetrometriche hanno raggiunto il rifiuto tecnico alla penetrazione tra 2,5 e 6 m da p.c.

6.15.2 Carta geologico-tecnica tav. 15 di 22

La porzione di pendice sulla quale si colloca la frazione di Verogna è contraddistinta da un'acclività, nell'insieme, relativamente moderata, circa il 18%, risultando caratterizzata da un pronunciato cambio di pendenza al contatto tra l'aggregato edilizio più antico di monte.

Malgrado un accurato rilievo geologico di superficie non abbia accertato la presenza di "significativi affioramenti rocciosi" è emerso che, con l'esclusione dell'estrema porzione Nord-orientale, il centro abitato di Verogna si dispone lungo una pendice dotata di condizioni morfologiche e idrogeologiche "parzialmente" favorevoli.

Gli edifici costituenti la suddetta frazione sono difatti impostati in un tratto di versante caratterizzato da una pendenza media complessiva inferiore ai 15°, dove non si segnalano condizioni di degrado derivanti dal mutamento dell'equilibrio geostatico dei luoghi, dato del resto confermato dall'integrità strutturale degli edifici in sasso, risalente alla fine dell'ottocento, ed ancora "perfettamente" integri.

6.15.3 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 15 di 22

L'area ricade interamente in Zona suscettibile di instabilità che comporta un grado di approfondimento di 3° livello, sia per l'abitato di Verogna che per Costa Coetta (V.si Figura 17).

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	64 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

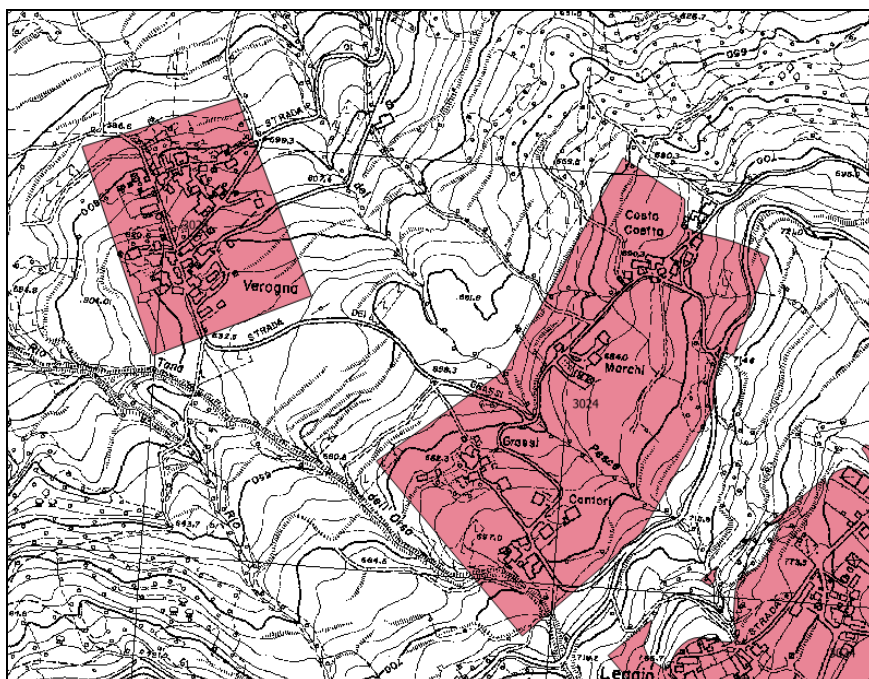


Figura 17 - Aree suscettibili di instabilità.

6.15.4 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 3 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{s30} :

$$V_{sh} = V_{s14} = 571 \text{ m/s}$$

$$V_{s30} = 749 \text{ m/s}$$

6.15.5 Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 15 di 22

Nell'area di Verogna non sono presenti aree suscettibili di amplificazione sismica locale.

Pozzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.pozzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	65 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.16 LEGGIO

6.16.1 Carta delle indagini tav. 3 di 4

Nell'archivio del Comune di Bettola sono state reperite le seguenti indagini: n° 2 trincee esplorative, n° 3 DL, n°1 stendimento sismico a rifrazione (SR).

Lo Scrivente ha provveduto ad eseguire n° 1 prova penetrometrica statica spinta fino a raggiungimento della condizione di rifiuto tecnico alla penetrazione e a n° 1 acquisizione sismica passiva (HVSr).

L'indagine penetrometrica ha raggiunto la profondità pari a 3,60 m da p.c., corrispondente alla coltre più superficiale del deposito di frana. L'indagine sismica ha confermato lo spessore precedentemente rilevato, mentre il bedrock sismico non è stato rilevato nei primi 30 metri di profondità.

6.16.2 Carta geologico-tecnica tav. 16 di 22

Dal punto di vista geologico il locale substrato roccioso è costituito dalla successione litologica nota in letteratura con il nome di "Formazione dei Flysch di Farini d'Olmo - Membro di Rigolo" appartenente all'Unità Tettonica "Liguri".

Si tratta di calcari marnosi e marne chiare in strati da medi a molto spessi e locali banchi, sovente a base arenitica grigia, alternati a subordinate areniti e peliti grigie in strati sottili e medi.

Va osservato, in ogni caso, come nella porzione di versante interessata dal corpo di frana quiescente, il substrato roccioso sia ricoperto da una coltre detritica di natura eluvio-colluviale, la cui seppur "limitata" consistenza è da riconnettere all'elevato grado di tettonizzazione delle strutture sedimentarie locali, che si presentano intensamente fratturate per via delle sollecitazioni tettoniche subite in particolar modo durante il Terziario terminale.

Questa copertura detritica è stata soggetta ad una mobilitazione generale che ha compromesso l'equilibrio geostatico della porzione di territorio in studio, con particolare riguardo alle pendici adiacenti la frazione di Verogna.

Il dissesto quiescente che lambisce a Nord-Est il centro abitato si protrae da quote prossime a 720 m., fino a raggiungere il fondovalle (quota 350 m) inciso dal Torrente Perino. Mentre quello che interessa la porzione meridionale della pendice si sviluppa dalle aree di crinale, prossime a quota 900 m, evolvendosi in un corpo di frana quiescente per colamento lento in prossimità e a valle della frazione di Verogna.

L'innescò di tale fenomeno (deformazione di tipo "plastico") è stata favorita, oltre che dall'azione erosiva di fondo del Rio Secco, dall'imbibizione della coltre limoso-argillosa che ricopre l'unità flyschoidale e che, localmente, manifesta un sensibile ispessimento.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	66 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Si distinguono chiaramente lungo l'intero versante gradini di frana su cui si sono formate ampie superfici sub-pianeggianti (taluni settori sono anche in debole contropendenza, con difficoltoso deflusso delle acque meteoriche) raccordate da brevi scarpate con elevata acclività. Dal punto di vista geomorfologico il pendio in studio, disposto con direzione prevalente SE-NO, è caratterizzato da geometrie variabili e dalle frequenti scarpate sopraccitate, comunque di modesta entità.

La presenza di un esteso dissesto idrogeologico appare evidente osservando i numerosi fenomeni di erosione diffusa o di aree soggette a ristagno di acque superficiali, che coinvolgono seppur con dimensioni ridotte le pendici prospicienti il centro abitato e che presentano, in alcuni tratti, significative deformazioni e pendii irregolari.

6.16.3 Carta delle frequenze naturali tav. 3 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR denominata nella CdI_tabelle "033004P150-HVSR151" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	23,44 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	3,13

6.16.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 16 di 22

L'area ricade, per la quasi totalità, in Zona suscettibile di instabilità che comporta un grado di approfondimento di 3° livello.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	67 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

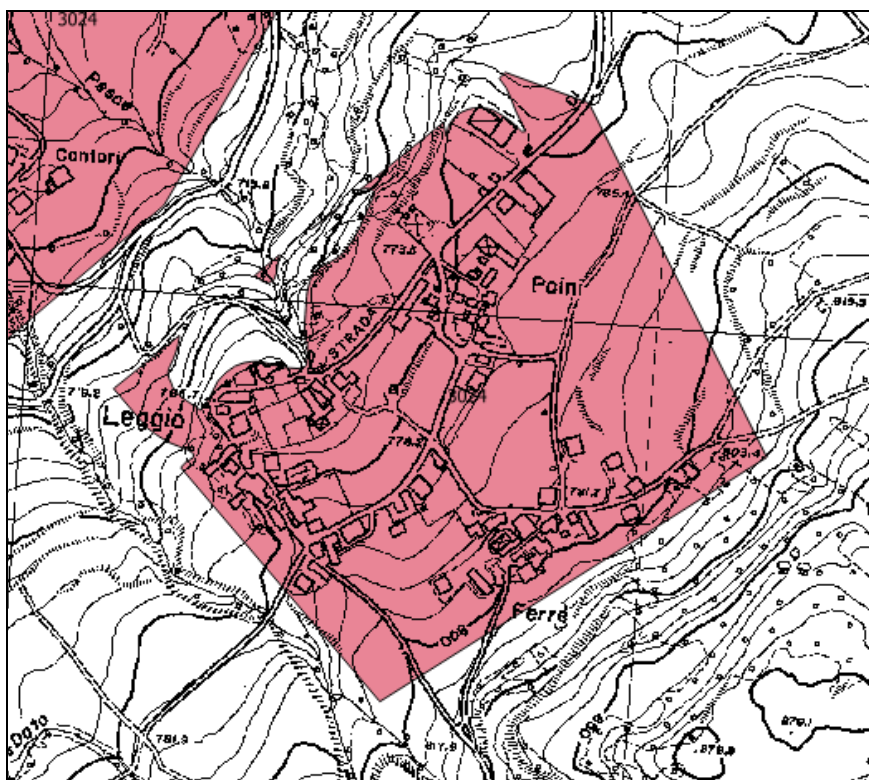


Figura 18 - Aree suscettibili di instabilità.

6.16.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 16 di 22

La profondità del substrato sismico è risultata essere superiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata la velocità corrispondente allo spessore del deposito sciolto:

$$V_{S30} = 485 \text{ m/s}$$

6.16.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 16 di 22

Nell'area di Leggio non sono presenti aree suscettibili di amplificazione sismica locale.

Pozzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.pozzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	68 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.17 MONTOSERO

6.17.1 Carta delle indagini tav. 3 di 4

Lo Scrivente ha eseguito *ex-novo* n° 1 acquisizione sismica passiva (HVSr) poiché nell'archivio comunale non sono state ritrovate indagini geologiche riguardanti l'abitato di Montosero.

Dall'analisi dell'indagine sismica lo Scrivente stima che il bedrock sismico sia ubicato ad una profondità di circa -19,00 m da p.c.

6.17.2 Carta geologico-tecnica tav. 17 di 22

La località di Montosero poggia per la maggior parte su un substrato calcareo arenaceo appartenente ai Calcari di Bettola (BET). In corrispondenza della porzione ovest del paese è stato rilevato il contatto tettonico discordante fra i Calcari di Bettola (BET) e le sottostanti Arenarie di Scabiazza (SCB). I valori di acclività del pendio sono mediamente inferiori ai 15° salvo locali scarpate morfologiche in corrispondenza dei movimenti franosi rilevati lungo l'intero pendio che dal Monte Osero scende in direzione del Torrente Nure.

6.17.3 Carta delle frequenze naturali tav. 3 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSr denominata nella CdI_tabelle "033004P152-HVSr153" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	14,04 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	3,73

6.17.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 17 di 22

L'abitato comprende un "nucleo centrale" considerato stabile e perimetrato come zona suscettibile di amplificazione locale, e due porzioni di territorio, una a Nord e l'altra a Sud rispetto al nucleo centrale, che ricadono in zone suscettibili di instabilità di versante.

In quest'ultimo caso è necessario un grado di approfondimento di 3 livello.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	69 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

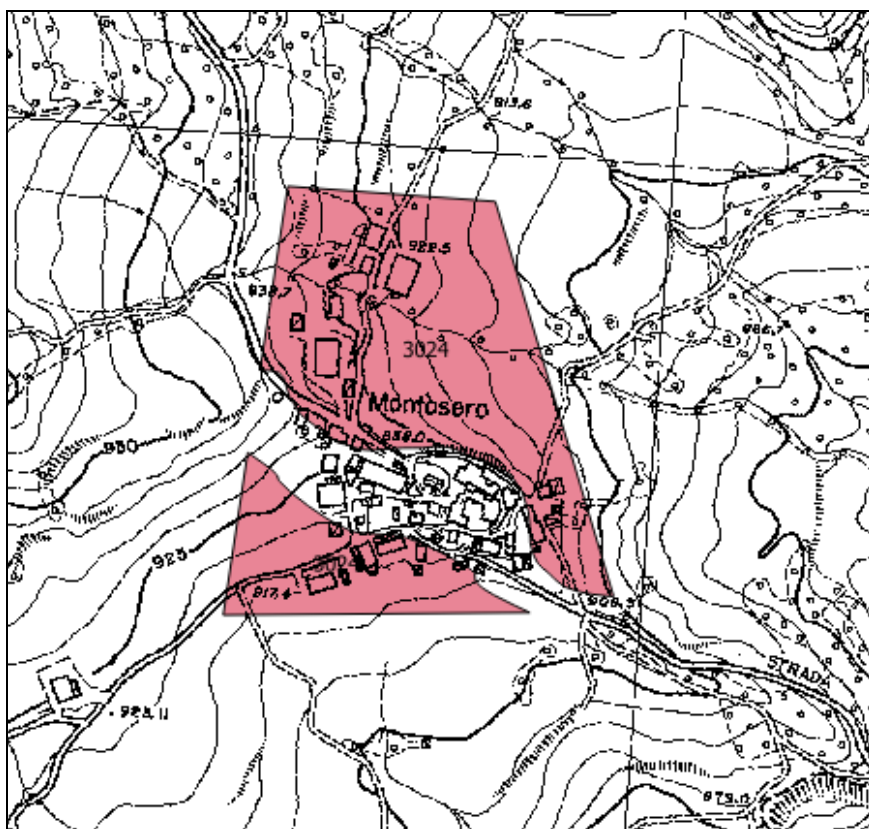


Figura 19 - Aree suscettibili di instabilità.

6.17.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 3 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{s30} :

$$V_{sh} = V_{s19} = 285 \text{ m/s}$$

$$V_{s30} = 375 \text{ m/s}$$

6.17.6 Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 17 di 22

Nell'area di Montosero non sono presenti aree suscettibili di amplificazione sismica locale.

Pozzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.pozzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	70 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.18 MUSA

6.18.1 Carta delle indagini tav. 3 di 4

Nell'archivio sono state reperite n° 05 stese sismiche a rifrazione SR, n° 01 trincea esplorativa. Lo Scrivente ha inoltre eseguito una nuova indagine sismica HVSR.

6.18.2 Carta geologico-tecnica tav. 18 di 22

L'area in esame ricade nell'ambito dell'Appennino piacentino, costituito da un complesso edificio di unità tettoniche, rappresentato dalla sovrapposizione di queste unità secondo un modello generale di thrust nord-est vergenti.

Le unità rappresentative della zona in esame sono: il Flysch di Farini, le Argille a Palombini e le Arenarie di Scabiazza.

Dal punto di vista geologico, la caratteristica principale dell'area è sicuramente costituita dai sovrascorrimenti che hanno portato la formazione più antica, rappresentata dal Flysch di monte Cassio, nella parte sommatatale del locale edificio tettonico.

Il fattore che condiziona la stabilità dell'area che, è dato dalla sovrapposizione di formazioni rigide, intensamente tettonizzate, come le Arenarie di Scabiazza su formazioni prevalentemente argillose appartenenti alle Argille a Palombini. Quest'ultimo complesso pur essendo di natura eterogenea, presenta, dal punto di vista idrogeologico un comportamento impermeabile rispetto alle formazioni sovrastanti più permeabili.

Da rilevare che proprio la disposizione stratigrafica strutturale delle successioni è favorevole, come in tante altre parti dell'Appennino, alla genesi di fenomeni franosi in esame. La presenza di litologie "rigide", in posizione sovrastante, favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno della massa rocciosa attraverso le fratture e i giunti di stratificazione, facendole riemergere in corrispondenza di orizzonti impermeabili su cui queste rocce poggiano.

Si originano, pertanto una serie di sorgenti allineate secondo disposizioni strutturali e stratigrafiche, al passaggio tra le litologie a diverso grado di permeabilità. Spesso l'emergenza di tali sorgenti risulta mascherata dalla presenza di materiale detritico, attraverso il quale si infiltra l'acqua sotterranea.

A monte e a Nord-est dell'area d' interesse affiorano le Arenarie di Scabiazza.

Alla base di questo formazione sono presenti le Argille a Palombini che risultano spesso mal distinguibile dal materiale detritico.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	71 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.18.3 Carta delle frequenze naturali tav. 3 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR denominata nella CdI_tabelle "033004P119-HVSR120" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	2,94 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	2,29

6.18.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 18 di 22

Le località Musa e Pieve di Revigozzo ricadono in Zona 12 suscettibile di amplificazione sismica locale. L'abitato di Apulo ricade interamente in una Zona suscettibile di instabilità.

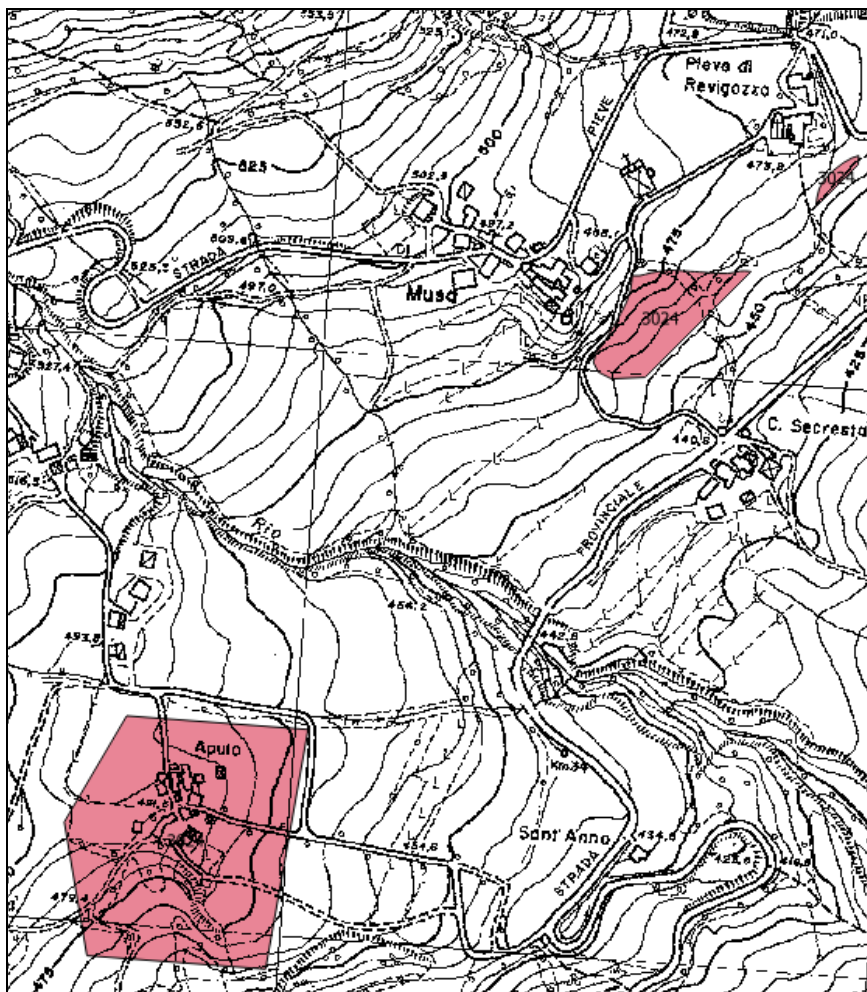


Figura 20 - Aree suscettibili di instabilità.

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	72 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.18.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 3 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S15.1} = 331 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 467 \text{ m/s}$$

6.18.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 18 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento in località Musa sono:

Fa_{PGA}	1,80
$Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.1s < T_0 < 0.5s}$	1,40
$Fa_{\text{Intensità spettrale } 0.5s < T_0 < 1.0s}$	1,00

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	73 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.19 BRAMAIANO

6.19.1 Carta delle indagini tav. 4 di 4

Lo Scrivente ha eseguito n° 1 indagine sismica passiva HVSR *ex novo*; nell'archivio comunale sono state rilevate n° 02 DL, non sufficienti alla definizione del modello di sottosuolo.

6.19.2 Carta geologico-tecnica tav. 19 di 22

L'area su cui poggia il nucleo centrale dell'abitato di Bramaiano è costituito da un substrato roccioso costituito da i calcari di Bettola. A sud ovest e a nord sono presenti depositi gravitativi quiescenti e attivi che caratterizzano tutto il versante fino al torrente Nure.

6.19.3 Carta delle frequenze naturali tav. 4 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR denominata nella CdI_tabelle "033004P153-HVSR154" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	28,41 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	1,76

6.19.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 19 di 22

L'area ricade Sud Ovest e a Nord in Zona suscettibile di instabilità che comporta un grado di approfondimento di 3° livello, tuttavia gran parte di quest'area non è urbanizzato; il nucleo centrale della località si trova perlopiù su zona stabile, ad eccezione della porzione Nord la quale è ubicata nella litozona 12, con spessore 9 m.

Da notare che la cartografia geologica regionale indica a Nord di Bramaiano un'estesa presenza di depositi alluvionali tipici delle zone di fondovalle, classificati AES8a Unità di Modena. Lo Scrivente ritiene alquanto improbabile che la natura di tali depositi sia di origine fluviale s.s, piuttosto sembra essere di origine gravitativa.

È opportuno pertanto approfondire la conoscenza di codesta porzione di versante che, stando alla cartografia attuale, dalla cima posta a quota 636.9 m s.l.m. del monte Posola di Costa fino al torrente Nure posto a 348 m s.l.m., risulta essere ricoperto da depositi alluvionali neogenici.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	74 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.19.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 4 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{S9} = 311 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 557 \text{ m/s}$$

6.19.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 19 di 22

Nella carta di microzonazione sismica sono riportati i valori di amplificazione. In essa viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie del sito esaminato.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, che per tutto il territorio comunale di Bettola corrisponde ad un substrato marino dell'Appennino e del margine appenninico-padano caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

I fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento in località Bramaiano sono:

Fa PGA	1,70
Fa Intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$	1,30
Fa Intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$	1,00

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	75 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.20 COSTA

6.20.1 Carta delle indagini tav. 4 di 4

In località "Costa" sono state reperite presso l'archivio comunale n° 7 DL, n° 3 trincee esplorative. Lo Scrivente non ha proceduto ad eseguire ulteriori indagini.

6.20.2 Carta geologico-tecnica tav. 20 di 22

Dal punto di vista geologico il locale substrato roccioso è costituito dalla successione litologica nota in letteratura con il nome di "Formazione dei Flysch di Farini d'Olmo" appartenente all'Unità Tettonica "Liguri. Si tratta di una formazione sedimentaria marina, caratterizzata da stratificazioni flyschoidi calcareo-marnose ed arenaceo-argillose, con rari banchi di marne rosate. Il materiale di questi affioramenti rocciosi è talora sfruttato industrialmente per il cemento e le calci aeree, a seconda dei litotipi nelle aree di cava; meno interessante lo sfruttamento agricolo, condizionato da suoli solitamente poco sviluppati o pressoché assenti, data la solitamente scarsa erodibilità delle stratificazioni più rigide. La formazione si presenta generalmente stabile grazie alla sua permeabilità e compattezza dei litotipi. Localmente affiorano la litofacies di Groppo Ducale ed il membro di Costa:

- FAR2a - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Rigolo - litofacies di Groppo Ducale: Alternanze di arenarie fini grigio scure e peliti marnose e siltiti rosse e verdastre a stratificazione sottile, con intercalazione di banchi di marne rosate. Questa litozona è presente al tetto di FAR2. Potenza stimata variabile da 0 a 30 m.
- FAR3 - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Costa: Torbiditi arenaceo-pelitiche di colore grigio-verde in strati gradati generalmente medi o spessi. Discontinuamente al tetto brecce ad elementi di calcari e marne in matrice argillosa. Potenza circa 25 m.

Un accurato rilievo geologico dell'intero versante ha evidenziato la presenza di estesi depositi superficiali che ricoprono diffusamente la formazione rocciosa, formati essenzialmente da accumuli di frana quiescente (a2g), costituiti da mescolanze eterogenee di frammenti di roccia provenienti dalle unità litologiche circostanti, con assetto frequentemente caoticizzato, proprietà fisico meccaniche decisamente più scadenti di quelle proprie delle unità rocciose di provenienza e facile impregnabilità da parte delle acque di infiltrazione, che esaltano la tendenza dei materiali a comportarsi come corpi pseudocoerenti. Masse frequentemente in equilibrio precario o instabile.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	76 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Va osservato, in ogni caso, come nella porzione di versante interessata dalla perimetrazione, il substrato roccioso sia parzialmente ricoperto da una coltre detritica di natura eluvio-colluviale o detritica di "limitata" consistenza.

Si distinguono chiaramente lungo l'intero versante gradini di frana su cui si sono formate ampie superfici sub-pianeggianti (taluni settori sono anche in debole contropendenza, con difficoltoso deflusso delle acque meteoriche) raccordate da brevi scarpate con elevata acclività. Dal punto di vista geomorfologico il tratto di pendio in esame, disposto con direzione prevalente SO-NE, è caratterizzato da geometrie variabili e dalle frequenti scarpate sopraccitate, comunque di modesta entità.

6.20.3 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 20 di 22

Nell'abitato di Costa non sono presenti aree suscettibili di amplificazione sismica locale.

6.21 GROPPODUCALE, I CORDANI e I FORLINI

6.21.1 Carta delle indagini tav. 4 di 4

Le indagini eseguite in località Groppoducale, I Cordani e I Forlini sono state eseguite *ex novo* dallo Scrivente tecnico poiché sfogliando l'archivio comunale non è stata reperita alcuna indagini specifica in sito. Lo Scrivente ha eseguito in quest'area, classificata secondo il PRG vigente come urbanizzata, n° 01 prova penetrometrica statica (CPT) e n° 02 acquisizioni sismiche a stazione singola (HVSr), una a I Forlini e l'altra a I Cordani.

La CPT ha raggiunto immediatamente la condizione di rifiuto tecnico alla penetrazione, pertanto tramite l'indagine sismica passiva sono stati individuati gli spessori degli depositi presenti nell'area.

6.21.2 Carta geologico-tecnica tav. 21 di 22

Dal punto di vista geologico il locale substrato roccioso è costituito dalla successione litologica nota in letteratura con il nome di "Formazione dei Flysch di Farini d'Olmo" appartenente all'Unità Tettonica "Liguri".

Si tratta di una formazione sedimentaria marina, caratterizzata da stratificazioni flyschoidi calcareo-marnose ed arenaceo-argillose, con rari banchi di marne rosate.

La formazione si presenta generalmente stabile grazie alla sua permeabilità e compattezza dei litotipi. Localmente affiorano la litofacies di Groppo Ducale:

- FAR2 - Flysch di Farini d'Olmo - membro di Rigolo - litofacies di Groppo Ducale: Alternanze di arenarie fini grigio scure e peliti marnose e siltiti rosse e verdastre a stratificazione sottile, con intercalazione di banchi di marne rosate. Potenza stimata variabile da 0 a 30 m. Sono presenti numerose frane quiescenti che tuttavia non interessano l'abitato di GroppoDucale.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	77 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.21.3 Carta delle frequenze naturali tav. 4 di 4

In località I Forlini sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

In località Groppo Ducale il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR denominata nella CdI_tabelle "033004P154-HVSR155" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	18,25 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	3,66

In località I Cordani il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR denominata "033004P155-HVSR156" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	1,50 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	2,74

6.21.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 21 di 22

Tutti e tre i centri abitati (Groppo Ducale, I Cordani e I Forlini) hanno un "nucleo" centrale da considerarsi come zona stabile, mentre nelle aree limitrofe al nucleo stabile e potenzialmente urbanizzabili, occorre un approfondimento di terzo livello.

Infatti gran parte del territorio circostante è costituito da numerosi corpi franosi che addirittura non interessano abitazioni, ma che intersecano le uniche strade di collegamento tra le suddette località e la viabilità principale ovvero la strada provinciale di Prato Barbieri.

6.21.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 4 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

Groppo Ducale:

$$V_{Sh} = V_{S19.36} = 312 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 400 \text{ m/s}$$

I Cordani:

$$V_{Sh} = V_{S22.5} = 281 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 335 \text{ m/s}$$

6.21.6 Carta di microzonazione sismica (F_{aPGA} , $F_{a0,1-0,5s}$, $F_{a0,5-1,0s}$) tav. 21 di 22

Negli abitati di Groppo Ducale, I Cordani e I Forlini non sono presenti aree suscettibili di amplificazione sismica locale

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	78 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

6.22 PRATO BARBIERI

6.22.1 Carta delle indagini tav. 4 di 4

Nell'archivio comunale di Bettola è stata reperita soltanto n°1 prova MASW; Lo Scrivente ha provveduto ad eseguire n°1 prova CPT, n°1 prova HVRS. La prova penetrometrica statica ha raggiunto la profondità di - 6,00 m da p.c. L'indagine sismica passiva ha evidenziato uno spessore della coltre detritica superficiale pari allo spessore rilevato dalla CPT in precedenza citata.

6.22.2 Carta geologico-tecnica tav. 22 di 22

L'abitato di Prato Barbieri è posto sul limite comunale tra il comune di Bettola ed il comune di Morfasso. Si sviluppa su una cresta formata a Nord dalle Argilliti di Guselli ed a sud dal Flysch di Bettola. Tale copertura si ritrova ad ovest del toponimo Serbatoio, a nord della località Scuola e lambisce la provinciale di Prato Barbieri ad est. Ad ovest dell'abitato, lungo i pendii poco acclivi, si sviluppano una serie di frane quiescenti complesse che lambiscono alcuni fabbricati locali.

6.22.3 Carta delle frequenze naturali tav. 4 di 4

Sulla base dell'acquisizione sismica eseguita si riporta di seguito il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale). È stato ricavato anche il valore del contrasto di impedenza a seconda che l'area sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Il risultato dell'elaborazione dell'indagine HVSR denominata nella CdI_tabelle "033004P157-HVSR158" ha fornito i seguenti risultati:

F_0 (frequenza del picco H/V)	20,88 Hz
A_0 (Ampiezza della curva H/V alla frequenza F_0)	2,91

6.22.4 Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica tav. 22 di 22

L'abitato di Prato Barbieri comprende un "nucleo" considerato stabile.

6.22.5 Carta delle velocità delle onde di taglio tav. 4 di 4

La profondità del substrato sismico è risultata essere inferiore a 30 m, pertanto di seguito è riportata sia la velocità V_{Sh} corrispondente allo spessore del deposito sciolto che la V_{S30} :

$$V_{Sh} = V_{s5.7} = 199 \text{ m/s}$$

$$V_{S30} = 513 \text{ m/s}$$

6.22.6 Carta di microzonazione sismica (Fa_{PGA} , $Fa_{0,1-0,5s}$, $Fa_{0,5-1,0s}$) tav. 22 di 22

Nell'area di Prato Barbieri non sono presenti zone suscettibili di amplificazione sismica locale.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	79 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

7 Interpretazioni ed incertezze

Il percorso metodologico seguito è coerente con gli indirizzi e criteri di Microzonazione Sismica richiesti dal O.P.C.M. n. 4007/12 del 29.02.2012 e permette di valutare le condizioni di stabilità sismica delle aree urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale di Bettola. In considerazione della frammentarietà e della distanza di queste aree l'una dall'altra, ciascuna di esse è stata analizzata e studiata singolarmente.

Talune zone, specialmente nell'intorno del capoluogo comunale e limitrofe aree artigianali, presentano una buona quantità di indagini in sito, utili per una sufficiente definizione del modello geologico sismico del sottosuolo. In altre invece è stato necessario eseguire *ex-novo* apposite indagini. In ogni caso la forte complessità del sottosuolo, lascia spazio ad incertezze nell'interpretazione e interpolazione tra i dati delle indagini pregresse e di nuova realizzazione.

Più in generale è emerso che il substrato rigido presente in tutte le aree urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale di Bettola è sempre ≥ 800 m/s. Gli spessori dei depositi alluvionali, eluvio colluviali e gravitativi sono di volta in volta differenti, passando da pochi metri (es. Prato Barbieri) fino a spessori di 30 metri lungo la fascia che dal capoluogo comunale scende fino a Lugherzano, da cui scaturiscono ogni volta diversi valori dei fattori di amplificazione.

La gran parte delle aree urbanizzabili e urbanizzate del territorio comunale di Bettola sono interessate da depositi gravitativi potenzialmente instabili; tuttavia vista la scarsa densità abitativa di alcune di queste località, che sono talvolta disabitate, gli studi di III livello dovrebbero essere concentrati solo nel capoluogo comunale e nelle aree artigianali che si trovano in sponda destra del torrente Nure, a nord di Bettola, cioè Bettola capoluogo, Castello di Roncovero, Recesio, Spongiola e Casa Bardarelli.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	80 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

8 Confronto della distribuzione dei danni degli eventi passati

Nel comune di Bettola, non è stato possibile effettuare un'analisi della distribuzione dei danni degli eventi sismici avvenuti in passato, in quanto, relativamente a tale tematica, non sono stati trovati documenti specifici.

A riguardo, le uniche informazioni interessanti possono essere desunte dalla consultazione di DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano, nel quale non sono state individuati epicentri di terremoti nel territorio comunale. Tuttavia numerose scosse sono localizzati lungo la fascia di confine tra le province di Piacenza e Parma, di cui la più intensa è stata quella del 23/12/1980 nel territorio Piacentino.

In particolare, osservando gli effetti prodotti dai terremoti in quest'area, si può notare come in occasione del terremoto del 23 dicembre 1980, con epicentro nel Piacentino, si è registrata un'intensità I(MCS) pari a 6, (V.si Figura 21).

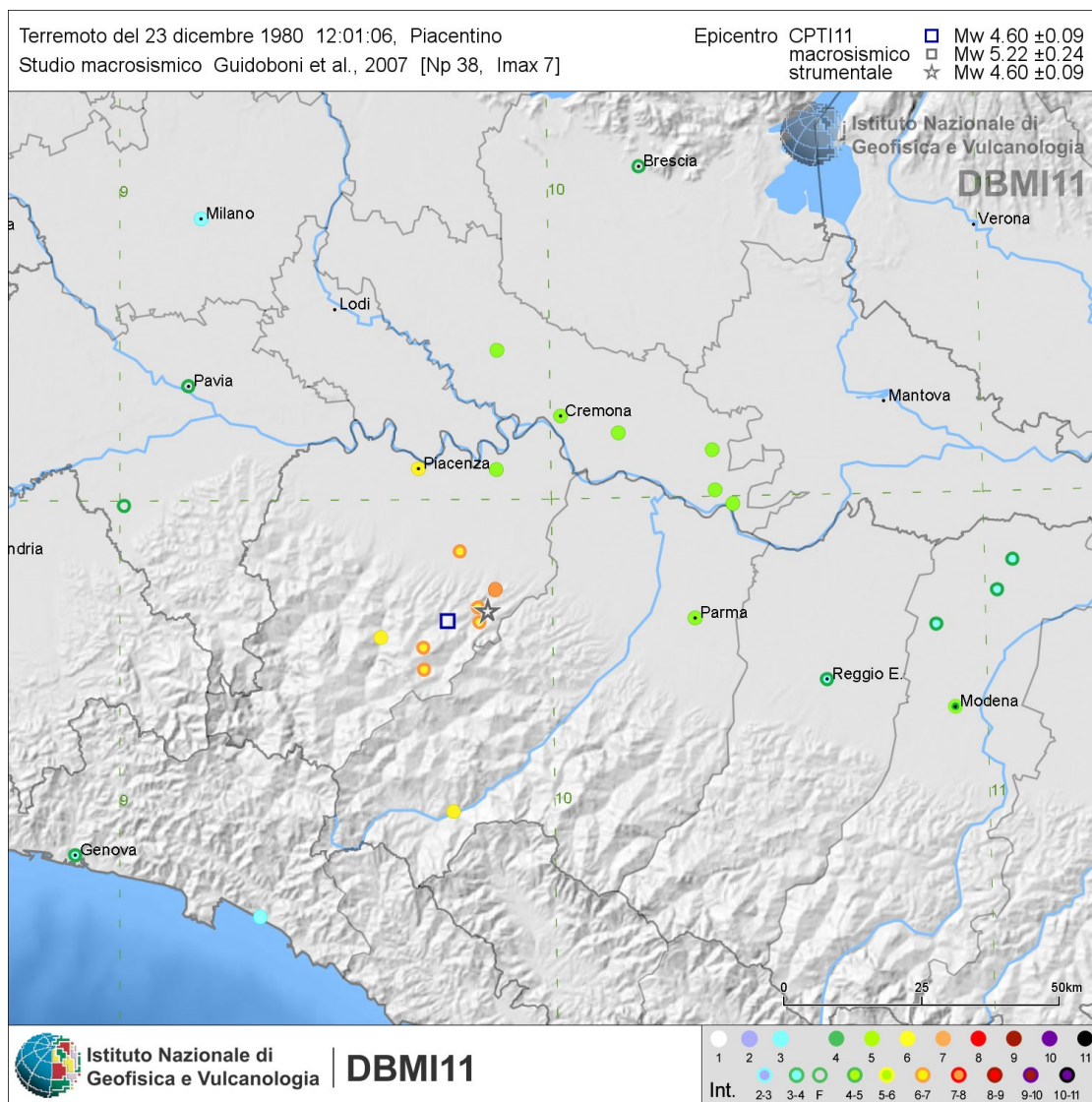


Figura 21 – Distribuzione degli effetti, espressi in I(MCS), del sisma del 23/12/1980

<p>Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)</p>	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	81 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

9 Bibliografia

- Albarelo D., Castellaro S. (2011): TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA, Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 - 2011, Appendice I e II, pp. 50-62
- Baldi M., Baldini U., Bevivino R., Castagnetti S., Daminelli R., Gianferrari C., Marcellini A., Martelli L. e Tenta A. (2010): UNIONE TERRE DI CASTELLI: VALIDAZIONE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO (2010) - 29° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida, Prato
- Franchi V. (2003): VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E ATTESTAZIONE DI IDONEITÀ ALL'EDIFICAZIONE Quadro Conoscitivo Preliminare - Sistema Naturale ed Ambientale
- Gruppo di lavoro MS (2008): INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd
- Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (a cura di) (2011): BDMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano, Bologna
<http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>
- Marcellini A., Martelli L, Tenta A., Daminelli R. (2009): L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIAROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA"
- Martelli L. (2011): Quadro sismotettonico dell'Appennino emiliano-romagnolo e della Pianura Padana centrale. Atti del 30° convegno nazionale GNGTS, Trieste 14-17 novembre 2011, sessione 1.2, 152-156
- Meletti C. e Valensise G., (2004): ZONAZIONE SIMOGENETICA ZS9-APP. 2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici
- Pieri M. e Groppi G. (1981). SUBSURFACE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE PO PLAIN. Pubbl.414, PF Geodinamica. C.N.R. pp. 23
- RER (2013): MICROZONAZIONE SISMICA E ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA DELLE AREE EPICENTRALI DEI TERREMOTI DELLA PIANURA EMILIANA DI MAGGIO-GIUGNO 2012 (ORDINANZA DEL COMMISSARIO DELEGATO - PRESIDENTE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA n. 70/2012). A cura di Luca Martelli e Maria Romani, con contributi di Vincenzo Fioravante, Daniela Giretti, Giovanna Laurenzano, Claudia Madiari, Antonella Manicardi, Marco Mucciarelli, Enrico Priolo e Giovanni Vannucchi
- RER & ENI-Agip (1998): RISERVE IDRICHE SOTTERRANEE DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA. A cura di G. M. Di Dio. Regione Emilia-Romagna, ufficio geologico - ENI Agip, Divisione Esplorazione & Produzione. S.EL.CA. Firenze, pp. 120
- CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA - Scala 1:250.000 (2004) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze
- GUIDELINES FOR THE IMPLEMENTATION OF THE H/V SPECTRAL RATIO TECHNIQUE ON AMBIENT VIBRATIONS MEASUREMENTS, PROCESSING AND INTERPRETATION - SESAME European research project, dicembre 2004
- MICROZONAZIONE SISMICA, UNO STRUMENTO CONSOLIDATO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna (2012) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
- NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 - FOGLI 179 - "Pontedellolio", 180 - "Salsomaggiore Terme", 197 - "Bobbio" e 198 "Bardi".

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	82 di 83

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

10 Allegati

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici:

Carta di Sintesi (scala 1:25.000):

Elaborati prodotti nel I livello di approfondimento:

- Carta delle indagini (scala 1:10.000)
- Carta geologico-tecnica (scala 1:2.000)
- Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:10.000)
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) (scala 1:2.000)

Elaborati prodotti nel II livello di approfondimento:

- Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s) (scala 1:10.000)
- Carta di microzonazione sismica per FA_{PGA} (scala 1:2.000)
- Carta di microzonazione sismica per FA_{IS} $0.1s < T_0 < 0.5s$ (scala 1:2.000)
- Carta di microzonazione sismica per FA_{IS} $0.5s < T_0 < 0.1s$ (scala 1:2.000)

Gli elaborati alla scala 1:2.000 seguono l'ordine di seguito riportato:

Tav. 1 di 22 Case Ricò	Tav. 12 di 22 Missano
Tav. 2 di 22 Lugherzano	Tav. 13 di 22 Riglio
Tav. 3 di 22 Case Bardarelli	Tav. 14 di 22 Villanova
Tav. 4 di 22 Recesio	Tav. 15 di 22 Verogna
Tav. 5 di 22 Spongiola	Tav. 16 di 22 Leggio
Tav. 6 di 22 Castello di Roncovero	Tav. 17 di 22 Montosero
Tav. 7 di 22 Bettola NW IL Loghetto	Tav. 18 di 22 Musa
Tav. 8 di 22 Bettola NE San Bernardino	Tav. 19 di 22 Bramaiano
Tav. 9 di 22 Bettola SE Torricelle di Sopra	Tav. 20 di 22 Costa
Tav. 10 di 22 Bettola SW Pianazzo	Tav. 21 di 22 Groppo Ducale, I Cordani e I Forlini
Tav. 11 di 22 Ebbio	Tav. 22 di 22 Prato Barbieri

Gli elaborati alla scala 1:10.000 comprendono le seguenti località:

Tav. 1: Recesio, Spongiola, Castello di Roncovero, Bettola NW IL Loghetto, Bettola NE San Bernardino, Missano, Bettola SE Torricelle di Sopra, Bettola SW Pianazzo.
Tav. 2: Ebbio, Riglio, Lugherzano, Casa Ricò, Case Bardarelli.
Tav. 3: Villanova, Verogna, Leggio, Montosero, Musa.
Tav. 4: Bramaiano, Costa, Groppo Ducale, I Cordani e I Forlini Prato Barbieri.

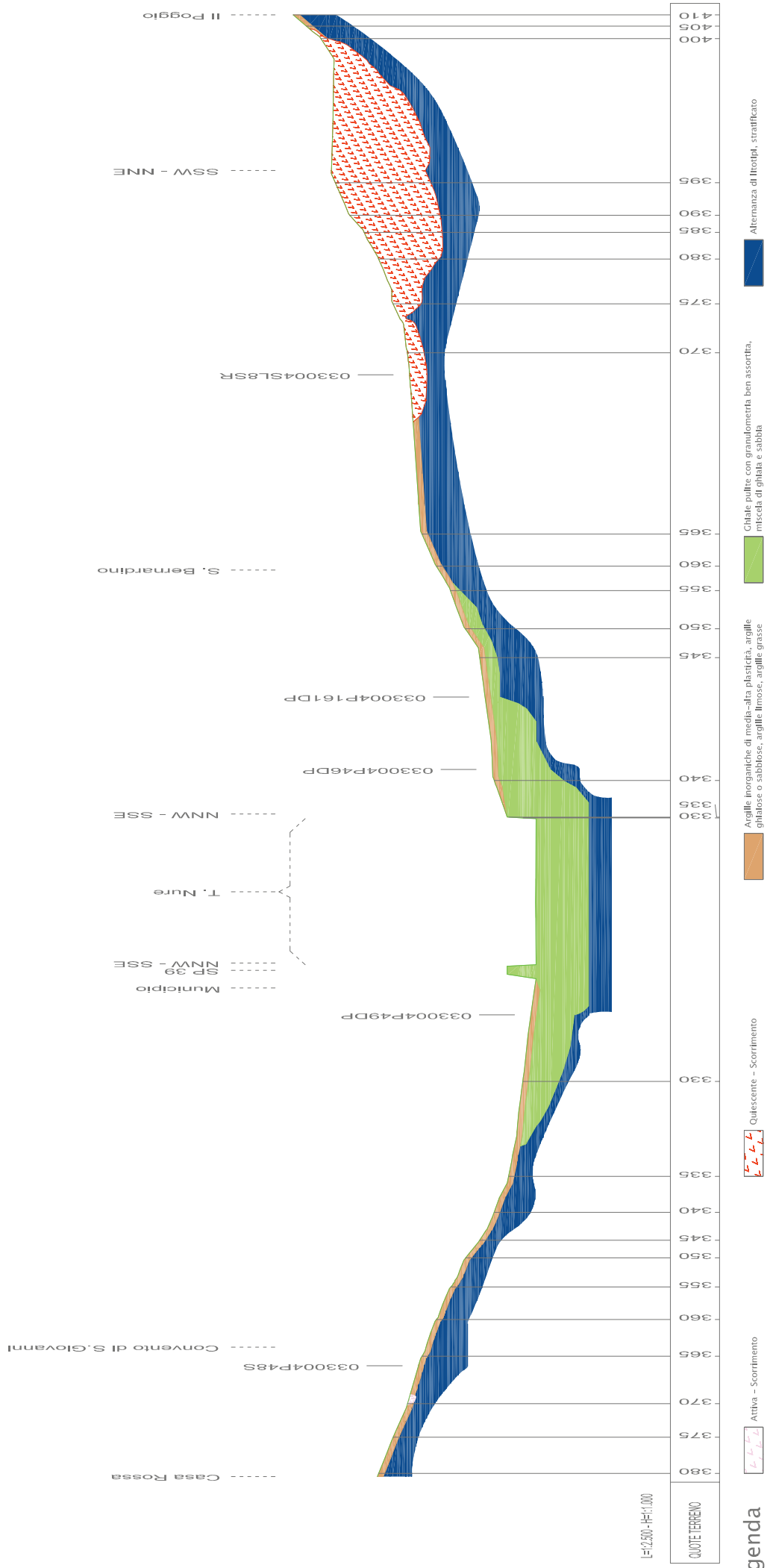
In coda a codesto documento si trovano l'allegato A - Sezione geologica rappresentativa, l'allegato B - Elaborazione prove tomografiche (HVSr) e l'allegato C - Prove penetrometriche statiche.

Ponzanibbio Roberto GEOLOGO Cell. 335.58.52.620 Fax 0523.18.80.760 Email: geologo.ponzanibbio@libero.it Via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio (Pc)	Elaborato:	Data	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Settembre 2017	83 di 83

ALLEGATO A

TAV. 8 di 22 - CARTA GEOLOGICO TECNICA

TAV. 7 di 22 - CARTA GEOLOGICO TECNICA



1:12.500 - HE11.000

QUOTE TERRENO

Legenda

Attiva - Scorticamento

Quiescente - Scorticamento

Argille inorganiche di media-alta plasticità, argille grigie o sabbiose, argille limose, argille grasse

Chitole pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia

Alternanza di litotipi, stratificato

ALLEGATO B

COMUNE DI BETTOLA CASE RICO'

Strumento: TRZ-0097/01-10

Inizio registrazione: 08/05/13 10:50:18 Fine registrazione: 08/05/13 11:06:19

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 74% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

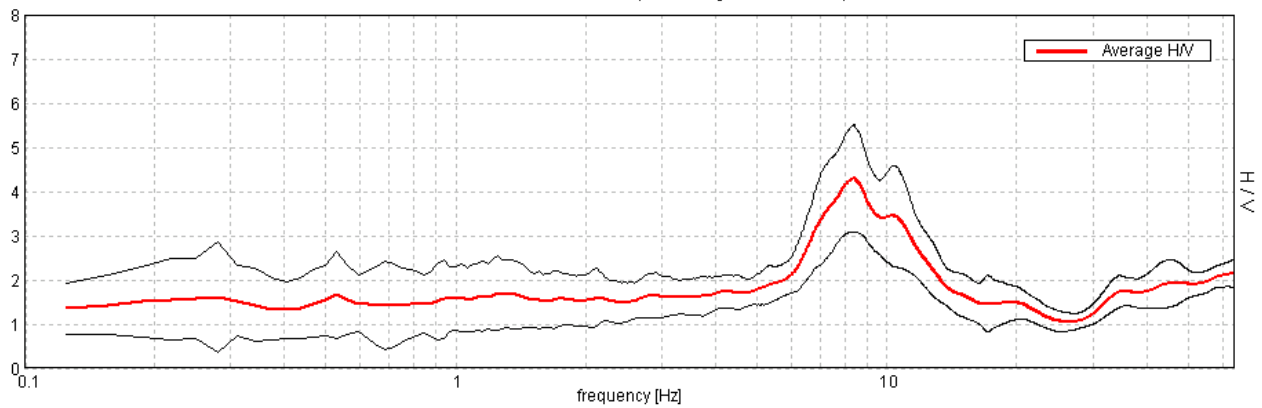
Lunghezza finestre: 22 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

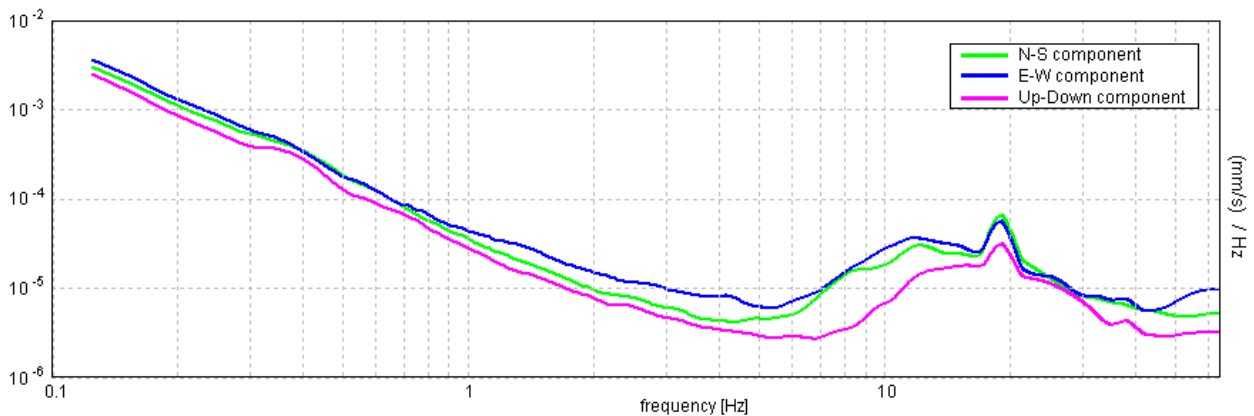
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 8.38 ± 1.53 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

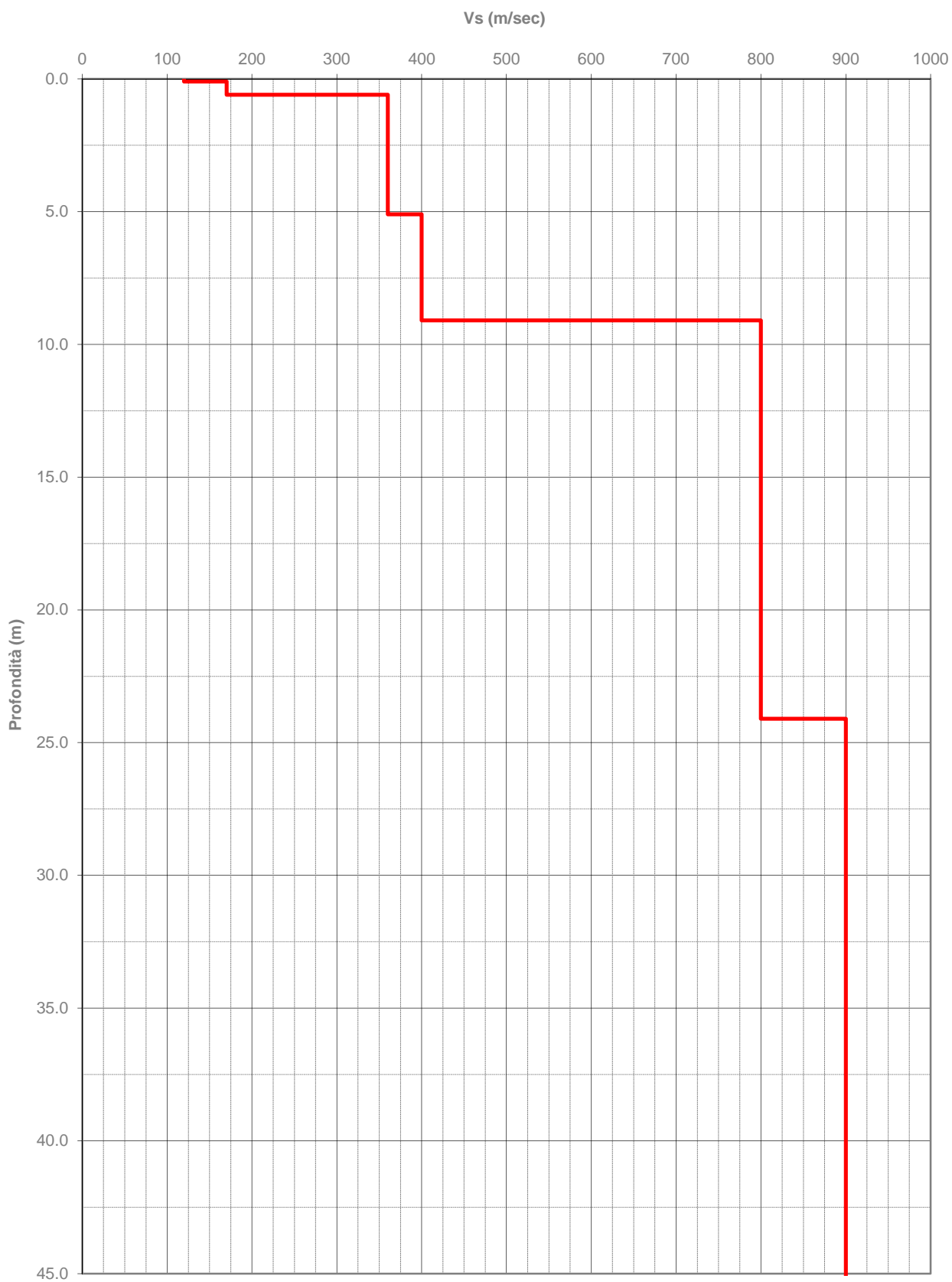


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.10	0.10	120	0.35
0.60	0.50	170	0.35
5.10	4.50	360	0.35
9.10	4.00	400	0.35
24.10	15.00	800	0.35
129.10	105.00	900	0.35
inf.	inf.	1300	0.35

Andamento onde S



COMUNE DI BETTOLA LOC. LUGHERZANO

Strumento: TRZ-0097/01-10

Inizio registrazione: 08/05/13 12:23:54 Fine registrazione: 08/05/13 12:39:55

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 33% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

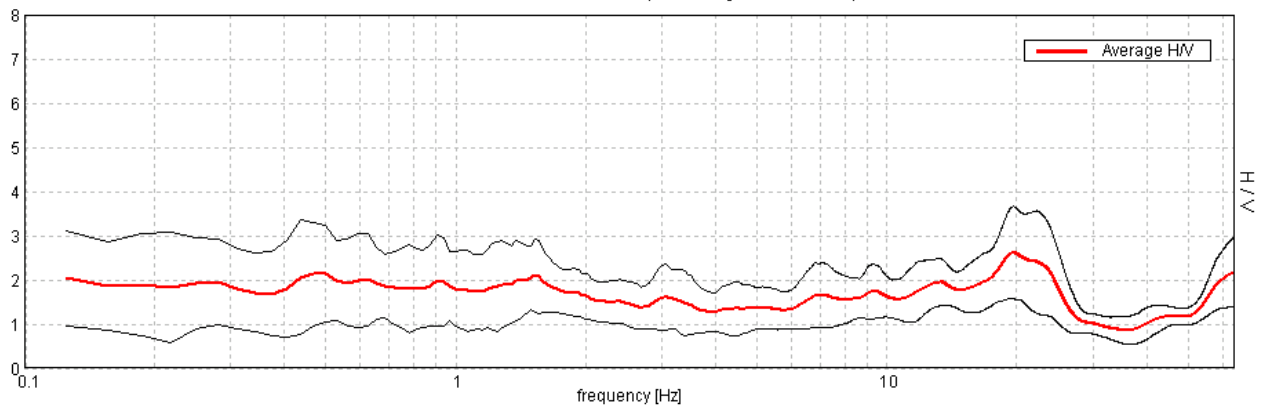
Lunghezza finestre: 22 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

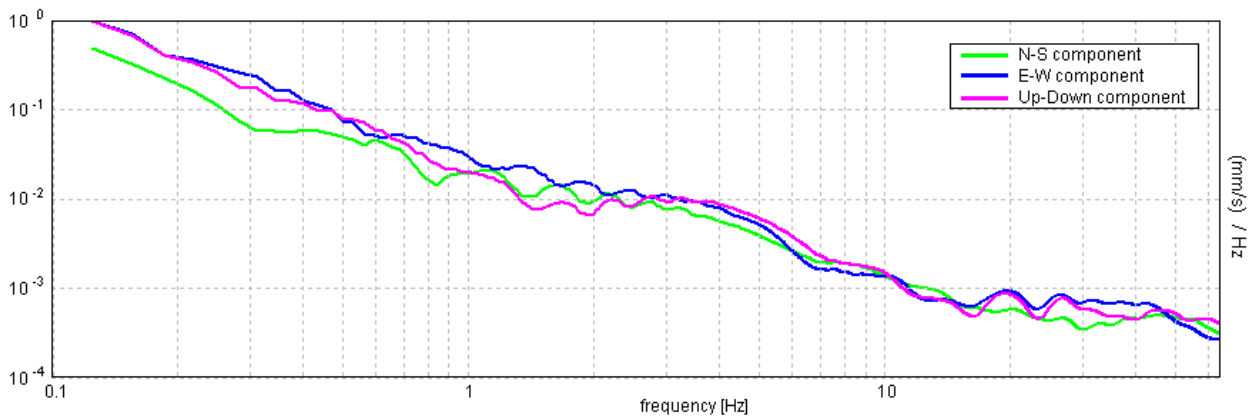
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 19.69 ± 10.04 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

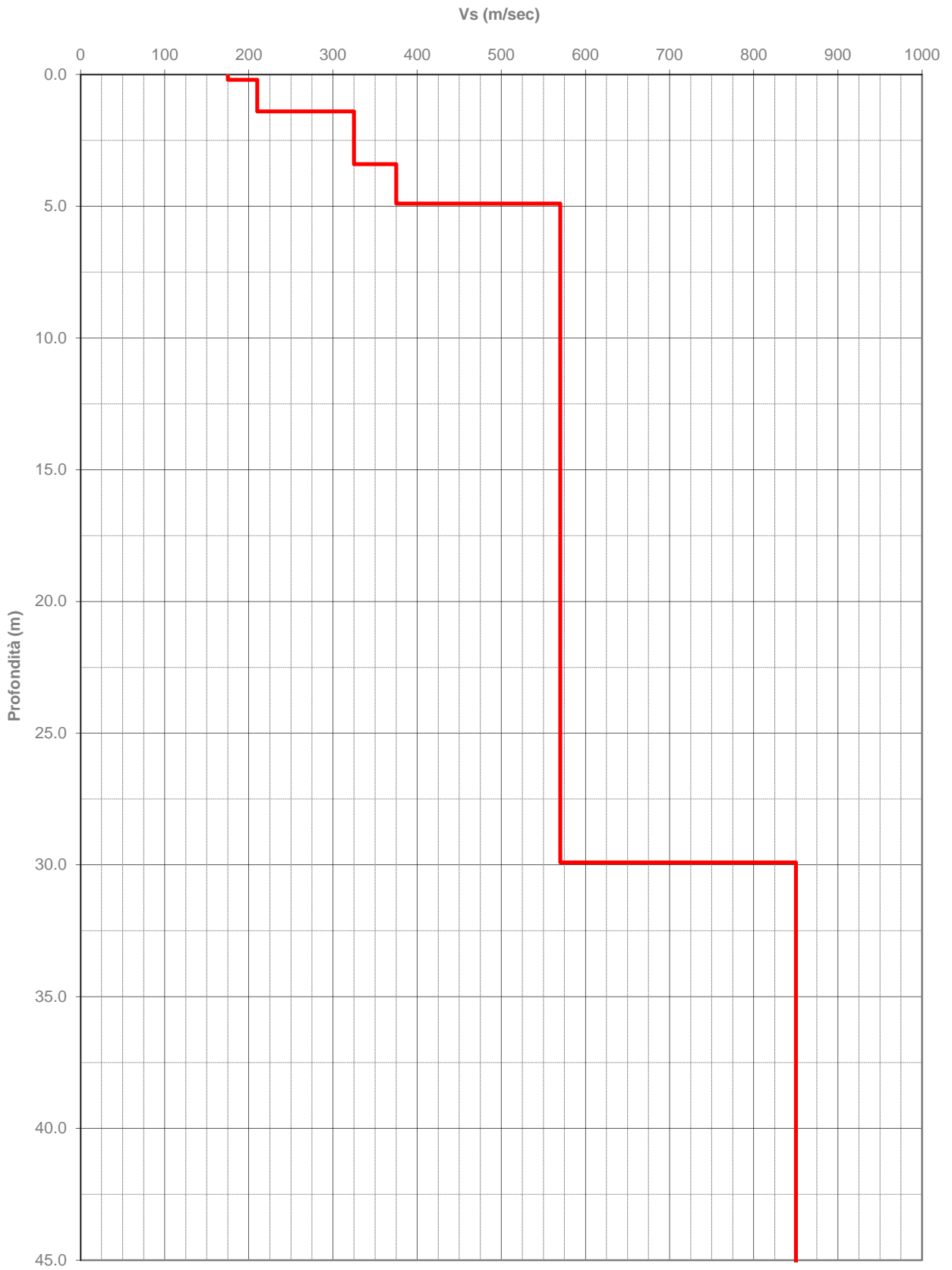


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	175	0.35
1.40	1.20	210	0.35
3.40	2.00	325	0.35
4.90	1.50	375	0.35
29.90	25.00	570	0.35
54.90	25.00	850	0.35
114.90	60.00	1000	0.35
inf.	inf.	1050	0.35

Andamento onde S



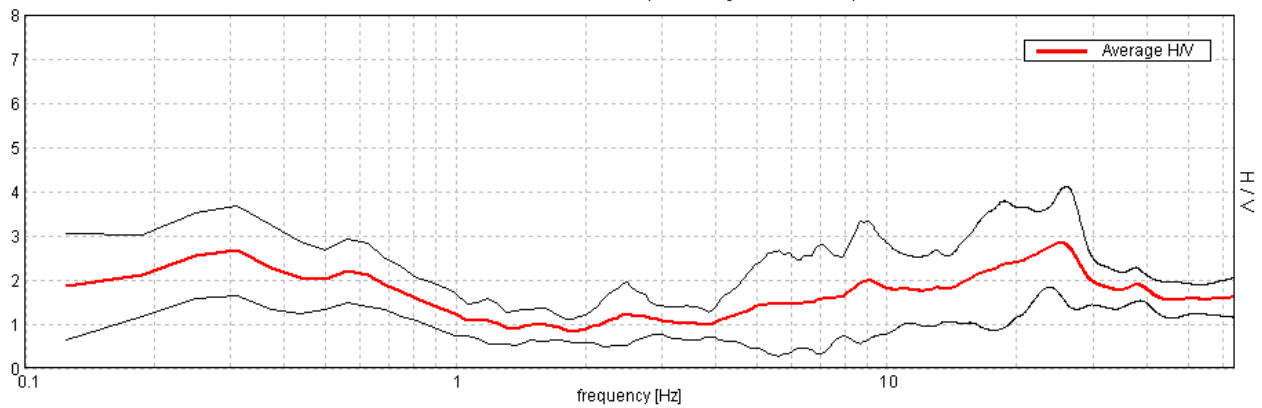
COMUNE DI BETTOLA LOC. CASE BARDARELLI

Strumento: TRZ-0097/01-10
 Inizio registrazione: 08/05/13 13:10:44 Fine registrazione: 08/05/13 13:26:45
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

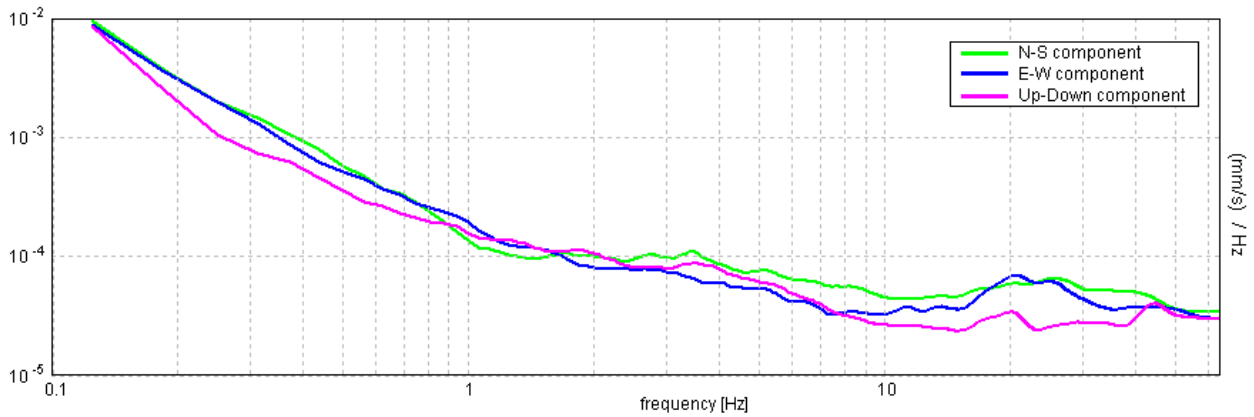
Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 44% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 15 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 25.31 ± 16.03 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

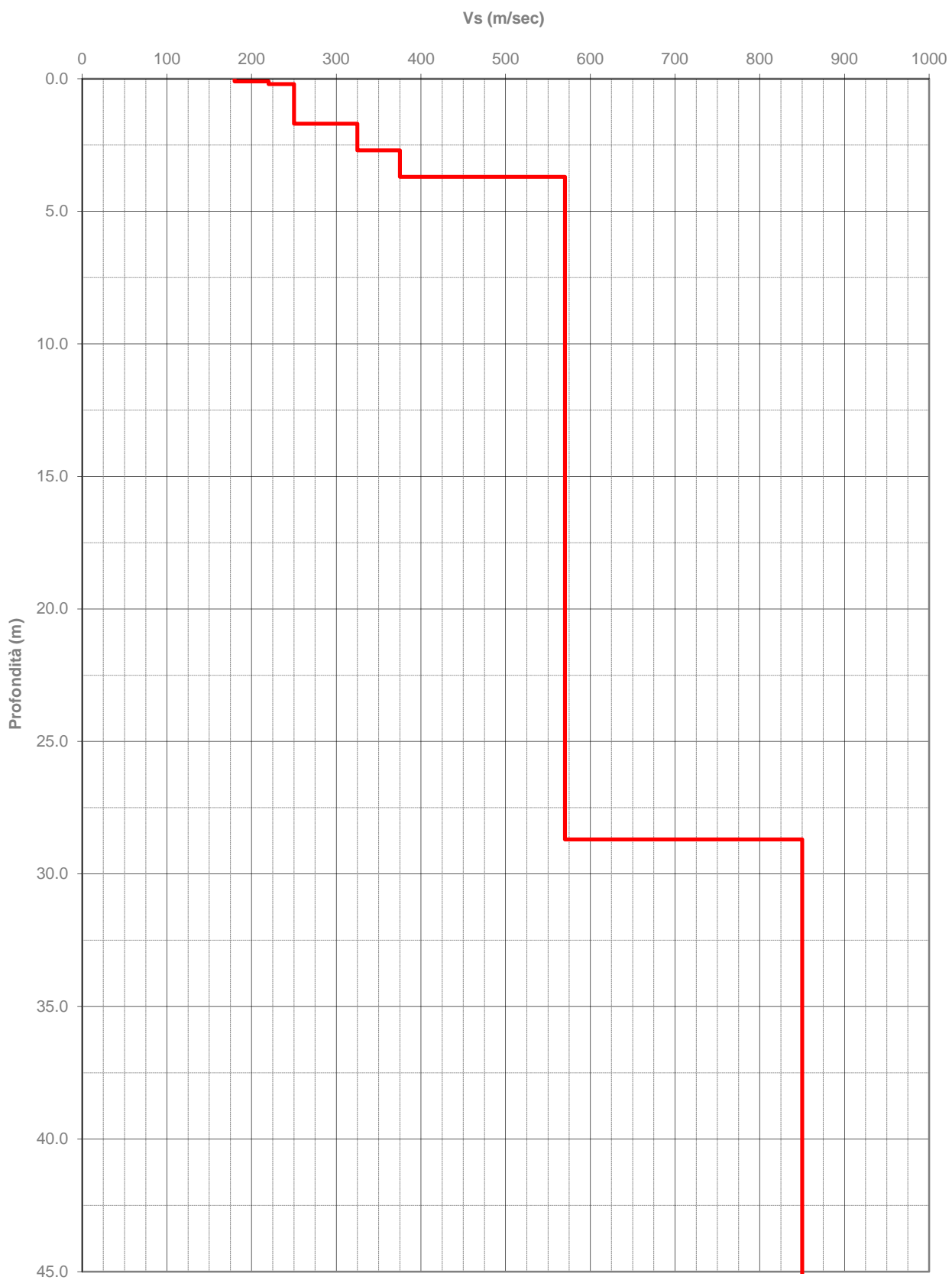


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.10	0.10	180	0.35
0.20	0.10	220	0.35
1.70	1.50	250	0.35
2.70	1.00	325	0.35
3.70	1.00	375	0.35
28.70	25.00	570	0.35
53.70	25.00	850	0.35
113.70	60.00	1000	0.35
inf.	inf.	1050	0.35

Andamento onde S



COMUNE DI BETTOLA LOC. RECESIO

Strumento: TRZ-0097/01-10

Inizio registrazione: 08/05/13 14:18:13 Fine registrazione: 08/05/13 14:34:14

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 62% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

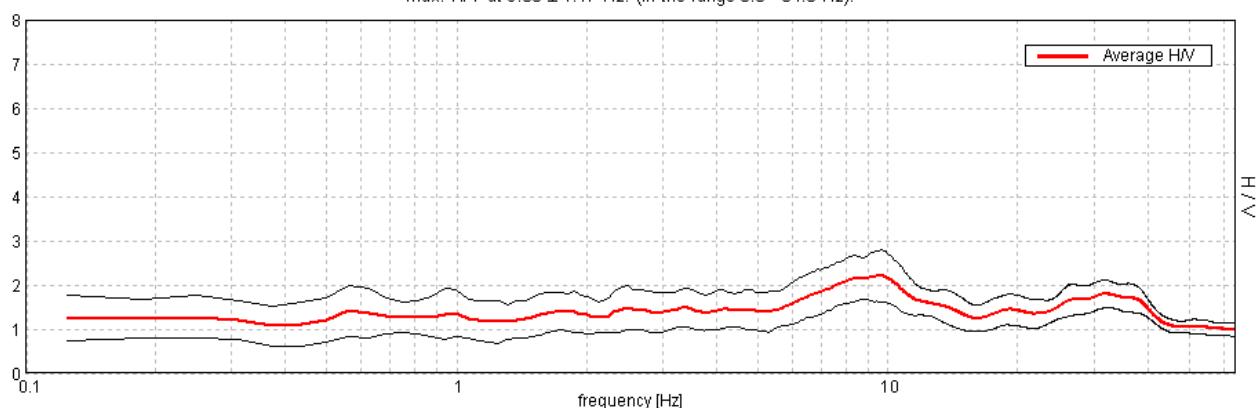
Lunghezza finestre: 15 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

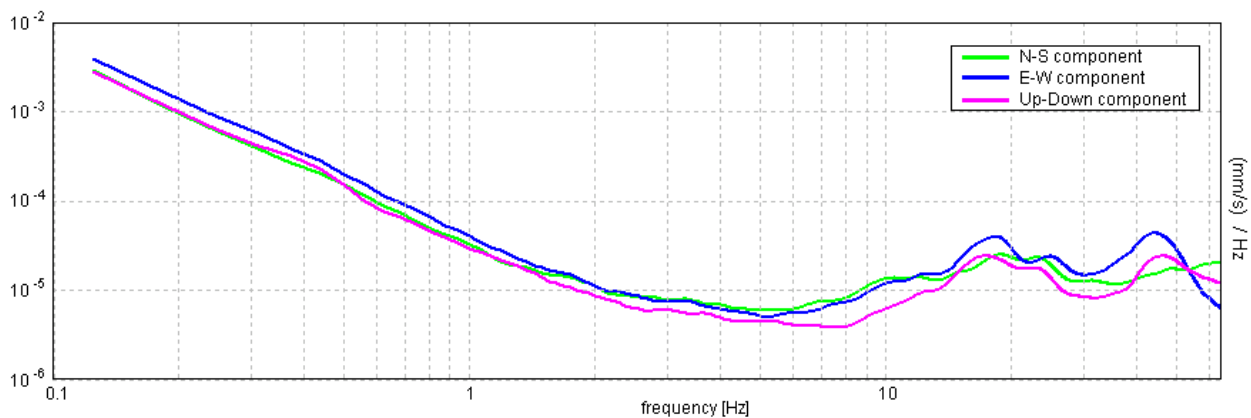
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 9.63 ± 1.17 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

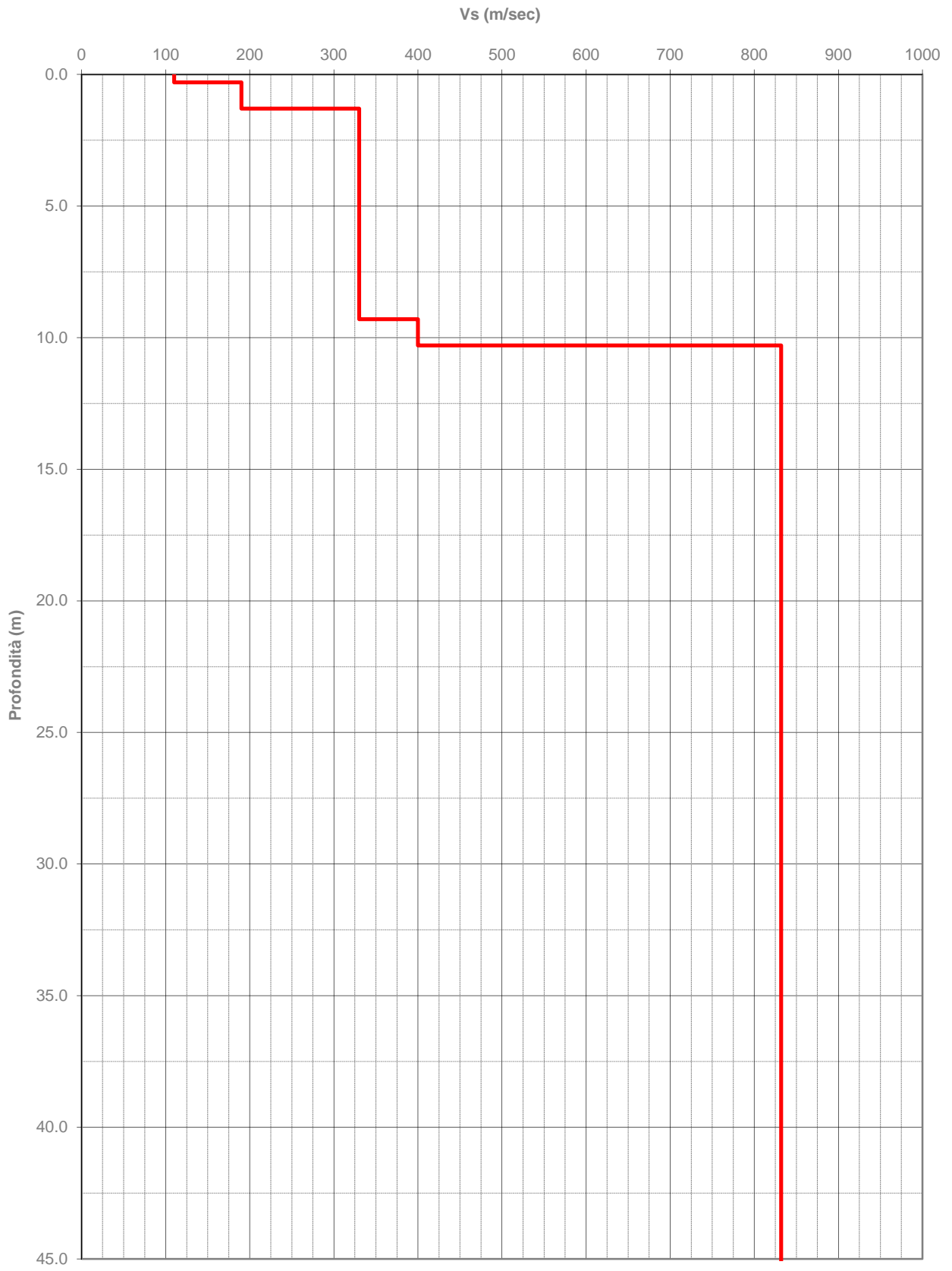


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	110	0.35
1.30	1.00	190	0.35
9.30	8.00	330	0.35
10.30	1.00	400	0.35
85.30	75.00	832	0.35
inf.	inf.	899	0.35

Andamento onde S



COMUNE DI BETTOLA CAPOLUOGO

Strumento: TRZ-0097/01-10

Inizio registrazione: 22/05/13 09:52:14 Fine registrazione: 22/05/13 10:08:15

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 56% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

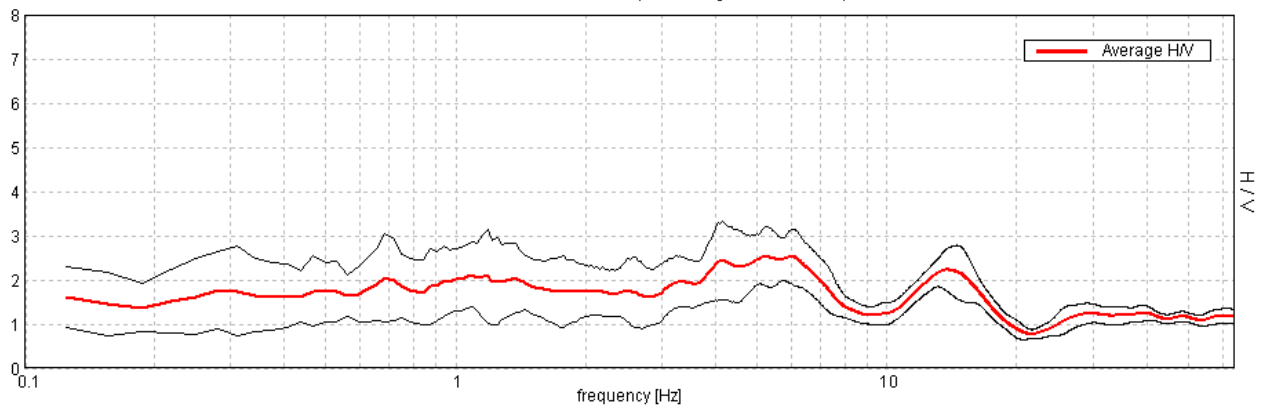
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

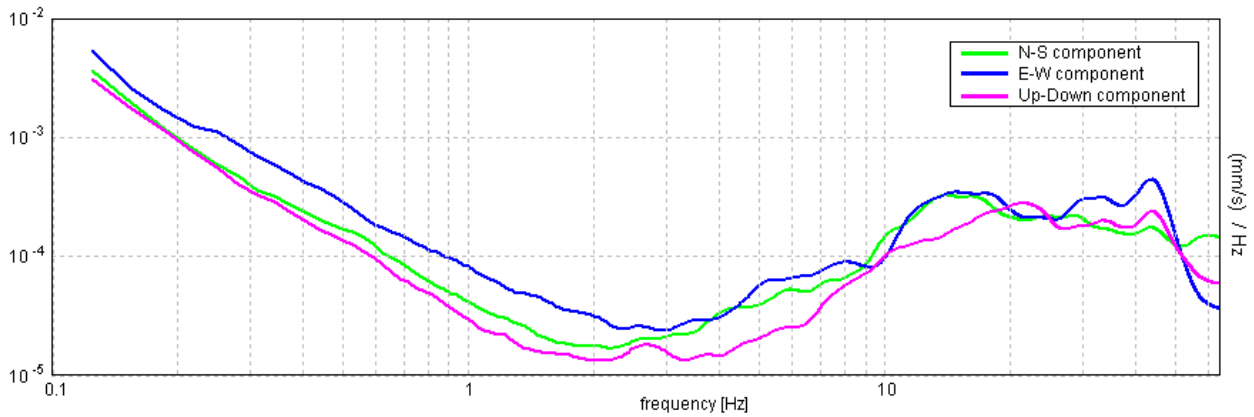
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 5.22 ± 0.83 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

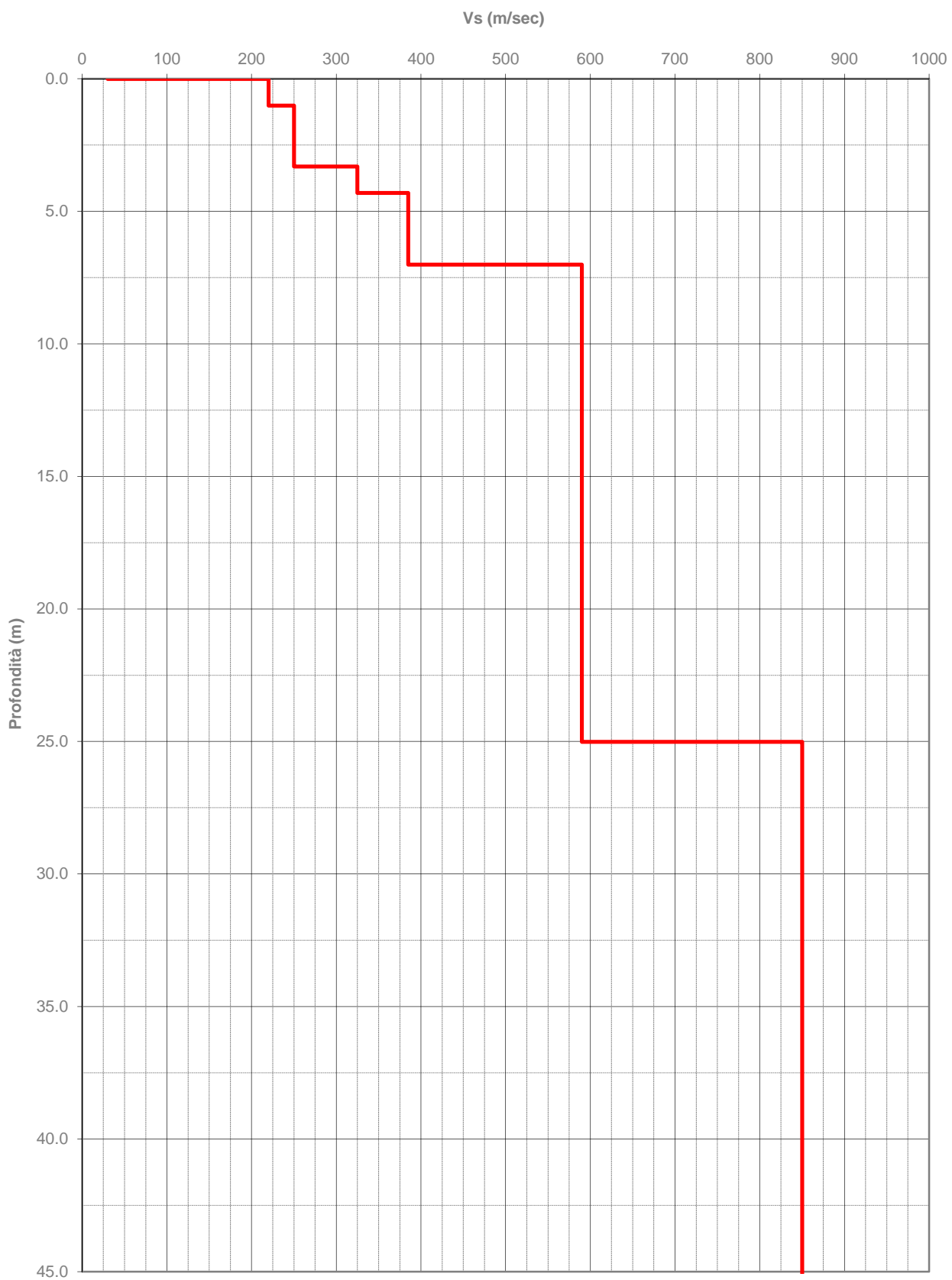


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.01	0.01	30	0.35
1.01	1.00	220	0.35
3.31	2.30	250	0.35
4.31	1.00	325	0.35
7.01	2.70	385	0.35
25.01	18.00	590	0.35
50.01	25.00	850	0.35
110.01	60.00	1000	0.35
inf.	inf.	1050	0.35

Andamento onde S



COMUNE DI BETTOLA LOC. IL LOGHETTO

Strumento: TRZ-0097/01-10

Inizio registrazione: 22/05/13 10:21:53 Fine registrazione: 22/05/13 10:37:54

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 39% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

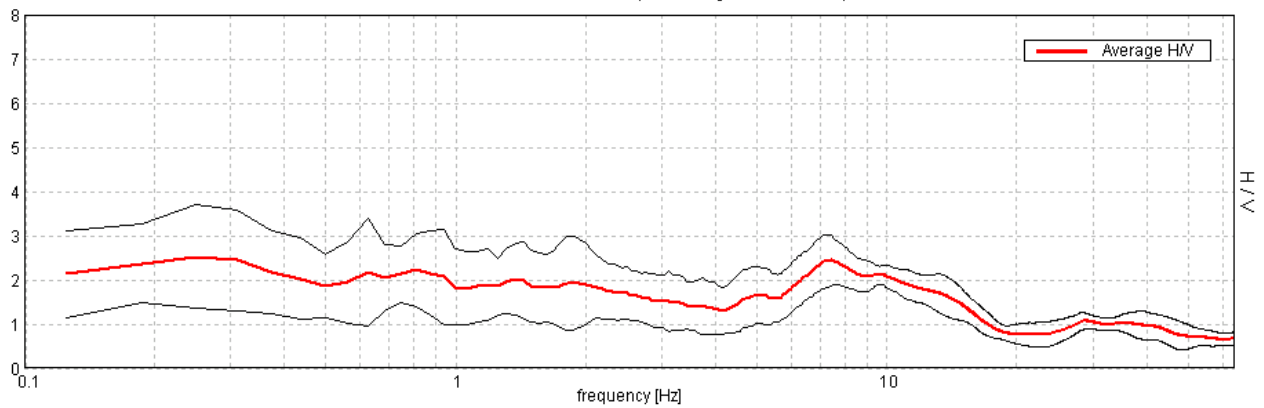
Lunghezza finestre: 15 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

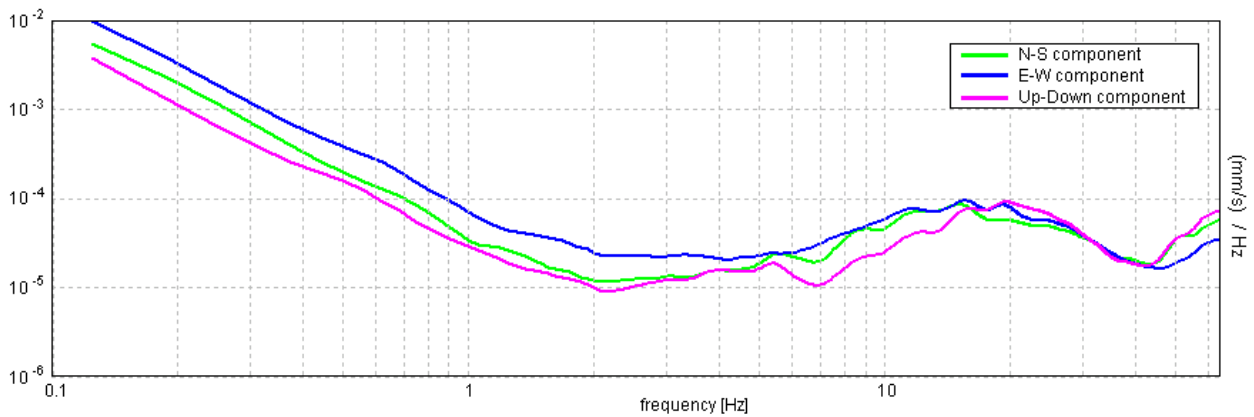
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 0.25 ± 3.23 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]

0.75
5.75
20.75
50.75
105.75
inf.

Spessore [m]

0.75
5.00
15.00
30.00
55.00
inf.

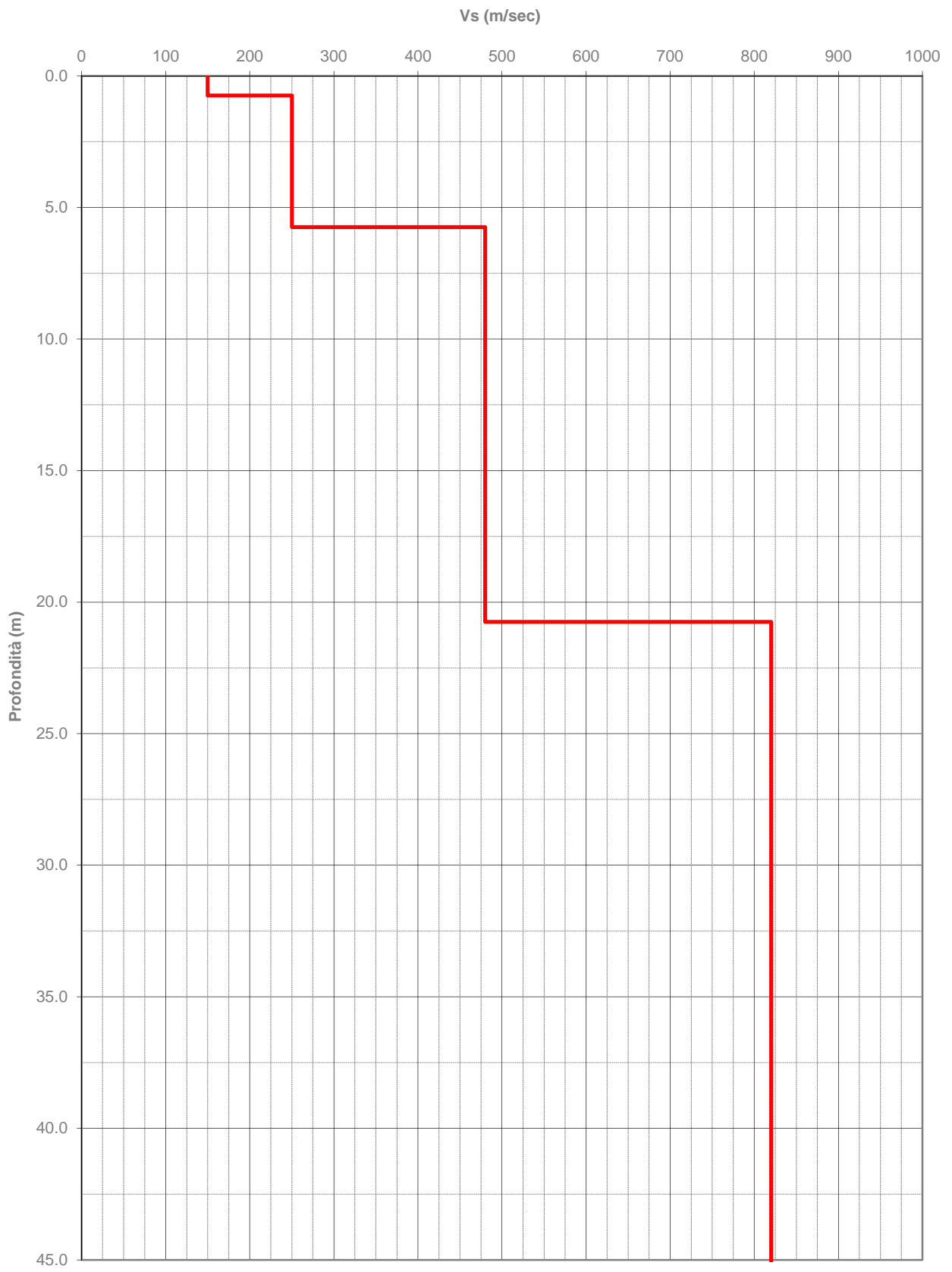
Vs [m/s]

150
250
480
820
950
1150

Rapporto di Poisson

0.35
0.35
0.35
0.35
0.35
0.35

Andamento onde S



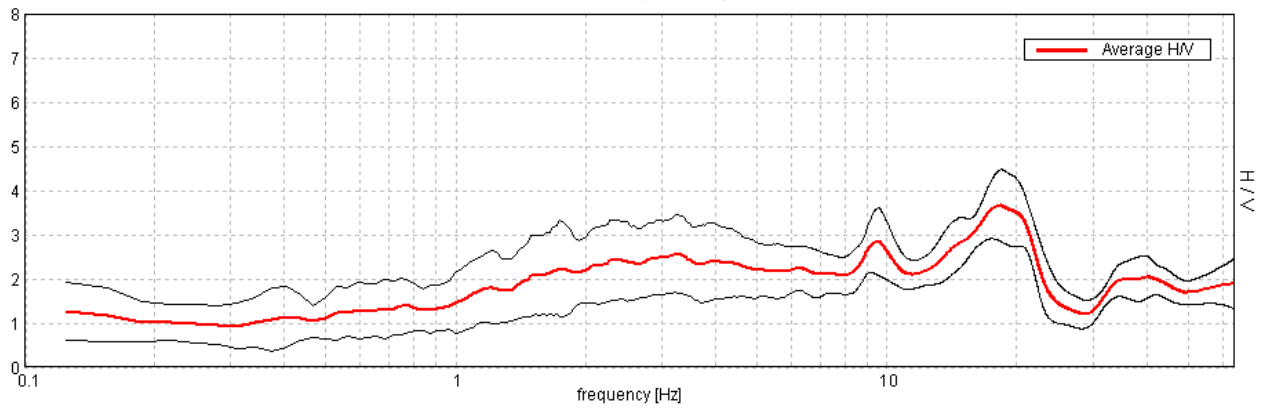
COMUNE DI BETTOLA LOC. I FORLINI

Strumento: TRZ-0097/01-10
 Inizio registrazione: 31/05/13 13:45:54 Fine registrazione: 31/05/13 14:01:55
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

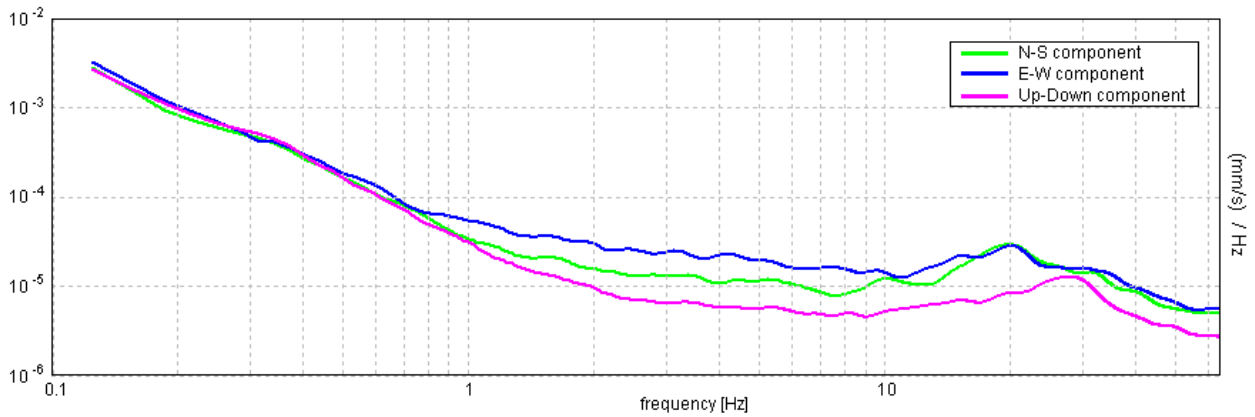
Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 18.25 ± 2.76 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

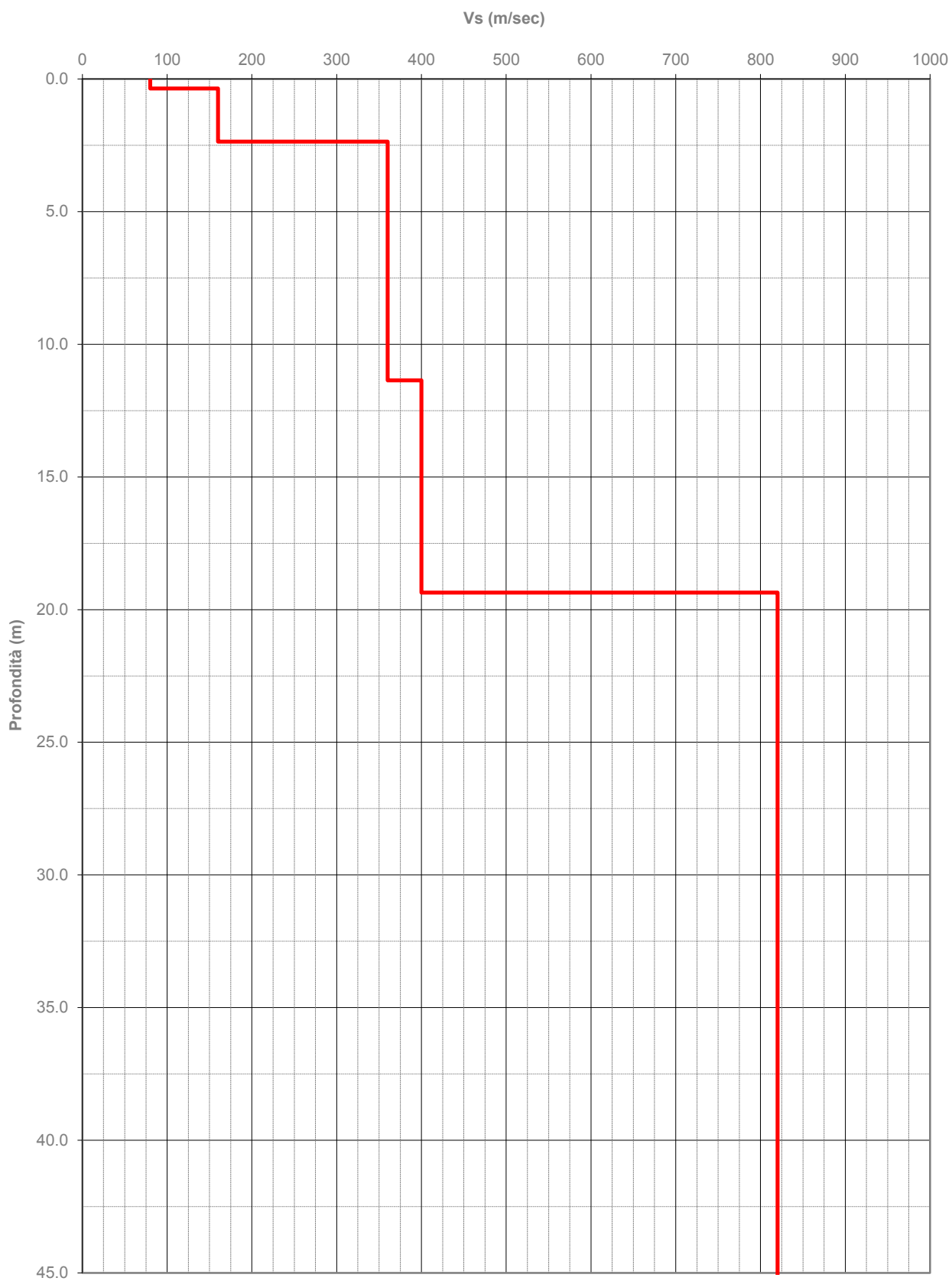


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.36	0.36	80	0.35
2.36	2.00	160	0.35
11.36	9.00	360	0.35
19.36	8.00	400	0.35
64.36	45.00	820	0.35
154.36	90.00	900	0.35
inf.	inf.	904	0.35

Andamento onde S



COMUNE DI BETTOLA LOC. IL LOGHETTO 2

Strumento: TRZ-0097/01-10

Inizio registrazione: 07/11/13 09:49:23 Fine registrazione: 07/11/13 10:11:24

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h22'00".

Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

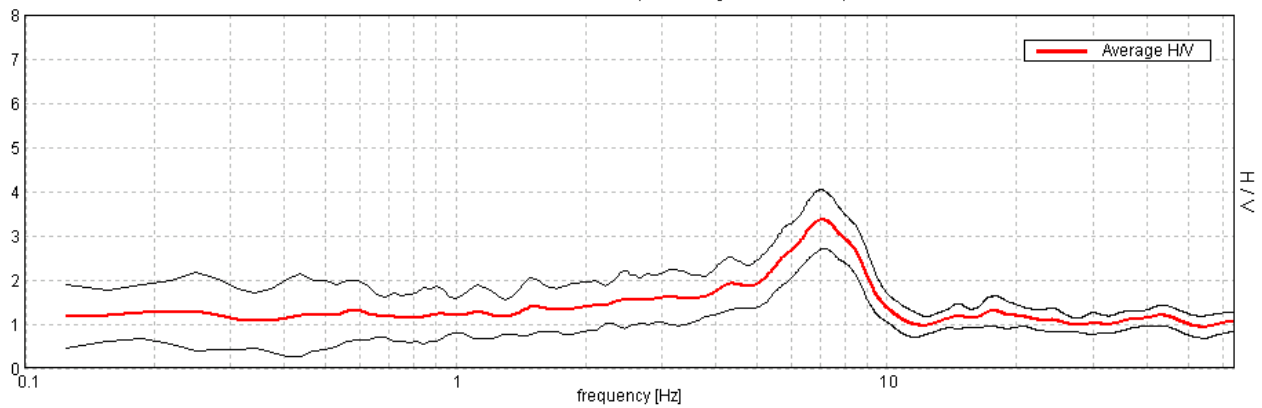
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

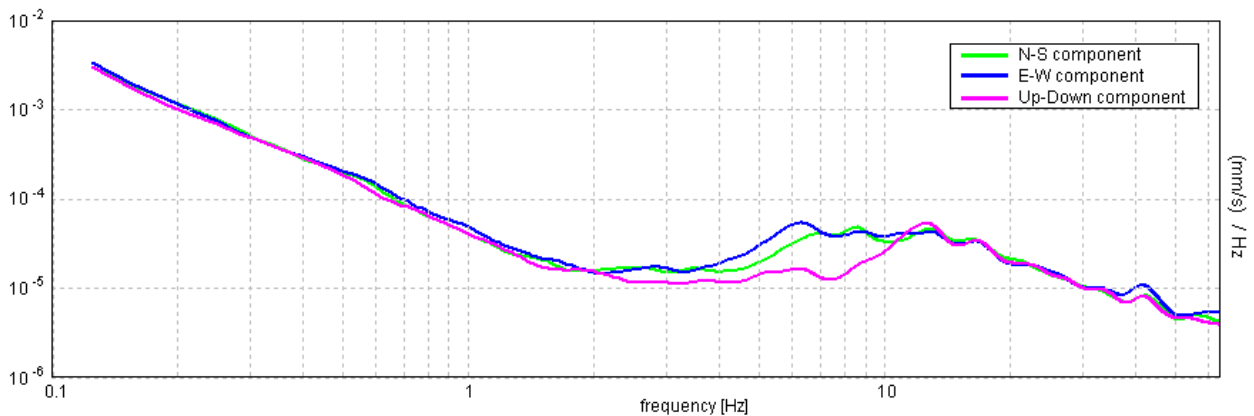
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 7.09 ± 0.15 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

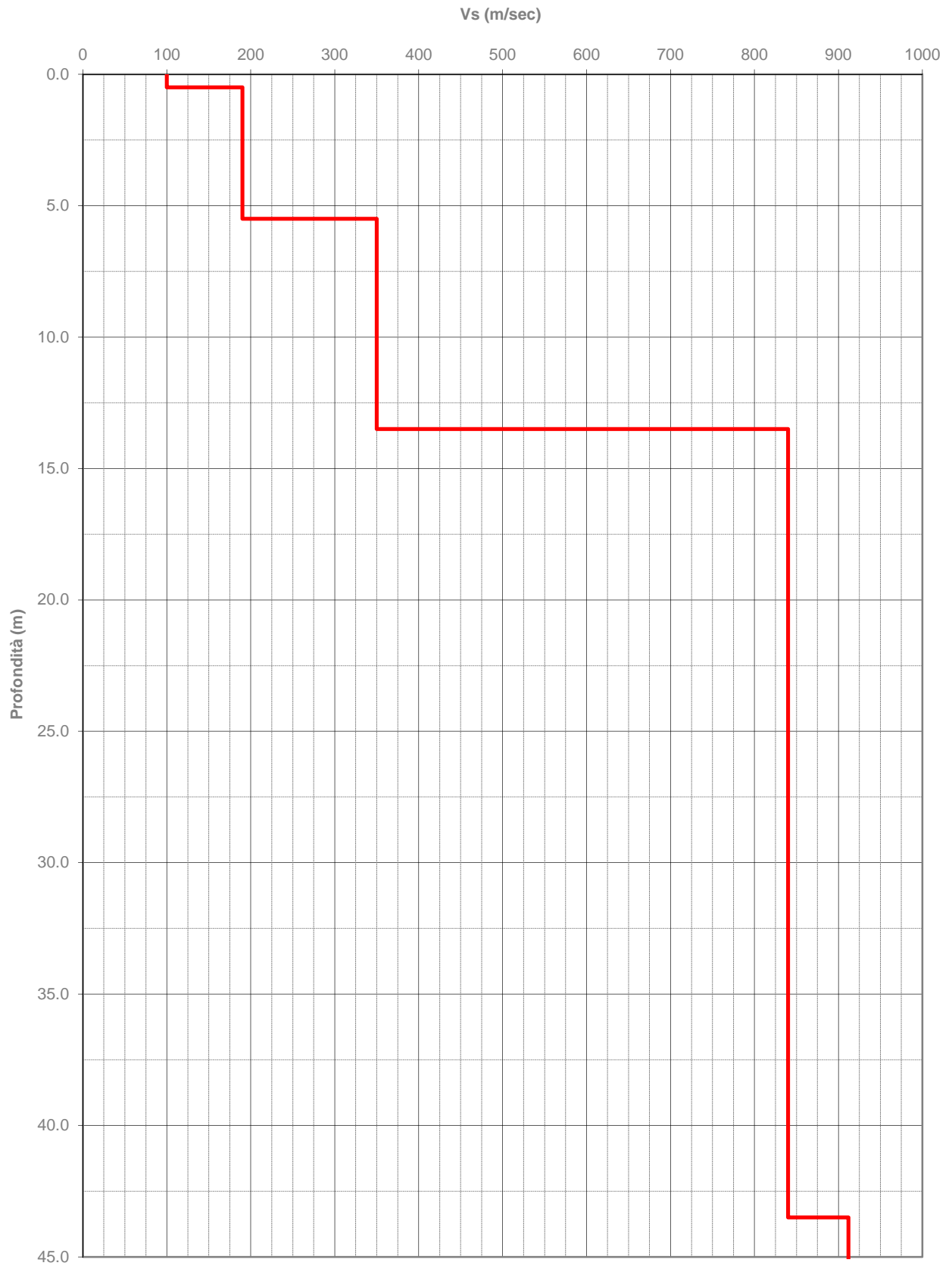


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	100	0.35
5.50	5.00	190	0.35
13.50	8.00	350	0.35
43.50	30.00	840	0.35
133.50	90.00	912	0.35
inf.	inf.	950	0.35

Andamento onde S



COMUNE DI BETTOLA LOC. TORRICELLE

Strumento: TRZ-0097/01-10

Inizio registrazione: 07/11/13 10:32:32 Fine registrazione: 07/11/13 10:54:33

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h22'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

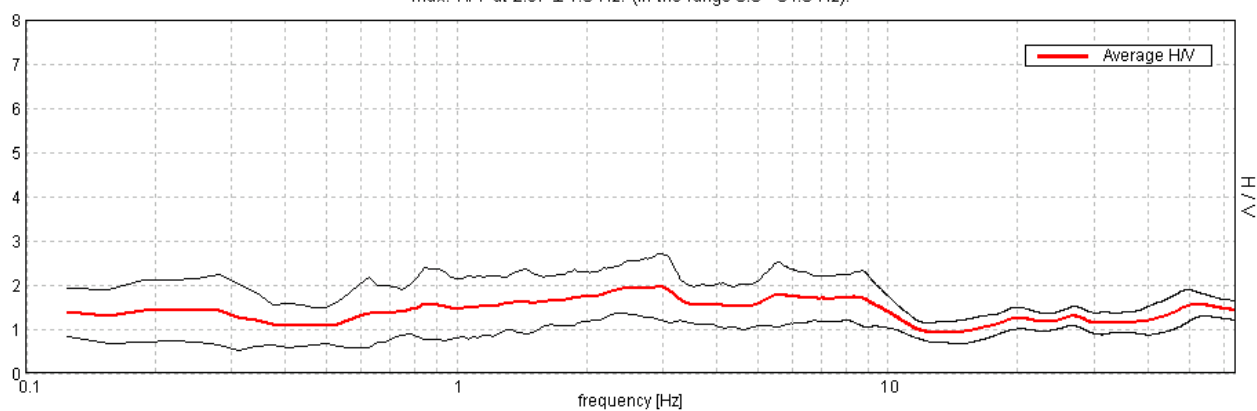
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

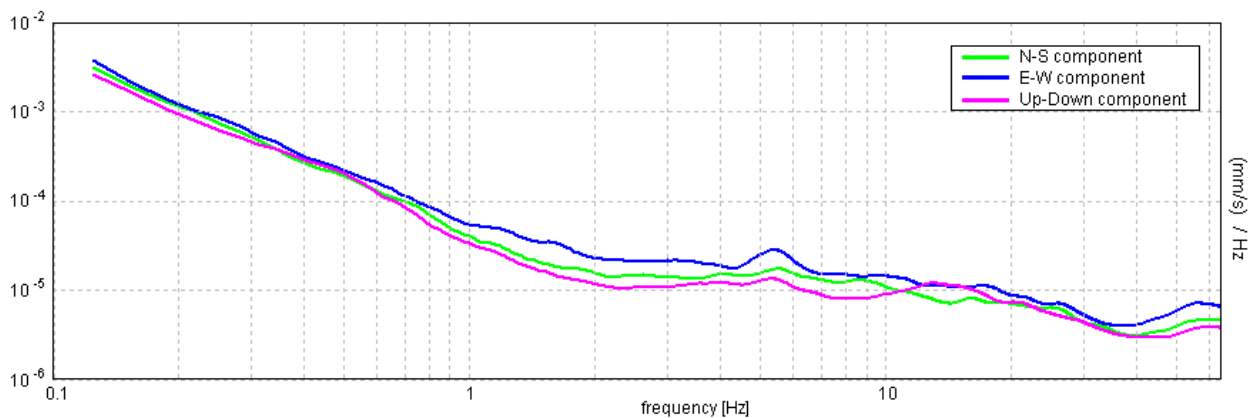
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 2.97 ± 1.0 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

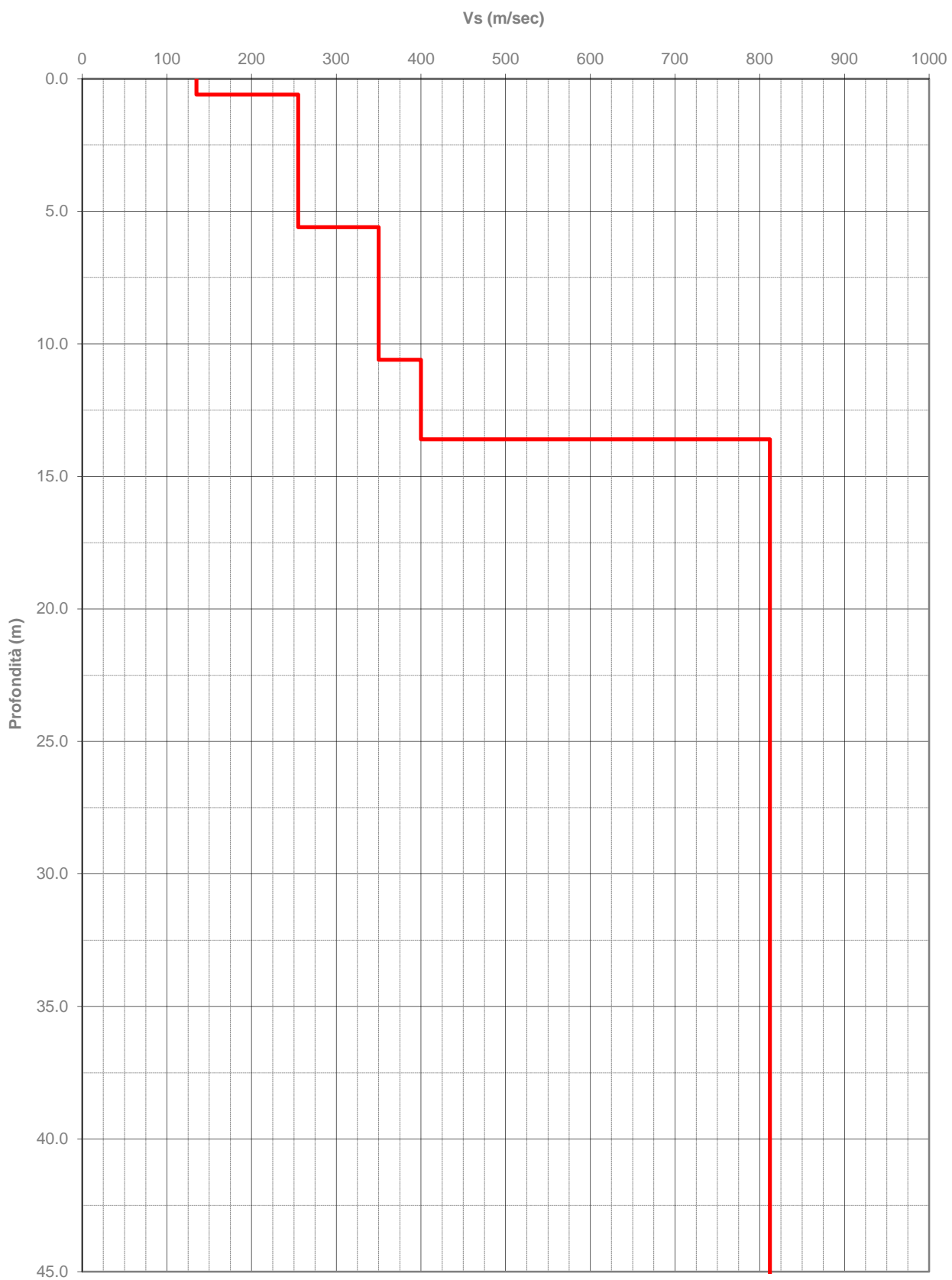


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	135	0.35
5.60	5.00	255	0.35
10.60	5.00	350	0.35
13.60	3.00	400	0.35
53.60	40.00	812	0.35
inf.	inf.	975	0.35

Andamento onde S



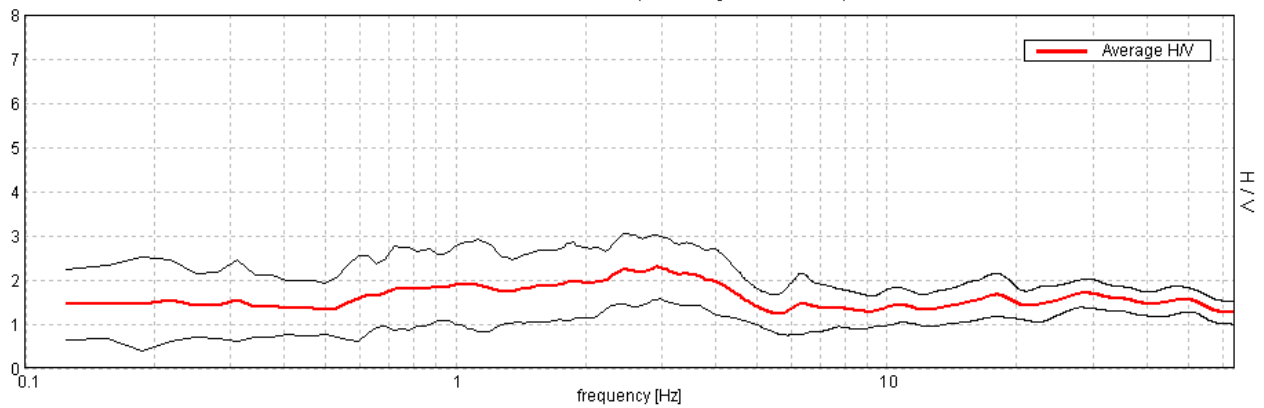
COMUNE DI BETTOLA LOC. MUSA

Strumento: TRZ-0097/01-10
 Inizio registrazione: 07/11/13 11:07:52 Fine registrazione: 07/11/13 11:29:53
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

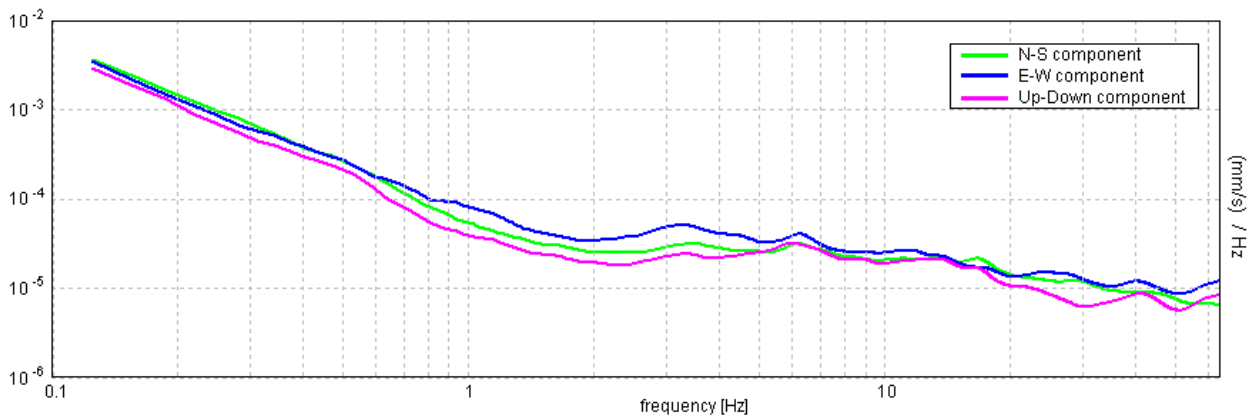
Durata registrazione: 0h22'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 2.94 ± 0.73 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

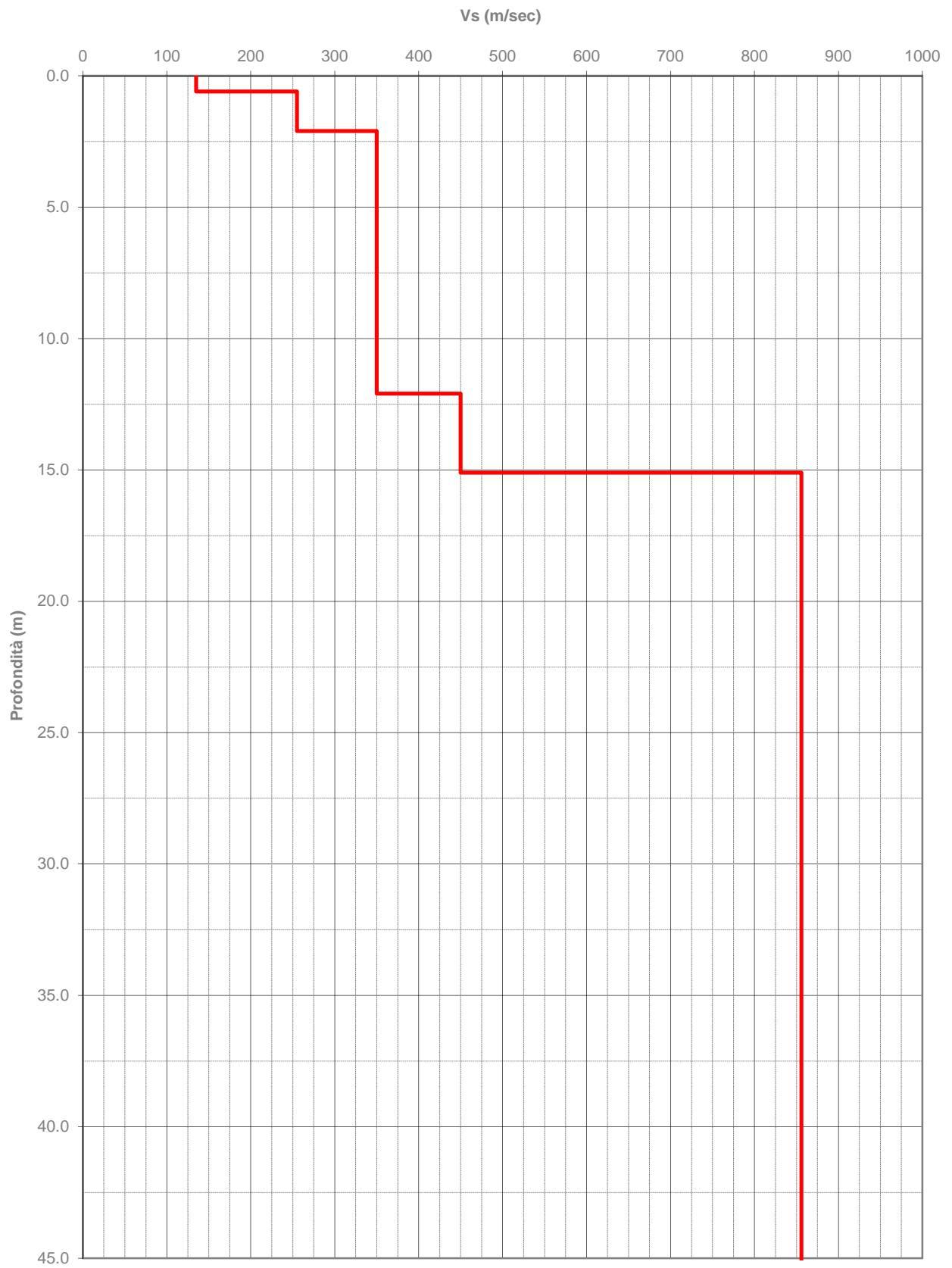


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	135	0.35
2.10	1.50	255	0.35
12.10	10.00	350	0.35
15.10	3.00	450	0.35
50.10	35.00	856	0.35
inf.	inf.	975	0.35

Andamento onde S



COMUNE DI BETTOLA LOC. EBBIO

Strumento: TRZ-0097/01-10

Inizio registrazione: 14/05/13 10:39:04 Fine registrazione: 14/05/13 10:55:05

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 73% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

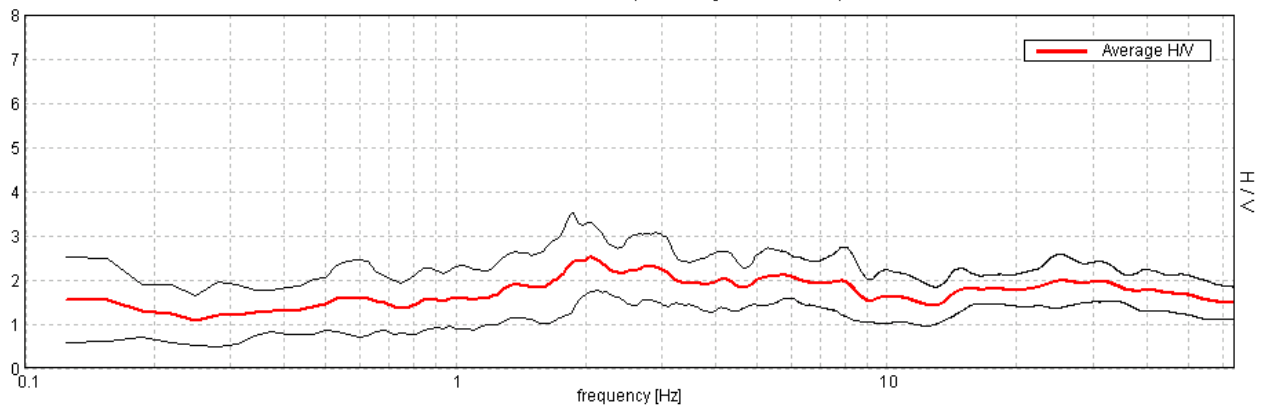
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

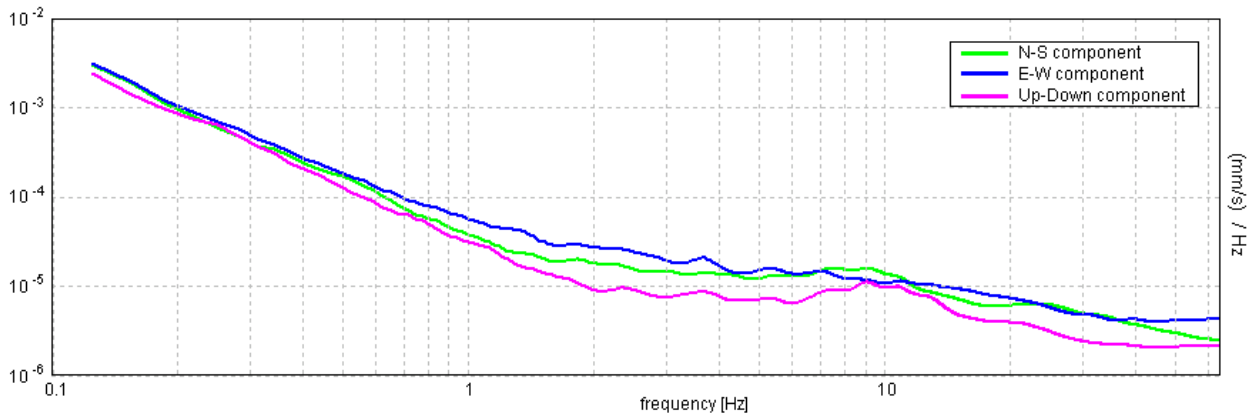
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 2.06 ± 0.6 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

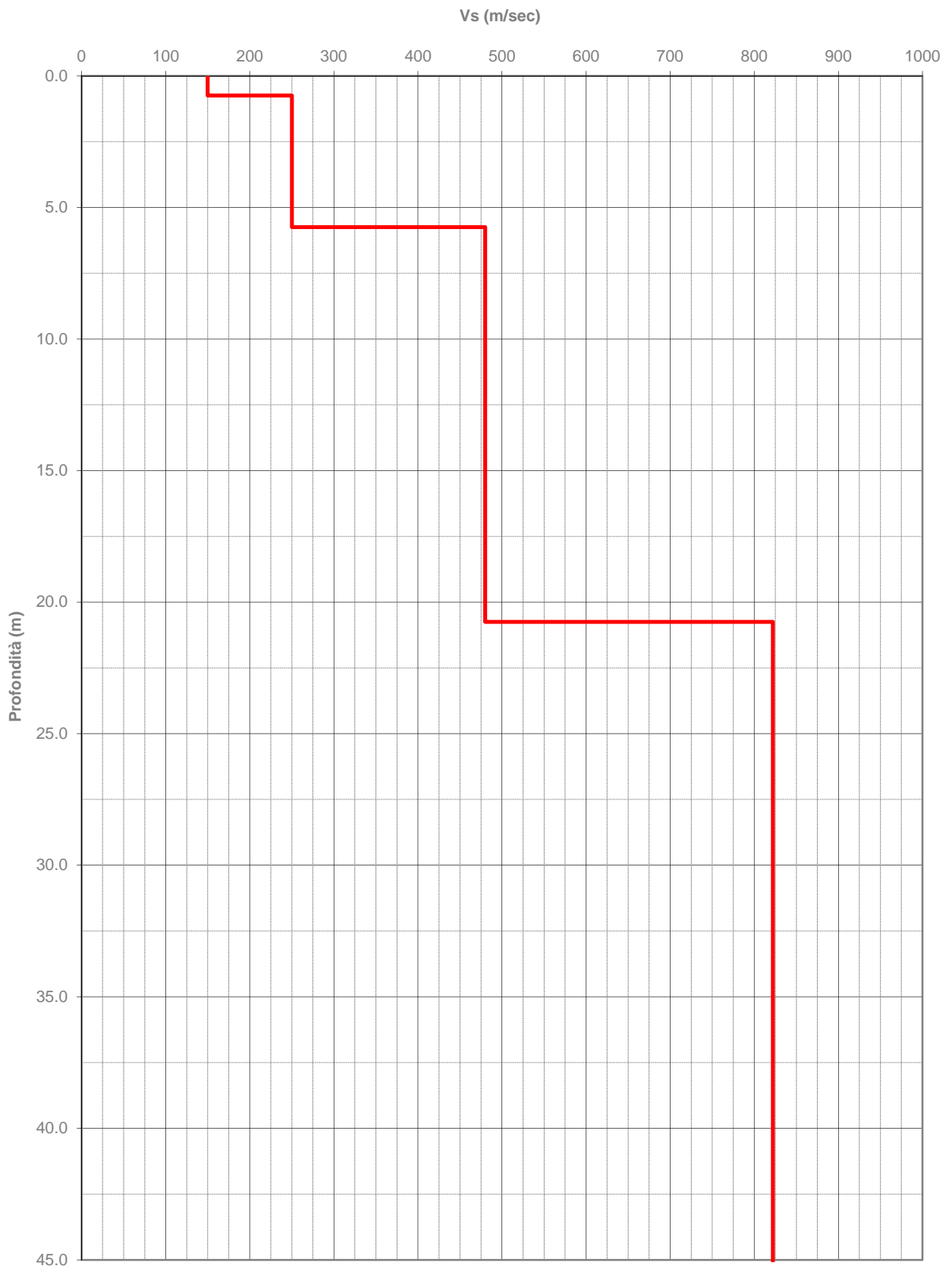


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.75	0.75	150	0.35
5.75	5.00	250	0.35
20.75	15.00	480	0.35
50.75	30.00	822	0.35
83.75	33.00	950	0.40
inf.	inf.	1150	0.40

Andamento onde S



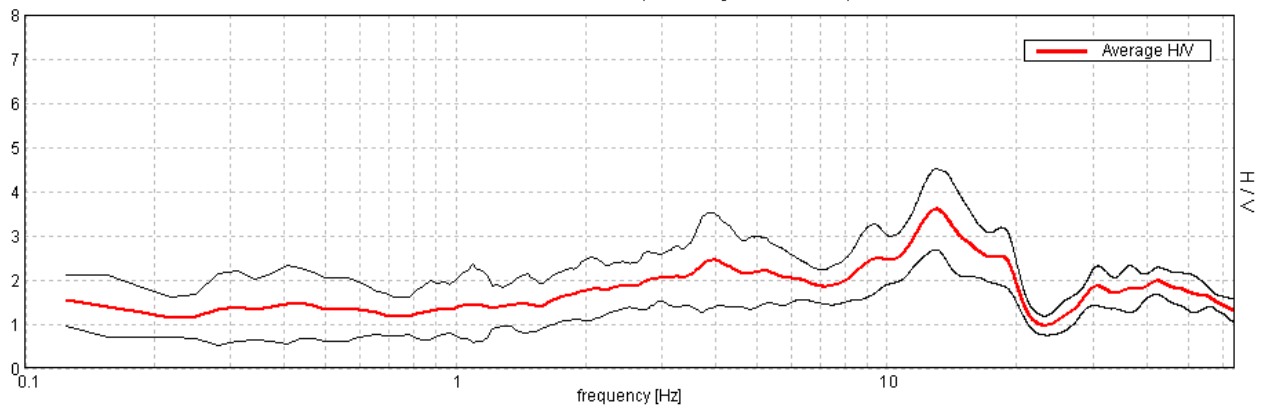
COMUNE DI BETTOLA LOC. RIGLIO

Strumento: TRZ-0097/01-10
 Inizio registrazione: 22/05/13 14:41:01 Fine registrazione: 22/05/13 14:57:02
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

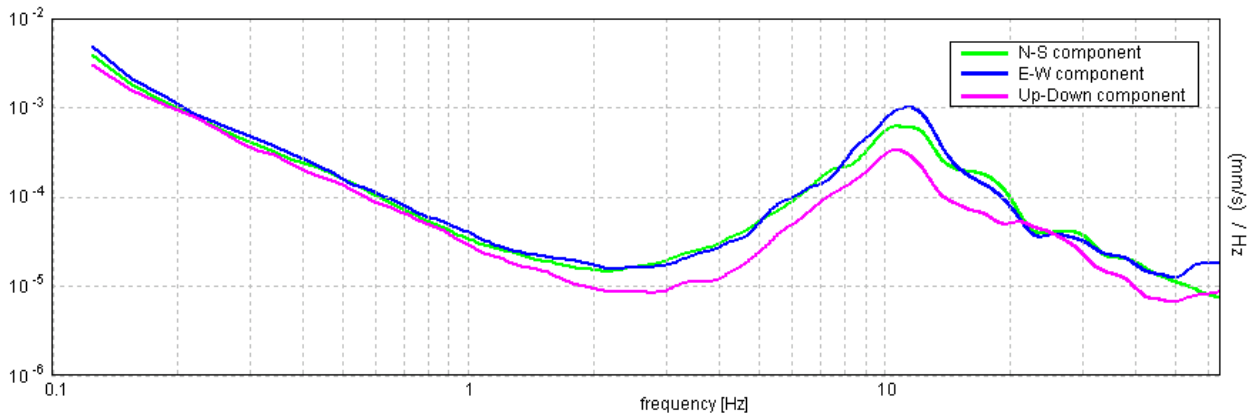
Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 12.97 ± 2.24 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

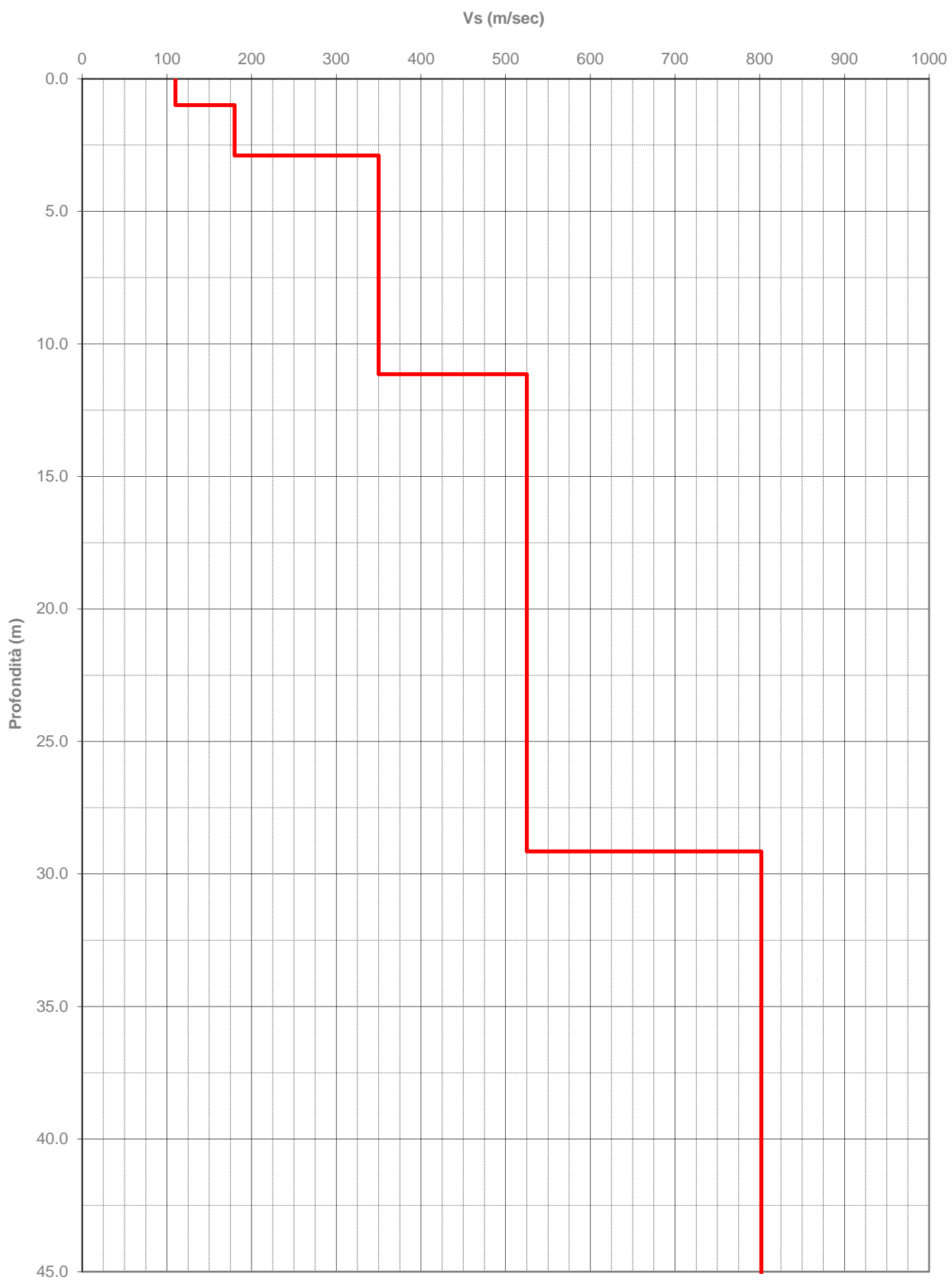


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	110	0.35
2.90	1.90	180	0.35
11.15	8.25	350	0.35
29.15	18.00	525	0.35
79.15	50.00	802	0.35
109.15	30.00	902	0.35
inf.	inf.	1000	0.35

Andamento onde S



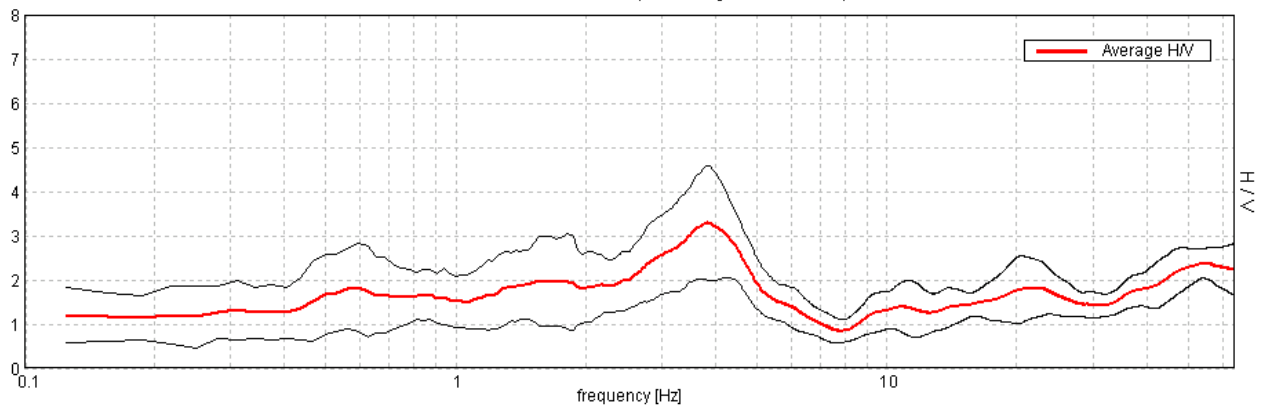
COMUNE DI BETTOLA LOC. VILLANOVA

Strumento: TRZ-0097/01-10
 Inizio registrazione: 14/05/13 15:00:41 Fine registrazione: 14/05/13 15:16:42
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

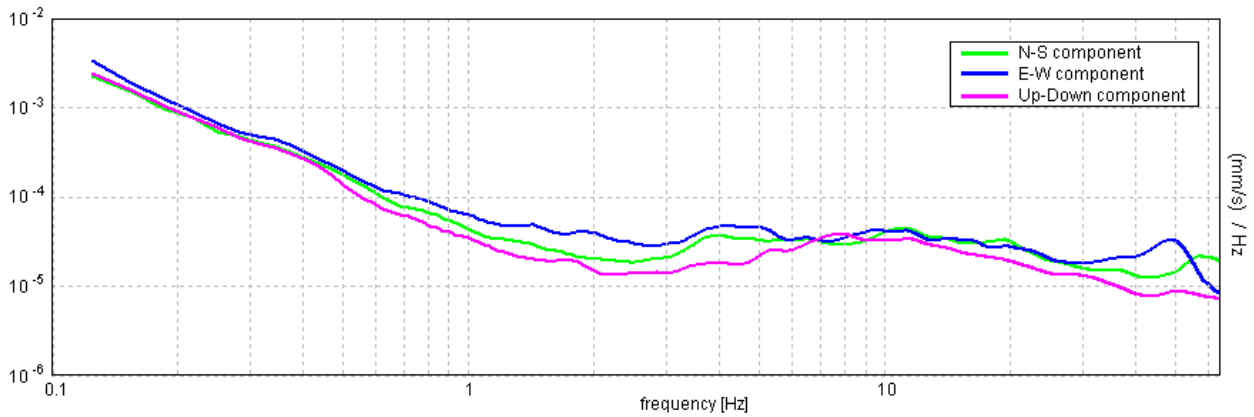
Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 58% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 18 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 3.81 ± 23.8 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

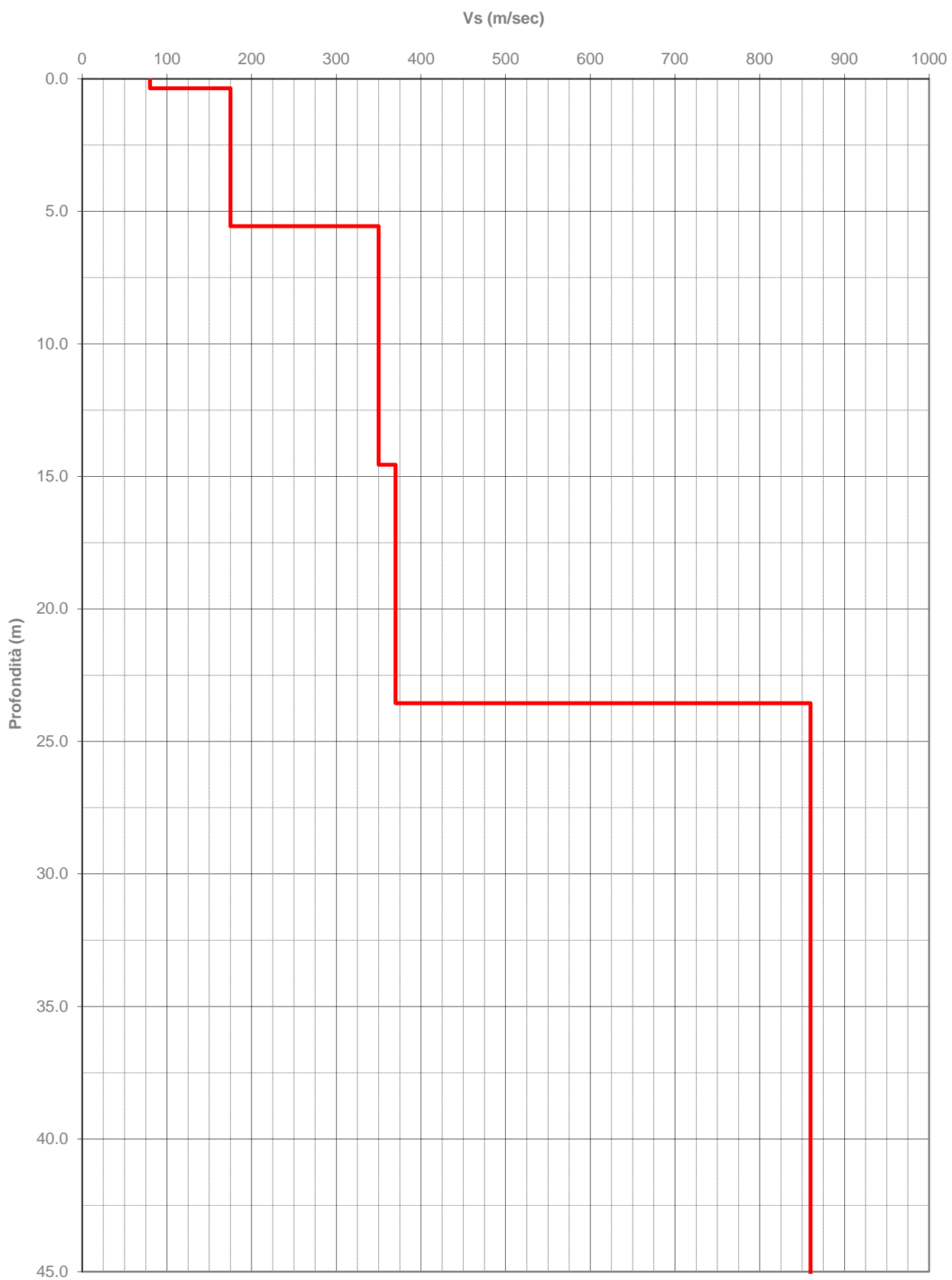


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.36	0.36	80	0.35
5.56	5.20	175	0.35
14.56	9.00	350	0.35
23.56	9.00	370	0.35
68.56	45.00	860	0.35
158.56	90.00	880	0.35
inf.	inf.	900	0.35

Andamento onde S



COMUNE DI BETTOLA LOC. LEGGIO

Strumento: TRZ-0097/01-10

Inizio registrazione: 14/05/13 13:27:36 Fine registrazione: 14/05/13 13:43:37

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 77% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

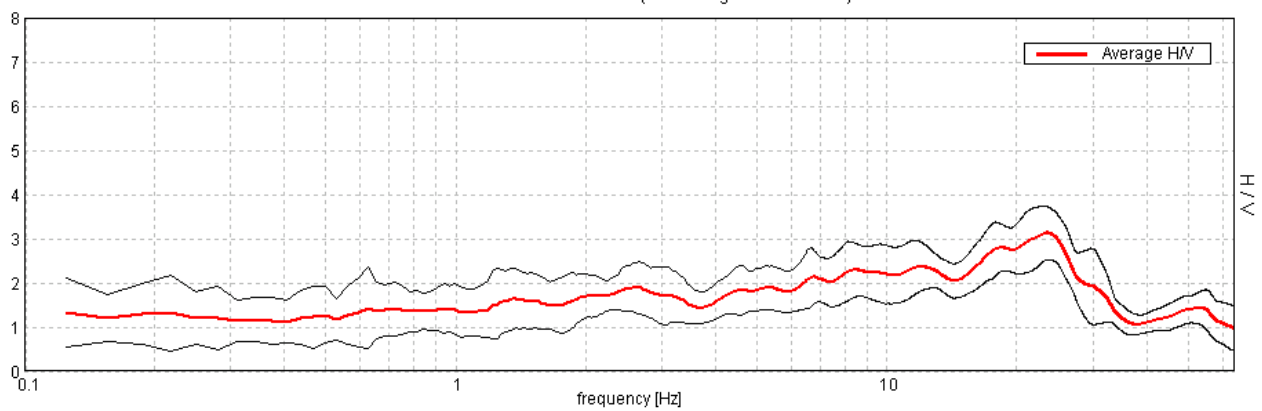
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

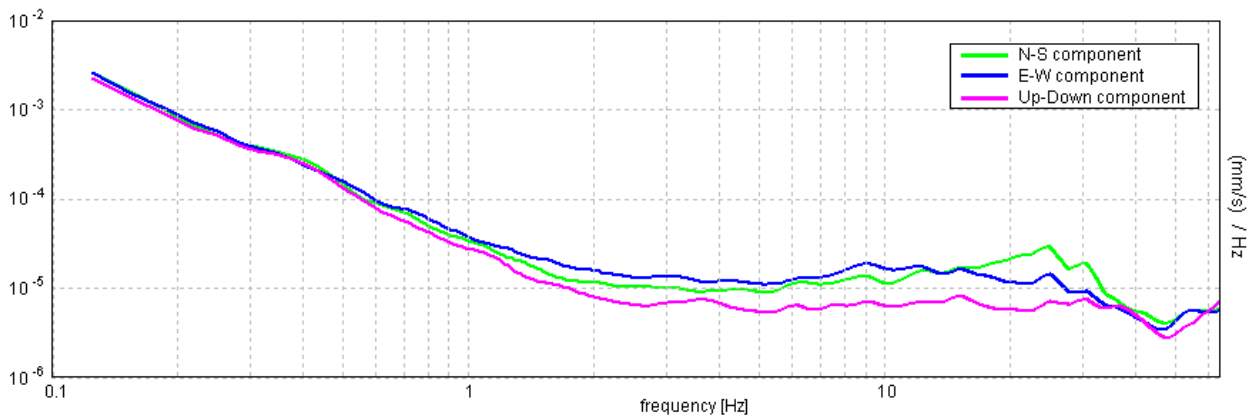
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 23.44 ± 5.51 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

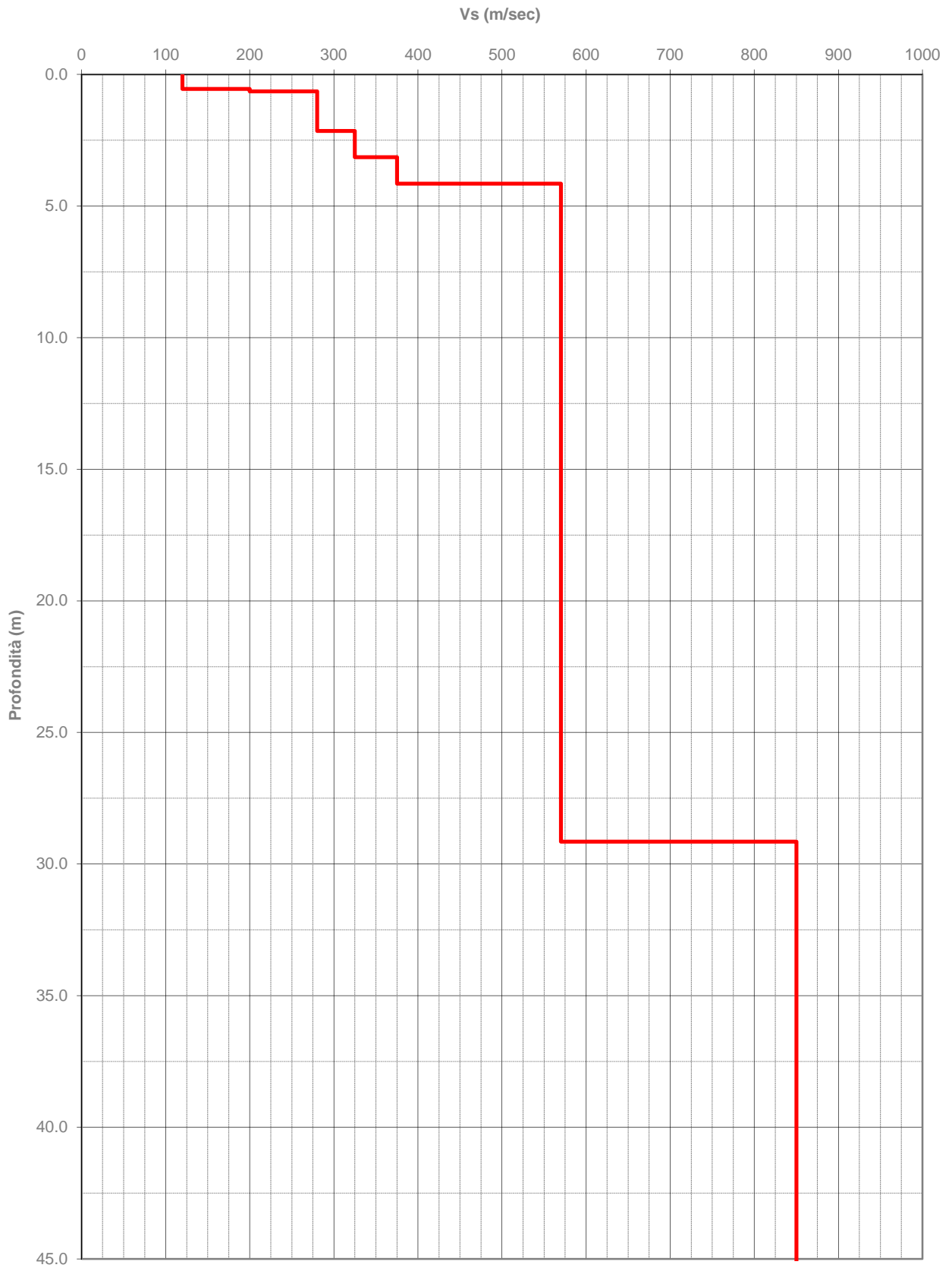


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.55	0.55	120	0.35
0.65	0.10	200	0.35
2.15	1.50	280	0.35
3.15	1.00	325	0.35
4.15	1.00	375	0.35
29.15	25.00	570	0.35
54.15	25.00	850	0.35
114.15	60.00	1000	0.35
inf.	inf.	1050	0.35

Andamento onde S



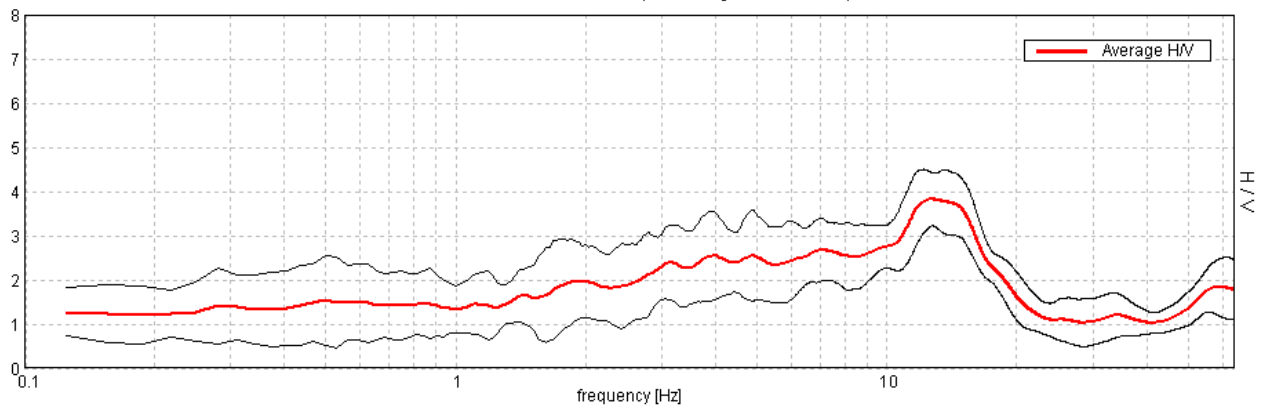
COMUNE DI BETTOLA LOC. MONTOSERO

Strumento: TRZ-0097/01-10
 Inizio registrazione: 22/05/13 11:47:17 Fine registrazione: 22/05/13 12:03:17
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

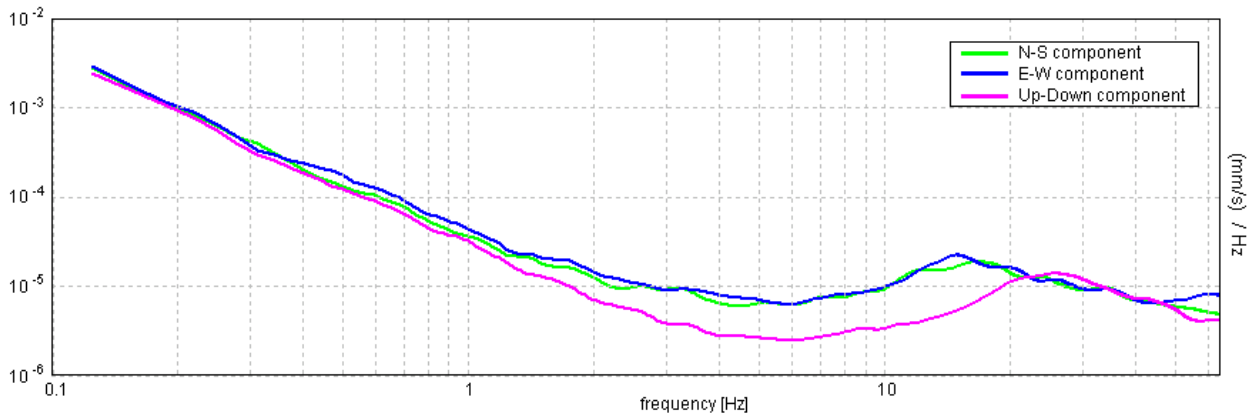
Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 64% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 18 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 12.56 ± 0.51 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

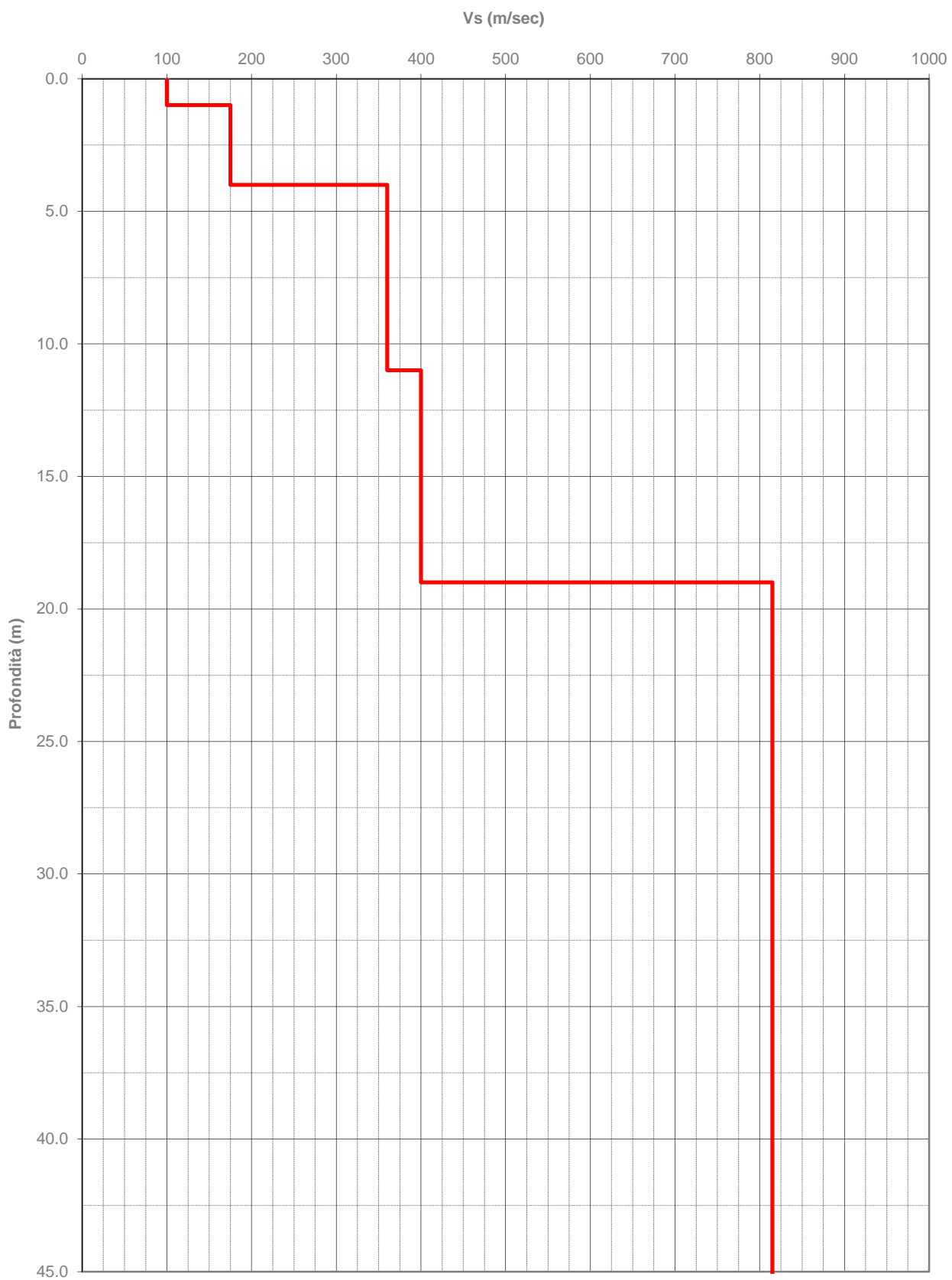


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	100	0.35
4.00	3.00	175	0.35
11.00	7.00	360	0.35
19.00	8.00	400	0.35
64.00	45.00	815	0.35
154.00	90.00	980	0.35
inf.	inf.	900	0.35

Andamento onde S



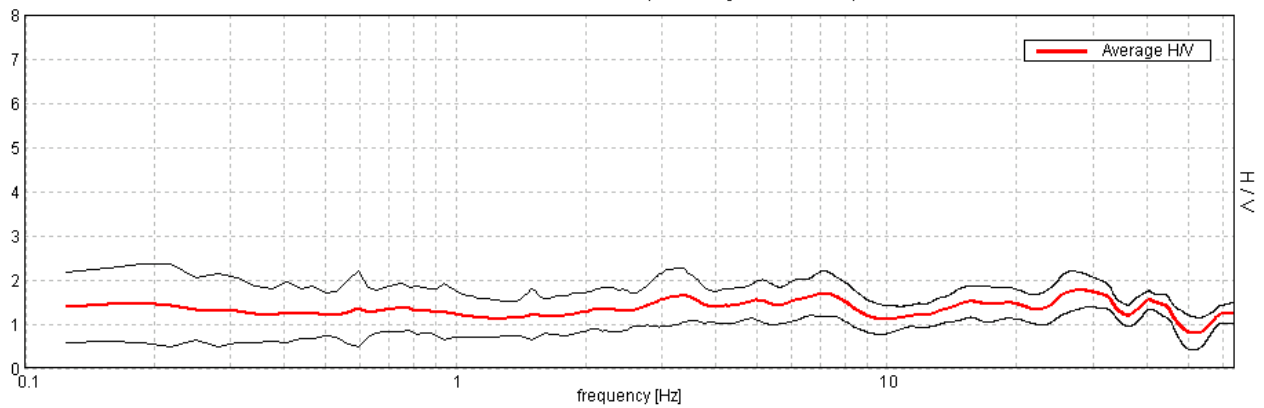
COMUNE DI BETTOLA LOC. BRAMAIANO

Strumento: TRZ-0097/01-10
 Inizio registrazione: 22/05/13 13:42:26 Fine registrazione: 22/05/13 13:58:27
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

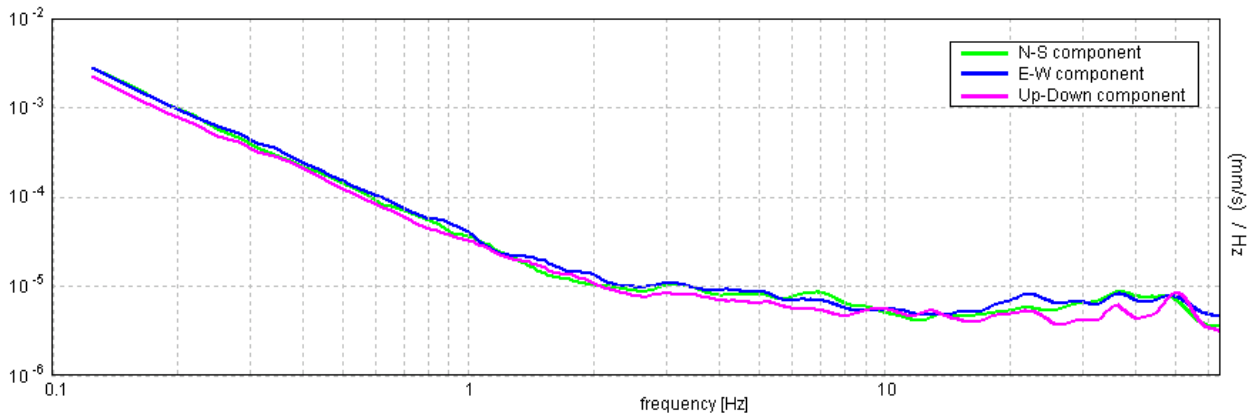
Durata registrazione: 0h16'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 28.41 ± 11.53 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

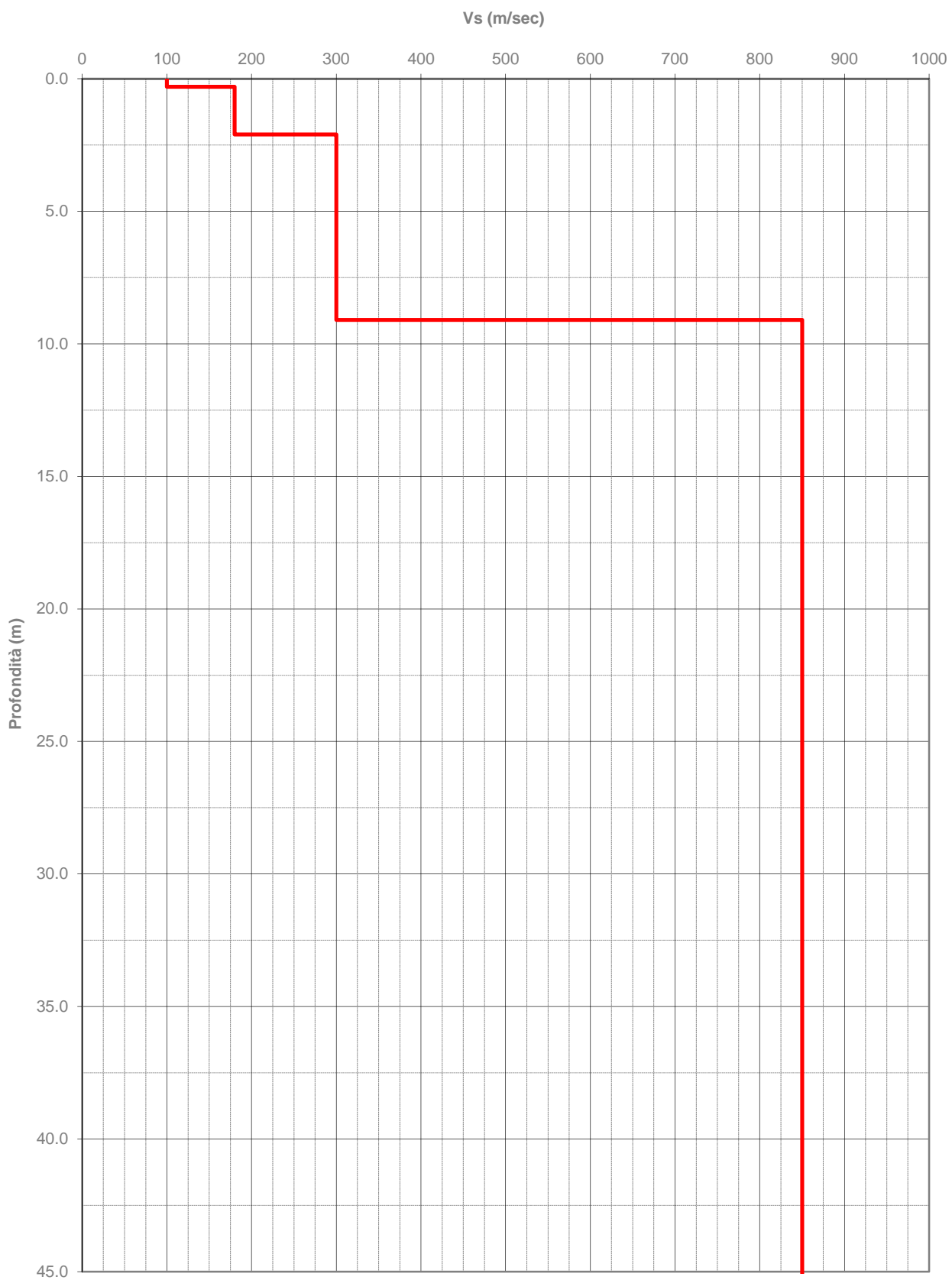


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	100	0.35
2.10	1.80	180	0.35
9.10	7.00	300	0.35
159.10	150.00	850	0.35
inf.	inf.	920	0.35

Andamento onde S



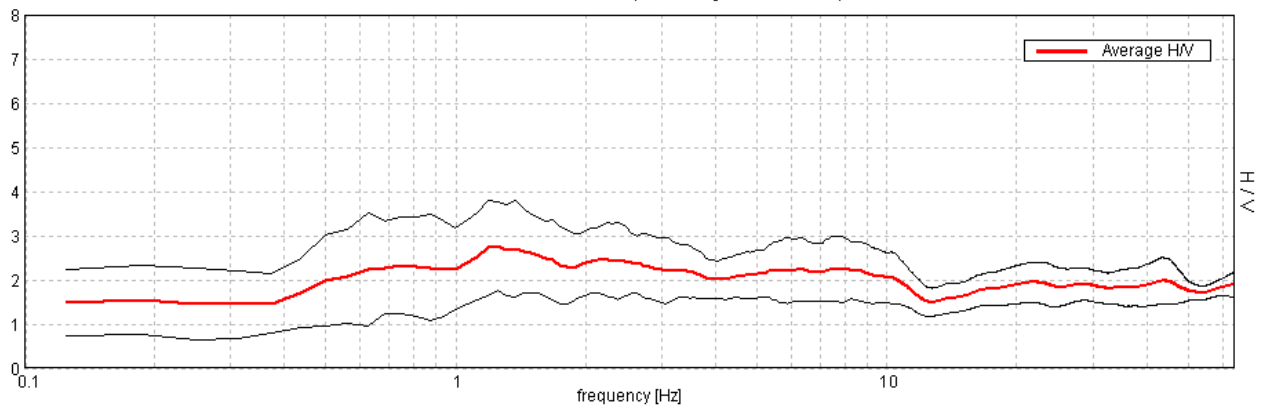
COMUNE DI BETTOLA LOC. I CORDANI

Strumento: TRZ-0097/01-10
 Inizio registrazione: 31/05/13 14:10:23 Fine registrazione: 31/05/13 14:26:24
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

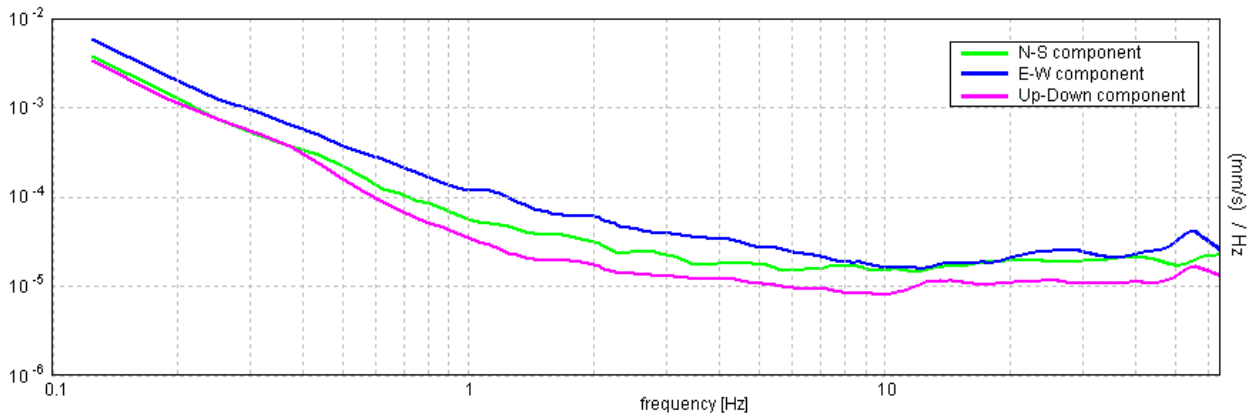
Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 56% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 15 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 1.25 ± 0.3 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

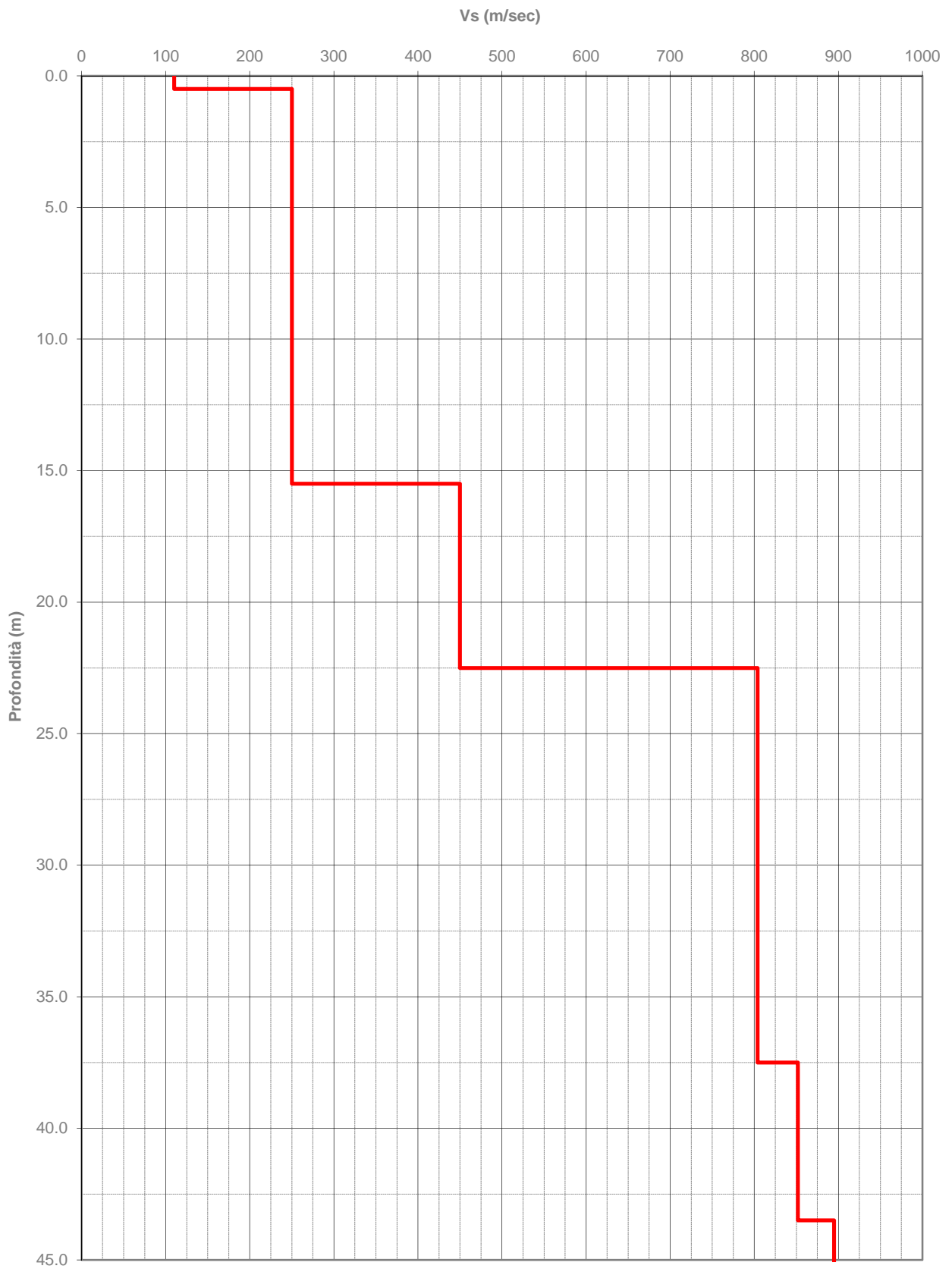


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	110	0.35
15.50	15.00	250	0.35
22.50	7.00	450	0.35
37.50	15.00	804	0.35
43.50	6.00	852	0.35
73.50	30.00	895	0.35
133.50	60.00	950	0.35
Inf.	Inf.	1000	0.35

Andamento onde S



COMUNE DI BETTOLA LOC. PRATO BARBIERI

Strumento: TRZ-0097/01-10

Inizio registrazione: 31/05/13 14:44:59 Fine registrazione: 31/05/13 15:01:00

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

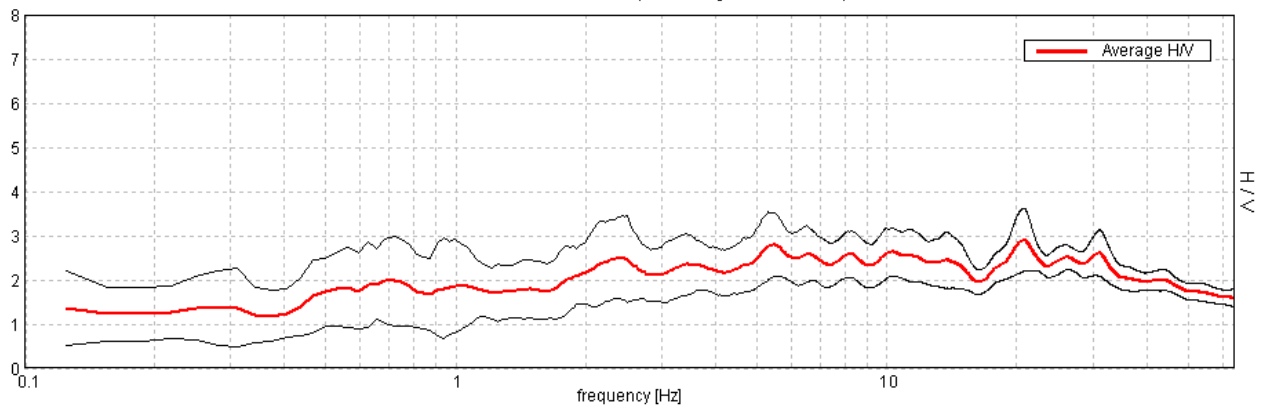
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

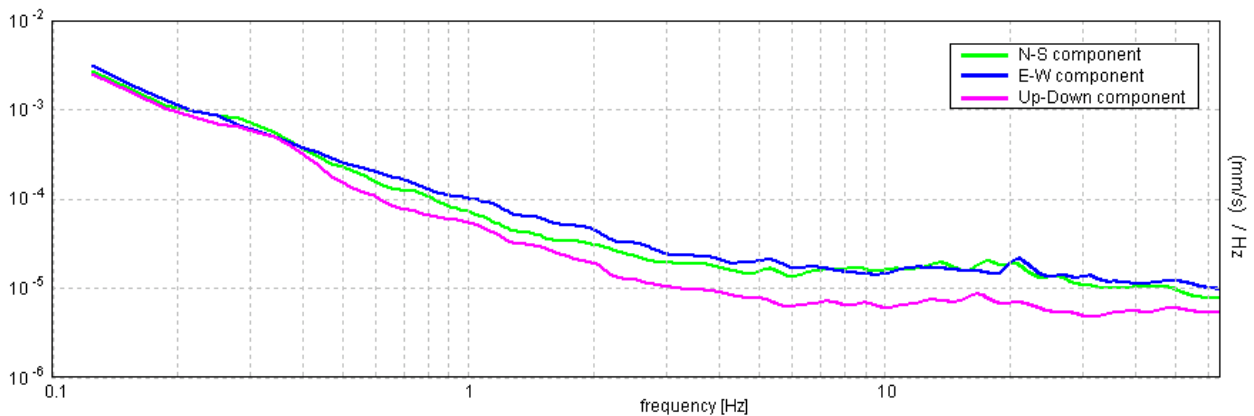
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 20.88 ± 4.6 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

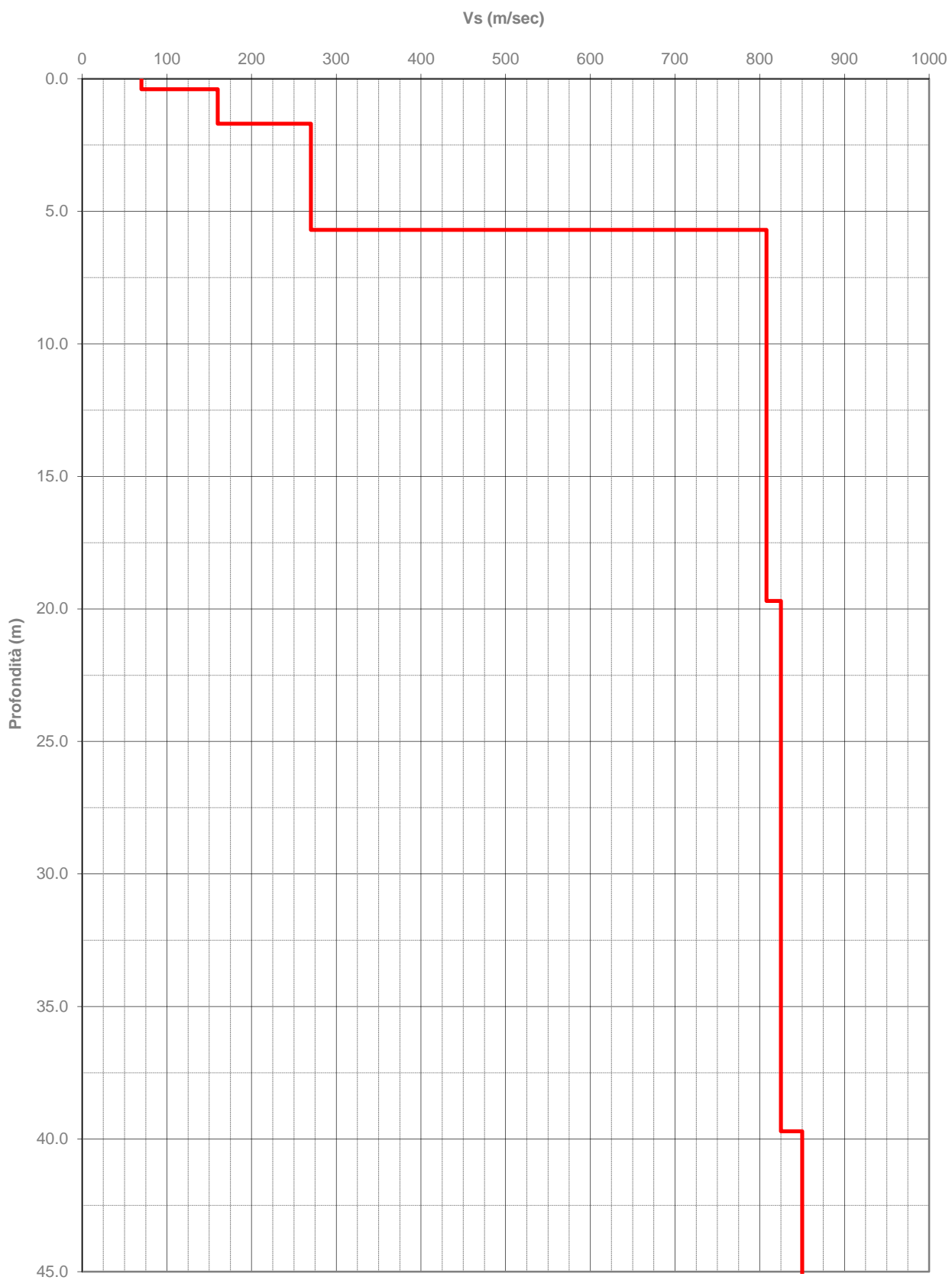


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	70	0.35
1.70	1.30	160	0.35
5.70	4.00	270	0.35
19.70	14.00	808	0.35
39.70	20.00	825	0.35
65.70	26.00	850	0.35
150.70	85.00	950	0.35
inf.	inf.	980	0.35

Andamento onde S



ALLEGATO C

Prova n°	07	Data:	14/05/13	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio
Committente	Comune di Bettola			via Astorri, 3
Comune	Bettola	Quota:	p.c.	29019 - San Giorgio (Pc)
Cantiere	Villanova	Acqua:	--	pag. 1

Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq		
0,0							
0,2	2	4		2	0,13		
0,4	26	32		26	0,40		
0,6	24	31		24	0,47		
0,8	75	80		75	0,33		
1,0							
1,2							
1,4							
1,6							
1,8							
2,0							
2,2							
2,4							
2,6							
2,8							
3,0							
3,2							
3,4							
3,6							
3,8							
4,0							
4,2							
4,4							
4,6							
4,8							
5,0							
5,2							
5,4							
5,6							
5,8							
6,0							
6,2							
6,4							
6,6							
6,8							
7,0							
7,2							
7,4							
7,6							
7,8							
8,0							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9,0							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10,0							

Prova n°	08	Data:	14/05/13	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio	
Committente	Comune di Bettola			via Astorri, 3	
Comune	Bettola	Quota:	p.c.	29019 - San Giorgio (Pc)	
Cantiere	Leggio	Acqua:	--	<i>pag. 1</i>	

<i>Prof. m</i>	<i>P Kg/cmq</i>	<i>P+L Kg/cmq</i>	<i>Rt Kg/cmq</i>	<i>Rp Kg/cmq</i>	<i>Rl Kg/cmq</i>		
0,0							
0,2	2,0	4,0		2	0,13		
0,4	3,0	4,0		3	0,07		
0,6	4,5	7,5		4,5	0,20		
0,8	8,5	13,0		8,5	0,30		
1,0	9,0	15,0		9	0,40		
1,2	9,5	16,5		9,5	0,47		
1,4	7,5	14,5		7,5	0,47		
1,6	7,5	15,5		7,5	0,53		
1,8	9,0	18,0		9	0,60		
2,0	6,5	12,5		6,5	0,40		
2,2	10,0	17,0		10	0,47		
2,4	6,0	11,0		6	0,33		
2,6	10,0	18,0		10	0,53		
2,8	70,0	80,0		70	0,67		
3,0							
3,2							
3,4							
3,6							
3,8							
4,0							
4,2							
4,4							
4,6							
4,8							
5,0							
5,2							
5,4							
5,6							
5,8							
6,0							
6,2							
6,4							
6,6							
6,8							
7,0							
7,2							
7,4							
7,6							
7,8							
8,0							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9,0							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10,0							

Prova n°	02	Data:	08/05/13	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio			
Committente	Comune di Bettola			via Astorri, 3			
Comune	Bettola	Quota:	p.c.	29019 - San Giorgio (Pc)			
Cantiere	Casa Bardarelli	Acqua:	--	<i>pag. 1</i>			

<i>Prof. m</i>	<i>P Kg/cmq</i>	<i>P+L Kg/cmq</i>	<i>Rt Kg/cmq</i>	<i>Rp Kg/cmq</i>	<i>Rl Kg/cmq</i>	<i>Rp/Rl</i>	
0,0							
0,2	1,0	2,0		1,0	0,1	15,0	
0,4	2,5	4,5		2,5	0,1	18,8	
0,6	4,5	6,5		4,5	0,1	33,8	
0,8	5,0	10,0		5,0	0,3	15,0	
1,0	8,5	15,5		8,5	0,5	18,2	
1,2	10,5	19,0		10,5	0,6	18,5	
1,4	9,0	18,0		9,0	0,6	15,0	
1,6	9,5	18,0		9,5	0,6	16,8	
1,8	15,0	21,0		15,0	0,4	37,5	
2,0	25,0	35,0		25,0	0,7	37,5	
2,2	70,0	85,0		70,0	1,0	70,0	
2,4							
2,6							
2,8							
3,0							
3,2							
3,4							
3,6							
3,8							
4,0							
4,2							
4,4							
4,6							
4,8							
5,0							
5,2							
5,4							
5,6							
5,8							
6,0							
6,2							
6,4							
6,6							
6,8							
7,0							
7,2							
7,4							
7,6							
7,8							
8,0							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9,0							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10,0							

Prova n°	06	Data:	22/05/13	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio			
Committente	Comune di Bettola			via Astorri, 3			
Comune	Bettola	Quota:	p.c.	29019 - San Giorgio (Pc)			
Cantiere	Riglio	Acqua:	--	<i>pag. 1</i>			

<i>Prof. m</i>	<i>P Kg/cmq</i>	<i>P+L Kg/cmq</i>	<i>Rt Kg/cmq</i>	<i>Rp Kg/cmq</i>	<i>Rl Kg/cmq</i>	<i>Rp/Rl</i>	
0,0							
0,2	2,0	4,0		2	0,13	15	
0,4	2,5	4,5		2,5	0,13	19	
0,6	1,5	3,5		1,5	0,13	11	
0,8	3,5	5,5		3,5	0,13	26	
1,0	2,5	5,0		2,5	0,17	15	
1,2	3,5	6,0		3,5	0,17	21	
1,4	3,5	6,0		3,5	0,17	21	
1,6	3,5	7,0		3,5	0,23	15	
1,8	4,5	9,5		4,5	0,33	14	
2,0	3,5	8,0		3,5	0,30	12	
2,2	5,5	9,5		5,5	0,27	21	
2,4	12,5	15,0		12,5	0,17	75	
2,6	27,0	32,0		27	0,33	81	
2,8	37,0	46,0		37	0,60	62	
3,0	29,0	40,0		29	0,73	40	
3,2	85,0	90,0		85	0,33	255	
3,4	90,0	95,0		90	0,33	270	
3,6							
3,8							
4,0							
4,2							
4,4							
4,6							
4,8							
5,0							
5,2							
5,4							
5,6							
5,8							
6,0							
6,2							
6,4							
6,6							
6,8							
7,0							
7,2							
7,4							
7,6							
7,8							
8,0							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9,0							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10,0							

Prova n°	04	Data:	22/05/14	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio
Committente	Comune di Bettola			via Astorri, 3
Comune	Bettola	Quota:	p.c.	29019 - San Giorgio (Pc)
Cantiere	Loghetto	Acqua:	--	<i>pag. 1</i>

Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq	Rp/Rl	
0,0							
0,2	2,0	4,0		2	0,13	15	
0,4	6,5	8,5		6,5	0,13	49	
0,6	13,0	15,0		13	0,13	98	
0,8	7,0	11,5		7	0,30	23	
1,0	12,0	17,0		12	0,33	36	
1,2	5,5	10,0		5,5	0,30	18	
1,4	20,0	25,0		20	0,33	60	
1,6	75,0	78,0		75	0,20	375	
1,8							
2,0							
2,2							
2,4							
2,6							
2,8							
3,0							
3,2							
3,4							
3,6							
3,8							
4,0							
4,2							
4,4							
4,6							
4,8							
5,0							
5,2							
5,4							
5,6							
5,8							
6,0							
6,2							
6,4							
6,6							
6,8							
7,0							
7,2							
7,4							
7,6							
7,8							
8,0							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9,0							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10,0							

Prova n°	01	Data:	08/05/13	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio
Committente	Comune di Bettola			via Astorri, 3
Comune	Bettola	Quota:	p.c.	29019 - San Giorgio (Pc)
Cantiere	Case Ricò	Acqua:	--	<i>pag. 1</i>

Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq	Rp/Rl	
0,0							
0,2	2	4		2	0,13	15	
0,4	25	32		25	0,47	54	
0,6	32	39		32	0,47	69	
0,8	50	64		50	0,93	54	
1,0	29	42		29	0,87	33	
1,2	30	37		30	0,47	64	
1,4							
1,6							
1,8							
2,0							
2,2							
2,4							
2,6							
2,8							
3,0							
3,2							
3,4							
3,6							
3,8							
4,0							
4,2							
4,4							
4,6							
4,8							
5,0							
5,2							
5,4							
5,6							
5,8							
6,0							
6,2							
6,4							
6,6							
6,8							
7,0							
7,2							
7,4							
7,6							
7,8							
8,0							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9,0							
9,2							
9,4							
9,6							
9,8							
10,0							

Località Montosero

Comune di Bettola

Data 22/05/2013

PROVA NON ANCORATA

Località Recesio

Comune di Bettola

Data 08/05/2013

PROVA NON ANCORATA