



Comune di Tredozio (FC)

Studio di microzonazione sismica



II LIVELLO

Relazione illustrativa

Codice	S11145-M2-RE-01-0
--------	-------------------

Rev.	Data	Redatto	Controllato	Approvato
0	30.01.2012	Federico Sciascia	Gianluca Benedetti	Gianfranco Marchi
1				
2				



CERT-16254-2005-AQ-
BOL-SINCERT

Mod 2 Rev.1 01/02/2011

Sede Principale:
Viale Baccharini, 29
48018 FAENZA (RA)
Tel. 0546 663423/56
Fax 0546 663428

C.F./P.IVA/Registro Imprese RA
02058800398

Sede di Bologna:
Via Zacconi, 16
40127 BOLOGNA (BO)
Tel. 051 245663
Fax 051 242251

CAPITALE SOCIALE
€ 105 000,00 i.v.

Sede di Santarcangelo:
Via Andrea Costa, 115
47822 SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN)
Tel. 0541 1832933
Fax 0541 1832936

Web: www.enser.it
E-Mail: enser@enser.it

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

INDICE

1.	PREMESSA.....	5
2.	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	6
3.	CARTA DELLA NUOVE INDAGINI	7
4.	CARTA DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S.....	11
5.	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE E CARTOGRAFIA DEI FATTORI	13
5.1	CALCOLO DEI FATTORI FA E FV	13
5.2	CALCOLO DEI FATTORI FA_{PGA} , $FA_{0,1-0,5}$ E $FA_{0,5-1}$	16
5.3	RISULTATI.....	17
6.	AREE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ.....	19
6.1	TREDOZIO CENTRO – LOCALITÀ BUGGIANO	20
6.2	TREDOZIO CENTRO – LOCALITÀ OVEST MONTE PRETE	22
6.3	MONTE BUSCA.....	24
6.4	MONTE FREDDO – LOCALITÀ SOLARE DI SOTTO.....	26
6.5	MONTE FREDDO	28

TABELLE

TABELLA 1. VALORI DI H E VSH RELATIVE AI DIVERSI ORDINI DI TERRAZZO E TERRENI ALLENTATI.	11
TABELLA 2. VALORI NUMERICI DEI DIVERSI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE.....	18

FIGURE

FIGURA 1. UBICAZIONE DELLA PROVA HV_01.	7
FIGURA 2. UBICAZIONE DELLA PROVA HV_02.	8
FIGURA 3. UBICAZIONE DELLA PROVA HV_03.	8
FIGURA 4. UBICAZIONE DELLA PROVA HV_04.	9
FIGURA 5. UBICAZIONE DELLA PROVA HV_05.	9
FIGURA 6. UBICAZIONE DELLA PROVA HV_06.	10
FIGURA 7. ABACHI PER IL CALCOLO DEL FATTORE FA PER I DEPOSITI TERRAZZATI.	14
FIGURA 8. ABACHI PER IL CALCOLO DEL FATTORE FV PER I DEPOSITI TERRAZZATI.	14
FIGURA 9. ABACHI PER IL CALCOLO DEL FATTORE FA PER IL SUBSTRATO ALLENTATO (AREA MONTE BUSCA E SUD CASTELLACCIO).....	15
FIGURA 10. ABACHI PER IL CALCOLO DEL FATTORE FV PER I DEPOSITI TERRAZZATI (AREA MONTE BUSCA E SUD CASTELLACCIO).....	15
FIGURA 11. ABACHI PER IL CALCOLO DEL FATTORE FA_{PGA}	16
FIGURA 12. ABACHI PER IL CALCOLO DEL FATTORE $FA_{0,1-0,5}$	17
FIGURA 13. ABACHI PER IL CALCOLO DEL FATTORE $FA_{0,5-1}$	17
FIGURA 14. AREA BUGGIANO CHE NECESSITA DI APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO.....	21

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

FIGURA 15. AREA OVEST MONTE PRETE CHE NECESSITA DI APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO ...23

FIGURA 16. AREA MONTE BUSCA CHE NECESSITA DI APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO25

FIGURA 17. AREA SOLARE DI SOTTO CHE NECESSITA DI APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO27

FIGURA 18. AREA MONTE FREDDO CHE NECESSITA DI APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO29

ALLEGATI

S11145-M2-TV01-0 – Carta delle nuove indagini

S11145-M1-TV02-0 – Carta delle velocità delle onde di taglio S

S11145-M1-TV03-0 – Carta dei fattori di amplificazione FA delle aree ove sono richiesti approfondimenti di secondo livello

S11145-M1-TV04-0 – Carta dei fattori di amplificazione FV delle aree ove sono richiesti approfondimenti di secondo livello

S11145-M1-TV05-0 – Carta dei fattori di amplificazione FA_{pga} delle aree ove sono richiesti approfondimenti di secondo livello

S11145-M1-TV06-0 – Carta dei fattori di amplificazione $FA_{0,1-0,5}$ delle aree ove sono richiesti approfondimenti di secondo livello

S11145-M1-TV07-0 – Carta dei fattori di amplificazione $FA_{0,5-1}$ delle aree ove sono richiesti approfondimenti di secondo livello

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

1. PREMESSA

L'Amministrazione comunale di Tredozio, recependo le delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna n. 1051/2011 (documento GPG/2011/694) "*approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm.*", ha affidato ad Enser Srl l'incarico di elaborazione dei documenti necessari alla microzonazione sismica comunale di I e II livello.

La seguente relazione illustra i dati di base e i risultati delle analisi del secondo livello di approfondimento condotte nel territorio comunale, in particolare, i valori di amplificazione sismica FA , FV , FA_{pgr} , $FA_{0,1-0,5}$ e $FA_{0,5-1}$.

L'area oggetto di studio è stata comunicata dall'Amministrazione Comunale riferendola, come richiesto nell'allegato B dei "criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica (secondo livello di approfondimento), di cui all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907/2010, e s.m.i., e decreto n. 8422 del 10/12/2010 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, alle aree urbanizzate e a quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche e lungo le fasce a cavallo delle reti infrastrutturali.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

2. **NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

Regione Emilia Romagna (2007): n. 2131: 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).

Regione Emilia Romagna (2011): 1051/2011: Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e SS.MM. e relativi allegati A, B e C.

Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile (2008): Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica parti I e II.

Comune di Tredozio: Piano Strutturale Comunale (PSC), 1° approvazione Provincia di Forlì-Cesena delibera di Consiglio Provinciale n.68886/146 del 14.09.2006. Variante integrativa adottata con delibera di Consiglio Provinciale n.29974/42 del 30/03/2009 ed approvata con delibera del Consiglio Provinciale n.70346/146 del 19/07/2010, entrata in vigore il giorno 04/08/2010.

Comune di Tredozio (2012): Studio di microzonazione sismica I livello - Relazione illustrativa e allegati alla relazione.

Nakamura Y. (1989): A method for dynamic characteristics estimates of sub-surface using microtremor on the round surface, QR of RTRI, Vol. 30, pp. 25-33.

Albert Van Zutphen: Relazione geologica e geotecnica eseguita il località Buggiano, per intervento urbanistico preventivo in area artigianale D3 in comune di Tredozio e per variante al PRG.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

3. CARTA DELLA NUOVE INDAGINI

Come anticipato nella relazione di I livello, nel Comune di Tredozio sono state condotte sei nuove indagini in sismica passiva a stazione singola, interpretate utilizzando la metodologia HVSR di Nakamura (1989).

Le indagini integrative sono indicate con la sigla HV_##. In relazione all'ubicazione delle indagini bibliografiche, le indagini integrative sono state condotte:

- tre nei depositi terrazzati del T. Tramazzo in modo da completare il quadro di frequenza e Vs di ogni ordine di terrazzo individuato (HV_01, HV_02 e HV03). Vedi Figura 1, Figura 2 e Figura 3.
- una nei depositi terrazzati del Fosso Pereto, affluente in destra del T. Tramazzo (HV_04). Vedi Figura 4.
- una a sud del colle Castellaccio (HV_05). Vedi Figura 5.
- una nella zona cataclastica nel centro di Villaggio Monte Busca (HV_06). Vedi Figura 6

Ogni misura è stata effettuata con tromografo digitale orientando lo strumento in direzione Nord e avendo la massima cura di accoppiare al meglio lo strumento con il terreno.

La cartografia di riferimento è riportata nell'allegato S11145-M1-TV01-0.



Figura 1. Ubicazione della prova HV_01.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012



Figura 2. Ubicazione della prova HV_02.



Figura 3. Ubicazione della prova HV_03.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012



Figura 4. Ubicazione della prova HV_04.



Figura 5. Ubicazione della prova HV_05.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012



Figura 6. Ubicazione della prova HV_06.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

4. CARTA DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S

In seguito alla valutazione delle indagini sismiche in sismica passiva a stazione singola da bibliografia (254090T180C, 254090T250C e 254100D500A), all'elaborazione delle nuove misure in sismica passiva a stazione singola (HV_##) e allo studio degli spessori di terreno individuati durante la redazione della cartografia di I livello, è stato possibile definire nove profili di velocità calcolando i valori di V_{sH} , come richiesto dal II livello di approfondimento, per le aree indagate, con H pari allo spessore di terreno definibile "lento" su un substrato definito "veloce".

La seguente Tabella 1 riassume i valori di H e di V_{sH} misurati in sito.

Sigla indagine	Spessore lento (H) in metri	Velocità delle onde S nello spessore lento (V_{sH}) in metri al secondo	Ordine di terrazzo o località
254090T180C	7,3	300	I° ordine
254090T250C	6,5	250	II° ordine
254100D500A	2	150	Monte Busca
HV_01	3,8	280	III° ordine
HV_02	3,8	290	III° ordine
HV_03	7,3	300	I° ordine
HV_04	8,35	205	Terrazzo F. Pereto
HV_05	21,2	450	Sud Castellaccio
HV_06	3,2	253	Monte Busca

Tabella 1. Valori di H e V_{sH} relative ai diversi ordini di terrazzo e terreni allentati.

Il calcolo di V_{sH} è dato da:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Con:

- H = spessore totale in metri dei terreni di copertura lenti sino al bedrock sismico;
- h_i = spessore in metro dello strati i-esimo (fino al bedrock);
- V_{si} = velocità (in metri al secondo) dello strato i-esimo (fino al bedrock).

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

I valori di H e di V_{SH} sono poi utilizzati per il calcolo dei valori dei fattori di amplificazione sia come richiesto dalla Protezione Civile (Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica) sia come richiesto dalle specifiche della Regione Emilia Romagna (Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica - n 2131).

La cartografia di riferimento è riportata nell'allegato S11145-M1-TV02-0.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

5. FATTORI DI AMPLIFICAZIONE E CARTOGRAFIA DEI FATTORI

Per il calcolo dei fattori di amplificazione vengono utilizzati gli abachi delle linee guida della Protezione Civile, per il calcolo dei fattori FA e FV, e delle linee guida della Regione Emilia Romagna per il calcolo dei fattori FA_{pgar} , $FA_{0,1-0,5}$ e $FA_{0,5-1}$ come illustrato di seguito.

La cartografia di riferimento è riportata negli allegati S11145-M1-TV03-0, S11145-M1-TV04-0, S11145-M1-TV05-0, S11145-M1-TV06-0 e S11145-M1-TV07-0.

5.1 Calcolo dei fattori FA e FV

Le linee guida della Protezione Civile suggeriscono l'utilizzo di alcuni abachi per il calcolo dei fattori FA e FV.

Tali abachi implicano la conoscenza di alcuni parametri quali lo spessore H di terreno lento sovrastante un terreno veloce (bedrock), la velocità delle onde di taglio nel terreno lento (V_{SH}), il tipo di terreno, l' a_g di riferimento e il tipo di profilo di velocità.

I siti in cui è necessario effettuare il II° livello, individuati nelle analisi di I° livello, sono costituiti o da depositi fluviali terrazzati, formati da ghiaie, sabbie, limi e argille, o da zone cataclastiche in cui il substrato roccioso è particolarmente allentato. La scelta dei tipi di terreno da utilizzare è stata ponderata in funzione delle informazioni disponibili dalle indagini. Per i depositi terrazzati, caratterizzati da diversi tipi di terreno, è stato scelto di utilizzare come terreno tipo la sabbia in quanto è un termine intermedio tra le possibili scelte. Per quanto riguarda i terreni rocciosi allentati, non essendoci un apposito abaco, si è scelto cautelativamente di utilizzare come terreno tipo quello riferito alla ghiaia.

Il valore di a_g di riferimento è stato recepito in fase di I° livello ed è pari a 0,21g. Dovendosi rapportare ai valori degli abachi, si è scelto di utilizzare il valore 0,18g poiché più simile al valore caratteristico del sito.

Infine, come suggerito dalle linee guida della Protezione Civile, è stato utilizzato un profilo di velocità "lineare pendenza intermedia" in quanto i profili di velocità delle onde di taglio crescono all'aumentare della profondità.

Nelle seguenti Figura 7, Figura 8, Figura 9 e Figura 10 sono riportati gli abachi utilizzati per il calcolo dei fattori FA e FV. Per la definizione del valore, una volta definito l'abaco in funzione dei parametri "Tipo di terreno", " a_g " e "profilo di velocità", è necessario incrociare i dati di profondità H con il valore di V_{SH} per ottenere il valore numerico di ogni fattore. A titolo di esempio, se avessimo un deposito di spessore pari a 15 metri e V_{SH} pari a 350 m/s, il valore di FA sarebbe pari a 1,78 mentre il valore di FV sarebbe pari a 1,22.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

Nel caso di valori intermedi di H e di V_{SH} è necessario approssimare i valori al termine più vicino.

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

Figura 7. Abachi per il calcolo del fattore FA per i depositi terrazzati.

Fattore di amplificazione FV	Tipo di terreno Sabbia	a_g (g) 0.18g	Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia	V_{SH} (m/s)										
				150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
H	5	-	1.11	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00			
	10	-	1.80	1.31	1.14	1.09	1.06	1.04	1.03	1.01	1.00			
	15	-	2.34	1.83	1.45	1.22	1.14	1.09	1.06	1.03	1.01			
	20	-	2.55	2.18	1.76	1.46	1.27	1.17	1.12	1.05	1.02			
	25	-	2.46	2.37	2.00	1.68	1.44	1.28	1.18	1.08	1.03			
	30	-	-	2.39	2.11	1.79	1.57	1.39	1.26	1.11	1.05			
	35	-	-	2.32	2.20	1.91	1.64	1.47	1.33	1.15	1.06			
	40	-	-	2.29	2.17	1.97	1.74	1.53	1.37	1.18	1.08			
	50	-	-	2.10	2.10	1.95	1.78	1.63	1.48	1.23	1.10			
	60	-	-	2.05	1.99	1.89	1.77	1.62	1.49	1.27	1.11			
	70	-	-	1.89	1.90	1.81	1.71	1.61	1.49	1.28	1.13			
	80	-	-	1.75	1.82	1.73	1.63	1.55	1.47	1.28	1.13			
	90	-	-	1.71	1.74	1.69	1.58	1.50	1.43	1.27	1.13			
	100	-	-	1.69	1.62	1.64	1.55	1.46	1.39	1.25	1.12			
	110	-	-	1.67	1.59	1.58	1.52	1.43	1.35	1.22	1.11			
120	-	-	1.63	1.58	1.49	1.48	1.41	1.32	1.20	1.07				
130	-	-	1.60	1.57	1.46	1.42	1.38	1.31	1.17	1.06				
140	-	-	1.55	1.53	1.44	1.37	1.35	1.28	1.15	1.05				
150	-	-	1.45	1.50	1.45	1.35	1.31	1.26	1.13	1.04				

Figura 8. Abachi per il calcolo del fattore FV per i depositi terrazzati.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

Fattore di amplificazione F_A **Tipo di terreno** Ghiaia a_g (g) 0.18g **Profilo di velocità** Lineare pendenza intermedia

	V_{SH} (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
H 5	2.47	1.91	1.70	1.51	1.30	1.16	1.09	1.05	1.02	1.01	
10	-	2.39	2.14	1.79	1.56	1.38	1.26	1.18	1.08	1.03	
15	-	2.22	2.19	1.99	1.78	1.58	1.43	1.30	1.14	1.05	
20	-	1.90	2.08	1.99	1.80	1.65	1.50	1.38	1.19	1.07	
25	-	1.63	1.87	1.90	1.77	1.65	1.51	1.41	1.23	1.09	
30	-	1.57	1.68	1.73	1.71	1.61	1.51	1.40	1.22	1.10	
35	-	-	1.62	1.65	1.59	1.57	1.47	1.38	1.22	1.09	
40	-	-	1.60	1.59	1.53	1.47	1.43	1.35	1.21	1.09	
50	-	-	1.47	1.52	1.46	1.38	1.33	1.27	1.17	1.07	
60	-	-	1.37	1.47	1.42	1.35	1.29	1.23	1.13	1.04	
70	-	-	1.25	1.34	1.38	1.32	1.27	1.21	1.10	1.01	
80	-	-	1.13	1.26	1.29	1.29	1.23	1.19	1.08	1.00	
90	-	-	1.11	1.20	1.24	1.25	1.22	1.17	1.07	0.99	
100	-	-	1.02	1.13	1.19	1.19	1.19	1.15	1.06	0.98	
110	-	-	0.98	1.11	1.15	1.17	1.14	1.13	1.04	0.97	
120	-	-	0.92	1.06	1.11	1.11	1.12	1.09	1.03	0.96	
130	-	-	0.87	1.00	1.08	1.09	1.09	1.06	1.02	0.95	
140	-	-	0.85	0.96	1.04	1.06	1.07	1.05	0.99	0.94	
150	-	-	0.80	0.92	1.00	1.02	1.04	1.02	0.97	0.93	

Figura 9. Abachi per il calcolo del fattore F_A per il substrato allentato (area Monte Busca e sud Castellaccio).

Fattore di amplificazione F_V **Tipo di terreno** Ghiaia a_g (g) 0.18g **Profilo di velocità** Lineare pendenza intermedia

	V_{SH} (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
H 5	1.25	1.10	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	
10	-	1.73	1.22	1.12	1.08	1.05	1.04	1.03	1.01	1.00	
15	-	2.36	1.73	1.36	1.18	1.12	1.08	1.06	1.03	1.01	
20	-	2.70	2.15	1.66	1.38	1.21	1.14	1.10	1.05	1.02	
25	-	2.72	2.36	1.94	1.58	1.37	1.22	1.15	1.07	1.03	
30	-	2.67	2.51	2.07	1.74	1.50	1.33	1.21	1.10	1.04	
35	-	-	2.50	2.21	1.83	1.59	1.41	1.28	1.12	1.04	
40	-	-	2.44	2.25	1.93	1.66	1.47	1.33	1.15	1.05	
50	-	-	2.34	2.19	1.98	1.78	1.59	1.42	1.20	1.08	
60	-	-	2.19	2.11	1.95	1.76	1.61	1.47	1.23	1.09	
70	-	-	2.14	2.00	1.89	1.75	1.60	1.46	1.24	1.10	
80	-	-	1.99	1.96	1.81	1.69	1.58	1.46	1.26	1.11	
90	-	-	1.87	1.89	1.75	1.63	1.54	1.45	1.25	1.11	
100	-	-	1.85	1.81	1.72	1.59	1.50	1.41	1.25	1.11	
110	-	-	1.83	1.72	1.66	1.56	1.47	1.38	1.24	1.10	
120	-	-	1.81	1.69	1.63	1.53	1.43	1.36	1.21	1.08	
130	-	-	1.76	1.67	1.55	1.50	1.41	1.33	1.20	1.06	
140	-	-	1.73	1.67	1.55	1.45	1.40	1.30	1.18	1.06	
150	-	-	1.71	1.65	1.53	1.41	1.36	1.28	1.16	1.05	

Figura 10. Abachi per il calcolo del fattore F_V per i depositi terrazzati (area Monte Busca e sud Castellaccio).

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

5.2 Calcolo dei fattori FA_{pga} , $FA_{0,1-0,5}$ e $FA_{0,5-1}$

Le linee guida della Regione Emilia Romagna suggeriscono l'utilizzo di alcuni abachi per il calcolo dei fattori FA_{pga} , $FA_{0,1-0,5}$ e $FA_{0,5-1}$.

Gli abachi proposti implicano la conoscenza dello spessore H di terreno lento sovrastante un terreno veloce (bedrock sismico), della velocità delle onde di taglio nel terreno lento (V_{SH}) e del tipo di substrato.

Il tipo di substrato implica alcune categorie in funzione dell'ubicazione del sito differenziando siti appenninici e di margine appennino-padano da siti di Pianura Padana e costa adriatica. Ogni sito è poi suddiviso in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio S. In particolare, si individua il substrato marino avente V_s maggiore o minore di 800m/s. Il territorio del Comune di Tredozio è ubicato in quello che viene definito substrato marino appenninico caratterizzato da $V_s >$ di 800 m/s.

Nelle seguenti Figura 11, Figura 12 e Figura 13 sono riportati gli abachi utilizzati per il calcolo dei fattori FA_{pga} , $FA_{0,1-0,5}$ e $FA_{0,5-1}$.

Per la definizione del valore, una volta definito l'abaco in funzione della velocità di propagazione delle onde S, è necessario incrociare i dati di profondità H con il valore di V_{SH} per ottenere il valore numerico di ogni fattore. A titolo di esempio, se avessimo un deposito di spessore pari a 30 metri e V_{SH} pari a 250 m/s, il valore di FA_{pga} sarebbe pari a 1,9, il valore di $FA_{0,1-0,5}$ sarebbe pari a 2,3 e il valore di $FA_{0,5-1}$ sarebbe pari a 2,3.

Nel caso di valori intermedi di H e di V_{SH} è necessario approssimare i valori al termine più vicino.

F.A. P.G.A.

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

Figura 11. Abachi per il calcolo del fattore FA_{pga} .

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

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

Figura 12. Abachi per il calcolo del fattore $FA_{0,1-0,5}$.

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

$\frac{V_{sH}}{H}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

Figura 13. Abachi per il calcolo del fattore $FA_{0,5-1}$.

5.3 Risultati

Utilizzando le metodologie di calcolo dei fattori di amplificazione tramite i diversi abachi proposti, è stato possibile identificare diverse aree in funzione dei risultati ottenuti. I dati relativi ad ogni area sono riportati in Tabella 2.

La tabella riporta quindi:

- Le aree in cui sono stati determinati i fattori di amplificazione;
- Lo spessore di terreno lento che sovrasta un bedrock sismico;
- La velocità di propagazione delle onde di taglio nella porzione di terreno lenta;
- I cinque fattori di amplificazione richiesti dal secondo livello di approfondimento.

Ogni area cartografata riporta quindi il valore proprio di ognuno dei fattori di amplificazione ottenuti. Le aree definite stabili, dall'analisi di primo livello, sono cartografate con fattore di amplificazione pari ad 1. Non essendoci le condizioni necessarie ad effetti topografici, quest'ultimi non sono stati valutati. In cartografia, le aree con fattori di amplificazione uguali ad 1 ricavate dai diversi abachi sono distinte dalle aree stabili, sebbene abbiano fattore di amplificazione uguale ad 1.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

Area	H	V_{SH}	FA	FV	FA_{pga}	FA_{0,1-0,5}	FA_{0,5-1}
Terrazzo ordine I	5	300	1,53	1,03	1,2	1	1
Terrazzo ordine II	5	250	1,67	1,06	1,3	1	1
Terrazzo ordine III	5	300	1,53	1,03	1,2	1	1
Terrazzo F. Pereto	10	200	2,24	1,8	2	1,8	1
Monte Busca	5	250	1,67	1,06	1	1	1
Sud Castellaccio	20	450	1,65	1,21	1,4	1	1

Tabella 2. Valori numerici dei diversi fattori di amplificazione.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

6. AREE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ

Nell'area del Comune di Tredozio sono state identificate alcune aree suscettibili di instabilità che, come riportato nell'analisi di primo livello, necessitano di approfondimenti di terzo livello.

Tali aree sono caratterizzate dalla presenza di depositi di frana, sia attive sia quiescenti.

In generale in queste aree sarà necessario predisporre adeguate indagini dirette e indirette adatte alla definizione del modello di sottosuolo e al comportamento dinamico dei materiali.

Per metodologie di indagine diretta, nei contesti del Comune di Tredozio, si consigliano sondaggi a carotaggio continuo, strumentati con tubi con piezometrici o tubi inclinometrici ovvero tubi in PVC per prove sismiche in foro, affiancati, dove si ritiene opportuno e pertinente in relazione alla natura dei terreni, a prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono. Durante l'esecuzione dei sondaggi è necessario effettuare il prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio quali prove di taglio, di compressione ed, eventualmente ed in funzione delle opere da realizzare, prove dinamiche quali triassiali cicliche. Le prove di laboratorio mireranno alla definizione dei parametri di picco, stato critico e residuo del terreno in condizioni drenate e non drenate. Sono altamente sconsigliate prove dirette quali prove penetrometriche dinamiche leggere, medie e pesanti e trincee esplorate che, in questo contesto, possono risultare fuorvianti ed inadeguate al livello di approfondimento richiesto.

Per quanto riguarda le metodologie indirette si consiglia di eseguire prove sismiche in foro, quali down-hole oppure cross-hole, o di superficie, quali sismica tomografica a rifrazione in onde S e misura di microtremore e interpretazione con metodo di Nakamura per ottenere le frequenze proprie dei terreni e i profili di V_{SH} con la profondità.

Una volta definito il modello di sottosuolo, sarà necessario condurre in primis idonee analisi di stabilità del versante anche in funzione dei dati di monitoraggio degli spostamenti ed in seguito l'analisi della amplificazione sismica locale mediante appositi codici di calcolo.

Di seguito di riporta una descrizione delle aree in cui è necessario effettuare approfondimenti di III livello e relative indicazioni sulle indagini da condurre. Si riporta inoltre lo stralcio, in scala grafica, della carta geologica allegata al I livello.

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

6.1 Tredozio centro – Località Buggiano

L'area è caratterizzata da un deposito di frana complessa definito quiescente. Il sito è già stato oggetto di uno studio geologico come si evince da documentazione bibliografica disponibile ("Relazione geologica e geotecnica eseguita il località Buggiano, per intervento urbanistico preventivo in area artigianale D3 in comune di Tredozio e per variante al PRG" del Dott. Geol. Albert Van Zutphen). In tale contesto sono state condotte alcune prove penetrometriche statiche con punta elettrica e vari saggi con escavatore. I risultati mostrano importanti spessori di terreno sciolto alla base del versante, e una blanda copertura detritica lungo il pendio.

Ad integrazione dei risultati di bibliografia si ritiene necessario:

- Effettuare un rilievo geomorfologico di dettaglio in modo da definire al meglio i limite del deposito di frana (anche con metodologie di foto interpretazione).
- Effettuare almeno 5 sondaggi a carotaggio continuo come indicato in Figura 14. Le profondità da raggiungere dovranno essere tali da penetrare il substrato roccioso per almeno 5 m (indicativamente potrebbe essere 10m per il sondaggio S1, 15m per il sondaggi S2 e S3, 25 m per il sondaggio S5 e 30 m per il sondaggio S4). È necessario campionare e caratterizzare in laboratorio il terreno in frana e il substrato roccioso.
- Strumentare con piezometri tutti i fori di sondaggio ad esclusione del sondaggio S4 che sarà strumentato con tubo in PVC per approntare una prova sismica tipo down-hole.
- Effettuare due misure HVSR.

I sondaggi saranno da eseguire anche fuori dalle aree perimetrale dal I e II livello in quanto i movimenti di versante sono da considerarsi in un contesto più ampio quale l'intero pendio instabile.

Le indagini proposte potranno essere ottimizzate anche a seguito del rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio.

 ENSER SOCIETA' DI INGEGNERIA	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

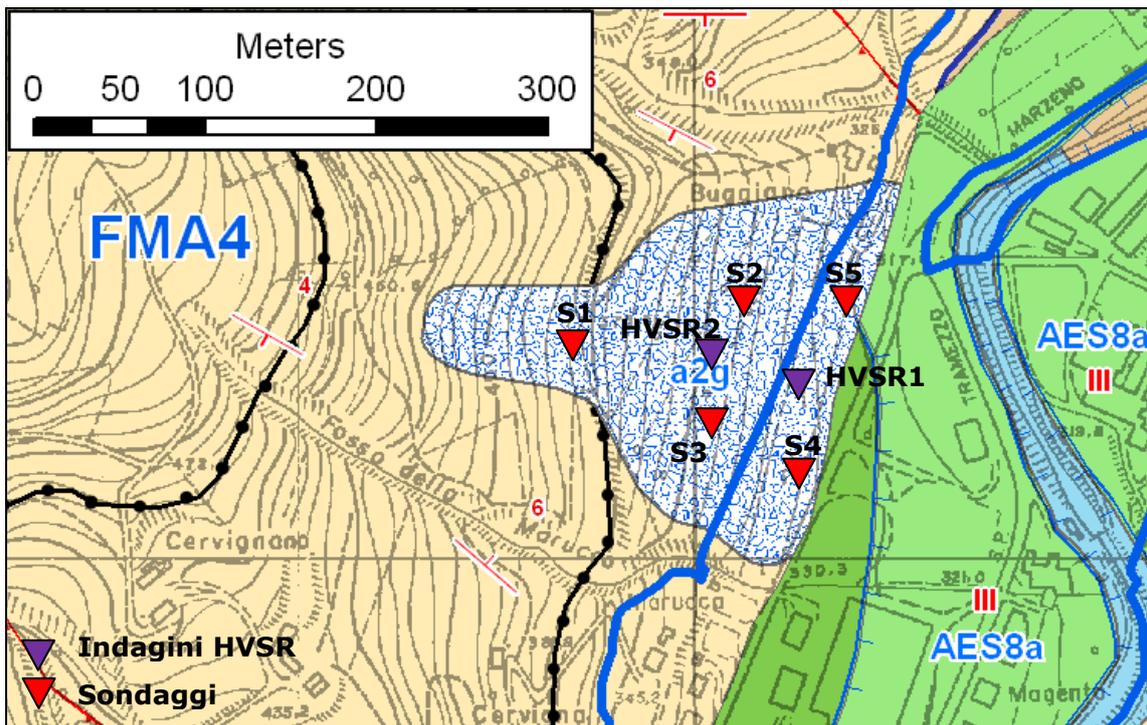


Figura 14. Area Buggiano che necessita di approfondimenti di III livello

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

6.2 Tredozio centro – Località ovest Monte Prete

L'area è caratterizzata da un deposito di frana complessa definito quiescente. Non essendo disponibili indagini pregresse si ritiene opportuno:

- Effettuare un rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio in modo da definire al meglio il limite del deposito di frana (anche con metodologie di foto interpretazione).
- Effettuare almeno 1 sondaggio a carotaggio continuo come indicato in Figura 15. La profondità da raggiungere dovrà essere tale da penetrare il substrato roccioso almeno 5 m e raggiungere 30 metri di profondità per l'esecuzione della prova sismica tipo down-hole. È necessario campionare e caratterizzare in laboratorio il terreno in frana e il substrato roccioso.
- Strumentare il foro di sondaggio con tubo in PVC per approntare una prova sismica tipo down-hole.
- Effettuare una misura HVSR.

Le indagini proposte potranno essere ottimizzate anche a seguito del rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio.

Si segnala che sebbene all'interno delle aree perimetrate dal PSC e PTCP non vi rientrano i depositi di frana nella parte est del paese, alla base di Monte Prete, si consiglia di valutare la stabilità generale e locale dell'area prima di approntare nuove edificazioni in prossimità di depositi di frana.

 ENSER SOCIETA' DI INGEGNERIA	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

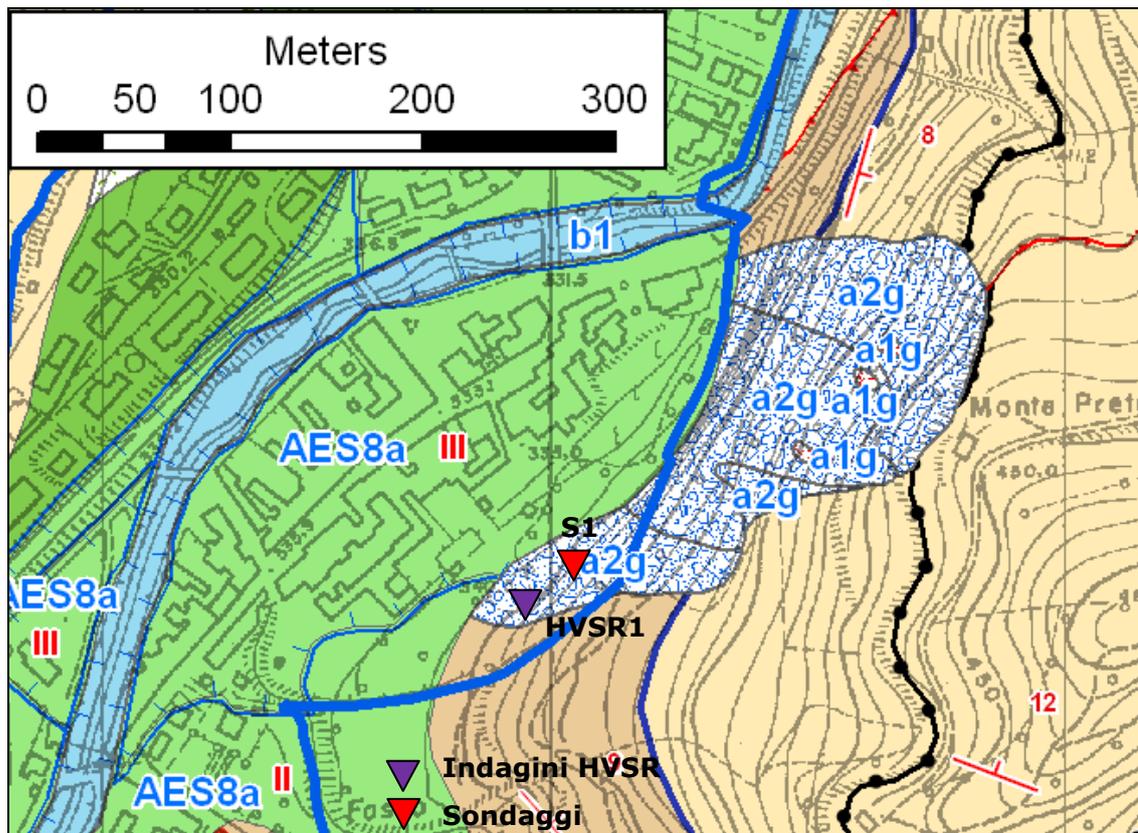


Figura 15. Area ovest Monte Prete che necessita di approfondimenti di III livello

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

6.3 Monte Busca

L'area presenta diversi depositi di frana per scivolamento definiti sia attivi sia quiescenti. Non essendoci indagini pregresse si ritiene opportuno:

- Effettuare un rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio in modo da definire al meglio i limiti dei depositi di frana (anche con metodologie di foto interpretazione).
- Effettuare almeno 2 sondaggi a carotaggio continuo come indicato in Figura 16. La profondità da raggiungere dovranno essere tale da penetrare il substrato roccioso per almeno 5 m (indicativamente 20m). Il sondaggio S1 dovrà raggiungere la profondità di almeno 30 metri. È necessario campionare e caratterizzare in laboratorio il terreno in frana e il substrato roccioso.
- Strumentare con inclinometro il foro di sondaggio S2 e strumentare con tubo in PVC per approntare una prova sismica tipo down-hole il sondaggio S1.
- Effettuare quattro prove penetrometriche statiche con punta elettrica a valle del sondaggio S1.
- Effettuare una misure HVSR.

I sondaggi saranno da eseguire anche fuori dalle aree perimetrate dal I e II livello in quanto movimenti di versante sono da considerarsi in un contesto più ampio quale l'intero pendio instabile.

Le indagini proposte potranno essere ottimizzate anche a seguito del rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio.

Si segnala che sebbene all'interno delle aree perimetrate dal PSC e PTCP non vi rientrino i depositi di frana nella parte ovest del paese, si consiglia di valutare la stabilità generale e locale dell'area prima di approntare nuove strutture in prossimità di depositi di frana.

 ENSER SOCIETA' DI INGEGNERIA	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

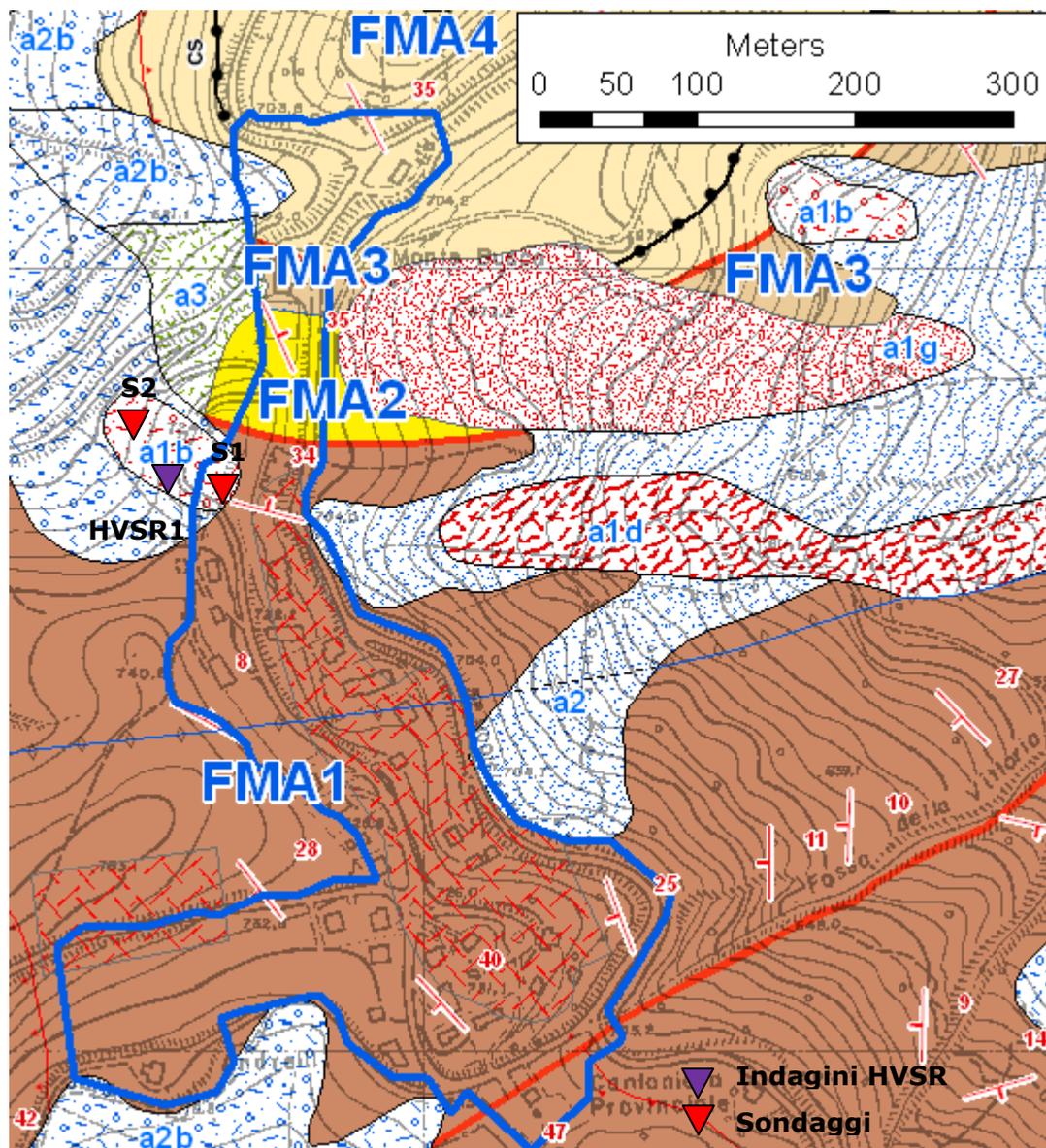


Figura 16. Area Monte Busca che necessita di approfondimenti di III livello

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

6.4 Monte Freddo – Località Solare di Sotto

L'area presenta un deposito di frana per scivolamento definito attivo. Non essendo indagini pregresse si ritiene opportuno:

- Effettuare un rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio in modo da definire al meglio il limite del deposito di frana (anche con metodologie di foto interpretazione).
- Effettuare almeno 3 sondaggi a carotaggio continuo come indicato in Figura 17. La profondità da raggiungere dovranno essere tale da penetrare il substrato roccioso per almeno 5 m (indicativamente 20m). Il sondaggio S2 dovrà raggiungere la profondità di almeno 30 metri. È necessario campionare e caratterizzare in laboratorio il terreno in frana e il substrato roccioso.
- Strumentare con inclinometro i fori di sondaggio S1 e S3 e strumentare con tubo in PVC per approntare una prova sismica tipo down-hole il sondaggio S2.
- Effettuare quattro prove penetrometriche statiche con punta elettrica nelle vicinanze dei sondaggi S1 e S2
- Effettuare due misure HVSR.
- Effettuare una prova in simica a rifrazione.

I sondaggi saranno da eseguire anche fuori dalle aree perimetrale dal I e II livello in quanto movimenti di versante sono da considerarsi in un contesto più ampio quale l'intero pendio instabile.

Le indagini proposte potranno essere ottimizzate anche a seguito del rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio.

 ENSER SOCIETA' DI INGEGNERIA	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

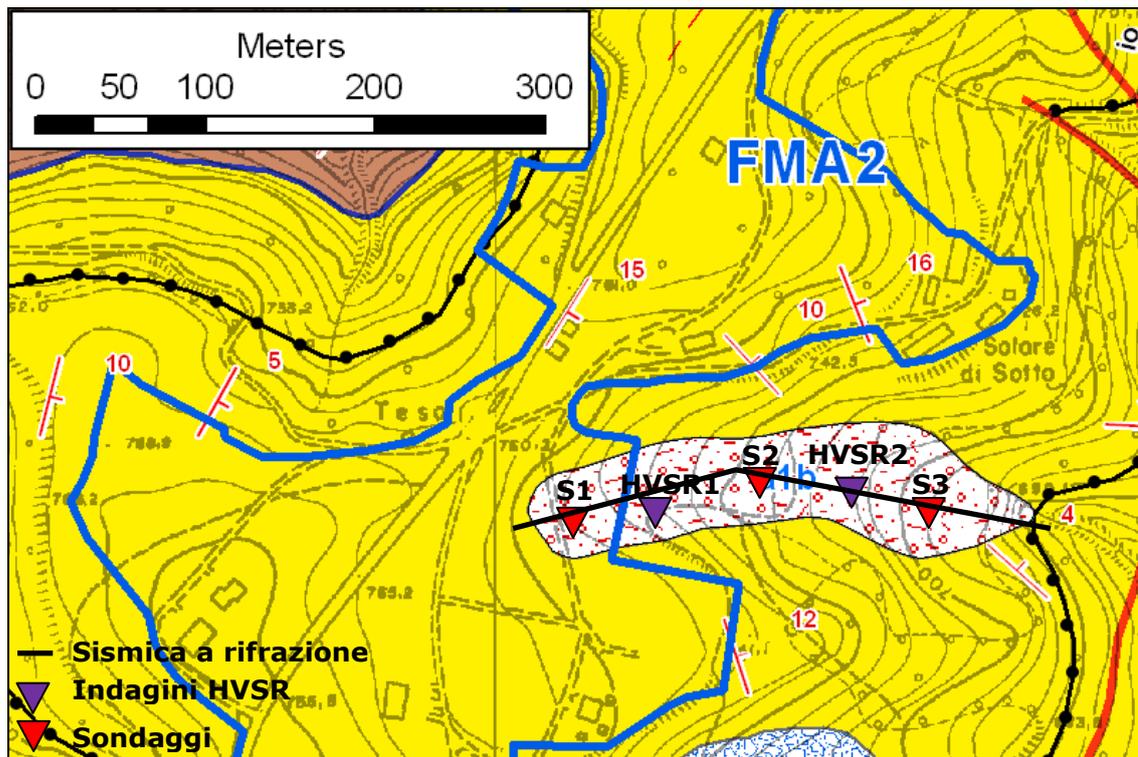


Figura 17. Area Solare di Sotto che necessita di approfondimenti di III livello

	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 – Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

6.5 Monte Freddo

L'area presenta un deposito di frana per scivolamento in blocco (a2h) e complesso (a2g) definito quiescente. Non essendoci indagini pregresse si ritiene opportuno:

- Effettuare un rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio in modo da definire al meglio il limite del deposito di frana e la nicchia di distacco della stessa avendo cura di raccogliere dati geologici utili alla comprensione del cinematismo di distacco e della possibile retrogressione della nicchia (anche con metodologie di foto interpretazione).
- Effettuare almeno sette sondaggi a carotaggio continuo come indicato in Figura 18. La profondità da raggiungere dovrà essere tale da penetrare il substrato roccioso per almeno 5 m (indicativamente 20m). I sondaggi S1 e S4 dovranno raggiungere la profondità di almeno 30 metri. È necessario campionare e caratterizzare in laboratorio il terreno in frana e il substrato roccioso.
- Strumentare con piezometri i fori di sondaggio S2, S3, S5, S6 e S7 e strumentare con tubo in PVC per approntare una prova sismica tipo down-hole i sondaggi S1 e S4.
- Effettuare quattro prove penetrometriche statiche con punta elettrica nelle vicinanze dei sondaggi S2, S3, S4 e S7
- Effettuare tre misure HVSR.
- Effettuare tre prove in simica a rifrazione.

I sondaggi saranno da eseguirsi anche fuori dalle aree perimetrale dal I e II livello in quanto movimenti di versante sono da considerarsi in un contesto più ampio quale l'intero pendio instabile.

Le indagini proposte potranno essere ottimizzate anche a seguito del rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio.

 ENSER SOCIETA' DI INGEGNERIA	Committente: Comune di Tredozio (FC)	Documento: Relazione illustrativa II livello
	Lavoro: S11145 - Microzonazione sismica	Codice: S11145-M2-RE-01-0 Data: 30/01/2012

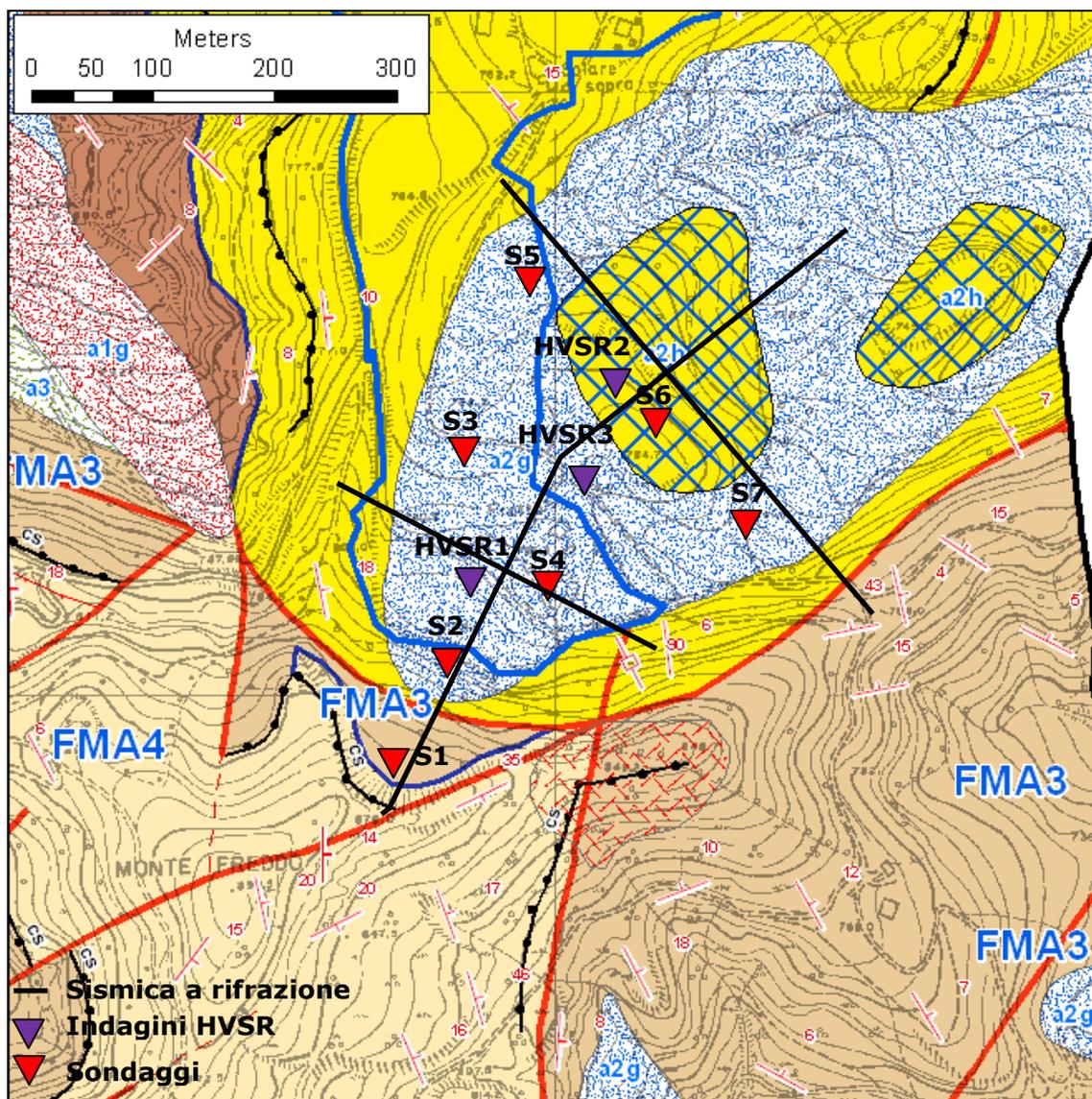


Figura 18. Area Monte Freddo che necessita di approfondimenti di III livello