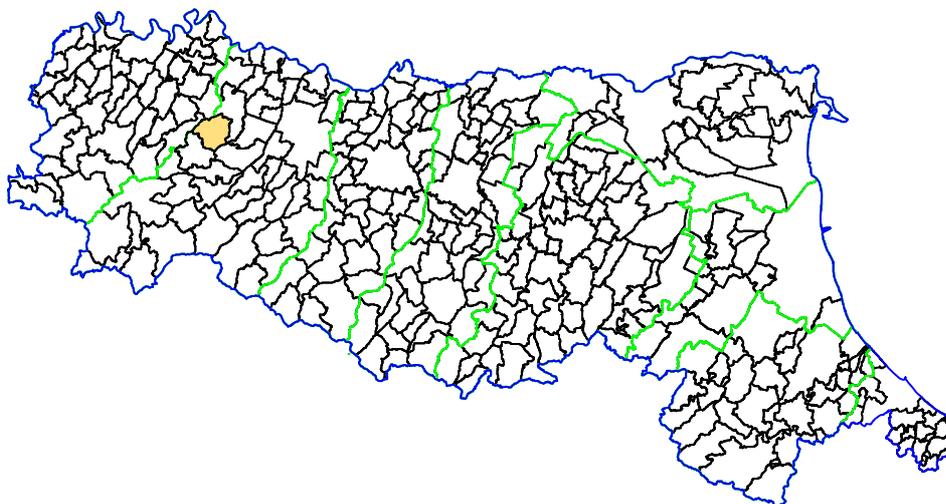


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## RELAZIONE TECNICA

Regione Emilia- Romagna  
Comune di Salsomaggiore Terme



Soggetto realizzatore  
Dott. Geol. Giorgio Neri  
Dott. Geol. Marco Rogna



**AMBITER** S.r.l.  
società di ingegneria ambientale

Via Nicolodi, 5/ A - 43126 Parma (PR)  
Tel: 0521-942630 - Fax: 0521-942436  
e-mail: info@ambiter.it  
PEC: ambiter@pec.ambiter.eu  
Registro delle imprese di Parma - REA 180944  
Cap. Soc. 26.000 euro i.v.  
C. F. e P. IVA: 01826860346

Soggetto realizzatore  
Dott. Geol. Andrea Bricoli

**STUDIO GEOLOGICO  
DOTT. ANDREA BRICOLI**

Via Fratelli Bandiera, 15  
43125 Parma (PR)  
Tel./ Fax: 0521-985119  
e-mail: bricoliandrea@alice.it

Data  
luglio 2017

**INDICE**

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUZIONE.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1      | RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI .....  | 3         |
| 1.2      | RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI.....   | 4         |
| <b>2</b> | <b>DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....</b> | <b>5</b>  |
| 2.1      | EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI SALSOMAGGIORE .....       | 5         |
| 2.2      | SISMICITÀ STORICA.....   | 9         |
| 2.3      | ZONAZIONE SISMOGENETICA .....  | 11        |
| <b>3</b> | <b>ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....</b>                         | <b>13</b> |
| 3.1      | STRATIGRAFIA .....   | 14        |
| 3.1.1    | <i>Dominio Padano Adriatico</i> .....  | 16        |
| 3.1.2    | <i>Dominio Ligure</i> .....  | 20        |
| 3.1.3    | <i>Dominio Successione Epiligure</i> .....                                       | 24        |
| 3.2      | GEOMORFOLOGIA.....   | 26        |
| 3.2.1    | <i>Forme strutturali</i> .....   | 26        |
| 3.3      | FORME E DEPOSITI LEGATI ALLA DEGRADAZIONE METEORICA.....                         | 28        |
| 3.4      | FORME E DEPOSITI DOVUTI AL DISSESTO .....  | 30        |
| <b>4</b> | <b>DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....</b>  | <b>32</b> |
| 4.1      | MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES).....                               | 32        |
| 4.2      | ANALISI DEI MICROTREMORI A STAZIONE SINGOLA .....                                | 33        |
| 4.3      | PROVA REFRACTION MICROTREMORS (REMI) .....                                       | 35        |
| 4.4      | PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE.....  | 35        |
| 4.5      | SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO.....   | 36        |
| 4.6      | POZZI PER ACQUA .....  | 36        |
| <b>5</b> | <b>MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....</b>   | <b>37</b> |
| 5.1      | ZONA 01 .....  | 39        |
| 5.2      | ZONA 02 .....  | 40        |
| 5.3      | ZONA 03 .....  | 40        |
| 5.4      | ZONA 04 .....  | 41        |
| 5.5      | ZONA 05 .....  | 41        |
| 5.6      | ZONA 06 .....  | 42        |
| 5.7      | ZONA 07 .....  | 42        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>6</b> | <b>INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....</b>                                    | <b>43</b> |
| <b>7</b> | <b>METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI .....</b>                        | <b>45</b> |
| 7.1      | DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE .....                         | 45        |
| 7.2      | AREE POTENZIALMENTE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI.....                         | 46        |
| 7.3      | ANALISI DEGLI ELEMENTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA.....                       | 48        |
| 7.4      | PERICOLOSITÀ NELLE ZONE SOGGETTE A DISSESTI.....                            | 49        |
| 7.5      | CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA DEGLI EFFETTI D'AMPLIFICAZIONE .....    | 52        |
| <b>8</b> | <b>ELABORATI CARTOGRAFICI .....</b>   | <b>55</b> |
| 8.1      | CARTA DELLE INDAGINI .....  | 55        |
| 8.2      | CARTA GEOLOGICO TECNICA CON RAPPRESENTAZIONE DEI TERRENI DI COPERTURA ..... | 56        |
| 8.3      | CARTA GEOLOGICO TECNICA CON RAPPRESENTAZIONE DEL SUBSTRATO GEOLOGICO .....  | 57        |
| 8.4      | SEZIONI GEOLOGICHE .....  | 57        |
| 8.5      | CARTA DELLE FREQUENZE E DELLE VELOCITÀ .....                                | 58        |
| 8.6      | CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA.....                  | 58        |
| 8.7      | CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA .....                                       | 60        |

## ALLEGATI

- A. Analisi dei microtremori a stazione singola

## 1 INTRODUZIONE

La microzonazione sismica costituisce la suddivisione del territorio comunale in base alla sua risposta sismica locale e rappresenta uno degli strumenti più efficaci per la riduzione del rischio sismico.

L'approccio di microzonazione consente, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica, di valutare la pericolosità sismica nelle aree urbane e urbanizzabili, di indirizzare i nuovi interventi verso quelle zone a minore pericolosità e programmare interventi di mitigazione del rischio nelle zone in cui sono presenti particolari criticità.

La LR 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio" stabilisce che gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.

La LR 19/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico", all'art. 8 sancisce che gli strumenti di pianificazione urbanistica comunale individuano il grado di pericolosità locale di ciascuna parte del territorio e realizzano la microzonazione sismica del territorio urbanizzato e di quello suscettibile di urbanizzazione.

Il Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome in data 13 novembre 2008 hanno approvato gli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" che prevedono 3 livelli di approfondimento.

Il primo livello è diretto 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 è stata svolta sulla base dei dati disponibili che derivano dalla banca dati geognostici della Regione Emilia Romagna.

Il secondo livello è diretto a definire la pericolosità sismica locale, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard.

Si tratta di un'analisi semplificata del rischio di amplificazione sismica locale richiesta per gli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per il territorio urbanizzato.

Tale analisi, oggetto del presente lavoro, fornisce indicazioni essenziali per l'elaborazione e approvazione del PSC e delle sue varianti individuando:

- le aree a minore o maggiore suscettibilità dalla risposta sismica locale;

- gli ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento che possono essere attuati senza la necessità di eseguire nuove indagini;
- gli ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento subordinati allo svolgimento di ulteriori indagini sismiche (terzo livello di approfondimento).

Il terzo livello di approfondimento deve essere effettuato nei seguenti casi:

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Il terzo livello di analisi richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica.

Quale riferimento tecnico per la realizzazione del presente studio e per la redazione degli elaborati richiesti è stato fatto specifico riferimento a quanto previsto dalla deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112/2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Tale atto è stato successivamente aggiornato dalla Deliberazione di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015: "Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112".

La delibera 2193/2015 prevede comunque che può essere *fatta salva la possibilità, per gli atti di programmazione e pianificazione già adottati alla data di pubblicazione della presente deliberazione, di concludere il procedimento di approvazione in conformità al testo previgente dell'atto di indirizzo e coordinamento n. 112 del 2007.*

## 1.1 Riferimenti normativi nazionali

Legge 2 febbraio 1974, n. 64 - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

Legge 10 dicembre 1981, n. 741 - "Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche".

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Legge 24 febbraio 1992, n. 225 - "Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile".

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996 - "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".

Decreto del Ministro dell'interno 13 Febbraio 2001 - "Adozione dei "Criteri di massima per l'organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi" (pubblicati nella G.U. n. 116 del 12 maggio 2001)".

Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 - "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59".

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia".

Legge 9 novembre 2001, n. 401 - "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile".

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Legge 27 luglio 2004, n. 186 - "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, Disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse".

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007 - "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni".

Decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - "Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni".

Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome 13 novembre 2008 - "Indirizzi e criteri per la micro zonazione sismica".

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 giugno 2014, n. 171 - "Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2013".

## **1.2 Riferimenti normativi regionali**

Legge Regionale 24 marzo 2000, n. 20 - "Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio".

Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112 - "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Legge Regionale 30 ottobre 2009, n. 19 - "Norme per la riduzione del rischio sismico".

Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1127/2015 - "D.G.R. 1227/2015, "Ordinanza del capo dipartimento della protezione civile n. 171/2014. Attribuzione contributi a favore degli enti locali. Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica e delle indicazioni per l'archiviazione informatica".

Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015 - "Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112".

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

### 2.1 Evoluzione della classificazione sismica del Comune di Salsomaggiore

Nell'ambito della classificazione sismica dell'intero territorio nazionale emanata a partire dal 1909, il Comune di Salsomaggiore Terme, come la gran parte dei territori della Regione Emilia Romagna, è stato classificato sismico solo a partire dal 1998 "Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi".

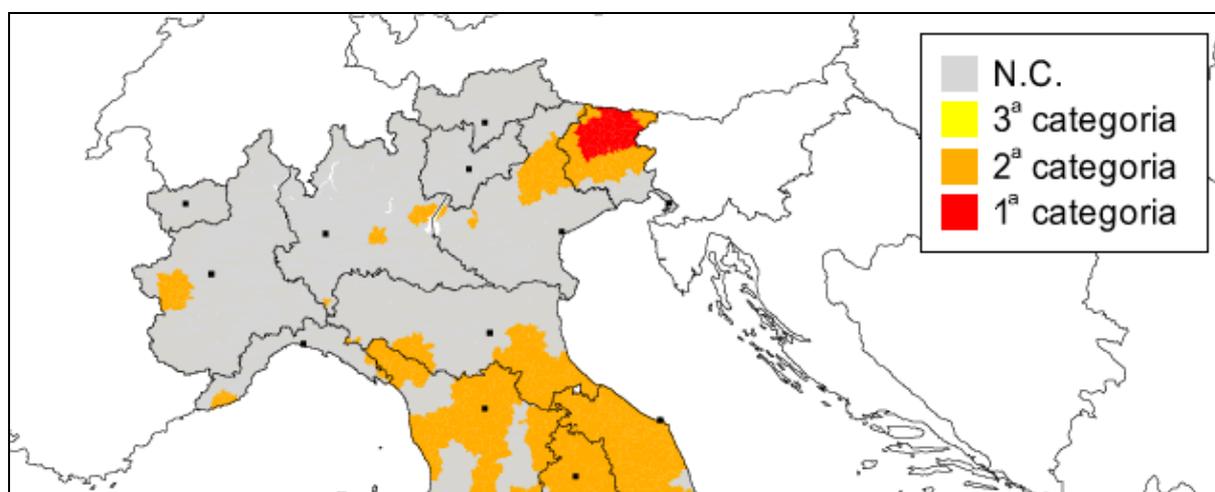


Figura 2.1: Classificazione sismica del territorio italiano (1984). Decreto MLP del 14/07/1984 e decreti successivi.

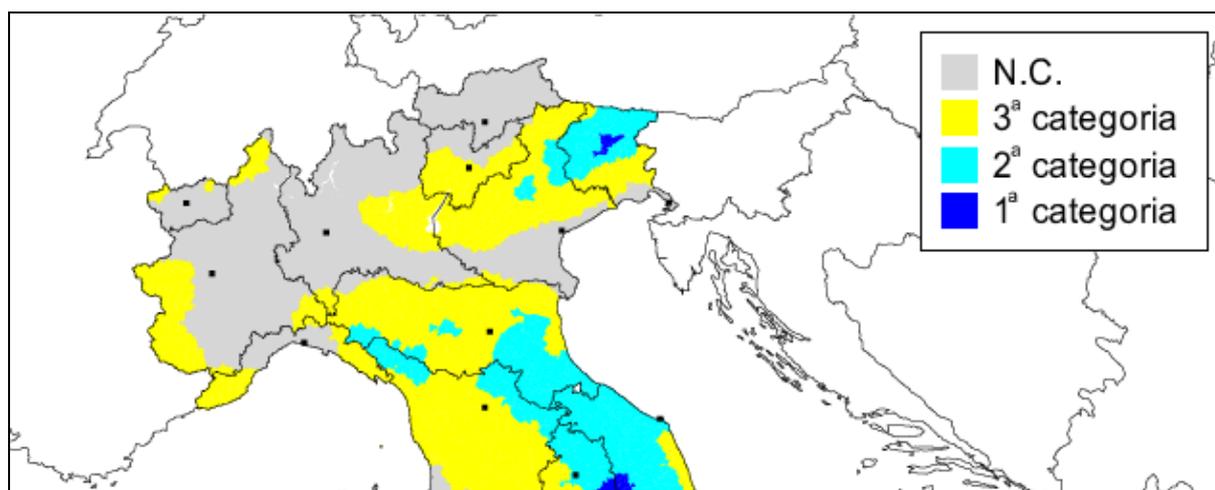


Figura 2.2: Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi.

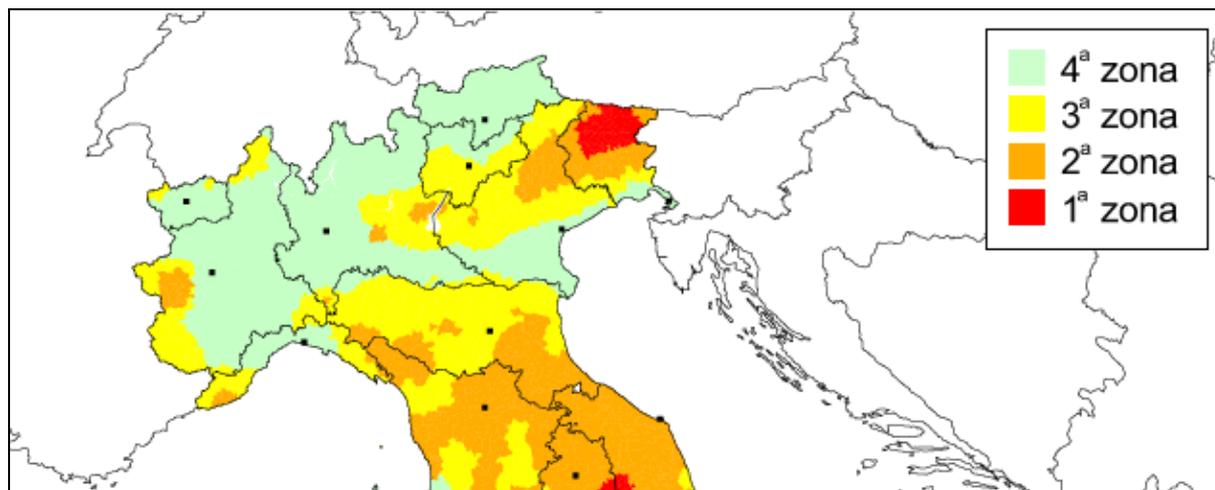


Figura 2.3: Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.

La classificazione approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" suddivide il territorio nazionale in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (ag/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni |
|------|---|
| 1    | >0.25   |
| 2    | 0.15-0.25   |
| 3    | 0.05-0.15   |
| 4    | <0.05   |

Tabella 2.1: Valori di PGA per le varie zone

Con Delibera 1435 del 21 luglio 2003 "Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del PCM n. 3274/2003 recante "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", la Regione Emilia Romagna sentiti le Province e i Comuni interessati, ha provveduto all'individuazione delle zone sismiche nonché alla formazione e all'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, ribadendo sostanzialmente quanto riportato nell'OPCM 3274/2003.

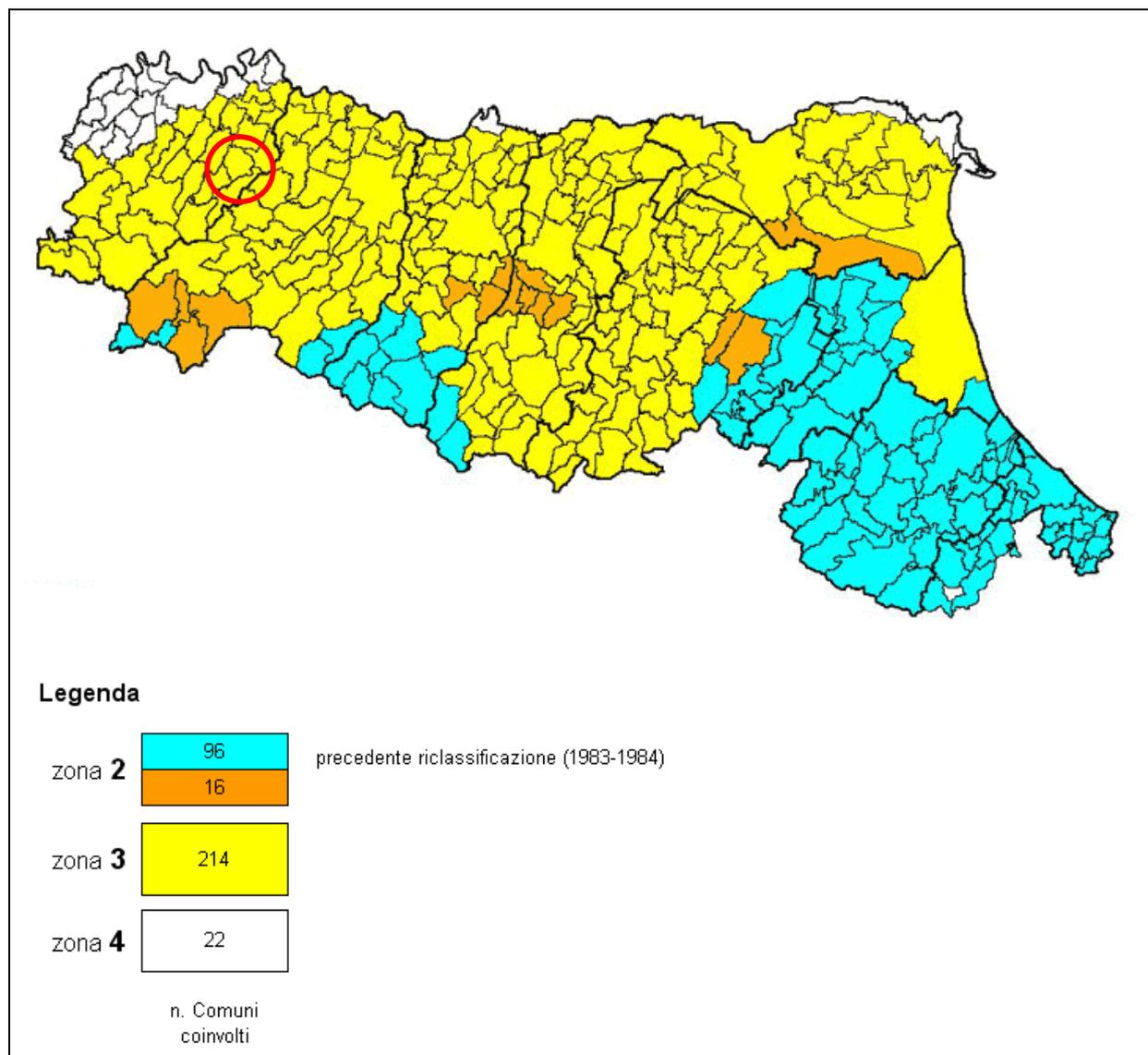


Figura 2.4: Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004)

Il territorio comunale di Salsomaggiore Terme è classificato in zona 3, con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compreso tra 0,05 - 0,15. Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

L'evoluzione normativa in materia sismica, con l'emanazione delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), ha fatto sì che i dati e le procedure necessari ai fini strettamente progettuali, siano svincolati dalla classificazione sismica del territorio, con alcune limitate eccezioni, prevedendo l'uso diretto dei parametri sismici del sito in oggetto.

Le norme tecniche forniscono le forme spettrali in funzione di tre parametri:

Microzonazione sismica

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

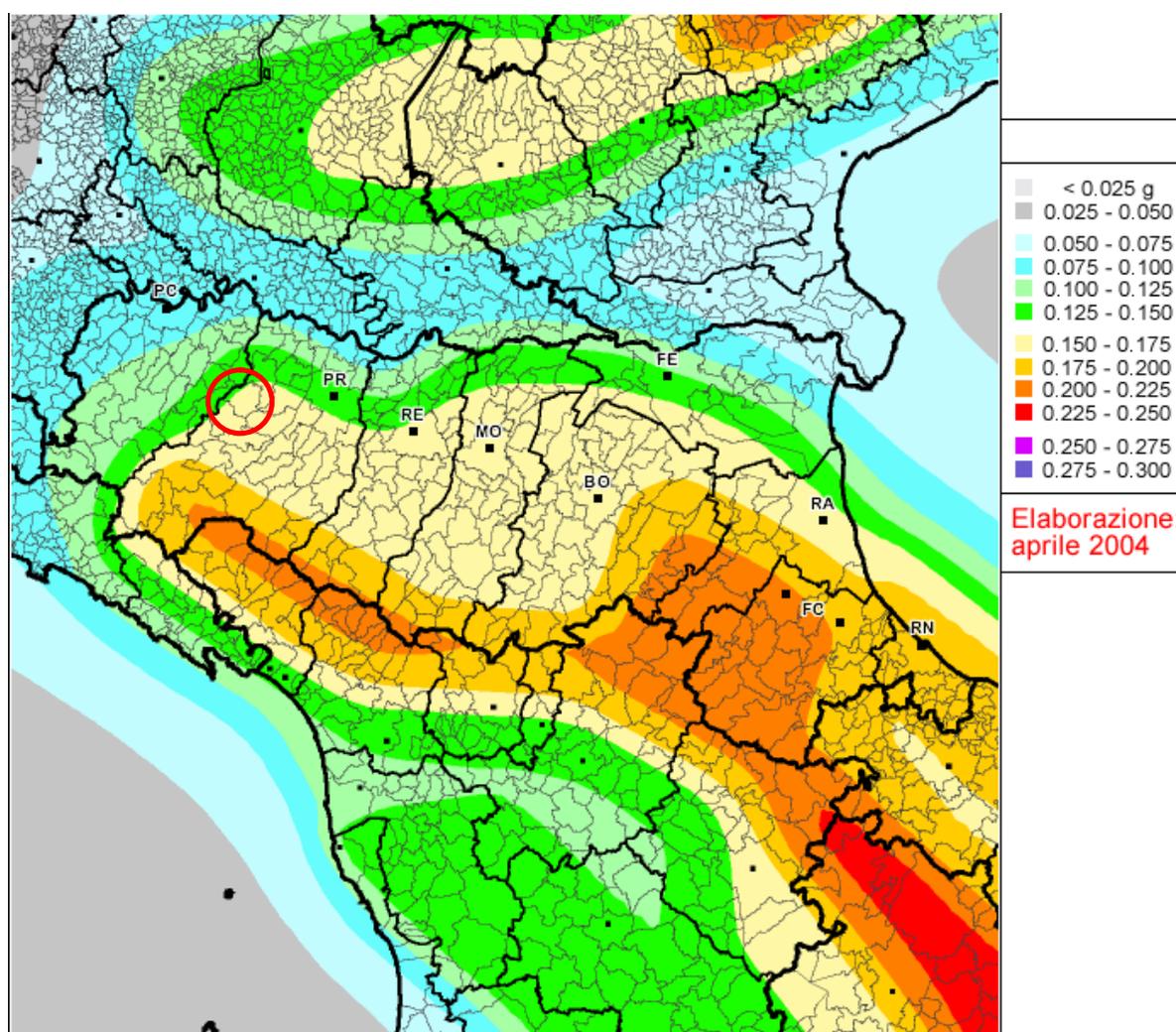


Figura 2.5 – Mappatura dell'accelerazione orizzontale con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni).



## Microzonazione sismica

Nella successiva Tabella 2.2.2 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate oltre alla stessa intensità al sito (Is), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

| Intensity | Year Mo Da Ho Mi Se    | Epicentral area          | NMDP | Io  | Mw   |
|-----------|------------------------|--------------------------|------|-----|------|
| F         | 1901 10 30 14 49 58.00 | Garda occidentale        | 289  | 7-8 | 5,44 |
| 5         | 1906 08 25 03 11       | Parmense                 | 31   | 5   | 4,25 |
| 4         | 1909 01 13 00 45       | Emilia Romagna orientale | 867  | 6-7 | 5,36 |
| 3         | 1910 01 23 01 50       | Piacentino               | 118  | 5   | 4,39 |
| 5         | 1914 10 27 09 22       | Lucchesia                | 660  | 7   | 5,63 |
| 5-6       | 1920 09 07 05 55 40.00 | Garfagnana               | 750  | 10  | 6,53 |
| 4         | 1929 04 19 04 16       | Bolognese                | 82   | 6-7 | 5,13 |
| 5         | 1929 04 20 01 10       | Bolognese                | 109  | 7   | 5,36 |
| F         | 1957 10 25 23 02 05.00 | Appennino reggiano       | 79   | 5-6 | 4,27 |
| 4         | 1961 08 13 22 34 18.00 | Parmense                 | 22   | 5-6 | 4,37 |
| 5         | 1961 08 14 01 03 02.00 | Parmense                 | 14   | 5-6 | 4,47 |
| 5         | 1971 07 15 01 33 23.00 | Parmense                 | 228  | 8   | 5,51 |
| 4-5       | 1976 08 22 02 49 13.00 | Alta Val di Taro         | 26   | 5   | 4,54 |
| 6         | 1983 11 09 16 29 52.00 | Parmense                 | 850  | 6-7 | 5,04 |
| NF        | 1986 12 06 17 07 19.77 | Ferrarese                | 604  | 6   | 4,43 |
| NF        | 1989 10 03 09 41 32.85 | Appennino parmense       | 91   | 4   | 4,04 |
| 5-6       | 1991 10 31 09 31 18.63 | Emilia occidentale       | 134  | 5   | 4,33 |
| 3         | 1995 10 10 06 54 21.72 | Lunigiana                | 341  | 7   | 4,82 |
| NF        | 2000 06 18 07 42 07.68 | Pianura emiliana         | 304  | 5-6 | 4,4  |
| NF        | 2002 11 13 10 48 03.19 | Franciacorta             | 768  | 5   | 4,21 |
| 3         | 2005 04 18 10 59 18.56 | Valle del Trebbia        | 284  | 4   | 3,97 |
| 4-5       | 2008 12 23 15 24 21.77 | Parmense                 | 291  | 6-7 | 5,36 |

Tabella 2.2: Eventi sismici di maggiore intensità verificatisi nel Comune di Salsomaggiore T.

### 2.3 Zonazione sismogenetica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale ("Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici").

Il modello sismogenetico suddivide il territorio italiano in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da "A" a "F" fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F).

La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

Dall'esame della Figura 2.7 si evince che il Comune di Salsomaggiore T. ricade all'interno della Zona Sismogenetica 913.

Tale zona ricade in una fascia di transizione a carattere misto in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE); si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

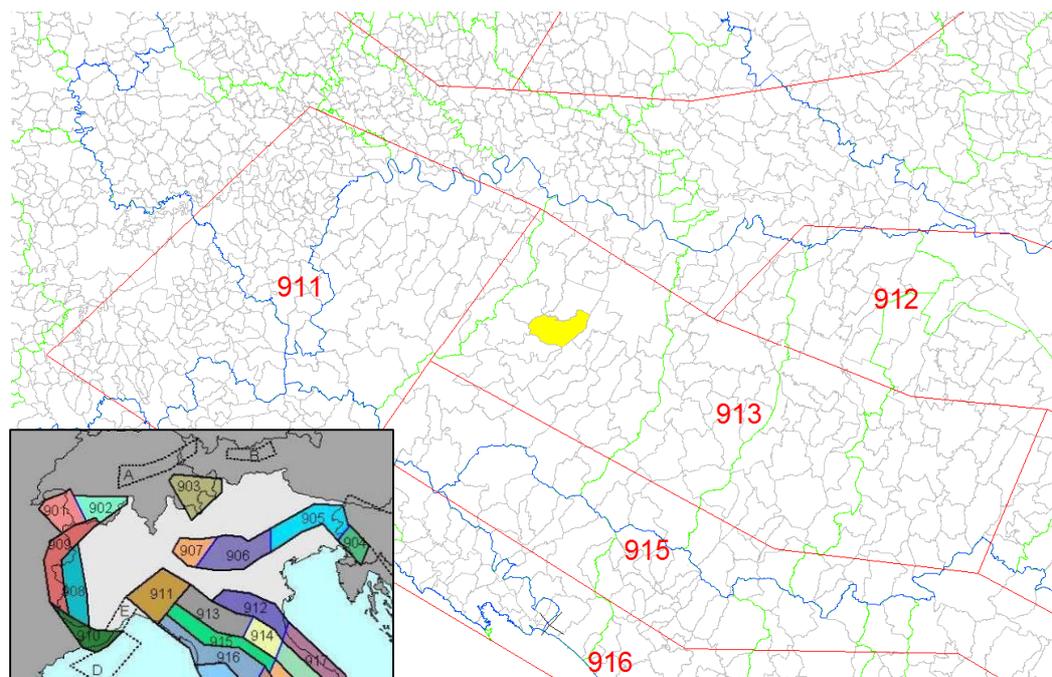


Figura 2.7 – Zonizzazione sismogenetica ZS9 ridisegnata

All'interno della zona sismogenetica 913, i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è  $M_d = 4,8$ ; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km; nella zona sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a  $M_{wmax2} = 6,14$ .

### 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 Africana e di quella Euro-Asiatica.

Il meccanismo evolutivo è 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 – Bismantova (Epiligure e bacino terziario piemontese) e le successioni neoautoctone del margine appenninico (Unità padano adriatiche).

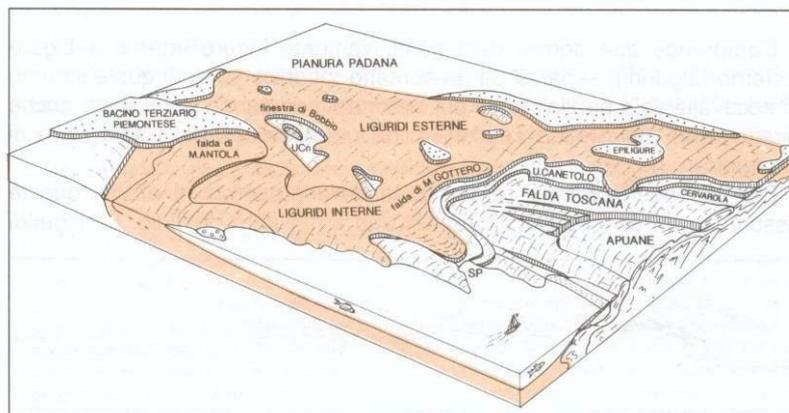


Figura 3.1 - Schema della sovrapposizione tettonica delle principali unità dell'edificio appenninico settentrionale nel settore occidentale

### 3.1 Stratigrafia

I depositi affioranti nell'area in esame sono stati suddivisi dal Servizio Geologico Regionale nei seguenti Domini:

- Dominio Padano Adriatico: sono distinguibili due gruppi di unità dei quali uno noto come "Neoautoctono" che si colloca al tetto della successione litostratigrafica dell'Appennino settentrionale affiorando estesamente sul suo margine settentrionale antistante alla pianura padana, mentre l'altro noto come unità di Salsomaggiore che contrariamente si attesta alla base della catena appenninica; le unità del "Neoautoctono" sono sedimentate posteriormente alle principali fasi orogenetiche dell'Appennino Settentrionale; hanno carattere regressivo, con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali; nei profili sismici si riconosce una sola direzione di progradazione nordest-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica; l'unità di Salsomaggiore affiora in finestra tettonica ed è costituita da sedimenti di fondo oceanico dell'antica avanfossa miocenica;



tra le Unità Liguri e le Successioni Epiliguri. Seppia carico = Unità Liguri Interne; seppia medio = Unità Antola + Unità Liguri Esterne strutturalmente inferiori, seppia leggero = Unità Liguri Esterne strutturalmente superiori e di difficile collocazione paleogeografia.

### **3.1.1 Dominio Padano Adriatico**

Le unità stratigrafiche del Dominio Padano Adriatico note come neoautoctono rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali sensu Mitchum et Al. (1977). Dal punto di vista gerarchico si distinguono 2 Sequenze Principali (Supersintemi, secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da depositi di ambiente marino;
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituita da depositi di ambiente continentale.

Il Supersintema del Quaternario Marino può essere ulteriormente suddiviso nei seguenti cicli progredazionali (dal più antico al più recente):

- Sintema del Torrente Stirone (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore);
- Sintema di Costamezzana (Pleistocene inferiore – medio);

Il Supersintema dell'Emiliano Romagnolo può essere ulteriormente suddiviso in 2 sintemi principali (dal più antico al più recente):

- Sintema Emiliano Romagnolo inferiore - (Pleistocene medio); non affiorante nel territorio in esame;
- Sintema Emiliano Romagnolo superiore - (Pleistocene medio - Olocene).

Più antico e situato in posizione inferiore dell'Supersintema del Quaternario Marino sono presenti la Formazione delle Argille Azzurre, la Formazione Gessoso Solifera e la Formazione a Colombacci.

#### **3.1.1.1 Sintema Emiliano Romagnolo superiore (AES)**

Unità costituita da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati. Lo spessore dei depositi terrazzati non supera i 25 metri; il profilo di alterazione è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Il suo profilo di alterazione è molto evoluto. Il tetto è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è erosivo e discordante su unità più antiche.

Nel territorio comunale di Salsomaggiore sono presenti le seguenti unità:

1. AES8 - Subsintema di Ravenna (Pleistocene superiore – Olocene): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi; il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m; il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il

contatto di base è discordante sulle unità più antiche; lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 metri;

- AES8a - Unità di Modena (Olocene): depositi intravallivi costituiti da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua; il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm); lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri;
2. AES7 - Subsistema di Villa Verucchio (Pleistocene superiore): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi; il profilo di alterazione presenta uno spessore fino a 4-5 m; il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è erosivo e discordante sulle unità più antiche; lo spessore massimo dell'unità è di circa 30 m;
- AES7b - Unità di Vignola (Pleistocene sup.): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi; il profilo di alterazione presenta uno spessore fino ad 1.5-2 m; lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 m;
  - AES7a - Unità di Niviano (Pleistocene sup.): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati; il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 4-5 m di profondità; l'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri; il profilo di alterazione è molto evoluto; lo spessore massimo dell'unità è di poche decine di metri;
3. AES3 - Subsistema di Agazzano (Pleistocene medio): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti; il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità; l'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri contenenti manufatti del Paleolitico medio; il suo profilo di alterazione è molto evoluto; il contatto di base è erosivo e discordante sulle unità più antiche; spessore variabile da alcuni metri a 25-30 m;
4. AES2 - Subsistema di Maiatico (Pleistocene medio): depositi intravallivi terrazzati costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, localmente cementate; il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità; l'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri contenenti manufatti del Paleolitico medio; il suo profilo di alterazione è molto evoluto; il contatto di base è generalmente erosivo e discordante su unità più antiche; lo spessore è variabile da alcuni metri a 30-40 metri.

### **3.1.1.2 Sintema Emiliano Romagnolo inferiore (AEI)**

Unità caratterizzata da depositi fluviali di piana alluvionale e localmente di conoide alluvionale distale, costituiti da limi e limi argillosi prevalenti di colore grigio-azzurro, talora con screziature giallo-ocracee

di ossidazione, con intercalazioni ghiaiose le quali, in corrispondenza dei paleo-apparati fluviali principali, possono diventare predominanti. Sono frequenti i livelli ricchi in sostanza organica (prevalentemente frustoli carboniosi) e con presenza di gasteropodi continentali: depositi.

Lo spessore complessivo dell'unità varia da 0 a circa 60 m. Il contatto di base è netto e discordante, talora erosivo.

Il Sintema Emiliano Romagnolo inferiore è sedimentato nel *Pleistocene inf. – Pleistocene medio*.

### **3.1.1.3 Sintema di Costamezzana (CMZ)**

Depositi di fan-delta e di ambienti marino-marginali e continentali costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose grigio-azzurri, giallo ocracei all'alterazione; frequenti i livelli ricchi in frustoli vegetali ed in sostanza organica. Sono presenti anche ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie, spesso cementate, grigio-verdastre, ocracee all'alterazione.

Contatto basale erosivo o netto e discordante sulle unità sottostanti. Spessore variabile da alcuni metri a qualche centinaio di metri.

Il Sintema di Costamezzana è sedimentato nel Pleistocene inferiore.

### **3.1.1.4 Sintema del T. Stirone (ATS)**

Il Sintema del T. Stirone è costituito da depositi paralic e marini che si compone di due litofacies in parte eteropiche, limitato alla base da un'importante superficie di discontinuità (contatto basale erosivo o netto). È costituito da corpi lenticolari metrici ghiaioso-sabbiosi con stratificazione incrociata con base netta e spesso erosiva; diffusi clay chips. Sono presenti strati sabbiosi, da tabulari a lenticolari con laminazioni piano-parallele, HCS accumuli bioclastici concentrati in livelli sottili, strati sabbiosi e sabbioso-siltosi fossiliferi molto bioturbati e con laminazioni incrociate e strati di limi e limi sabbiosi contenenti frustoli vegetali e macrofossili.

Il Sintema del T. Stirone presenta uno spessore variabile da poche decine a circa 1200 metri ed è sedimentato nel Pliocene superiore – Pleistocene inf..

- ATSa - litofacies pelitica. Litofacies prevalentemente fine, costituita da peliti sovente bioturbate e con presenza di fossili marini. Si intercalano strati sottili di sabbie fini, gradati, talvolta con detrito conchigliare alla base e con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky. Eccezionalmente, intercalati alle peliti, si possono rinvenire livelli con ghiaie e ciottoli in matrice pelitica: depositi di prodelta, piattaforma e scarpata sottomarina. Lo spessore massimo della litofacies è di circa 420 m a sud-ovest dell'allineamento Stradella – Corcagnano, mentre esso supera i 1200 m in corrispondenza della città di Parma.

- AT**S**b - litofacies sabbiosa. Litofacies prevalentemente sabbiosa, localmente associata a ghiaie e peliti fossilifere. Le sabbie sono organizzate in corpi plurimetrici, di notevole estensione laterale, costituiti da strati sabbiosi, gradati e amalgamati e da strati sabbiosi con laminazione piano parallela e hummocky. Sono comuni i livelli ricchi di resti conchigliari. Talora si incontrano corpi ghiaioso-sabbiosi con tessitura ben selezionata, che mostrano strutture di embriciatura e laminazione obliqua. Questi corpi sono intercalati da livelli pelitici o sabbioso pelitici di spessore decametrico: depositi paralic e di fronte deltizio. A ovest del T. Recchio il tetto di questa litofacies è costituito da depositi caotici, con matrice sabbioso-argillosa, inglobanti blocchi di calcarenite fossilifera. Lo spessore massimo è di diverse decine di metri.

#### **3.1.1.5 Argille Azzurre (FAA)**

Depositi distali di piattaforma e di bacino costituiti da peliti marnose, grigio-azzurre massive a frattura concoide, con rari livelli sabbioso-siltosi per lo più concentrati nella porzione basale della formazione e rari livelli siltosi in quella superiore. Frequenti microfossili (foraminiferi planctonici) e macrofossili (lamellibranchi, gasteropodi, pteropodi, eccezionalmente resti di mammiferi sia marini che terrestri)..

Lo spessore massimo è di circa 600 m.

L'unità delle Argille Azzurre è sedimentata nel Pliocene inferiore.

#### **3.1.1.6 Formazione a Colombacci (FCO)**

Unità continentale di ambiente transizionale tra quello fluviale e quello lagunare, prevalentemente arenitica, ad evoluzione trasgressiva, suddivisa in sottunità. Contatto discordante sulla successione epiligure e sulle unità liguri. Potenza massima 90 m circa.

- FCOa - litofacies arenacea. Sabbie ed arenarie medie poco cementate giallastre, a laminazione incrociata a basso angolo o a laminazione piano-parallela poco evidente. Rari livelli argillosi sottili e discontinui e ciottoli molli d'argilla. Sono presenti localmente piccoli canali ghiaiosi. Abbondanti resti vegetali lignitizzati anche ben conservati e meno comuni molluschi ipoalini. Contatto parzialmente eteropico sulla litofacies conglomeratica. Spessore massimo 55 m.
- FCOb - litofacies conglomeratica. Paraconglomerati poligenici grossolani gradati, a matrice sabbiosa, spesso poco cementati e poco organizzati, in corpi canalizzati. Clasti ben arrotondati provenienti da unità liguri e dalla successione epiligure, spesso dalla Formazione di Contignaco. Verso l'alto locali intercalazioni di areniti da grossolane a fini in strati da medi a spessi, a geometria lenticolare. Spessore variabile da pochi metri a 60 m circa.

La Formazione a Colombacci è sedimentata nel Messiniano.

### **3.1.1.7 Formazione Gessoso-Solfifera (GES)**

Gessareniti e localmente gessoruditi fini, più raramente con blocchi di gesso selenitico. Ambienti di mare basso, ipersalini.

La Formazione Gessoso-Solfifera è sedimentata nel Messiniano.

### **3.1.1.8 Unità Salsomaggiore**

FCG - FORMAZIONE DI CASE GALLO. Marne argilloso-siltose a stratificazione indistinta e marne calcareo-siltose chiare. Contatto discordante sul Membro conglomeratico di M. Predella della Formazione di Rio Gisolo. Potenza parziale massima 15 m. Serravalliano

FGS - FORMAZIONE DI RIO GISOLO (ARENARIE DEL RIO GISOLO). Unità arenitica con livelli conglomeratici, prevalentemente torbiditica, suddivisa in sottounità. Serravalliano.

FGS2 - Membro conglomeratico di Monte Predella (Conglomerati di Monte Predella). Paraconglomerati, ortoconglomerati fini ed areniti conglomeratiche ad elementi sedimentari, ignei e metamorfici ben arrotondati in matrice arenitica, spesso in corpi canalizzati, con subordinate intercalazioni di areniti e peliti siltose in strati da sottili a spessi. Verso il tetto compaiono due orizzonti di breccia calcarea tipo calcari a Lucine. Contatto erosivo sul Membro arenaceo di Varano Marchesi. Potenza stimata fino a 200 m. Serravalliano

FGS1 - Membro arenaceo di Varano Marchesi (Arenarie di Varano dei Marchesi). Areniti in letti da medi a spessi a stratificazione poco distinta, spesso amalgamati a formare potenti bancate; alle areniti si associano peliti siltose in strati medio-sottili. Contatto netto o discordante sulla Formazione del T. Ghiara. Spessore stimato fino a 600 m. Serravalliano

FGH - FORMAZIONE DEL TORRENTE GHIARA (MARNE DEL TORRENTE GHIARA). Peliti marnose grigie a stratificazione indistinta, con sottili livelli siltosi e più raramente arenitici fini. Abbondante contenuto fossilifero. Spessore parziale massimo 900 m. Langhiano – Serravalliano

## **3.1.2 Dominio Ligure**

Le unità liguridi sono collocate al tetto della catena appenninica e ricoprono tettonicamente le unità subliguridi e autoctone, anche se i rapporti geometrici non sono sempre chiari.

### **3.1.2.1 MCS – Flysch di M. Cassio**

Torbiditi a base calcarenitica fine e media passante a marne calcaree grigio-biancastre, marne e calcari marnosi in strati da spessi a molto spessi, passanti gradualmente ad un tetto argilloso-siltoso,

alternate a pacchi di strati torbiditici arenaceo-pelitici da sottili a spessi, grigiastri. Intercalazioni regolari di sottili livelli pelitici grigio-verdastri e neri e di arenarie medie e fini, quarzoso-feldspatiche, grigio chiare, in strati medi e sottili. Torbiditi e fanghi intrabacinali, in ambiente di piana, sotto la superficie di compensazione dei carbonati. Contatto, localmente tettonizzato, per alternanze sulle Argille varicolori di Cassio. Potenza parziale di un migliaio di metri.

*Campaniano sup. - Maastrichtiano*

### **3.1.2.2 ACR - Argille Varicolori di Case Crovini**

Argille ed argilliti grigio-bluastre, grigio-verdi, nerastre e rosse, a struttura scagliosa, con intercalate arenarie torbiditiche grigio scure e più rari straterelli calcareo marnosi chiari ed inclusi arenacei, conglomeratici e calcarei "boudinati". Bacino profondo a sedimentazione emipelagica, con limitati apporti torbiditici estremamente diluiti. Contatto inferiore stratigrafico parzialmente eteropico con il Complesso di Case Boscaini; nell'area del Foglio 199 contatto superiore per alternanze con la Formazione di Ponte grosso. Spessore geometrico da 0 a 300 m.

*Campaniano sup. – Maastrichtiano inf.*

### **3.1.2.3 PGR - Formazione di Ponte Grosso**

Torbiditi carbonatiche costituite da marne e calcari marnosi grigio chiari in strati da spessi a banchi a base arenitica medio-fine e peliti marnose grigio scure con strati arenitici sottili e medi poco cementati di colore verdastro. Nell'area del Foglio 199 verso la base della formazione prevalgono le alternanze arenaceo-pelitiche con arenarie silicoclastiche da grossolane a medio-fini brune non cementate in strati sottili, e rari livelli arenacei più grossolani ricchi di clasti ofiolitici; localmente è stato osservato un livello gradato di conglomerati ad elementi ofiolitici prevalenti, passante ad areniti. Bacino profondo a sedimentazione torbiditica, prevalente su quella emipelagica. Passaggio per alternanza alla Formazione del Rio della Canala. Potenza parziale circa 650 m.

*Campaniano sup. ? –Ypresiano ?*

### **3.1.2.4 FCN - Formazione del Rio della Canala**

Torbiditi costituite dall'alternanza di arenarie silicoclastiche da grossolane a medio-fini brune non cementate, siltiti arenacee grigio cenere, marne argillose grigio scure, argille nerastre, e subordinate marne calcaree grigio chiare, a stratificazione molto sottile e sottile. Alla base sono presenti livelli arenacei più grossolani ricchi di clasti ofiolitici ed un livello di conglomerati composti da clasti di calcilutiti, diaspri rossi ed ofioliti. Passaggio per alternanze alle Argille varicolori di Case Crovini. Spessore da 0 a 150 m.

*Campaniano terminale? – Luteziano ?*

### **3.1.2.5 FYS - Flysch di Monte Sporno**

Unità torbiditica calcareo-marnosa e pelitico-marnosa suddivisa in sottounità. Bacino profondo a sedimentazione torbiditica, prevalente su quella emipelagica.

*Paleocene sup. - Eocene medio*

- FYS3 - Membro di Calestano. Marne e marne argillose grigie a frattura da concoide a poliedrica e marne siltose fogliettate, grigio scuro-verdastre, in strati spessi e molto spessi, intercalate a set di strati sottili e medi di areniti medie grigio-nocciola e peliti brune. Alla base degli strati marnosi sono talora presenti calcari e calcari marnosi color crema, in strati medi laminati ben stratificati. Rari livelli marnosi rosati verso il tetto del membro. Contatto graduale sul Membro di Armorano. Potenza massima stimata 350 m circa. *Luteziano*
- FYS2 - Membro di Armorano. Calcari marnosi e calcari chiari in strati da medi a molto spessi, a base spesso calcarenitica grigio-verde e marne argillose grigio-nocciola in sequenze plurimetriche, alternati ad areniti e peliti marnose grigio scure in strati sottili e medi. Sono presenti alcuni livelli marnosi rosati. I calcari presentano talora livelli o liste di selce bruna, come pure base biocalcarenitica grigio-verde, con lamine parallele e ripples, localmente biocalciruditica con numerosi macroforaminiferi (Nummuliti e Orbitoidi). Localmente presente una facies caotica spessa poche decine di metri, costituita da argille scagliettate grigie e rossastre, inglobanti caoticamente lembi di calcare fine, chiaro, ed arenarie fini e medie, nocciola. Spessore parziale massimo 1200 m. *Ypresiano – Luteziano*
- FYS1 - Membro di Rio Brugnara. Marne e marne argillose grigie a frattura da concoide a poliedrica e marne siltose fogliettate, grigio scuro-verdastre, in strati spessi e molto spessi, intercalate a set di strati sottili e medi di areniti medie grigio-nocciola e peliti brune. Alla base degli strati marnosi sono talora presenti calcari e calcari marnosi color crema, in strati medi laminati ben stratificati. Rari livelli marnosi rosati verso il tetto del membro. Potenza parziale di circa 200 m. *Paleocene sup.*

### **3.1.2.6 AVV - Argille varicolori di Cassio**

Argille, argilliti ed argille siltose rosse, violacee, grigio scure e verdastre, con intercalazioni di strati sottili o medi di arenarie litiche fini grigio chiare o scure, manganesifere e localmente cloritiche, di calcilutiti silicizzate grigio-verdine e di calciliti chiare e calcareniti, localmente si intercalano conglomerati poligenici, in strati medi e spessi, i cui elementi provengono da crosta continentale e arenarie litiche e feldspatiche grossolane. Contatti per lo più tettonizzati con le Arenarie di Scabiazza.

Sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbida. Potenza geometrica variabile da qualche decina a qualche centinaio di metri.

- AVVa - litofacies pelitico-arenacea. Distinta localmente, dove le intercalazioni di arenarie sono più frequenti e il rapporto rapporto arenite/pelite diventa circa uguale a 1.
- AVVds - litofacies a breccie. Breccie sedimentarie ad elementi di Diaspri e calcari micritici bianchi. Presente alla base delle Argille varicolori di Cassio.
- AVVm - litofacies a breccie argillose. Breccie poligeniche clasto-sostenute ad elevato tenore in clorite, in strati lenticolari.

*Turoniano? - Campaniano sup.*

### **3.1.2.7 SCB – Arenarie di Scabiazza**

Torbiditi arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee con arenarie litiche grigio-nocciola, grigio-scure o grigio-verdastre, fini e medie in strati sottili e medi, regolarmente alternate a peliti grigie o verdastre o marne siltose debolmente marnose; si intercalano talora marne grigio chiare a base arenacea fine e molto fine, in strati da molto sottili a spessi (rapporto arenite/pelite da <1 a >1), conglomerati e calciliti in strati spessi. Possono essere presenti marne siltose grigie in strati molto spessi con base arenitica e conglomeratica fine ad elementi sedimentari. Localmente distinta una litofacies a breccie argillose costituita da breccie a blocchi di calcari grigio-verdini e biancastri e lembi eterometrici di marne grigio-giallastre, inglobati in matrice argillitica nera e verdastra, di potenza variabile da pochi metri a 50 m circa; una litofacies arenaceo-pelitica; una litofacies calcareo-marnosa, caratterizzata da strati molto spessi di marna siltosa grigio chiara a base arenacea grossolana e da strati medi e spessi con basi ruditiche biancastre ad elementi di micriti e radiolariti, e con un tetto marnoso-calcareo; una litofacies conglomeratica; una litofacies argillitica con siltiti nerastre passanti ad argille siltose rosso vinato e localmente lenti di breccie ad elevato tenore in clorite. Sedimentazione torbiditica di ambiente marino profondo. Potenza geometrica affiorante può raggiungere 700 metri.

*Cenomaniano - Santoniano*

### **3.1.2.8 CCB - Complesso di Case Boscaini**

Breccie matrice-sostenute a prevalenti clasti calcilititici chiari tipo palombino ben arrotondati, in matrice argillosa o siltosa grigia, più rari clasti di biocalcareni giallo oca e areniti grigio scure. Sono spesso inclusi lembi tettonizzati di argille varicolori. Ambiente di sedimentazione configurabile con un bacino profondo caratterizzato da fenomeni di risedimentazione in massa. *Campaniano?*

- CCBb - litofacies a breccie poligeniche. Breccie clasto-sostenute ad elementi ofiolitici (serpentiniti, basalti, ecc.) e subordinati elementi sedimentari (Calcari a calpionelle areniti, calcilutiti tipo maiolica, diaspri, ecc.), in matrice arenaceo-siltitica o argillitica scura.

### 3.1.3 Dominio Successione Epiligure

Le unità epiliguridi sono collocate al tetto della catena appenninica in generale discordanza stratigrafica su gran parte delle Unità Liguri.

#### 3.1.3.1 TER – Formazione del Termina

Marne e marne argillose grigie, debolmente siltose e laminate nella porzione superiore della formazione, a stratificazione piano-parallela poco evidente in strati medi o spessi. Nella porzione basale si intercalano localmente sottili letti arenitico-siltosi. Rari livelli più scuri per arricchimento in materia organica.

Depositi emipelagici di bacino profondo. Contatto paraconcordante sulla Formazione di Cigarello. Potenza parziale stimata sui 170 m.

*Serravalliano sup. - Messiniano inferiore*

- TER5 - Membro di Vigoleno. Sabbie argillose grigie, poco cementate; sono presenti, nella parte superiore della formazione, argille sabbiose a cui si alternano strati arenacei e calcarenitici. E' presente una litofacies con calcareniti in banconi giallastri, spessi fino ad una decina di metri e ricchi in macrofossili (briozoi, coralli, ostree, cerizi, *Potamides*, *Pecten vigolenensis*). Ambiente di piattaforma. Spessore di 120 m. *Messiniano inferiore*
- TER4 - Membro di Scipione. Alternanza di livelli argilloso-marnosi grigio chiari e livelli arenaceo-siltosi costituiti da strati bioturbati ed amalgamati, localmente ricchi in fossili, prevalentemente lamellibranchi e gasteropodi; ambienti di transizione tra la piattaforma interna e la piattaforma esterna. Lo spessore stimato è oltre 150-200 m. *Serravalliano sup. - Tortoniano inf.*

#### 3.1.3.2 CTG – Formazione di Contignaco

Marne selciose, più o meno siltose, di colore grigio, con patine manganesifere nerastre e ocracee, o arenarie risedimentate da fini a spesse grigie. Selce generalmente diffusa, localmente in noduli e liste. Possono essere presenti banchi tripolacei chiari spessi fino a 8-10 m, talora cartografati, ricchissimi in silice sia di origine vulcanoclastica che biogenica. Sono intercalate nella formazione anche argille fogliettate grigio-verdastre in livelli da sottili a spessi. Il limite inferiore è sfumato per alternanza con le Marne di Antognola. La potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m.

*Aquitaniense - Burdigaliano*

### **3.1.3.3 ANT - Marne di Antognola**

Marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine manganesifere. Stratificazione difficilmente percepibile. Sono presenti livelli torbiditici sottili e medi di arenarie vulcanoclastiche, arcose e quarzoso-feldspatiche. Localmente è stata distinta una litofacies arenacea, caratterizzata dalla presenza di torbiditi arenaceo-pelitici con areniti medio-fini, in strati sottili e medi, e areniti grossolane in strati medi e spessi. Localmente presente un orizzonte a slumping. Il limite inferiore è per alternanze o discordante sulla Formazione di Ranzano e sul substrato ligure. La potenza totale della formazione varia da pochi metri a oltre 500 m.

*Rupeliano terminale – Aquitaniense*

- ANT4 - Membro di Anconella. Torbiditi arenaceo-pelitici; arenarie quarzoso-feldspatiche, con grana da grossolana a fine, di colore grigio chiaro alterate in giallastro; subordinate marne argillose grigie, grigio verdi, grigio scuro o nerastre; rapporto arenite/pelite sempre > 1. Gli strati variano da sottili a spessi, talvolta sono presenti banchi, anche amalgamati. Spessore di poche decine di metri.
- ANT2 - Membro arenaceo di Montesalvo. Membro intercalato stratigraficamente nella parte inferiore delle Marne di Antognola con contatto superiore netto e inferiore per alternanze, costituito da areniti micacee grigio chiare, in letti spessi e banchi amalgamati, con fenomeni di cementazione differenziata, alternati, verso la base, a sottili livelli di siltiti marnose. Potenza da 50 a 120 m. *Chattiano sup.*

### **3.1.3.4 RAN - Formazione di Ranzano**

Data da più corpi sedimentari con geometria da lenticolare a tabulare e con facies deposizionali molto variabili da arenaceo-conglomeratiche a pelitico-arenacee. Dove la formazione non è suddivisibile in sottounità è costituita da un'alternanza monotona di areniti fini grigie, micacee, e peliti grigie e grigio-verdi, in strati sottili e medi, talora spessi, rapporto arenite/pelite <1, localmente <<1; sono presenti sottili livelli arenitici vulcanoclastici e strati medi di marne calcaree chiare a base arenitica. Limite inferiore netto, talora erosivo, con le Marne di Monte Piano, marcato dalla comparsa di livelli arenacei; localmente poggia direttamente sul substrato ligure. Limite superiore netto, talora discordante, con le Marne di Antognola, marcato dalla scomparsa dei livelli arenacei. Origine prevalentemente torbiditica; ambiente di scarpata e di bacino, con presenza di frane sottomarine. Potenza variabile da qualche metro ad oltre 250 m. *Priaboniano - Rupeliano*

- RAN2 - Membro della Val Pessola. Litofacies molto variabili, da pelitico-arenacee ad arenaceo-conglomeratiche. Strati da medi a molto spessi con geometria generalmente tabulare, talora lenticolare quella degli strati grossolani. Torbiditi marnose di colore grigio con intercalazioni di strati o banchi arenacei con rapporto arenite/pelite <1. Litoareniti grigio-verdi, a marcata componente ofiolitica, e modeste quantità di rocce sedimentarie, in letti da medi a molto spessi, talora con base grossolana, alternati a peliti siltoso-marnose scure (rapporto arenite/pelite generalmente >1). Localmente vengono distinte una litofacies arenaceo-pelitica e una pelitico-arenacea. Contatto discontinuo, spesso erosivo e a luoghi discordante sulle Marne di Monte Piano e sul Membro di Pizzo d'Oca. *Priaboniano terminale - Rupeliano inf.*

### **3.1.3.5 MMP – Marne di M. Piano**

Argille, argille marnose e marnoso-siltose, marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdi, con rari e sottilissimi strati di siltiti e feldspatoareniti risedimentate, passanti a marne e marne siltose grigie, grigio-verdi, talora rosate nella parte superiore della successione. Stratificazione generalmente poco evidente. Sedimentazione di tipo pelagico, in ambiente confinato e profondo, con rari apporti torbiditici. Il limite inferiore è discordante sulle unità liguri o netto sulle Breccie argillose di Baiso, limite superiore netto con la Formazione di Ranzano. La potenza affiorante è non superiore a 180 m.

*Luteziano sup. - Priaboniano*

- MMPv - litofacies caotica. Argille grigio scure inglobanti blocchi calcarei, calcarenitici e marnosi di pertinenza ligure.

## **3.2 Geomorfologia**

Il paesaggio mostra aspetti morfologici molto vari, scaturiti dall'azione dei processi morfogenetici, che hanno agito su un substrato litologicamente eterogeneo e di grande complessità strutturale, soggetto ad una lenta e progressiva surrezione.

### **3.2.1 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.

1. Terreni sovraconsolidati (Sintema di Costamezzana, Sintema del T. Stirone, Argille Azzurre, Formazione a Colombacci e Formazione Gessoso-Solfifera):
  - la successione stratigrafica è costituita prevalentemente da sabbie poco cementate e argille sovraconsolidate con basso grado di morfoselezione;
  - la natura tessiturale di questi litotipi, li rende sensibili ai processi erosivi e di degradazione meteorica; occorre sottolineare che trattandosi di unità geologicamente recenti e poco deformati strutturalmente, sono caratterizzate da processi di alterazione poco evoluti;
  - le forme del rilievo sono generalmente costituiti da lunghi versanti regolari più o meno ripidi con cime arrotondate, quasi piatte, leggermente digradanti verso nord-est;
  - nelle zone di affioramento delle litologie sabbiose la pendenza dei versanti è maggiore rispetto a quella relativa alle zone di affioramento delle litologie argillose;
2. Rocce tenere (Formazione di Case Gallo, Formazione del T. Ghiara, Argille Varicolori di Case Crovini, Argille varicolori di Cassio, Complesso di Case Boscaini, Flysch di Monte Sporno Membro di Calestano, Formazione del Termina, Formazione di Contignaco, Marne di Antognola, Marne di M. Piano):
  - la successione stratigrafica è costituita prevalentemente da marne, peliti ed argilliti con basso grado di morfoselezione;
  - la natura tessiturale 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 frequenti frane; la pendenza è tipicamente del 10 - 25%;
  - nella maggior parte dei casi, le rocce tenere affiorano nei settori più depressi dei bacini vallivi e solo raramente danno luogo a forme selettive.
3. Rocce dure (Formazione di Rio Gisolo, Formazione di Ponte Grosso, Formazione del Rio della Canala, Flysch di Monte Sporno Membro di Armorano, Arenarie di Scabiazza, , Flysch di M. Cassio, Serpentine, Formazione di Ranzano):

- la successione stratigrafica, costituita prevalentemente da arenarie e calcari, determina un grado di morfoselezione medio-alto, costituendo la classe di stabilità maggiormente rappresentata nel territorio in esame;
- la stratificazione massiccia, più o meno regolare, porta alla formazione di 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;
- 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.

### **3.3 Forme e depositi legati alla degradazione meteorica**

La degradazione meteorica è il meccanismo di disgregazione fisica e di disfacimento chimico della roccia e dei terreni comprendente tutti quei fenomeni (crioclastismo, pedogenesi, ecc.) che ne comportano l'alterazione.

Nelle zone di affioramento delle rocce tenere (Argille a Palombini, Complesso di Case Boscaini, Argilliti di Guselli, brecce serpentinitiche), per la presenza di rocce incoerenti caoticizzate e fratturate con basso grado di selettività, si assiste alla formazione, quale prodotto della degradazione meteorica, di coltri detritiche eterometriche con abbondante matrice argillosa e limosa, che ricoprono con spessori molto variabili, in senso spaziale, rilievi e versanti.

Si tratta 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 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 né 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'innescio sia dei processi erosivi, con formazione di calanchi, sia del collasso per movimenti gravitativi.

L'acqua d'infiltrazione è peraltro molto pericolosa per la staticità del pendio, perché lede i rapporti di coesione tra le singole particelle, con possibilità di creare superfici di scorrimento preferenziale, e genera, in relazione alla bassa permeabilità dei materiali attraversati, la formazione di pressioni interstiziali che vanno a sottrarsi alle forze stabilizzanti.

Nelle zone d'affioramento delle rocce dure (Arenarie di Scabiazza, Flysch di Bettola, Formazione di Val Luretta, Flisch di M. Cassio, Serpentine), 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.

I prodotti d'alterazione, caratterizzati da falde detritiche o coltri detritiche con matrice fine, sono rinvenibili nelle seguenti situazioni:

- alla base di versanti ripidi, caratterizzati da struttura massiva o con stratificazione a reggipoggio o traversopoggio, sono frequenti le falde detritiche; si tratta dell'accumulo di elementi litoidi eterometrici e spigolosi, della stessa natura dei materiali costituenti il versante, privi o quasi di matrice fine sabbiosa e limosa;
- in corrispondenza di versanti poco e mediamente acclivi, caratterizzati da stratificazione a franappoggio, sono frequenti le coltre detritiche; il versante, a parte sporadici settori è rivestito dall'accumulo di elementi litoidi eterometrici e spigolosi, della stessa natura dei materiali costituenti il versante, immersi in abbondante matrice sabbiosa, limosa ed argillosa.
- in corrispondenza di versanti poco e mediamente acclivi, caratterizzati da una stratificazione mal definita in relazione all'alto grado di tettonizzazione e caoticizzazione, sono frequenti le coltre detritiche; il versante, a parte sporadici settori è rivestito dall'accumulo di elementi litoidi eterometrici e spigolosi, della stessa natura dei materiali costituenti il versante, immersi in abbondante matrice sabbiosa, limosa ed argillosa.

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 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 innesco di pressioni interstiziali non trascurabili che vanno a ridurre le forze stabilizzanti.

### **3.4 Forme e depositi dovuti al dissesto**

Nella zona in esame sono state individuate e rappresentate graficamente (v. Tav. 2.1 e 2.2) 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.

I movimenti gravitativi, in riferimento alla classificazione della carta dell'inventario del dissesto del PTCP della Provincia di Parma, 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 mobilitizzati 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);
- depositi di versante (o falde detritiche): con tale definizione sono stati classificati i depositi di copertura, non riconducibili a corpi di accumulo di movimenti gravitativi, connessi all'evoluzione geomorfologica tardo quaternaria dei versanti montani; queste coperture comprendono sia depositi detritici difficilmente distinguibili e classificabili mediante la sola fotointerpretazione che corpi detritici geneticamente interpretabili in base alla loro posizione morfologica; nel dettaglio sono considerati come depositi di versante le coperture derivate da processi eluviali (ossia da alterazioni in posto) e colluviali (spostamento dei detriti alla base del versante per gravità, ruscellamento, soliflusso, ecc.), depositi di geliflusso e detriti di falda; la pericolosità geomorfologia

di queste forme di accumulo può essere associata a elementi quali la pendenza, la variabilità tessiturale ed alle disomogenee proprietà geotecniche del deposito.

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

## 4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS)<sup>1</sup> e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente dalla Società AMBITER S.r.l. o dall'Ufficio tecnico del Comune di Salsomaggiore Terme.

Nella cartella indagini nel CD allegato alla presente relazione sono raccolte tutte le disponibili utilizzate e/o semplicemente consultate per la redazione del presente studio.

Le indagini raccolte sono costituite da stratigrafie di pozzi per acqua (3), sondaggi a carotaggio continuo (5) e indagini geofisiche tipo MASW (12), HVSR (25), REMI (2) e profilo sismico a rifrazione (1).

In considerazione della notevole densità di dati provenienti da indagini geotecniche in sito si è ritenuto opportuno integrare i dati pregressi mediante la realizzazione di ulteriori 12 prove Stazioni microtremore a stazione singola.

L'ubicazione delle prove disponibili e di quelle realizzate ex-novo è riportata nella Carta delle Indagini di Tav. 1 alla scala 1:10.000.

### 4.1 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW consente di ottenere una curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz. Tramite un processo di inversione iterativo è possibile risalire, a partire dalla curva di dispersione di sito, al profilo verticale delle velocità delle onde di taglio nei primi (onde S).

In totale sono stati monitorati 12 siti.

| Sigla           | Ubicazione           | Velocità onde di taglio nei primi 30 m | Profondità substrato H | Velocità onde di taglio copertura | Velocità onde di taglio substrato |
|-----------------|----------------------|--|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                 |                      | m/s                                    | m                      | m/s                               | m/s                               |
| 034032L1MASW1   | via Salvo D'Acquisto | 441                                    | 16                     | 324                               | 559                               |
| 034032L2MASW2   | Scacciapensieri      | 361                                    | 15.8                   | 266                               | 502                               |
| 034032L3MASW3   | Bagni di Tabiano     | 373                                    | 13.8                   | 343                               | 525                               |
| 034032L4MASW4   | Bagni di Tabiano     | 328                                    | 12.2                   | 222                               | 452                               |
| 034032L12MASW12 | Ceriatì              | 419                                    | 9.0                    | 207                               | 605                               |
| 034032L5MASW5   | Str. Costa Marenga   | 418                                    | 16                     | 330                               | 600                               |

<sup>1</sup> I dati provenienti dalle indagini pregresse messe a disposizione dal SGSS della Regione Emilia Romagna non sono state archiviate nel Software "SoftMS Versione 1.0".

| Sigla           | Ubicazione           | Velocità onde di taglio nei primi 30 m | Profondità substrato H | Velocità onde di taglio copertura | Velocità onde di taglio substrato |
|-----------------|----------------------|--|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                 |                      | m/s                                    | m                      | m/s                               | m/s                               |
| 034032L9MASW9   | Terramara            | 463                                    |                        |                                   |                                   |
| 034032L6MASW6   | via Salvo D'Acquisto | 304                                    | 14                     | 228                               | 432                               |
| 034032L10MASW10 | Ponte Ghiara         | 351                                    |                        |                                   |                                   |
| 034032L7MASW7   | Str. Mirandola       | 260                                    |                        |                                   |                                   |
| 034032L11MASW11 | Ponte Ghiara         | 290                                    | 17.3                   | 229                               | 475                               |
| 034032L8MASW8   | Poggetto             | 443                                    | 19.8                   | 292                               | 537                               |

L'ubicazione delle indagini effettuate è riportata nella Carta delle indagini e nella Carta delle Velocità delle onde di taglio, in quest'ultima tavola oltre all'ubicazione della prova è riportato anche il valore della Vs30, VsH e Vs sub.

#### 4.2 Analisi dei microtremori a stazione singola

Lo strumento Tromino è stato utilizzato per il calcolo dei rapporti spettrali H/V da rumore sismico, necessari per stabilire la frequenza fondamentale del sottosuolo.

La tecnica a singola stazione HVSR si basa sull'analisi dei rapporti spettrali fra le componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale e permette di identificare con buona approssimazione le frequenze di risonanza del sottosuolo (Nakamura, 1989; Bard, 1999; Mucciarelli e Gallipoli, 2001).

In totale sono stati monitorati 37 siti dei quali 12 eseguiti per la redazione del presente studio di microzonazione e 25 da indagini pregresse.

L'ubicazione delle indagini effettuate è riportata nella Carta delle indagini e nella Carta delle frequenze; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della frequenza fondamentale del sito. I valori di  $f_0$  sono rappresentati mediante cerchi di colore diverso il cui diametro è proporzionale all'ampiezza del picco; nei siti in cui sono stati individuati 2 picchi chiari nei rapporti H/V la seconda frequenza è stata indicata con  $f_1$  e indicata con un simbolo triangolare.

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area afferente il capoluogo di Salsomaggiore T, comprensive del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) ed eventuali altri picchi significativi ( $f_1$ ); tra parentesi è inoltre indicata l'ampiezza massima del picco di risonanza.

## Microzonazione sismica

| Sigla          | Ubicazione           | Velocità<br>onde di<br>taglio nei<br>primi 30<br>m | Profondità<br>substrato<br>H | Velocità<br>onde di<br>taglio<br>copertura | Velocità<br>onde di<br>taglio<br>substrato | frequenza<br>f <sub>1</sub> |
|----------------|----------------------|--|------------------------------|--|--|-----------------------------|
|                |                      | m/s  | m                            | m/s  | m/s  | Hz                          |
| 034032P33HVS33 | Ponte Ghiara         | 331  | 24                           | 300  | 570  | 9.38 (2.67)                 |
| 034032P15HVS15 | Via Salvo d'Acquisto | 370  | 13.2                         | 262  | 550  | 6.78 (3.69)                 |
| 034032P36HVS36 | Ceriatì              | 386  |                              |  |  | 8.56 (3.19)                 |
| 034032P35HVS35 | Ceriatì              | 226  |                              |  |  | 3.03 (3.00)                 |
| 034032P34HVS34 | Monte Costa          | 396  | 12.6                         | 299  | 520  | 6.84 (2.00)                 |
| 034032P6HVS6   | Via Baracca          | 377  | 23.3                         | 325  | 845  | 4.78 (4.78)                 |
| 034032P11HVS11 | Longone              | 411  |                              |  |  | 20.59 (2.81)                |
| 034032P9HVS9   | Longone              | 367  |                              |  |  | 11.0 (1.50)                 |
| 034032P8HVS8   | Longone              | 364  |                              |  |  | 47.81 (2.07)                |
| 034032P10HVS10 | Longone              | 365  |                              |  |  | 25.94 (2.72)                |
| 034032P12HVS12 | Montauro             | 322  | 43.4                         | 334  | 700  | 2.16 (2.61)                 |
| 034032P13HVS13 | Montauro             | 349  | 44.0                         | 364  | 700  | 11.44 (2.52)                |
| 034032P17HVS17 | Via Tuberti          | 423  | 13.8                         | 305  | 470  | 5.16 (2.84)                 |
| 034032P18HVS18 | Via Tuberti          | 330  | 28.6                         | 328  | 670  | 14.53 (2.78)                |
| 034032P1HVS1   | Ponte Rotto          | 365  | 8.6                          | 205  | 530  | 8.44 (7.82)                 |
| 034032P19HVS19 | Salsominore          | 384  | 5.1                          | 190  | 475  | 9.22 (3.34)                 |
| 034032P20HVS20 | Scipione Ponte       | 342  | 11.65                        | 236  | 475  | 5.94 (4.34)                 |
| 034032P16HVS16 | Via Parma            | 346  | 12.9                         | 254  | 470  | 18.75 (3.23)                |
| 034032P7HVS7   | Poggetto             | 423  | 10.0                         | 293  | 545  | 10.59 (1.78)                |
| 034032P5HVS5   | Via Baracca          | 414  | 9.9                          | 268  | 565  | 8.03 (3.51)                 |
| 034032P4HVS4   | Via Baracca          | 417  | 9.0                          | 247  | 590  | 8.38 (4.70)                 |
| 034032P3HVS3   | Via Baracca          | 409  | 12.1                         | 268  | 590  | 6.22 (4.75)                 |
| 034032P2HVS2   | Via Baracca          | 372  | 8.4                          | 241  | 680  | 10.47 (3.60)                |
| 034032P37HVS37 | Ceriatì              | 342  |                              |  |  | 0.59 (3.45)                 |
| 034032P14HVS14 | Via Salvo d'Acquisto | 280  | 20.7                         | 231  | 530  | 2.81 (3.76)                 |
| 034032P30HVS30 | Ponte Ghiara         | 357  | 17.3                         | 305  | 475  | 11.72 (1.63)                |
| 034032P21HVS21 | Ponte Iqbal Masic    | 302  | 22.8                         | 279  | 413  | 10.01 (1.73)                |
| 034032P22HVS22 | Parco G. Mazzini     | 353  | 8.9                          | 229  | 460  | 8.33 (1.98)                 |
| 034032P23HVS23 | Viale 1° Maggio      | 345  | 8.45                         | 190  | 520  | 5.81 (3.68)                 |
| 034032P24HVS24 | Via G. Pascoli       | 382  | 4.97                         | 198  | 423  | 13.28 (2.32)                |
| 034032P25HVS25 | Via Patrioti         | 438  | 16.0                         | 314  | 796  | 5.49 (3.55)                 |
| 034032P32HVS32 | Passeri              | 431  | 11.2                         | 303  | 576  | 8.50 (1.96)                 |
| 034032P26HVS26 | Sivizzano            | 354  | 10.25                        | 262  | 462  | 16.85 (3.76)                |
| 034032P31HVS31 | San Vittore          | 323  | 14.76                        | 226  | 549  | 9.47 (5.99)                 |

| Sigla           | Ubicazione    | Velocità onde di taglio nei primi 30 m | Profondità substrato H | Velocità onde di taglio copertura | Velocità onde di taglio substrato | frequenza $f_1$ |
|-----------------|---------------|--|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
|                 |               | m/s                                    | m                      | m/s                               | m/s                               | Hz              |
| 034032P27HVSR27 | Poggetto      | 313                                    | 11.55                  | 211                               | 447                               | 5.13 (1.93)     |
| 034032P28HVSR28 | Viale Terme   | 323                                    | 14.17                  | 236                               | 482                               | 1.64 (2.07)     |
| 034032P29HVSR29 | Tabiano Bagni | 276                                    | 36.33                  | 280                               | 554                               | 1.12 (2.04)     |

### 4.3 Prova REfraction Microtremors (ReMi)

L'analisi dei microtremori presenti nel sottosuolo consiste nel trasformare le registrazioni effettuate in spettri bidimensionali di tipo "slowness-frequency" che permettono, attraverso un picking manuale, la definizione di una curva di dispersione caratteristica del moto sismico in superficie, strettamente correlata ai valori Vs relativi ai terreni prossimi alla superficie.

L'inversione di questa curva consente di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde S con la profondità.

In totale sono stati monitorati 2 siti.

| Sigla           | Ubicazione           | Velocità onde di taglio nei primi 30 m | Profondità substrato H | Velocità onde di taglio copertura | Velocità onde di taglio substrato |
|-----------------|----------------------|--|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                 |                      | m/s                                    | m                      | m/s                               | m/s                               |
| 034032L13REMI13 | via Salvo D'Acquisto | 398                                    | 5                      | 195                               | 452                               |
| 034032L14REMI14 | Str. Mirandola       | 270                                    | 31.5                   | 273                               | 870                               |

### 4.4 Profilo sismico a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione ad onde di compressione consiste nell'energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde rifratte mediante geofoni in serie infissi nel terreno con interasse tale da costituire uno stendimento, lungo un allineamento prestabilito, la cui lunghezza totale consenta di spingere l'indagine sino alla profondità prevista. In genere è la misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni che consente di ricostruire l'andamento e la profondità del rifratte e permette anche di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

In totale è stato monitorato un unico sito in località Longone.

| Sigla         | Ubicazione | Velocità onde di taglio nei primi 30 m | Profondità substrato<br>H | Velocità onde di taglio copertura | Velocità onde di taglio substrato |
|---------------|------------|--|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|               |            | m/s                                    | m                         | m/s                               | m/s                               |
| 034032L15SR15 | Longone    | 352                                    |                           |                                   |                                   |

#### 4.5 Sondaggio a carotaggio continuo

Il sondaggio a rotazione a carotaggio continuo è realizzato mediante l'utilizzo di sonde perforatrici che utilizzano attrezzature a rotazione idraulica, con carotieri semplici della lunghezza da 150 cm e di diametro esterno pari a 101 mm.

La stabilità delle pareti dei fori è stata assicurata mediante l'impiego di rivestimenti metallici provvisori, aventi diametro di 127 mm. Tale rivestimento segue immediatamente ogni manovra di avanzamento del carotiere, ed è poi estratto e recuperato a fine perforazione.

Nel territorio comunale sono disponibili 5 sondaggi a carotaggio continuo.

| Sigla        | Ubicazione           | Profondità Raggiunta |
|--------------|----------------------|----------------------|
|              |                      | m                    |
| 034032P42S42 | Scacciapensieri      | 12.5                 |
| 034032P41S41 | Ponte Ghiara         | 35                   |
| 034032P39S39 | via Salvo D'Acquisto | 15                   |
| 034032P40S40 | via Salvo D'Acquisto | 9                    |
| 034032P43S43 | San Vittore          | 20                   |

#### 4.6 Pozzi per acqua

I pozzi per acqua sono dei sondaggi a distruzione di nucleo nei quali è possibile ricostruire anche se non in modo dettagliato il profilo stratigrafico del sottouolo.

Nel territorio comunale sono disponibili 3 profili stratigrafici dei quali 2 da fonte Regione Emilia Romagna.

| Sigla         | Ubicazione    | Profondità Raggiunta |
|---------------|---------------|----------------------|
|               |               | m                    |
| 181130P618    | Ponte Ghiara  | 10                   |
| 181130P623    | Ponte Ghiara  | 30                   |
| 034032P38SD38 | Tabiano Bagni | 140                  |

## 5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il moto sismico di un determinato territorio è direttamente influenzato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Alcuni depositi e forme morfologiche possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni d'instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni dovute alle caratteristiche locali sono comunemente definite "effetti locali".

Esiste ormai un generale accordo su quali depositi e forme del paesaggio possono, durante o a seguito di un terremoto, determinare amplificazioni del moto sismico in superficie o concorrere a modificare in maniera permanente l'assetto del territorio causando cedimenti, franamenti e rotture del terreno.

Le conoscenze territoriali oggi disponibili, soprattutto grazie alle carte geologiche, alle banche dati geognostiche, alle carte topografiche e ai modelli digitali del terreno, permettono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

In particolare l'obiettivo è di individuare le seguenti zone omogenee:

1. **Zone stabili a):** non s'ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento; sono le zone dove è affiorante il bedrock sismico con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);
2. **Zone stabili suscettibili di amplificazione b):** sono attese amplificazione del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafia e morfologica locale; per le zone di questa categoria sono definiti numericamente dei valori dei fattori di amplificazione delle accelerazioni FA e delle velocità FV; in tali zone sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s < 800$  m/s) con spessori superiori ai 5 m; le litologie alle quali si assimilano quelle presenti sul territorio sono:
  - riporto antropico;
  - terreni a comportamento granulare: ghiaia, ghiaia/sabbiosa-sabbia/ghiaiosa, sabbia, sabbia/limosa-limo/sabbioso;
  - terreni a comportamento coesivo: limo, limo/argilloso-argilla/limosa e argilla;
  - deposito alluvionale a granulometria mista o indistinta;
  - detrito di versante (su pendio con acclività  $< 15^\circ$ ) a granulometria mista o indistinta;
  - coltre di substrato alterato o intensamente fratturato;
  - substrato caratterizzato da  $V < 800$  m/s;

3. **Zone suscettibili d'instabilità c):** gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio; le zone identificano quattro categorie di effetti deformativi:
- instabilità di versante distinte per tipo di frana (crollo o ribaltamento; scorrimento, colata, frana complessa) e per attività (attiva, quiescente, inattiva);
  - liquefazione; aree con terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi, nelle quali la superficie della falda freatica e delle eventuali falde in pressione si trova a profondità inferiori di 15 m dal piano campagna;
  - cedimenti differenziali: area di contatto stratigrafico o tettonico di litotipo con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse;
  - faglie attive e capaci: distinte per tipo di faglia (diretta, inversa, trascorrente) e per tratto accertato o tratto inferito;
  - forme di superficie: orlo di scarpata morfologica (10 – 20 m, > 20 m); orlo di terrazzo fluviale (10 – 20 m, > 20 m); picco isolato; cresta; conoide alluvionale; falda detritica;
  - forme/elementi sepolti: scarpata; valle (valle stretta  $c > 0.25$ , valle larga  $c < 0.25$ ; dove “c” è il coefficiente di forma  $c = h/l$ , h lo spessore della coltre alluvionale e l la sua semiampiezza); area con cavità sepolte.

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è uno dei più efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e, quindi, di prevenzione e riduzione del rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili.

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica è stata realizzata secondo le procedure indicate negli *“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”* (D.A.L. 112/2007) e gli *“Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”* (Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome del 13/11/2008).

I dati di base disponibili utilizzati sono:

- Carta geologico tecnica (Tavv. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4);
- Sezioni geologiche (Tav. 3.1 e 3.2);
- Legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Parma (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- Banca dati della Carta geologica di pianura 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);

- Indagini geognostiche: 5 sondaggi a carotaggio continuo, 3 profili stratigrafici di pozzi per acqua, 42, 37 Stazioni microtremore a stazione singola, 12 MASW, 2 REMI (prova REfraction Microtremors) e 1 profilo sismico a rifrazione.

Dalla cartografie tematiche e dalle indagini sopra citate sono stati individuate i seguenti dati:

1. Tipo, spessore e natura dei terreni di copertura;
2. Tipo e natura del substrato geologico;
3. Forme del dissesto: frane attive, frane quiescenti e falde detritiche (o coperture detritiche);
4. Sovrascorrimenti e faglie; sono stati rappresentati i principali limiti tettonici, in quanto è possibile che questi mettano a contatto litologie con caratteristiche meccaniche molto diverse e che, all'intorno di questi contatti, si possano verificare, oltre all'amplificazione, anche cedimenti differenziali

Il Comune di Salsomaggiore è nel complesso caratterizzato da 9 microzone omogenee principali, definite come zona 01, zona 02, zona 03, zona 04, zona 05, zona 06, zona 07, zona 08 e zona 09 (v. tav. 6.0).

## 5.1 Zona 01

La zona 01 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido (coesivo sovra consolidato) con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 9 - 20 m dal piano campagna per la presenza di rocce tenere.

La zona 01 è stata individuata in località Ceriati, Scipione Ponte, Ponte Rotto, Sivizzano, San Vittore, Poggetto, Tabiano de' Bagni e Salsomaggiore Terme.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NR", è formato da rocce tenere a comportamento coesivo o pseudoesivo (Formazione a Colombacci, Argille Varicolori, Formazione Gessoso Solifera, Formazione del T. Ghiara, Formazione di Case Gallo, Formazione di Rio della Canala, Flysch di M. Sporno - Membro di Calestano - Membro di Rio Brugnara, Complesso di Case Boscaini, Marne del Termina, Formazione di Contignaco, Marne di Antognola, Marne di M. Piano), le quali alla profondità di 9 - 20 metri assumono un aspetto sovraconsolidato, talvolta stratificato.

Tale unità si comportano come riflettore sismico con velocità delle onde di taglio non molto alte, con valori  $V_s \ll 800$  m/s.

## 5.2 Zona 02

La zona 2 comprende aree caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 12 - 15 m dal piano campagna (12.6 m in località Monte Costa e 14.8 m in località Fornacchia). I versanti presentano inclinazioni superiori a 15°.

La zona 02 è stata individuata in località Monte Costa e Fornacchia.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NRS", è formato da rocce dure molto fratturate appartenenti alla Formazione di Rio Gisolo, membro conglomeratico di Monte Predella, in località Fornacchia, e alla Formazione di Ponte Grosso in località Monte Costa, le quali alla profondità di 12,6 (Monte Costa) e 14.8 metri (Fornacchia) assumono un aspetto stratificato.

Tali unità si comportano come riflettori sismici con velocità delle onde di taglio alte con valori  $V_s < 800$  m/s (520 m/s nel sito di Monte Costa e di 549 m/s nel sito di Fornacchia).

Il substrato geologico nella parte superficiale per effetto della degradazione meteorica presenta valori medi delle velocità delle onde di taglio compresi tra  $V_s = 220 - 300$  m/s (299 m/s nel sito di Monte Costa e di 226 m/s nel sito di Fornacchia).

## 5.3 Zona 03

La zona 03 comprende aree di versante caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità di circa 10 - 20 m dal piano campagna e copertura detritica prevalentemente argillosa generata da processi gravitativi.

I depositi di coperture derivano da processi eluviali (ossia da alterazioni in posto) e colluviali (spostamento dei detriti alla base del versante per gravità, ruscellamento, soliflusso, ecc.), depositi di geliflusso e detriti di falda; la pericolosità geomorfologia di queste forme di accumulo può essere associata a elementi quali la pendenza, la variabilità tessiturale ed alle disomogenee proprietà geotecniche del deposito.

La velocità delle onde di taglio dei terreni di copertura è generalmente bassa inferiore o di poco superiore a  $V_s = 200$  m/s.

La zona 03 è stata individuata nel capoluogo comunale in viale Guglielmo Marconi, in via Alessandrini, in via Ungaretti e alla periferia meridionale sulla S.P. 359, in località Ponte Rotto e in località Tabiano Bagni.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NR", è formato da rocce tenere appartenenti alla Formazione del T. Ghiara, alla Formazione di Contignago, alle Marne di Antognola, alle Marne di M. Piano e alle Argille Varicolori di M. Cassio.

Tali unità si comportano come riflettori sismici con velocità delle onde di taglio alte, generalmente con valori  $V_s < 800$  m/s.

#### 5.4 Zona 04

La zona 04 comprende aree di fondo valle caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre 20 - 30 metri fino ad oltre 40 m dal piano campagna per la presenza di rocce tenere granulari cementate; copertura mista di origine fluviale: alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla pari a circa l'unità.

La zona 4 è individuata nel capoluogo comunale in località Campore, a Ponte Ghiara, Longone e Tabiano Bagni. Si tratta delle parti terminali di fondo valle dei principali corsi d'acqua che interessano il comune di Salsomaggiore.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NR – Substrato geologico non rigido", è formato da terreni sovraconsolidati appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre, al Sintema del T. Stirone e al Sintema di Costamezzana.

Tali unità si comportano come riflettore sismico con velocità delle onde di taglio alte, generalmente con valori  $V_s < 800$  m/s.

I terreni di copertura sono il prodotto dell'azione di sedimentazione dei corsi d'acqua e presentano valori medi delle velocità delle onde di taglio compresi tra  $V_s = 230$  e  $360$  m/s.

#### 5.5 Zona 05

La zona 05 comprende aree di fondo valle caratterizzate da substrato geologico coesivo sovraconsolidato stratificato situato a profondità di circa 5 - 13 m dal piano campagna e copertura mista ghiaiosa ed argillosa di origine fluviale.

La zona 05 è ampiamente diffusa nel territorio di Salsomaggiore Terme individuata principalmente nel capoluogo comunale e il località Passeri, Tabiano Bagni e Scipione Ponte. Si tratta infatti delle zone con pendenza più favorevole per l'insediamento residenziale e produttivo.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NR", è formato da rocce tenere appartenenti alla Formazione del T. Ghiara, alla Formazione di Contignago, alla Formazione del Termina, alle Marne di Antognola e alle Marne di M. Piano.

Tali unità si comportano come riflettori sismici con velocità delle onde di taglio alte, generalmente con valori  $V_s < 800$  m/s.

I terreni di copertura sono il prodotto dell'azione fluviale dei corsi d'acqua e presentano valori medi delle velocità delle onde di taglio compresi tra  $V_s = 200$  e  $320$  m/s.

## 5.6 Zona 06

La zona 06 comprende aree caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 10 - 20 m dal piano campagna fino ad oltre 40 m verso nord per la presenza di rocce tenere granulari cementate.

La zona 06 è individuata nel capoluogo comunale in località Campore (capoluogo comunale), in località Longone e in località Tabiano Bagni.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "GR – Granulare cementato", è formato da terreni sovraconsolidati appartenenti al Sintema del T. Stirone, al Sintema di Costamezzana e alla Formazione a Colombacci. In località Longone il substrato geologico si attesta a profondità di oltre 40 m dal piano campagna.

Tali unità si comportano come riflettori sismici con velocità delle onde di taglio alte, generalmente con valori  $V_s < 800$  m/s.

Il substrato geologico nella parte superficiale per effetto della degradazione meteorica presenta valori medi delle velocità delle onde di taglio compresi tra  $V_s = 300 - 350$  m/s.

## 5.7 Zona 07

La zona 9 comprende aree collinari caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 30 - 45 m dal piano campagna per la presenza di rocce tenere granulari cementate; copertura mista di origine fluviale pleistocenica caratterizzata dall'alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla pari a circa l'unità.

La zona 07 è individuata in località Gorzano e Montauro.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NR – Substrato geologico non rigido", è formato da terreni sovraconsolidati appartenenti al Sintema del T. Stirone e al Sintema di Costamezzana.

Tali unità si comportano come riflettore sismico con velocità delle onde di taglio alte, generalmente con valori  $V_s < 800$  m/s.

I terreni di copertura sono il prodotto dell'azione di sedimentazione dei corsi d'acqua e presentano valori medi delle velocità delle onde di taglio compresi tra  $V_s = 260$  e  $360$  m/s.

## 6 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Il presente studio è stato effettuato sui dati disponibili per il territorio in esame e attraverso l'esecuzione di nuove indagini; in particolare:

- i dati stratigrafici, utilizzati per la costruzione delle sezioni geologiche, derivano principalmente dalle carte geologiche della Regione Emilia Romagna le quali, seppur precise nel loro complesso, sono realizzate con pochi affioramenti, distribuiti principalmente lungo le linee d'impluvio dei corsi d'acqua; generalmente è presente una spessa coltre di copertura che oblitera le informazioni del paesaggio geologico;
- nell'aree d'indagine che comprendono il territorio urbanizzato e di futura urbanizzazione sono presenti alcuni sondaggi a carotaggio continuo, anche se piuttosto rarefatti prove penetrometriche dinamiche (DPHS) e alcune prove penetrometriche statiche;
- le prove geofisiche utilizzate sono tutte di tipo indiretto e anche in questo caso poco distribuite; sul territorio comunale non sono presenti misure geofisiche di tipo dirette eseguite in foro di sondaggio;
- l'attribuzione dei parametri geofisici alle unità geologiche del sottosuolo e la determinazione della profondità del bedrock sono state effettuate sulla base di pochi dati; in molti casi le indagini geofisiche tipo MASW, REMI e HVSR sono affette da segnale molto disturbato.

Il livello di attendibilità dello studio di microzonazione, in relazione alle informazioni utilizzate, è da ritenersi medio.

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

Tabella 6.1 – Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

I risultati della modellazione effettuata, che sono evidentemente condizionati dalla qualità delle informazioni stratigrafiche e sulle caratteristiche geotecniche e sismiche, non devono essere considerati come valori assoluti, ma solo come indicatori della possibilità che si manifestino fenomeni di amplificazione sismica.

Gli studi effettuati confermano il rischio di amplificazione sismica di tipo stratigrafico in tutto il territorio comunale e in due siti anche quello di origine topografica.

Occorre quindi che per ogni intervento edilizio siano effettuate indagini geognostiche e specifiche valutazioni del rischio di amplificazione sismica.

## 7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

### 7.1 Definizione della pericolosità sismica locale

Partendo dalle caratteristiche sismotettoniche complessive del margine appenninico parmense e delle principali manifestazioni sismiche, sia epicentrali, sia di risentimento dalle altre zone sismo genetiche presenti nel bacino padano, la pericolosità sismica del territorio comunale di Salsomaggiore è stata approfondita in relazione alle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Le caratteristiche sismiche di un'area sono definite dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi aspetti sono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base" e sono quelli considerati per la classificazione sismica (v. cap. 2).

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

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

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e, quindi, di prevenzione e riduzione del rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili.

Esiste ormai un generale accordo su quali depositi e forme del paesaggio possono, durante o a seguito di un terremoto, determinare amplificazioni del moto sismico in superficie o concorrere a modificare in maniera permanente l'assetto del territorio causando cedimenti, franamenti e rotture del terreno.

Le conoscenze territoriali oggi disponibili in Emilia-Romagna, soprattutto grazie alle carte geologiche, alle banche dati geognostiche, alle carte topografiche e ai modelli digitali del terreno, permettono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

Nella Tabella 7.1 sono elencati i principali elementi del territorio che concorrono alla pericolosità sismica locale in Emilia-Romagna.

**Microzonazione sismica**

|  |
|--|
| <p>Depositi che possono determinare amplificazione (spessore <math>\geq 5</math> m):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., depositi morenici, depositi da geliflusso);</li> <li>• detriti di conoide alluvionale;</li> <li>• depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle;</li> <li>• accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e cono di deiezione);</li> <li>• depositi fluvio-lacustri</li> <li>• riporti antropici poco addensati;</li> <li>• substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore <math>\geq 5</math> m);</li> <li>• litotipi del substrato con <math>V_s &lt; 800</math> m/sec<sup>2</sup>.</li> </ul>  |
| <p>Elementi morfologici che possono determinare amplificazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività <math>&gt; 15^\circ</math> e altezza <math>\geq 30</math> m</li> </ul>   |
| <p>Depositi suscettibili di amplificazione, liquefazione e cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• depositi granulari fini (sabbie) con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione);</li> <li>• depositi (spessore <math>\geq 5</math> m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori NSPT <math>&lt; 15</math> o cu <math>&lt; 70</math> kpa.</li> </ul>   |
| <p>Aree soggette ad instabilità di versante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi;</li> <li>• aree potenzialmente instabili: aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività <math>&gt; 15^\circ</math>; pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati<sup>3</sup> 2 con acclività <math>&gt; 15^\circ</math>; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso; scarpate subverticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all'orlo di scarpate).</li> </ul> |
| <p>Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse;</li> <li>• cavità sepolte.</li> </ul>  |

Tabella 7.1: principali condizioni geologiche e geomorfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna (da *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*, D.A.L. n. 112/2007).

## 7.2 Aree potenzialmente soggette ad effetti locali

La carta di microzonazione sismica è realizzata secondo le procedure indicate negli *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"* (D.A.L. 112/2007).

I dati di base disponibili utilizzati sono:

- Carta geologica tecnica (tavv. 2.1, 2.2);
- Carta delle frequenze e delle velocità (tav. 4);

<sup>2</sup> Possono rientrare in questa categoria le argille e le argille marnose oligo-mioceniche della Successione Epiligure, le argille e le argille marnose tardo messiniane e plio-pleistoceniche, le sabbie poco cementate plio-pleistoceniche.

*Microzonazione sismica*

- Sezioni geologiche (tavv. 3.1, 3.2);
- la banca dati della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 aggiornata, con i dati IFFI, al 2006 (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Parma (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati della Carta geologica di pianura 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati geognostici del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli;
- la banca dati geognostici messi a disposizione dal Comune di Salsomaggiore Terme e le indagini sismiche effettuate nel presente studio e riportate in allegato.

Dalla cartografia tematica sopra citata sono stati individuate 7 microzone descritti nel precedente capitolo 5:

- Zona 01: Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 9 - 20 m dal piano campagna per la presenza di rocce tenere;
- Zona 02: Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 12 - 15 m dal piano campagna per la presenza di rocce dure lapidee stratificate. I versanti presentano inclinazioni superiori a 15°;
- Zona 03: Zone di versante caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità di circa 10 - 20 m dal piano campagna e copertura detritica prevalentemente argillosa generata da processi eluvio/coluviali;
- Zona 04: Zone di fondo valle caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre 20 - 30 metri fino ad oltre 40 m dal piano campagna per la presenza di rocce tenere granulari cementate; copertura mista di origine fluviale olocenica e tardo-pleistocenica con alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla pari a circa l'unità;
- Zona 05: Zone di fondo valle caratterizzate da substrato geologico non rigido di natura coesiva situato a profondità di circa 5 - 13 m dal piano campagna e copertura mista ghiaiosa ed argillosa di origine fluviale;
- Zona 06: Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 10 - 20 m dal piano campagna fino ad oltre 40 m verso nord per la presenza di rocce tenere granulari cementate;

---

<sup>3</sup> Rientrano in questa categoria i terreni con spaziatura della fratturazione < 20 cm.

- Zona 07: Aree collinari caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 30 - 45 m dal piano campagna per la presenza di rocce tenere granulari cementate; copertura mista di origine fluviale pleistocenica caratterizzata dall'alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla pari a circa l'unità.

### 7.3 Analisi degli elementi di amplificazione sismica

Gli elementi di amplificazione sismica individuati sono in seguito riassunti.

- Versanti con pendenze > di 15°. In tali aree, se il dislivello è superiore a 30 m, possono verificarsi effetti di amplificazione per cause topografiche. Pertanto in queste aree, e in quelle a quote immediatamente superiori, in caso di dislivello maggiore di 30 m, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione topografico; nel territorio comunale di Salsomaggiore Terme sono state individuate due aree che possono presentare amplificazioni per caratteristiche topografiche aventi entrambe versanti con inclinazioni superiori a 15°; i siti sono Fornacchia e Monte Costa;
- Sovrascorrimenti sepolti. Sono stati rappresentati i principali limiti tettonici in quanto è possibile che questi mettano a contatto litologie con caratteristiche meccaniche molto diverse e che, all'intorno di questi contatti, si possano verificare, oltre all'amplificazione, anche cedimenti differenziali. Perciò, nelle aree a cavallo di questi contatti, nel caso siano ammessi interventi, dovranno essere verificate le caratteristiche meccaniche dei terreni ed eventualmente valutati il coefficiente di amplificazione litologico e i cedimenti.
- Depositi prevalentemente ghiaiosi e tendenzialmente ghiaiosi (GM e GC). Le aree ricadenti in questa classe sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, dovrà essere sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche. In alcuni casi, le ghiaie antiche e molto spesse possono avere la velocità delle onde di taglio molto alte fino a valori pari a  $V_s = 650\div 700$  m/s; tali ghiaie se intervallate o ricoperte da terreni soffici, con minore velocità delle onde di taglio, determinando quindi un elevato salto d'impedenza, possono comportarsi come *riflettori sismici* e generare amplificazioni anche rilevanti del segnale sismico.
- Depositi misti in prevalenza sabbiosi e tendenzialmente sabbiosi (SC). Tutte queste aree sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, è sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche.
- Depositi misti in prevalenza argillosi (CL e CH). Tutte queste aree sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, è sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche.
- Depositi di versante e assimilabili (Falde detritiche). Sono compresi tutti gli accumuli detritici di versante non compresi nella classe successiva (Frane attive e Frane quiescenti). Queste aree i

identificati nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica come zona 4 sono tutte suscettibili di amplificazione e, inoltre, possono essere soggette a problemi di stabilità; in esse, pertanto, è valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche. In relazione a possibili problematiche di dissesto potenziale per la zona 4 necessitano indagini approfondite di 3° livello;

- Dissesti. Come già anticipato, la distinzione degli accumuli di frane attive e quiescenti dagli altri depositi di versante si è resa necessaria per la maggiore suscettibilità al dissesto, condizione di criticità che può essere ulteriormente aggravata dalle scosse sismiche. In queste aree gli utilizzi del territorio sono in genere già limitati da specifiche norme che non consentono la realizzazione di nuove costruzioni e infrastrutture; nel caso di eventuali interventi di consolidamento e messa in sicurezza di edifici esistenti, anche in questo caso le indagini e gli studi dovranno valutare, oltre al coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche, anche le condizioni di stabilità dei versanti, tenendo conto delle sollecitazioni sismiche.

#### **7.4 Pericolosità nelle zone soggette a dissesti**

Gli effetti del sisma su un pendio possono essere diretti o indiretti. I primi determinano frane direttamente in corrispondenza dell'evento sismico, mentre i secondi si manifestano dilazionati di alcune ore o giorni rispetto all'evento (HUTCHINSON, 1993).

Nell'area del Comune di Salsomaggiore Terme gli effetti diretti del sisma sui versanti possono essere rappresentati da fenomeni di crollo di ridotte dimensioni e dalla riattivazione di fenomeni preesistenti. Gli effetti indiretti possono invece determinare la riattivazione di frane preesistenti, anche di considerevoli dimensioni, in materiali coesivi. Tale riattivazione, dilazionata nel tempo rispetto al sisma, è da imputare agli effetti del carico ciclico sul regime delle pressioni interstiziali.

LEMOS et alii, (1985) e SASSA (1992) hanno mostrato che l'applicazione di rapide deformazioni cicliche in speciali apparecchi di taglio torsionale determinano in alcuni tipi di materiali coesivi una progressiva diminuzione della resistenza al taglio residua, dopo un picco iniziale; anche tale fenomeno può spiegare il ritardo fra la scossa sismica e la riattivazione delle frane.

Gli effetti di terremoti sui versanti appenninici della provincia di Parma sono riconducibili ai seguenti casi documentati:

- riattivazione della frana di Signatico (Val Parma) avvenuta tra 01 e 12/01/1997: oltre alle intense precipitazioni meteoriche manifestatesi in quel periodo, può essere collegata al terremoto avvenuto il 01/01/1997 alle ore 7.10 con epicentro a Parma ovest, di intensità non segnalata (BOSCHI et al., 1997), che è presumibile possa aver favorito una situazione di stabilità già compromessa;

- riattivazione della frana di Corniglio iniziata il 01/01/1996 con mobilitazione completa del corpo di frana: è connessa ad una scossa sismica del V grado della scala MCS (Magnitudo 4) con epicentro presso Toano, in provincia di Reggio Emilia, avvenuta alle 23.45 del 31/12/1995 (LARINI et al., 2001);
- fenditure nel terreno ed emissioni di gas ed idrocarburi nella zona di Bardi: effetti relativi ad un sisma di intensità pari a VI MCS con epicentro a Bardi avvenuto nel 1801 (ZECCHI 1986);
- avvallamenti, sprofondamenti, voragini, avvallamenti e apertura di un monte nella zona della Val Taro: effetti relativi ad un sisma di intensità pari a VIII MCS con epicentro a Borgo Val di Taro avvenuto il 09/06/1545 (ZECCHI 1986).

In seguito ai terremoti i movimenti franosi possono prodursi sia su pendii con coefficiente statico all'incirca pari ad uno (movimenti tipici) sia su pendii con coefficienti di sicurezza statici anche di molto superiori ad uno (movimenti atipici).

I movimenti tipici sono le riprese di movimenti di frane in atto o quiescenti, innescate, più che direttamente dalle vibrazioni, dalle modificazioni nelle condizioni al contorno del pendio (variazioni della falda, ecc.) o dal passaggio dalle condizioni non drenate a quelle drenate.

Esempi di questo tipo nell'area geografica di specifico interesse sono la frana di Corniglio (LARINI et al., 2001) e la frana di Signatico (BOSCHI et al., 1997), le quali, come in altri casi registrati a seguito del terremoto dell'Irpinia nel 1980 (COTECCHIA, 1982; COTECCHIA et AL, 1984; D'ELIA, 1983; D'ELIA et AL 1985) si sono manifestate con un certo ritardo di alcune ore o addirittura di alcuni giorni.

Sulla base delle osservazioni dei movimenti, i suddetti fenomeni franosi possono essere ricondotti a tre schemi fondamentali di rottura del pendio: Rottura per liquefazione; Rottura lungo superfici di scivolamento definite; Rottura senza superfici di scivolamento definite.

In ognuno di questi casi si ha un incremento delle pressioni interstiziali che inficiano negativamente sulle forze stabilizzanti del pendio. Tale aumento determina in terreni a comportamento granulare effetti immediati, mentre nei terreni a comportamento coesivo effetti ritardati. Un parametro fondamentale nel criterio di rottura del pendio è il coefficiente sismico critico  $K_c$ , che dipende dalla geometria del pendio e dalle caratteristiche di resistenza del materiale. Il suo valore è ritenuto indicativo delle condizioni di stabilità del pendio e orientativamente può assumere i valori di Tab. 7.2, corrispondenti a diverse esposizioni al rischio di movimenti franosi durante i terremoti.

| <b><math>K_c</math></b> | <b>condizioni del pendio</b> |
|-------------------------|------------------------------|
| < 0.01                  | precarie                     |
| 0.01 - 0.1              | deboli                       |
| 0.1 - 0.3               | medie                        |
| > 0.3                   | buone                        |

Tabella 7.2 - Valori del coefficiente  $K_c$  in relazione alle condizioni di stabilità del pendio (LEGG, 1982).

Nei corpi di frana, dove si sono già verificati rotture nel pendio, sono sufficienti accelerazioni sismiche anche di ridotta entità per generare riattivazioni di dissesti preesistenti. In Figura 7.1 si può osservare come varia lo spostamento permanente in un pendio indefinito in funzione del coefficiente critico  $K_c$  per diversi terremoti (FACCIOLI, 1987).

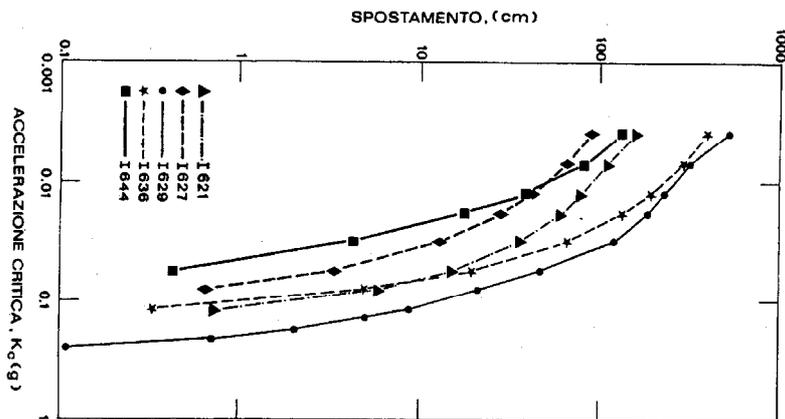


Figura 7.1: Spostamento permanente in un pendio indefinito in funzione del coefficiente critico  $K_c$  per diversi terremoti (FACCIOLI, 1987 a e b).

Per gli effetti del sisma sui corpi di frana in generale si rivelano inoltre particolarmente utili le curve sperimentali proposte da KEEFER (1984), che riportano la massima distanza dall'epicentro entro la quale le frane possono essere innescate da un sisma, in funzione della magnitudo (v. Fig. 7.2).

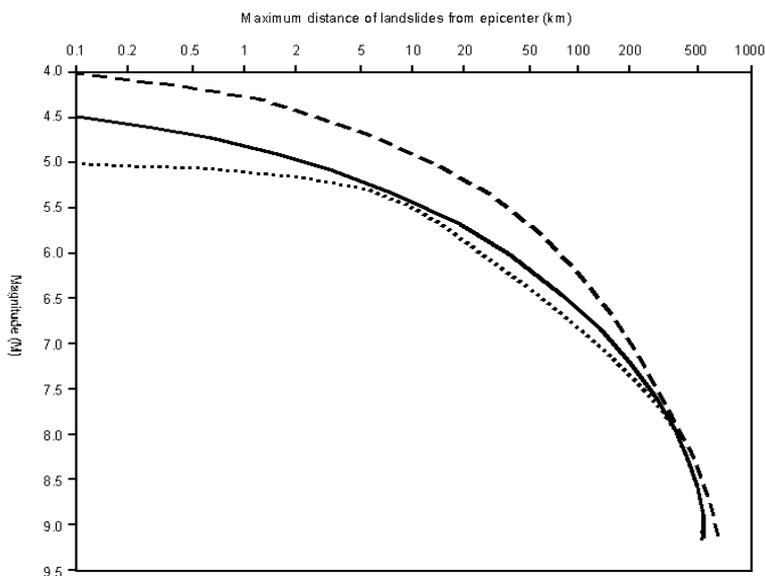


Figura 7.2 - Massima distanza dall'epicentro dalle frane innescate dai terremoti in funzione della magnitudo (da KEEFER, 1984): linea continua: valore medio; linea puntinata: limite inferiore; linea tratteggiata limite superiore.

Le zone soggette agli effetti sismici sono ovviamente i corpi di frana in senso lato.

Le curve in Figura 7.2 sono state ricavate per terremoti negli Stati Uniti, ma sembrano essere soddisfacenti anche per il territorio italiano (DEL PRETE et alii, 1992). Le soglie di magnitudo minima per la quale possono generarsi movimenti di massa sono rispettivamente  $M = 4$  per i crolli,  $M = 4,5$  per gli scivolamenti e  $M = 5$  per le colate ed i fenomeni di Liquefazione.

Il territorio comunale di Salsomaggiore, sulla base delle aree sismogenetiche poste al suo contorno, risulta quindi potenzialmente sensibile alle azioni dinamiche indotte da terremoti di magnitudo pari a  $M = 4$ .

### 7.5 Caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti d'amplificazione

La procedura per la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti d'amplificazione consiste nella stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (*F.A.*); lo studio nel caso del comune di Salsomaggiore è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche.

La microzonazione ha interessato solamente le aree urbanizzate e di futura espansione per una superficie totale pari a  $6.1 \text{ km}^2$ .

Il valore di *F.A.* si riferisce al PGA e agli intervalli di periodo tra  $0.1 - 0.5 \text{ s}$  e  $0.5 - 1.5 \text{ s}$ : in particolare l'intervallo tra  $0.1 - 0.5 \text{ s}$  si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra  $0.5 - 1.5 \text{ s}$  si riferisce a strutture più alte e più flessibili. In altri termini si tratta di quelle strutture che comunemente sono realizzate nel territorio comunale di Salsomaggiore.

I Fattori di Amplificazione (*F.A.*) sono riferiti al Suolo A come previsto dall'Eurocodice 8, parte 1, e dal D.M. 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", punto 3.2.1.

La scheda di riferimento, messa a punto dalla Regione Emilia Romagna "Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" di cui alla deliberazione n. 112 del 2/5/2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna" (D.A.L. 112/2007), che si adatta meglio al modello geofisico – geotecnico è definita APPENNINO e MARGINE APPENNINICO PADANO.

Il substrato è, quasi, sempre caratterizzato da  $V_s < 800 \text{ m/s}$ .

Nel contesto geologico dell'APPENNINO E MARGINE APPENNINICO PADANO, per la determinazione dei fattori di amplificazione (*F.A.*), si deve usare la seguente tabella 7.3.

Microzonazione sismica

F.A. P.G.A.

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

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

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

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

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

Tabella 7.3: Fattori di Amplificazione per la scheda APPENNINO MARGINE APPENNINICO PADANO

All'interno delle precedenti tabelle, in funzione della velocità  $V_{SH}$ , per le 9 zone, individuate nella Carta microzonazione sismica (Tav. 6.1 e 6.2) individuate all'interno del territorio comunale, sono individuati i fattori di amplificazione.

Nei siti di Fornacchia e Monte Costa si devono considerare anche fattori di amplificazione topografica, perché i versanti sui quali sono insediate i centri abitati medesimi, sono caratterizzati da inclinazioni del pendio maggiori di 15°.

| Località            | MOPS | Profondità substrato | velocità copertura | velocità substrato | V <sub>S30</sub> | PGA | F.A. 0,1 s -0,5 s | F.A. 0,5 s -1,0 s | Ft  |
|---------------------|------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------|-----|-------------------|-------------------|-----|
| PASSERI             | 5    | 11                   | 303                | 576                |                  | 1,8 | 1,7               | 1,4               |     |
| MONTE COSTA         | 2    | 13                   | 299                | 520                |                  | 2,3 | 2,3               | 1,7               | 1,2 |
| CERIATI             | 1    | 9                    | 202                | 675                |                  | 2,3 | 2,2               | 1,6               |     |
| SCIPIONE PONTE      | 5    | 12                   | 236                | 475                |                  | 2,0 | 1,9               | 1,5               |     |
| SCIPIONE PONTE      | 1    | 5                    | 190                | 475                |                  | 2,0 | 1,7               | 1,4               |     |
| PONTE ROTTO         | 1    | 9                    | 205                | 503                |                  | 2,3 | 2,2               | 1,6               |     |
| PONTE ROTTO         | 3    | 9                    | 205                | 503                |                  | 2,3 | 2,2               | 1,6               |     |
| SIVIZZANO           | 1    | 10                   | 262                | 426                |                  | 2,0 | 1,9               | 1,5               |     |
| SAN VITTORE         | 1    | 15                   | 226                | 549                |                  | 2,2 | 2,2               | 1,7               |     |
| FORNACCHIA          | 2    | 15                   | 226                | 549                |                  | 2,0 | 2,0               | 1,9               | 1,2 |
| PONTE GHIARA        | 4    | 20                   | 278                | 507                |                  | 2,1 | 2,2               | 1,7               |     |
| MONTAURO            | 7    |                      |                    |                    | 336              | 1,9 | 2,1               | 1,9               |     |
| GORZANO             | 7    |                      |                    |                    | 270              | 2,0 | 2,3               | 2,4               |     |
| LONGONE             | 6    |                      |                    |                    | 350              | 1,9 | 2,1               | 1,9               |     |
| LONGONE             | 4    |                      |                    |                    | 365              | 1,9 | 2,1               | 1,9               |     |
| POGGETTO            | 1    | 20                   | 292                | 537                |                  | 2,1 | 2,2               | 1,7               |     |
| BAGNI DI TABIANO    | 1    | 13                   | 259                | 507                |                  | 2,2 | 2,2               | 1,7               |     |
| BAGNI DI TABIANO    | 3    | 12                   | 211                | 447                |                  | 2,3 | 2,2               | 1,6               |     |
| BAGNI DI TABIANO    | 4    | 36                   | 280                | 554                |                  | 2,0 | 2,3               | 2,7               |     |
| BAGNI DI TABIANO    | 6    | 14                   | 236                | 482                |                  | 2,3 | 2,2               | 1,7               |     |
| SALSOMAGGIORE TERME | 1    | 20                   | 320                | 676                |                  | 2,1 | 2,2               | 1,7               |     |
| SALSOMAGGIORE TERME | 3    | 16                   | 266                | 602                |                  | 2,2 | 2,2               | 1,7               |     |
| SALSOMAGGIORE TERME | 4    | 20                   | 286                | 501                |                  | 2,1 | 2,2               | 1,7               |     |
| SALSOMAGGIORE TERME | 5    | 8                    | 222                | 527                |                  | 2,3 | 2,2               | 1,6               |     |
| SALSOMAGGIORE TERME | 6    | 14                   | 228                | 432                |                  | 2,2 | 2,2               | 1,7               |     |

## 8 ELABORATI CARTOGRAFICI

A corredo dello studio di microzonazione sismica sono state prodotte 8 tavole tematiche:

- Carta delle indagini;
- Carta geologico tecnica con rappresentazione dei terreni di copertura;
- Carta geologico tecnica con rappresentazione del substrato geologico;
- Sezioni geologiche;
- Carta delle frequenze e delle velocità;
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica;
- Carta di microzonazione sismica.

### 8.1 Carta delle indagini

Nella carta delle indagini sono riportate con opportuno simbolo grafico tutte le indagini geognostiche disponibili, reperite dalla bibliografia specializzata, e le nuove eseguite a corredo del presente studio.

In particolare sono documentate:

- 5 sondaggi a carotaggio continuo;
- 3 profili stratigrafici di pozzi per acqua;
- 37 Stazioni microtremore a stazione singola;
- 12 MASW;
- 2 REMI (prova REfraction Microtremors);
- 1 profilo sismico a rifrazione.

I simboli adottati sono i seguenti.

|   |  |
|---|--|
| <br>S1-53      | <b>Sondaggio a carotaggio continuo</b><br>In alto il codice identificativo delle indagini                          |
| <br>H1         | <b>Stazione microtremore a stazione singola (HVSR)</b><br>In alto il codice identificativo delle indagini eseguite |
| <br>MW         | <b>MASW</b><br>In basso il codice identificativo delle indagini  |
| <br>219010P602 | <b>Pozzo per acqua</b><br>In alto il codice identificativo delle indagini  |
| <br>RM         | <b>Prova REfractionMicrotremors</b><br>In basso il codice identificativo delle indagini                            |
| <br>SR         | <b>Profilo Sismico a Rifrazione</b><br>In basso il codice identificativo delle indagini                            |

## 8.2 Carta geologico tecnica con rappresentazione dei terreni di copertura

Nella Carta geologico tecnica sono rappresentati i terreni copertura, prodotti dalla degradazione meteorica del substrato geologico le faglie e le forme del dissesto individuate dalla carta del PTCP della provincia di Parma.

I depositi fluviali appartenenti al sintema Emiliano Romagnolo superiore (AES) sono indicati come segue:

- GMtf: depositi fluviali adiacenti ai principali corsi d'acqua che attraversano il Comune di Salsomaggiore;
- GCtf: depositi fluviali adiacenti ai corsi d'acqua secondari e principali, oppure situati sulle cime dei rilievi e quindi più antichi e conseguentemente per più tempo sottoposti alla degradazione meteorica;
- CLtf: depositi fluviali adiacenti ai corsi d'acqua secondari oppure situati sulle cime dei rilievi e quindi più antichi e conseguentemente per più tempo sottoposti alla degradazione meteorica;
- CLcz: depositi fluviali sedimentati alla base dei versanti delle valli principali dai corsi d'acqua secondari nei cosiddetti conoidi di deiezione.

I prodotti della degradazione meteorica della Formazione di Case Gallo, della Formazione del T. Ghiara, delle Argille Varicolori di Case Crovini, delle Argille varicolori di Cassio, del Complesso di Case Boscaini, del Flysch di Monte Sporno Membro di Calestano, della Formazione del Termina, della

Formazione di Contignaco, delle Marne di Antognola, delle Marne di M. Piano e delle Argille Azzurre sono indicati con la sigla "CHec";

Le forme del dissesto sono le frane attive e le frane quiescenti. Altre forme di dissesto potenziale come definito nella carta del dissesto del PTCP sono le falde detritiche (o coperture detritiche).

### 8.3 Carta geologico tecnica con rappresentazione del substrato geologico

Nella Carta geologico tecnica sono rappresentati i terreni e le rocce del substrato geologico.

I depositi marini e paralicci relativi alla Formazione a Colombacci, al Sintema del Torrente Stirone, al Sintema di Costamezzana e alle Argille Azzurre sono indicati con la sigla "GR – substrato geologico granulare cementato".

I depositi marini delle Argille Azzurre sono indicati con la sigla "CO – substrato geologico coesivo sovraconsolidato".

Le rocce tenere della Formazione di Case Gallo, della Formazione del T. Ghiara, delle Argille Varicolori di Case Crovini, delle Argille varicolori di Cassio, del Complesso di Case Boscaini, del Flysch di Monte Sporno Membro di Calestano, della Formazione del Termina, della Formazione di Contignaco, delle Marne di Antognola e delle Marne di M. Piano sono indicati con la sigla "COS – Coesivo sovraconsolidato, stratificato".

Le rocce dure della Formazione di Rio Gisolo, della Formazione di Ponte Grosso, della Formazione del Rio della Canala, del Flysch di Monte Sporno Membro di Armorano, delle Arenarie di Scabiazza, del Flysch di M. Cassio, delle Serpentine e della Formazione di Ranzano sono indicati con la sigla "LPS – lapideo stratificato".

### 8.4 Sezioni geologiche

Sono state rappresentate 17 sezioni geologiche per la rappresentazione strutturale del sottosuolo delle varie aree d'indagine del Comune di Salsomaggiore ovvero quelle classificate nella tavola dello strumento di pianificazione come perimetro urbanizzato o da urbanizzare.

- Sezione 1S/1N: Monte Costa;
- Sezione 2E/2O: Ceriati;
- Sezione 3S/3N: Passeri;
- Sezione 4S/4N: Scipione Ponte;
- Sezione 5S/5N: Ponte Rotto;

- Sezione 6S/6N: San Vittore;
- Sezione 7S/7N: Sivizzano;
- Sezione 8S/8N: Montauro;
- Sezione 9S/9N: Gorzano;
- Sezione 10S/10N: Longone;
- Sezione 11S/11N: Salsomaggiore Terme;
- Sezione 12S/12N: Salsomaggiore Terme;
- Sezione 13E/13O: Salsomaggiore Terme, Poggio Diana, Poggetto;
- Sezione 14S/14N: Poggetto;
- Sezione 15O/15E: Tabiano Bagni;
- Sezione 16S/16N: Tabiano Bagni;
- Sezione 17S/17N: Ponte Ghiara.

### **8.5 Carta delle frequenze e delle velocità**

Nella carta delle frequenze sono indicate con opportuno simbolo grafico le seguenti indagini geognostiche:

- 37 Stazioni microtremore a stazione singola;
- 12 MASW;
- 2 REMI (prova REfraction Microtremors);
- 1 profilo sismico a rifrazione.

Sono inoltre riportati in formato testo i valori della frequenza naturale del terreno, i valori dello spessore del terreno di copertura con il simbolo "H", della Velocità media delle onde di taglio del terreno di copertura con il simbolo "VsH", della Velocità media delle onde di taglio dal piano campagna fino alla profondità di 30 metri con il simbolo "VsH" e della Velocità substrato geologico con il simbolo "Vs sub".

### **8.6 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica**

Nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, utilizzando come area d'indagine il territorio urbanizzato e quello di futura urbanizzazione, sono state individuate, sulla base delle

caratteristiche della copertura e del substrato geologico 9 zone omogenee stabili suscettibili di amplificazione locale:

- Zona 01: Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 9 - 20 m dal piano campagna per la presenza di rocce tenere;
- Zona 02: Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 12 - 15 m dal piano campagna per la presenza di rocce dure lapidee stratificate. I versanti presentano inclinazioni superiori a 15°;
- Zona 03: Zone di versante caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità di circa 10 - 20 m dal piano campagna e copertura detritica prevalentemente argillosa generata da processi eluvio/coluviali;
- Zona 04: Zone di fondo valle caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre 20 - 30 metri fino ad oltre 40 m dal piano campagna per la presenza di rocce tenere granulari cementate; copertura mista di origine fluviale olocenica e tardo-pleistocenica con alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla pari a circa l'unità;
- Zona 05: Zone di fondo valle caratterizzate da substrato geologico non rigido di natura coesiva situato a profondità di circa 5 - 13 m dal piano campagna e copertura mista ghiaiosa ed argillosa di origine fluviale;
- Zona 06: Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 10 - 20 m dal piano campagna fino ad oltre 40 m verso nord per la presenza di rocce tenere granulari cementate;
- Zona 07: Aree collinari caratterizzate da substrato geologico non rigido con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 30 - 45 m dal piano campagna per la presenza di rocce tenere granulari cementate; copertura mista di origine fluviale pleistocenica caratterizzata dall'alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla pari a circa l'unità.

Nelle stesse aree d'indagini sono state inoltre individuate tutte le zone suscettibili d'instabilità e le forme di superficie concordanti con il PTCP della provincia di Parma:

- Instabilità di versante: Attiva;
- Instabilità di versante: Quiescente.

Le zone omogenee stabili suscettibili di amplificazione locale sono state inoltre corredate dal modello geologico che sotto forma di colonna stratigrafica documenta lo spessore e il tipo della copertura, determinato mediante le indagini geognostiche, e la natura del substrato geologico.

## 8.7 Carta di microzonazione sismica

Nella carta di microzonazione sismica, utilizzando come area d'indagine il territorio urbanizzato e quello di futura urbanizzazione, sono state individuate, sulla base delle caratteristiche geologico tecniche e geofisiche n. 8 microzone.

Il metodo utilizzato è quello suggerito nell'Allegato A2, di cui "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".

In particolare sono stati utilizzati i parametri relativi alla zona definita come APPENNINO e MARGINE APPENNINO PADANO con substrato marino caratterizzato da  $V_s < 800$  m/s.

Completano la carta di microzonazione sismica le zone suscettibili di instabilità che ricalcano le frane quiescenti e le frane attive.

Si evidenzia che il territorio comunale di Salsomaggiore Terme risulta diffusamente interessato da aree collinari costituite da depositi detritici derivanti da processi eluviali (ossia da alterazioni in posto) e colluviali (spostamento dei detriti alla base del versante per gravità, ruscellamento, soliflusso, ecc.), la cui pericolosità geomorfologia, in caso di eventi sismici, è intrinseca ad altri fattori quali la pendenza, la variabilità tessiturale e le disomogenee proprietà geotecniche del deposito.

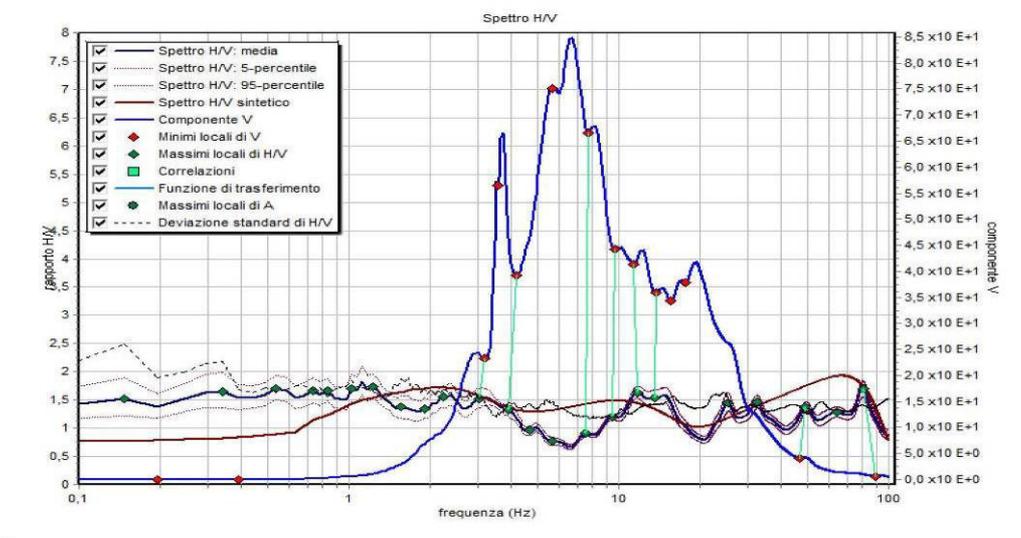
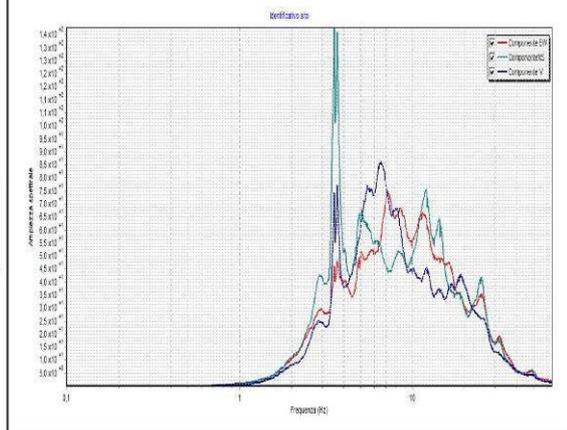
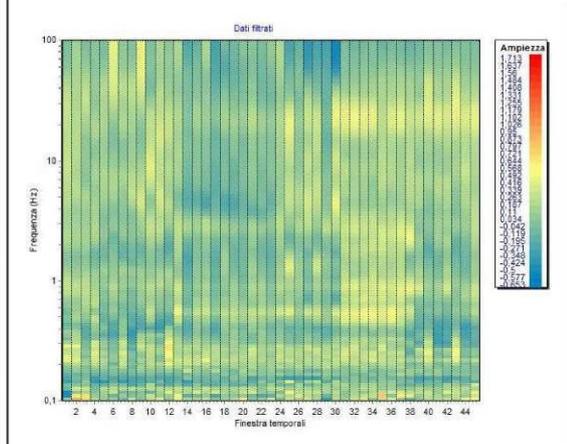
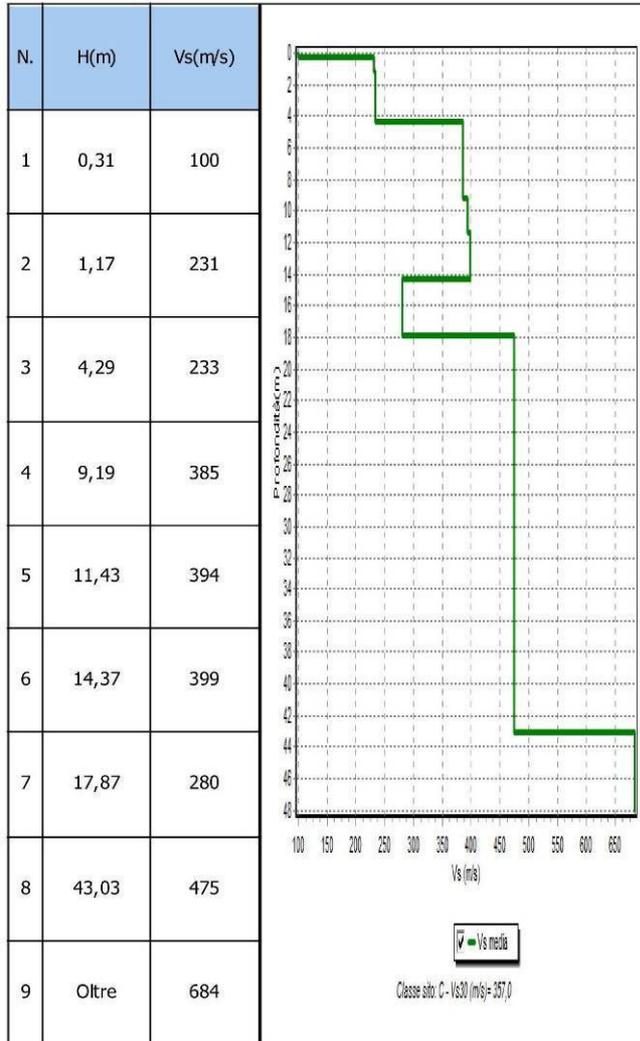
Il presente Studio di Microzonazione di secondo livello ha messo in luce che alcune di queste aree risultano inoltre soggette a fattori di amplificazione del segnale sismico dovuti all'assetto stratigrafico significativi ( $F.A. > 2 \div 2.5$ ). Qualora si volessero approfondire le caratteristiche sismiche di tali aree occorrerà procedere con analisi più approfondite di III livello, effettuate sulla base di un numero significativo di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio.

Nei siti di Fornacchia (2) e Monte Costa (1) si devono considerare anche fattori di amplificazione topografica, perché i versanti sui quali sono insediate i centri abitati medesimi, sono caratterizzati da inclinazioni del pendio maggiori di  $15^\circ$ .

**ALLEGATO A**

**Analisi dei microtremori a stazione singola**

Stazione microtremore a stazione singola H1



Microzonazione sismica

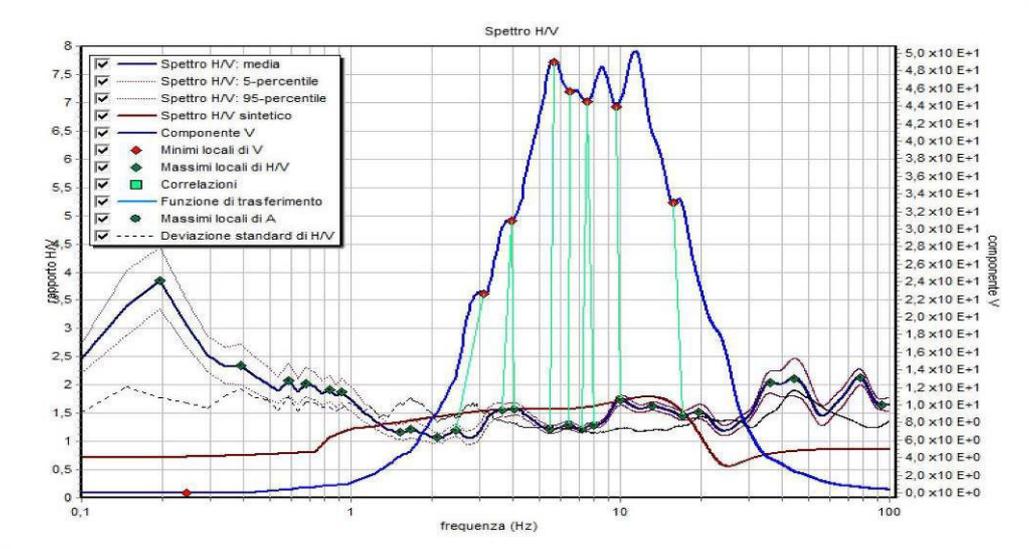
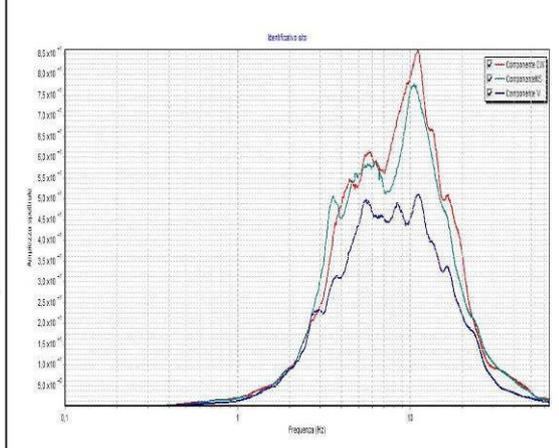
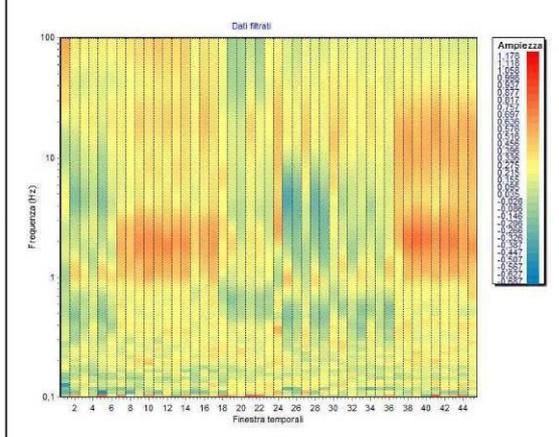
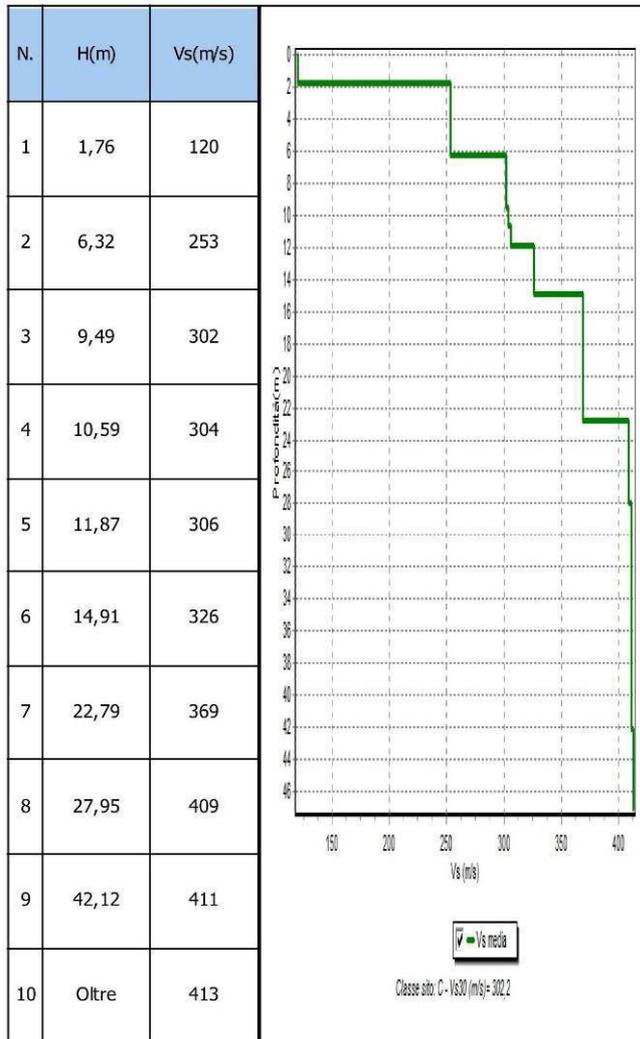
Criteria SESAME (2005) per una curva HVV attendibile S1:  $fp > 10/Lw$  - S2:  $Lw \times Nw \times fp > 200$  - S3:  $sa < 2$  per  $0.5fp < f < 2fp$

LEGENDA: Lw=lunghezza della finestra (s) - Nw=n. finestre - fp(Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

| N. | fz(Hz) | H/V  | Kg   | H1(m) | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|--------|------|------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 3,03   | 1,52 | 0,76 | 12,39 | 7,22  | 6,11  | Si | Si | Si |
| 2  | 3,91   | 1,32 | 0,45 | 8,82  | 5,14  | 4,35  | Si | Si | Si |
| 3  | 7,57   | 0,91 | 0,11 | 3,65  | 2,13  | 1,8   | Si | Si | Si |
| 4  | 9,47   | 1,2  | 0,15 | 2,71  | 1,58  | 1,33  | Si | Si | Si |
| 5  | 11,72  | 1,63 | 0,23 | 2,04  | 1,19  | 1,01  | Si | Si | Si |
| 6  | 13,57  | 1,54 | 0,17 | 1,68  | 0,98  | 0,83  | Si | Si | Si |
| 7  | 49,12  | 1,38 | 0,04 | 0,3   | 0,18  | 0,15  | Si | Si | Si |
| 8  | 80,32  | 1,69 | 0,04 | 0,16  | 0,09  | 0,08  | Si | Si | Si |

Microzonazione sismica

Stazione microtremore a stazione singola H2



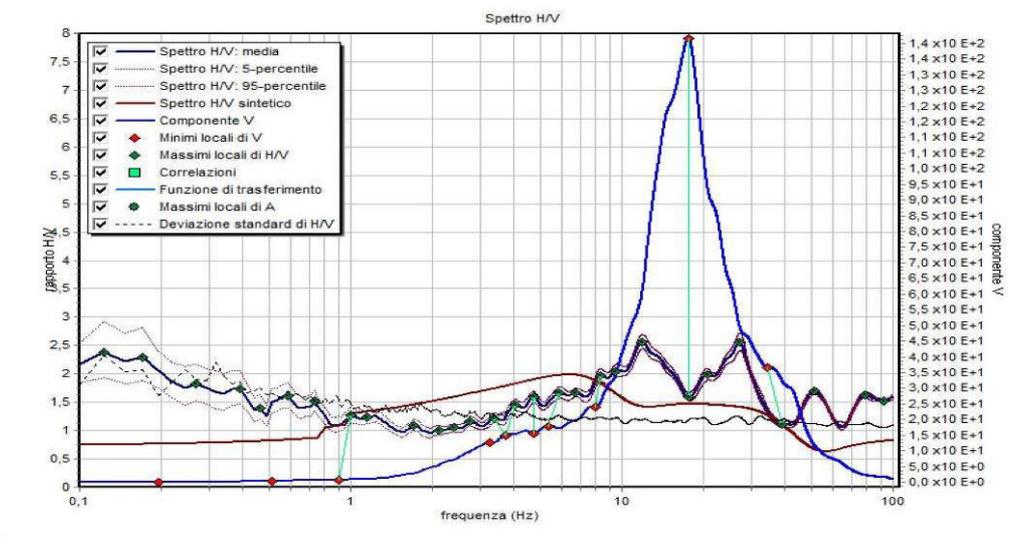
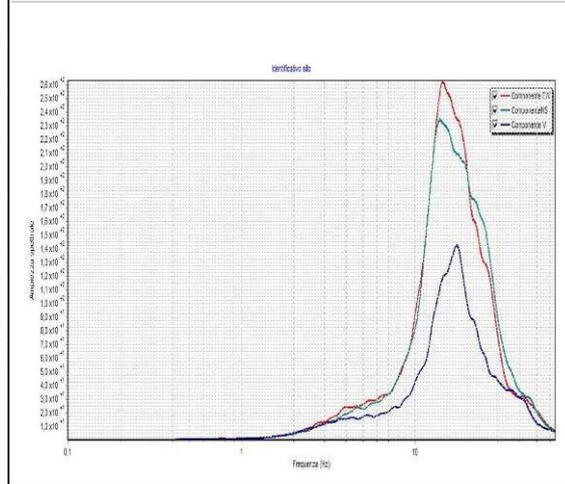
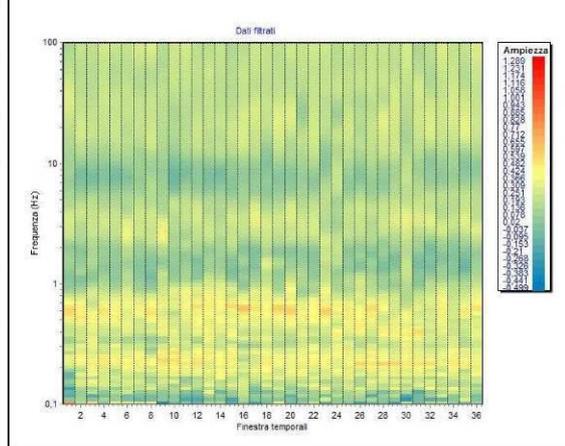
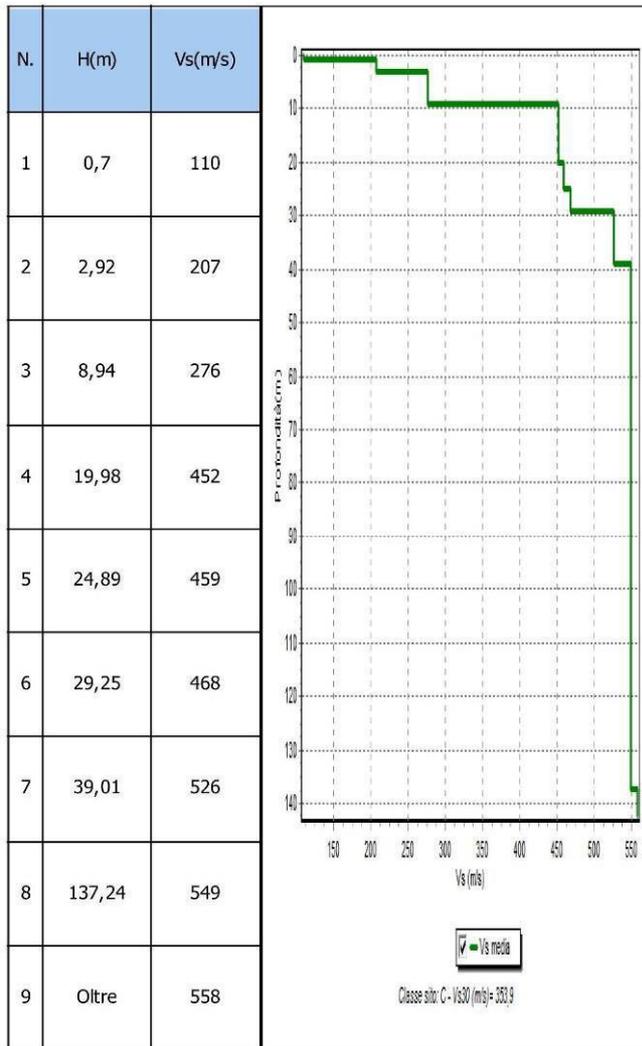
Microzonazione sismica

Criteri SESAME (2005) per una curva HV attendibile S1:  $f_p > 10/L_w$  - S2:  $L_w \times N_w \times f_p > 200$  - S3:  $s_a < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA:  $L_w$ =lunghezza della finestra (s) -  $N_w=n$ . finestre -  $f_p$ (Hz)=frequenza del picco stratigrafico -  $s_a$ =deviazione standard

| N. | $f_z$ (Hz) | H/V  | Kg   | H1(m) | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|------------|------|------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 2,44       | 1,19 | 0,58 | 16,5  | 9,61  | 8,14  | Si | Si | Si |
| 2  | 3,66       | 1,56 | 0,67 | 9,61  | 5,6   | 4,74  | Si | Si | Si |
| 3  | 4,05       | 1,57 | 0,61 | 8,4   | 4,89  | 4,14  | Si | Si | Si |
| 4  | 5,47       | 1,21 | 0,27 | 5,63  | 3,28  | 2,78  | Si | Si | Si |
| 5  | 6,45       | 1,29 | 0,26 | 4,52  | 2,64  | 2,23  | Si | Si | Si |
| 6  | 7,18       | 1,22 | 0,21 | 3,92  | 2,28  | 1,93  | Si | Si | Si |
| 7  | 7,96       | 1,3  | 0,21 | 3,42  | 1,99  | 1,68  | Si | Si | Si |
| 8  | 10,01      | 1,73 | 0,3  | 2,52  | 1,47  | 1,24  | Si | Si | Si |
| 9  | 17,09      | 1,46 | 0,12 | 1,23  | 0,72  | 0,61  | Si | Si | Si |

Stazione microtremore a stazione singola H3



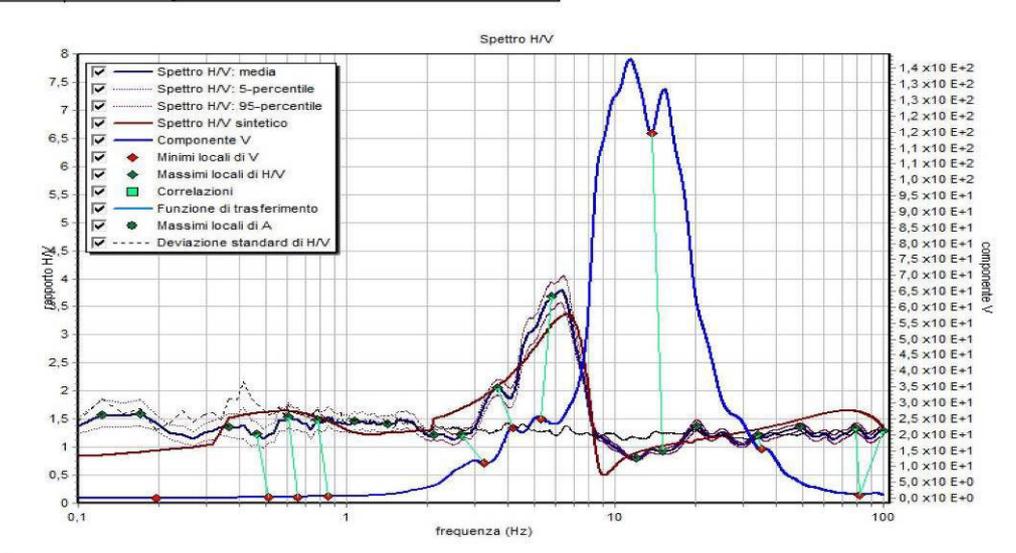
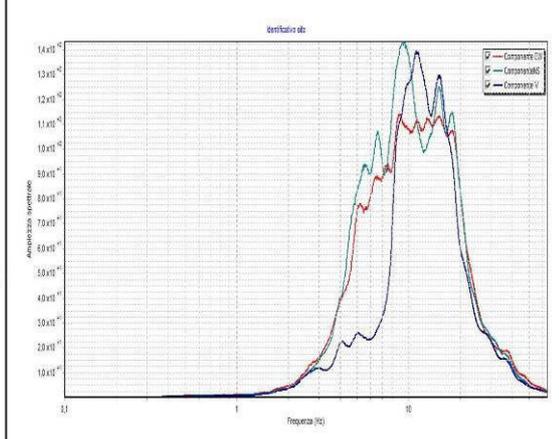
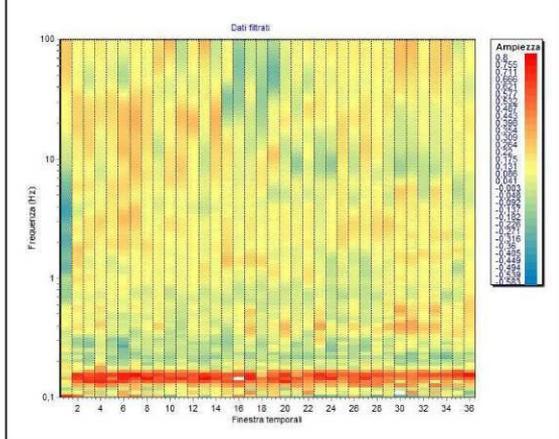
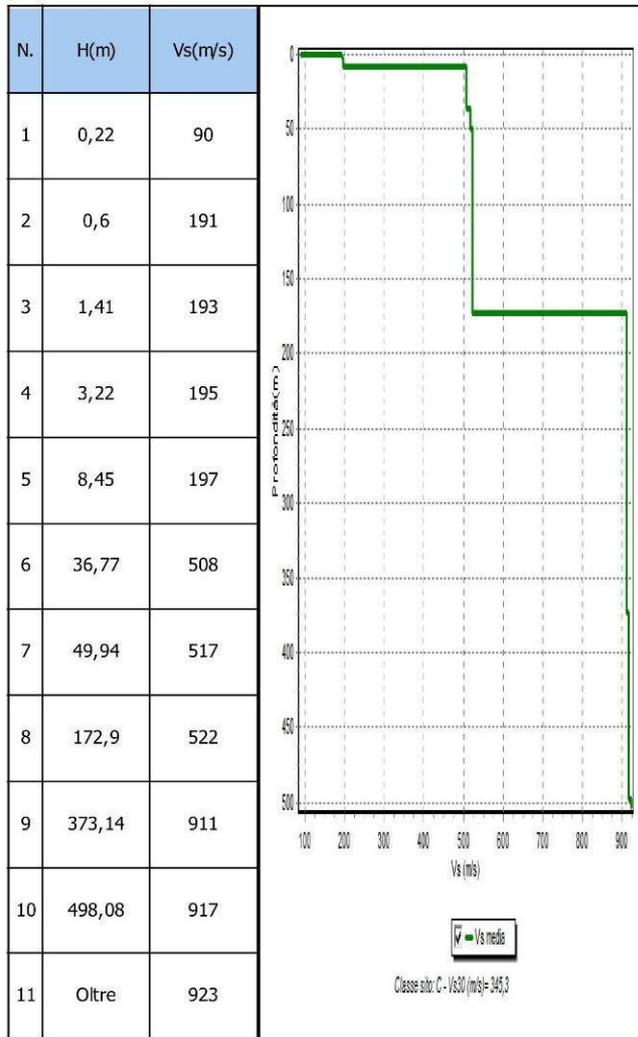
Microzonazione sismica

Criteri SESAME (2005) per una curva HVV attendibile S1:  $f_p > 10/L_w$  - S2:  $L_w \times N_w \times f_p > 200$  - S3:  $sa < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA:  $L_w$ =lunghezza della finestra (s) -  $N_w$ =n. finestre -  $f_p$ (Hz)=frequenza del picco stratigrafico -  $sa$ =deviazione standard

| N. | fz(Hz) | H/V  | Kg   | H1(m) | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|--------|------|------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 1,0    | 1,26 | 1,6  | 54,16 | 31,55 | 26,7  | Si | Si | Si |
| 2  | 3,37   | 1,22 | 0,44 | 10,74 | 6,26  | 5,3   | Si | Si | Si |
| 3  | 4,05   | 1,45 | 0,52 | 8,4   | 4,89  | 4,14  | Si | Si | Si |
| 4  | 4,74   | 1,59 | 0,53 | 6,82  | 3,97  | 3,36  | Si | Si | Si |
| 5  | 5,88   | 1,67 | 0,47 | 5,11  | 2,98  | 2,52  | Si | Si | Si |
| 6  | 8,33   | 1,98 | 0,47 | 3,22  | 1,87  | 1,59  | Si | Si | Si |
| 7  | 17,68  | 1,59 | 0,14 | 1,18  | 0,69  | 0,58  | Si | Si | Si |
| 8  | 39,16  | 1,1  | 0,03 | 0,41  | 0,24  | 0,2   | Si | Si | Si |

Stazione microtremore a stazione singola H4



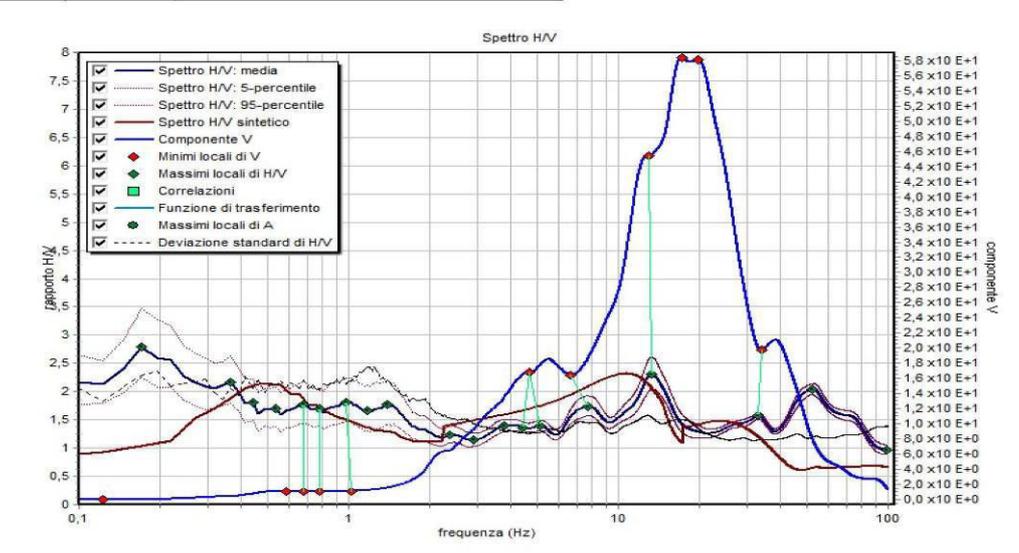
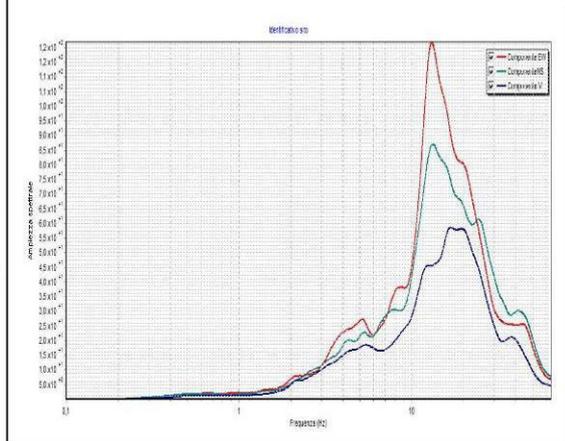
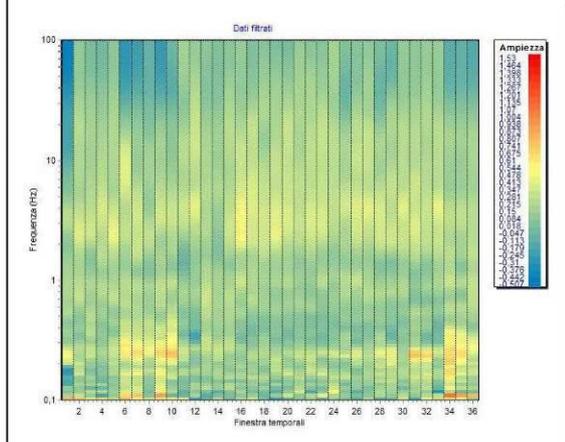
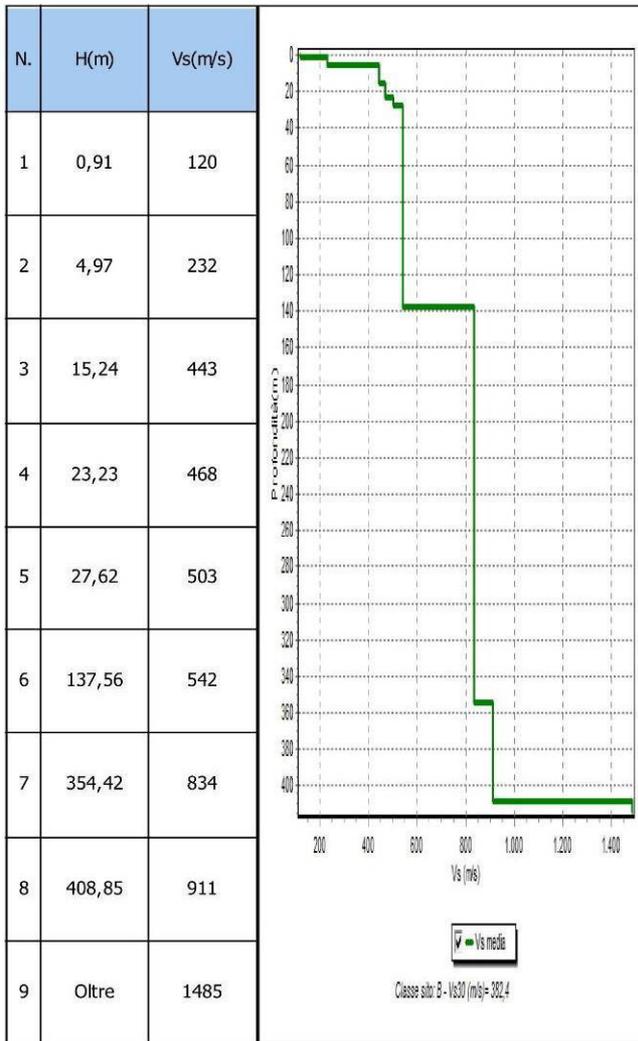
Microzonazione sismica

Criteria SESAME (2005) per una curva HVV attendibile S1:  $f_p > 10/L_w$  - S2:  $L_w \times N_w \times f_p > 200$  - S3:  $sa < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA:  $L_w$ =lunghezza della finestra (s) -  $N_w$ =n. finestre -  $f_p$ (Hz)=frequenza del picco stratigrafico -  $sa$ =deviazione standard

| N. | fz(Hz) | H/V  | Kg   | H1(m)  | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|--------|------|------|--------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 0,46   | 1,23 | 3,29 | 151,0  | 87,95 | 74,44 | Si | Si | No |
| 2  | 0,61   | 1,55 | 3,91 | 104,74 | 61,0  | 51,63 | Si | Si | No |
| 3  | 0,78   | 1,49 | 2,84 | 75,37  | 43,9  | 37,15 | Si | Si | No |
| 4  | 2,69   | 1,21 | 0,55 | 14,53  | 8,47  | 7,16  | Si | Si | Si |
| 5  | 3,64   | 2,06 | 1,17 | 9,7    | 5,65  | 4,78  | Si | Si | Si |
| 6  | 5,81   | 3,68 | 2,33 | 5,19   | 3,03  | 2,56  | Si | Si | Si |
| 7  | 15,11  | 0,93 | 0,06 | 1,45   | 0,85  | 0,72  | Si | Si | Si |
| 8  | 34,01  | 1,22 | 0,04 | 0,49   | 0,29  | 0,24  | Si | Si | Si |
| 9  | 79,0   | 1,35 | 0,02 | 0,16   | 0,09  | 0,08  | Si | Si | Si |
| 10 | 100,0  | 1,29 | 0,02 | 0,12   | 0,07  | 0,06  | Si | Si | Si |

Stazione microtremore a stazione singola H5



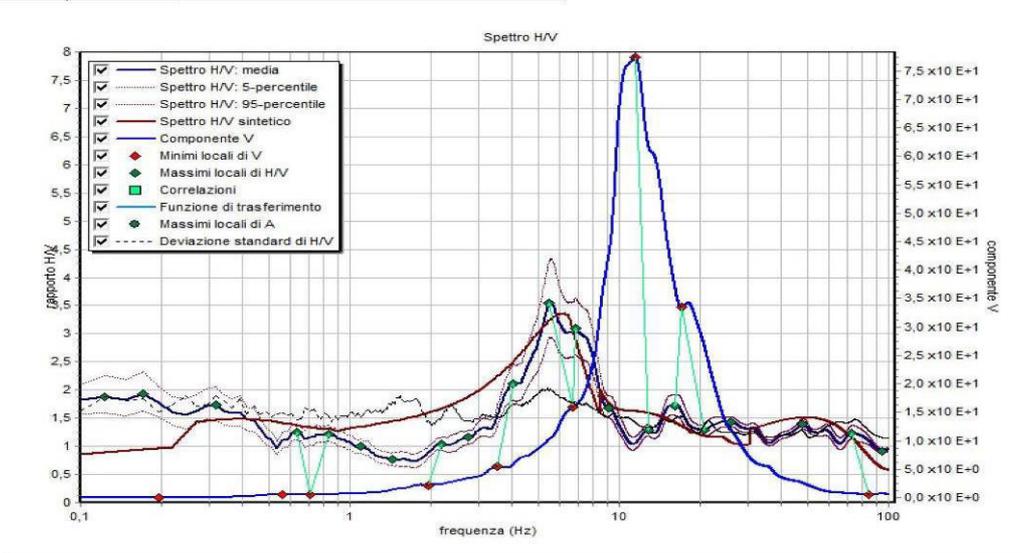
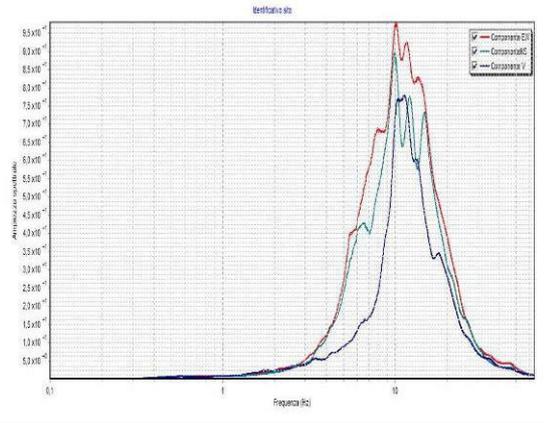
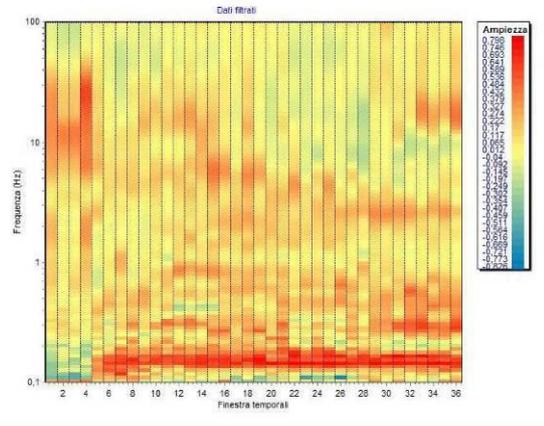
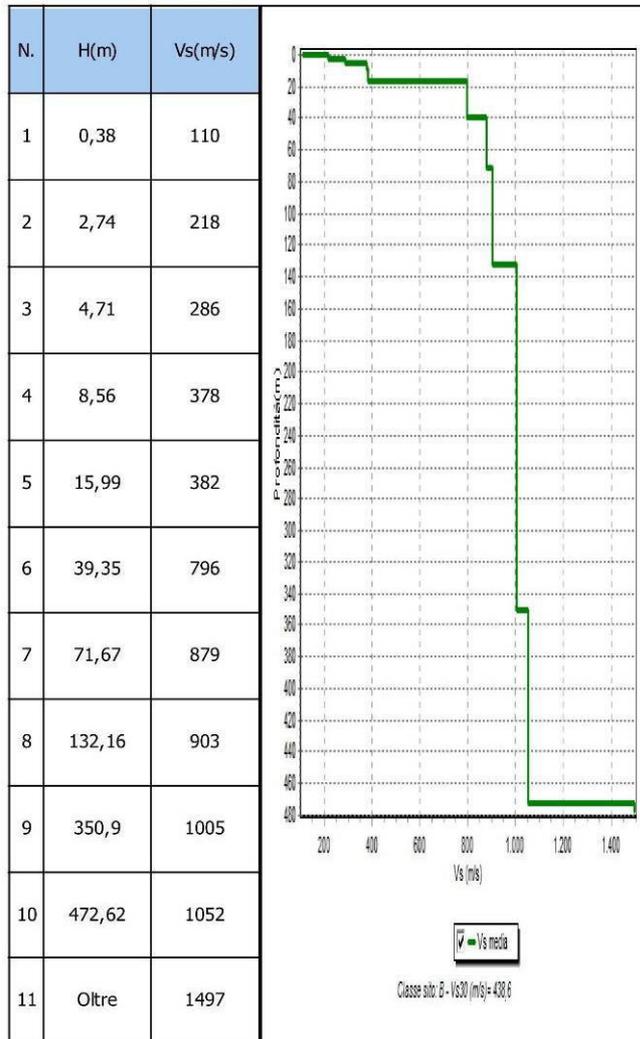
Microzonazione sismica

Criteria SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/Lw$  - S2:  $Lw \times Nw \times f_p > 200$  - S3:  $sa < 2$  per  $0.5f_p < 2f_p$

LEGENDA: Lw=lunghezza della finestra (s) - Nw=n. finestre - fp(Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

| N. | fz(Hz) | H/V  | Kg   | H1(m) | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|--------|------|------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 0,68   | 1,76 | 4,55 | 90,05 | 52,45 | 44,39 | Si | Si | No |
| 2  | 0,78   | 1,7  | 3,68 | 75,37 | 43,9  | 37,15 | Si | Si | No |
| 3  | 0,98   | 1,81 | 3,37 | 55,98 | 32,6  | 27,59 | Si | Si | No |
| 4  | 4,44   | 1,37 | 0,42 | 7,43  | 4,33  | 3,66  | Si | Si | Si |
| 5  | 5,13   | 1,39 | 0,38 | 6,14  | 3,58  | 3,03  | Si | Si | Si |
| 6  | 7,67   | 1,74 | 0,4  | 3,59  | 2,09  | 1,77  | Si | Si | Si |
| 7  | 13,28  | 2,32 | 0,4  | 1,73  | 1,01  | 0,85  | Si | Si | Si |
| 8  | 33,06  | 1,57 | 0,07 | 0,51  | 0,3   | 0,25  | Si | Si | Si |

Stazione microtremore a stazione singola H6



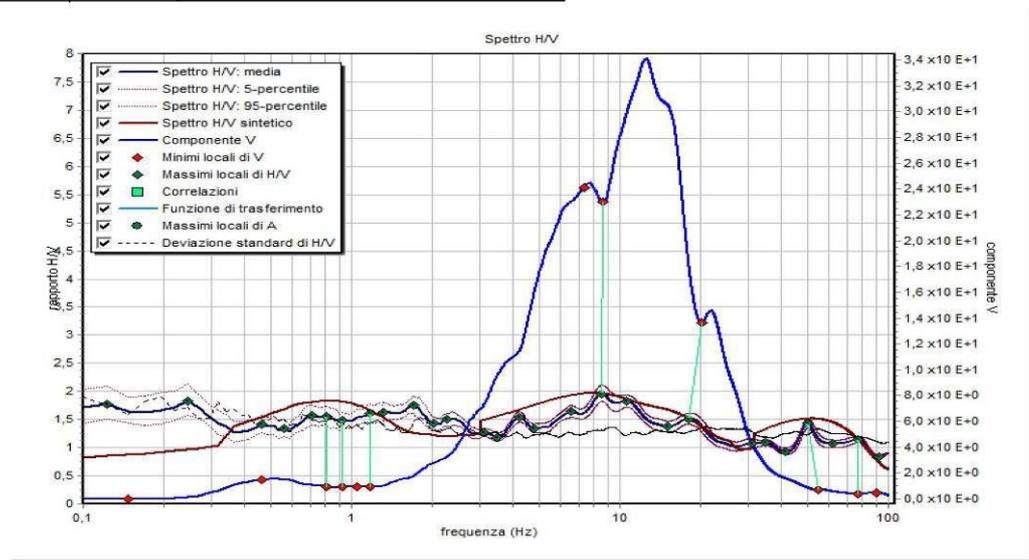
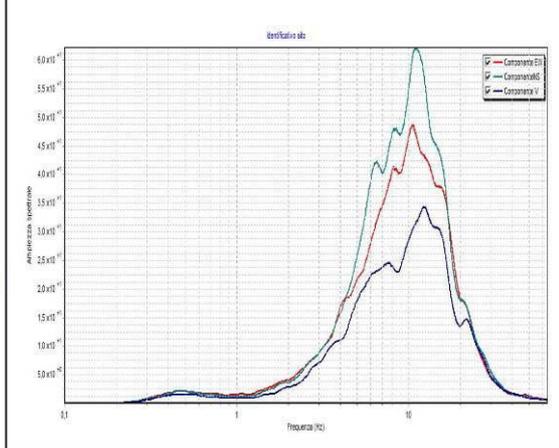
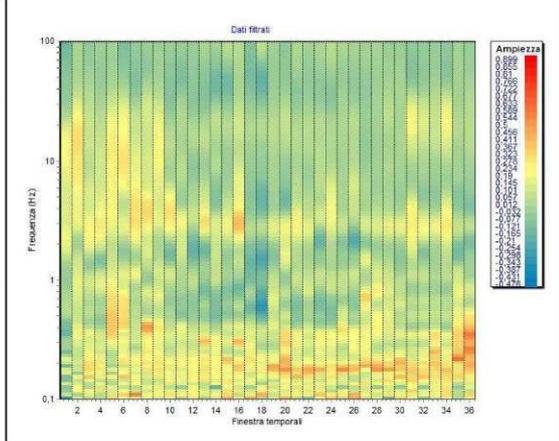
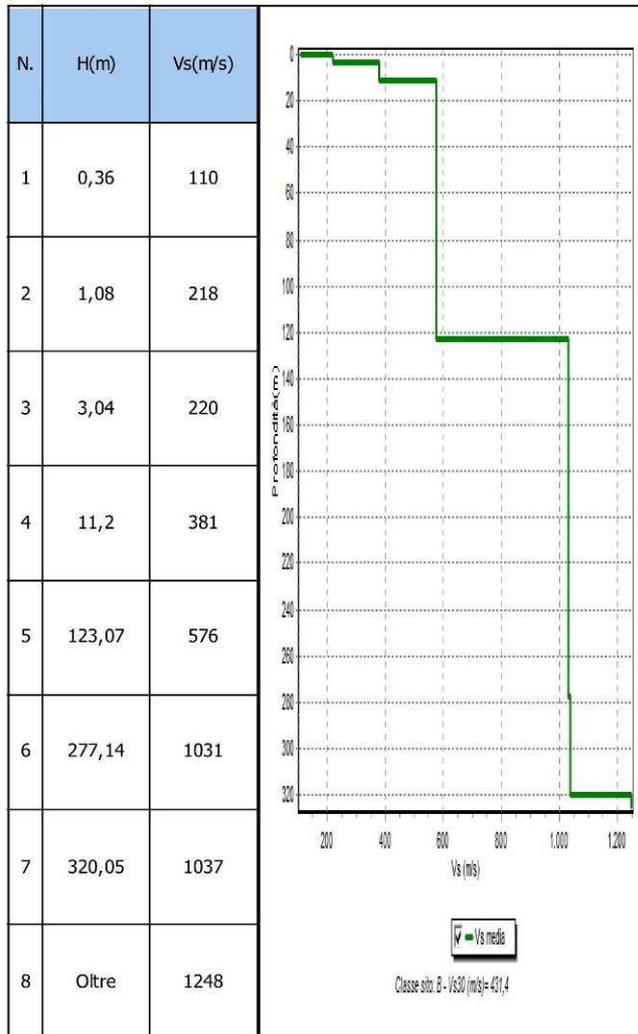
Microzonazione sismica

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/Lw$  - S2:  $Lw \times Nw \times f_p > 200$  - S3:  $sa < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA: Lw=lunghezza della finestra (s) - Nw=n. finestre - fp(Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

| N. | fz(Hz) | H/V  | Kg   | H1(m) | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|--------|------|------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 0,63   | 1,25 | 2,45 | 99,4  | 57,9  | 49,0  | Si | Si | Si |
| 2  | 0,83   | 1,22 | 1,81 | 69,52 | 40,49 | 34,27 | Si | Si | Si |
| 3  | 2,2    | 1,04 | 0,5  | 18,99 | 11,06 | 9,36  | Si | Si | Si |
| 4  | 4,05   | 2,11 | 1,1  | 8,4   | 4,89  | 4,14  | Si | Si | No |
| 5  | 5,49   | 3,55 | 2,29 | 5,6   | 3,26  | 2,76  | Si | Si | No |
| 6  | 6,88   | 3,1  | 1,39 | 4,14  | 2,41  | 2,04  | Si | Si | No |
| 7  | 12,79  | 1,28 | 0,13 | 1,81  | 1,06  | 0,89  | Si | Si | Si |
| 8  | 16,14  | 1,72 | 0,18 | 1,33  | 0,78  | 0,66  | Si | Si | Si |
| 9  | 20,56  | 1,28 | 0,08 | 0,96  | 0,56  | 0,48  | Si | Si | Si |
| 10 | 73,12  | 1,24 | 0,02 | 0,18  | 0,1   | 0,09  | Si | Si | Si |

Stazione microtremore a stazione singola H7



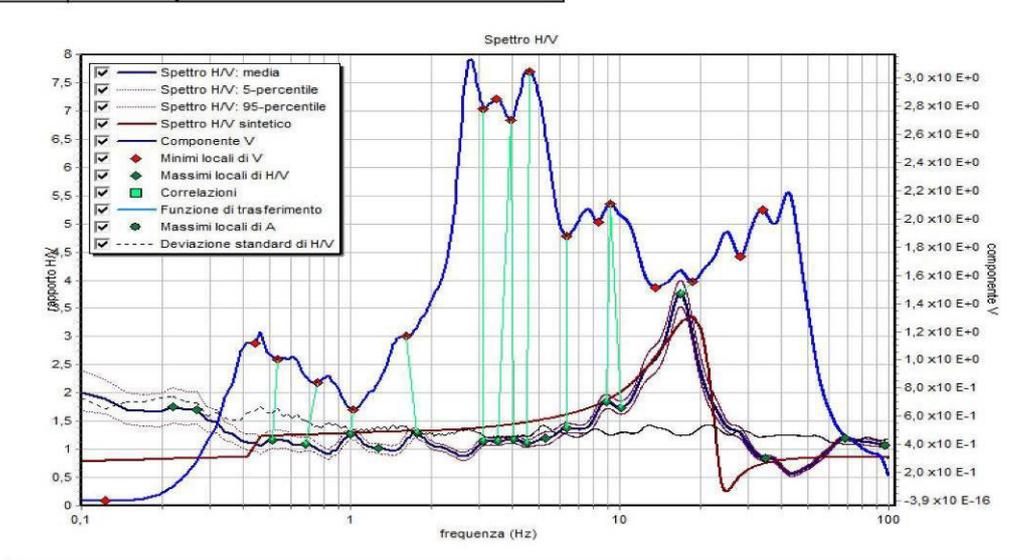
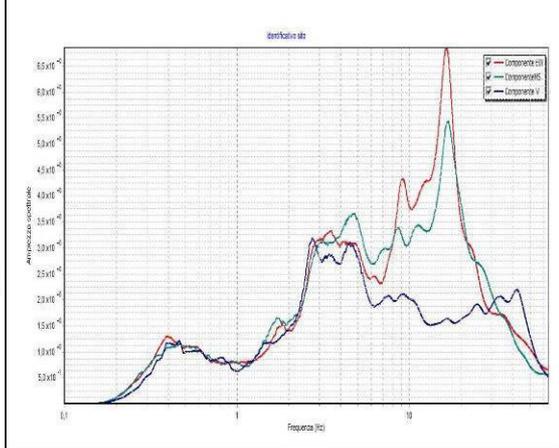
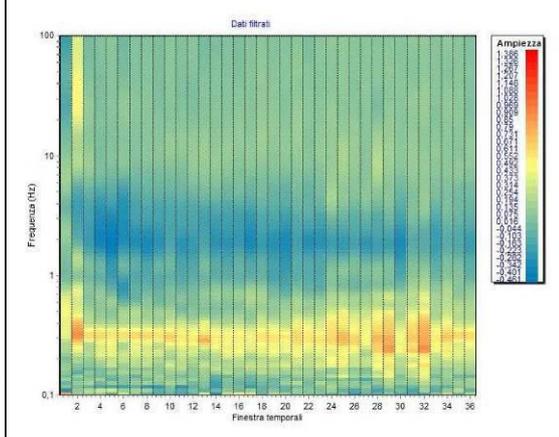
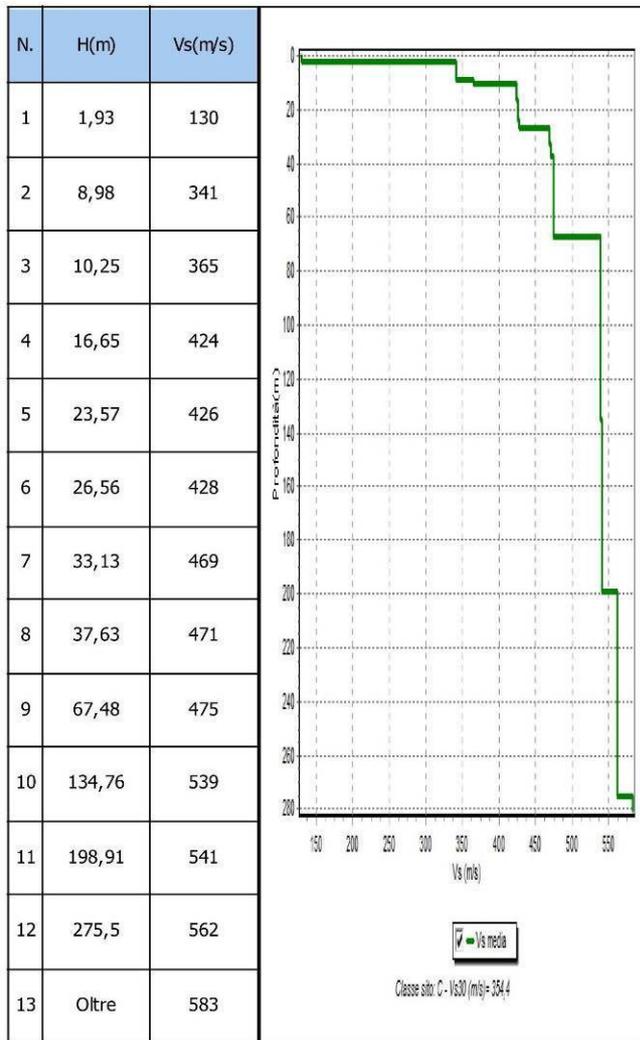
Microzonazione sismica

Criteria SESAME (2005) per una curva HVV attendibile S1:  $f_p > 10/Lw$  - S2:  $Lw \times Nw \times f_p > 200$  - S3:  $sa < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA: Lw=lunghezza della finestra (s) - Nw=n. finestre - fp(Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

| N. | fz(Hz) | H/V  | Kg   | H1(m) | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|--------|------|------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 0,81   | 1,57 | 3,04 | 72,34 | 42,13 | 35,66 | Si | Si | Si |
| 2  | 0,93   | 1,48 | 2,37 | 59,94 | 34,91 | 29,55 | Si | Si | Si |
| 3  | 1,17   | 1,6  | 2,2  | 43,9  | 25,57 | 21,64 | Si | Si | Si |
| 4  | 8,5    | 1,96 | 0,45 | 3,13  | 1,82  | 1,54  | Si | Si | Si |
| 5  | 18,07  | 1,51 | 0,13 | 1,15  | 0,67  | 0,56  | Si | Si | Si |
| 6  | 50,34  | 1,43 | 0,04 | 0,29  | 0,17  | 0,14  | Si | Si | Si |
| 7  | 76,81  | 1,15 | 0,02 | 0,17  | 0,1   | 0,08  | Si | Si | Si |

Stazione microtremore a stazione singola H8



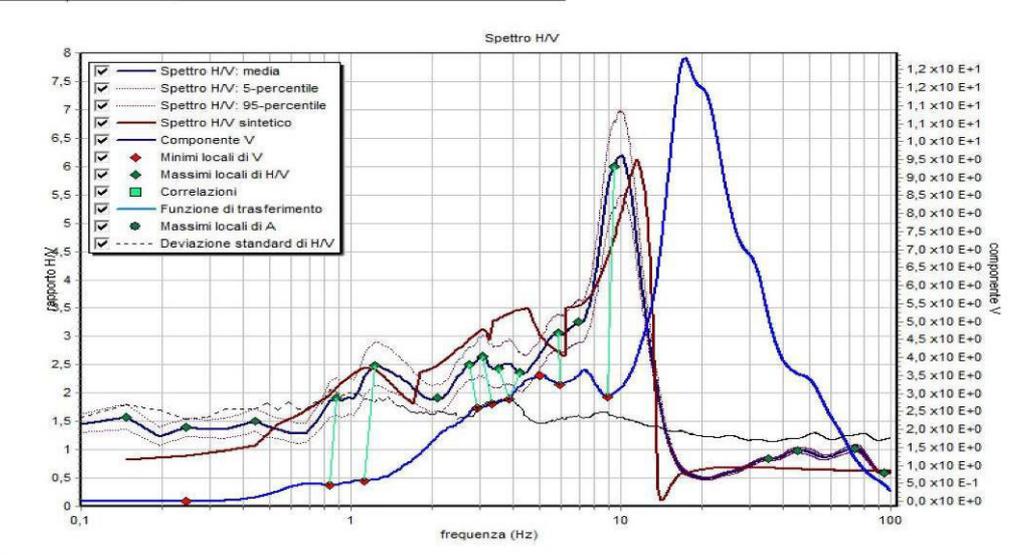
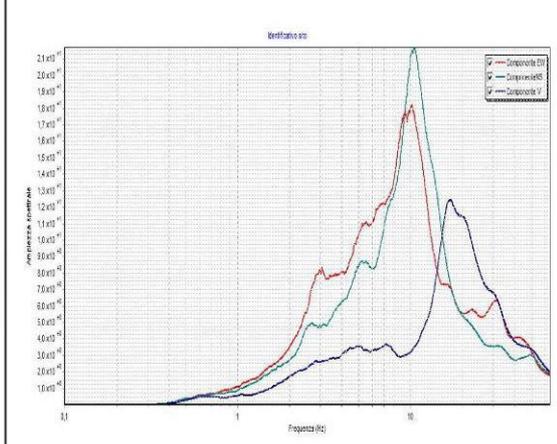
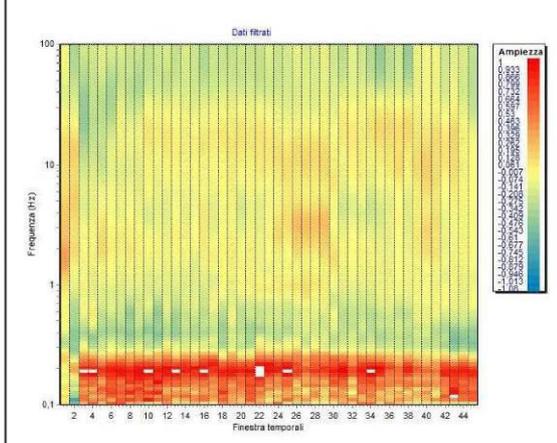
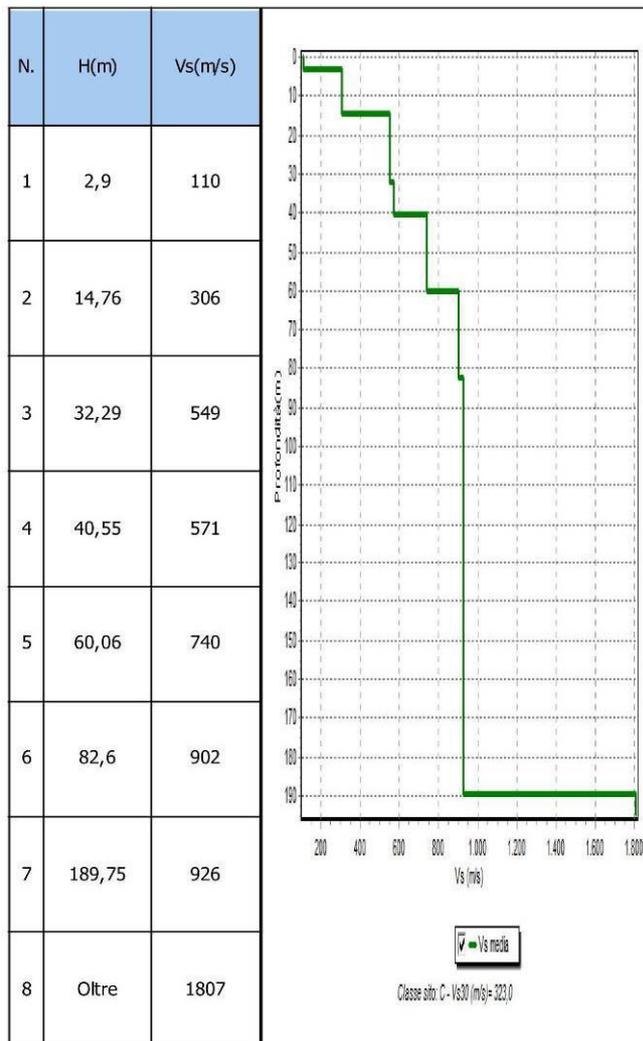
Microzonazione sismica

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/Lw$  - S2:  $Lw \times Nw \times f_p > 200$  - S3:  $sa < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA: Lw=lunghezza della finestra (s) - Nw=n. finestre -  $f_p$ (Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

| N. | fz(Hz) | H/V  | Kg   | H1(m)  | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|--------|------|------|--------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 0,51   | 1,17 | 2,65 | 132,14 | 76,97 | 65,14 | Si | Si | Si |
| 2  | 0,68   | 1,09 | 1,74 | 90,05  | 52,45 | 44,39 | Si | Si | Si |
| 3  | 1,0    | 1,27 | 1,61 | 54,16  | 31,55 | 26,7  | Si | Si | Si |
| 4  | 1,76   | 1,29 | 0,94 | 25,57  | 14,89 | 12,6  | Si | Si | Si |
| 5  | 3,13   | 1,14 | 0,42 | 11,88  | 6,92  | 5,85  | Si | Si | Si |
| 6  | 3,54   | 1,14 | 0,37 | 10,06  | 5,86  | 4,96  | Si | Si | Si |
| 7  | 4,03   | 1,18 | 0,34 | 8,47   | 4,93  | 4,17  | Si | Si | Si |
| 8  | 4,52   | 1,1  | 0,27 | 7,27   | 4,23  | 3,58  | Si | Si | Si |
| 9  | 6,37   | 1,38 | 0,3  | 4,59   | 2,68  | 2,26  | Si | Si | Si |
| 10 | 8,91   | 1,84 | 0,38 | 2,94   | 1,71  | 1,45  | Si | Si | Si |
| 11 | 10,11  | 1,74 | 0,3  | 2,48   | 1,45  | 1,22  | Si | Si | Si |
| 12 | 16,85  | 3,76 | 0,84 | 1,26   | 0,73  | 0,62  | Si | Si | Si |

Stazione microtremore a stazione singola H9



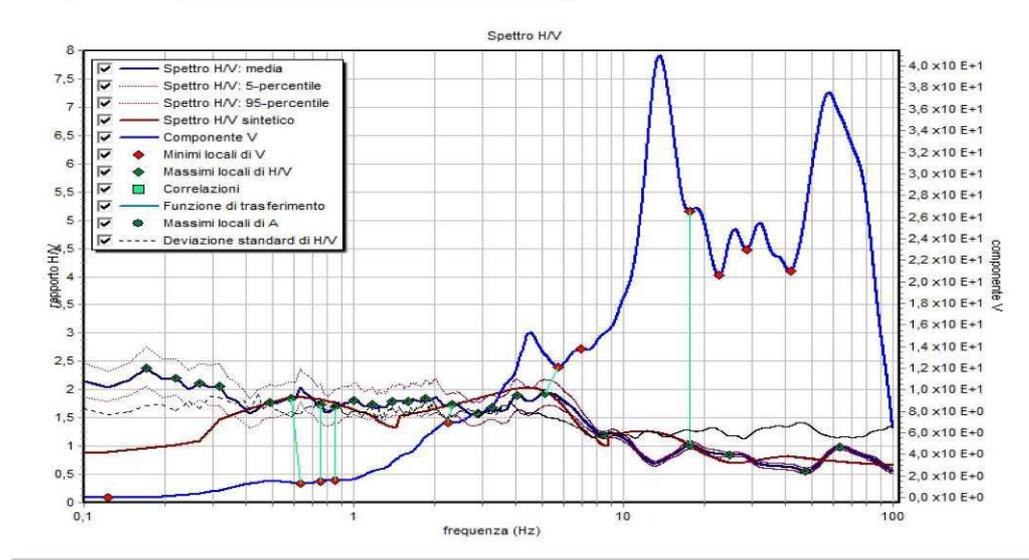
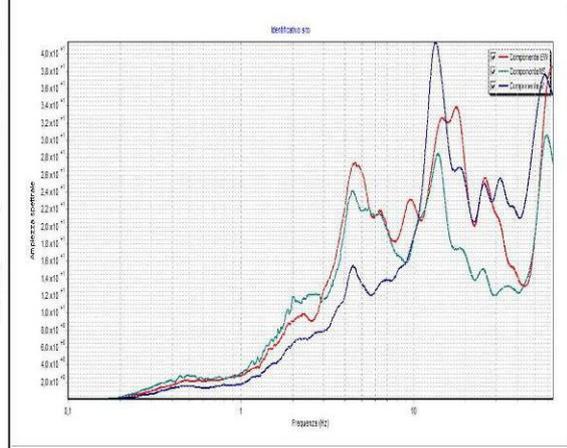
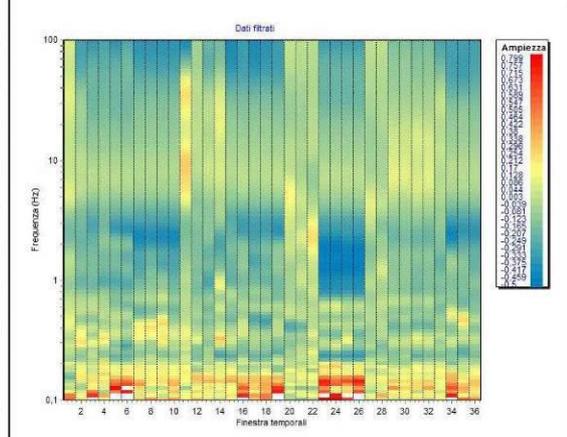
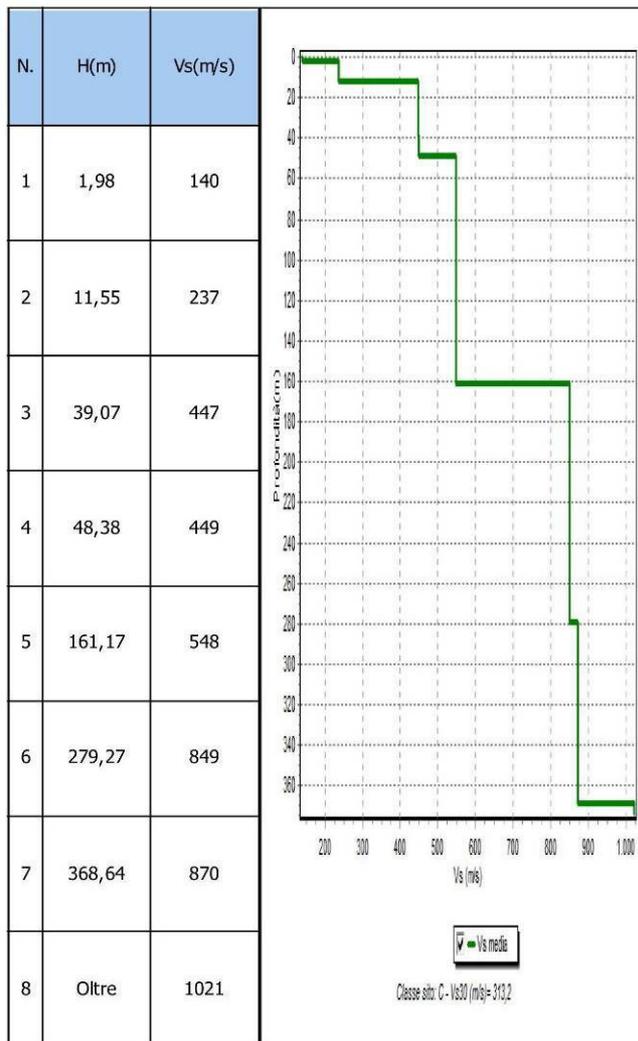
Microzonazione sismica

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/L_w$  - S2:  $L_w \times N_w \times f_p > 200$  - S3:  $s_a < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA:  $L_w$ =lunghezza della finestra (s) -  $N_w$ =n. finestre -  $f_p$ (Hz)=frequenza del picco stratigrafico -  $s_a$ =deviazione standard

| N. | $f_z$ (Hz) | H/V  | Kg   | H1(m) | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|------------|------|------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 0,88       | 1,91 | 4,15 | 64,42 | 37,52 | 31,75 | Si | Si | No |
| 2  | 1,22       | 2,49 | 5,06 | 41,57 | 24,22 | 20,49 | Si | Si | No |
| 3  | 2,73       | 2,51 | 2,3  | 14,19 | 8,26  | 6,99  | Si | Si | Si |
| 4  | 3,08       | 2,64 | 2,27 | 12,13 | 7,06  | 5,98  | Si | Si | Si |
| 5  | 3,52       | 2,44 | 1,69 | 10,15 | 5,91  | 5,0   | Si | Si | Si |
| 6  | 4,25       | 2,35 | 1,3  | 7,89  | 4,59  | 3,89  | Si | Si | Si |
| 7  | 5,86       | 3,05 | 1,59 | 5,14  | 2,99  | 2,53  | Si | Si | Si |
| 8  | 9,47       | 5,99 | 3,79 | 2,71  | 1,58  | 1,33  | Si | Si | Si |

Stazione microtremore a stazione singola H10



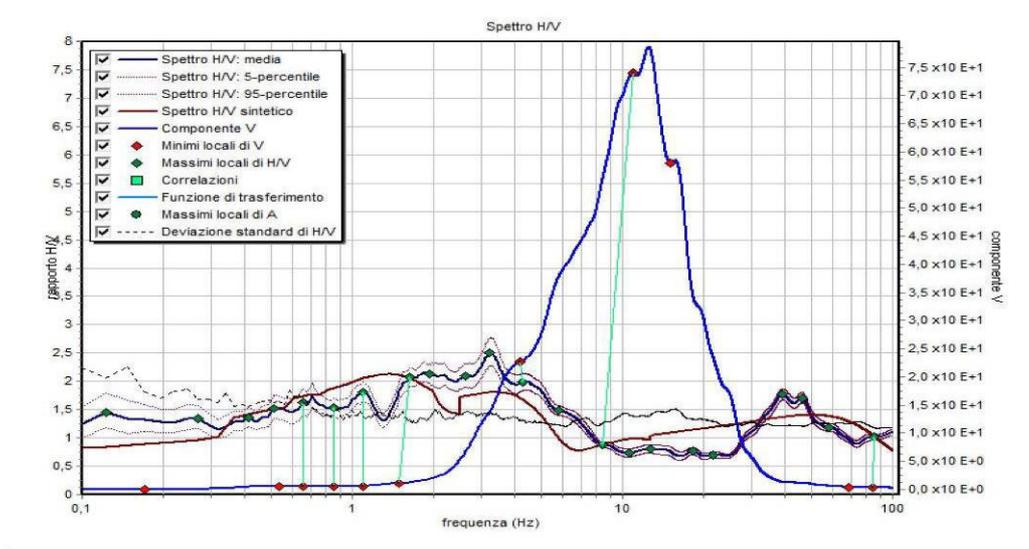
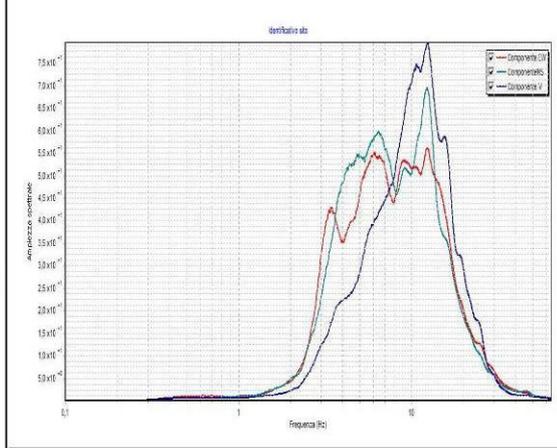
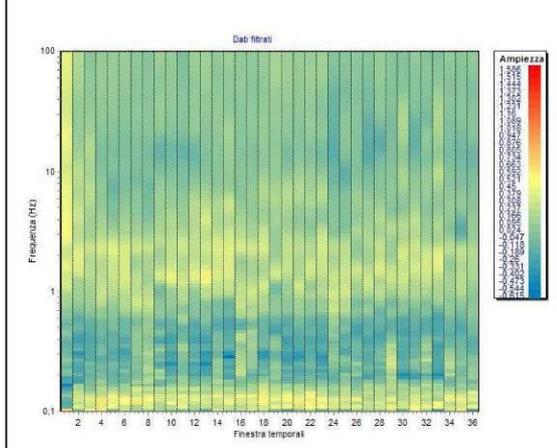
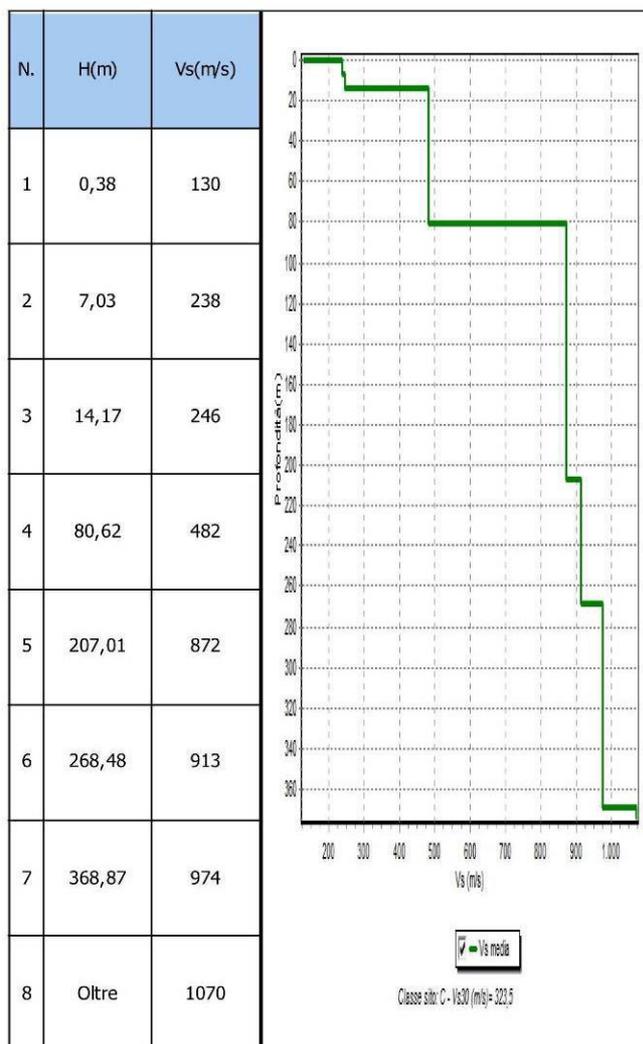
Microzonazione sismica

Criteria SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/Lw$  - S2:  $Lw \times Nw \times f_p > 200$  - S3:  $sa < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA: Lw=lunghezza della finestra (s) - Nw=n. finestre - fp(Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

| N. | fz(Hz) | H/V  | Kg   | H1(m)  | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|--------|------|------|--------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 0,59   | 1,85 | 5,83 | 110,59 | 64,42 | 54,52 | Si | Si | Si |
| 2  | 0,76   | 1,74 | 4,01 | 78,63  | 45,8  | 38,76 | Si | Si | Si |
| 3  | 0,85   | 1,69 | 3,35 | 66,88  | 38,96 | 32,97 | Si | Si | Si |
| 4  | 2,32   | 1,73 | 1,29 | 17,67  | 10,29 | 8,71  | Si | Si | Si |
| 5  | 2,86   | 1,57 | 0,87 | 13,39  | 7,8   | 6,6   | Si | Si | Si |
| 6  | 5,13   | 1,93 | 0,73 | 6,14   | 3,58  | 3,03  | Si | Si | Si |
| 7  | 17,68  | 1,02 | 0,06 | 1,18   | 0,69  | 0,58  | Si | Si | Si |

Stazione microtremore a stazione singola H11



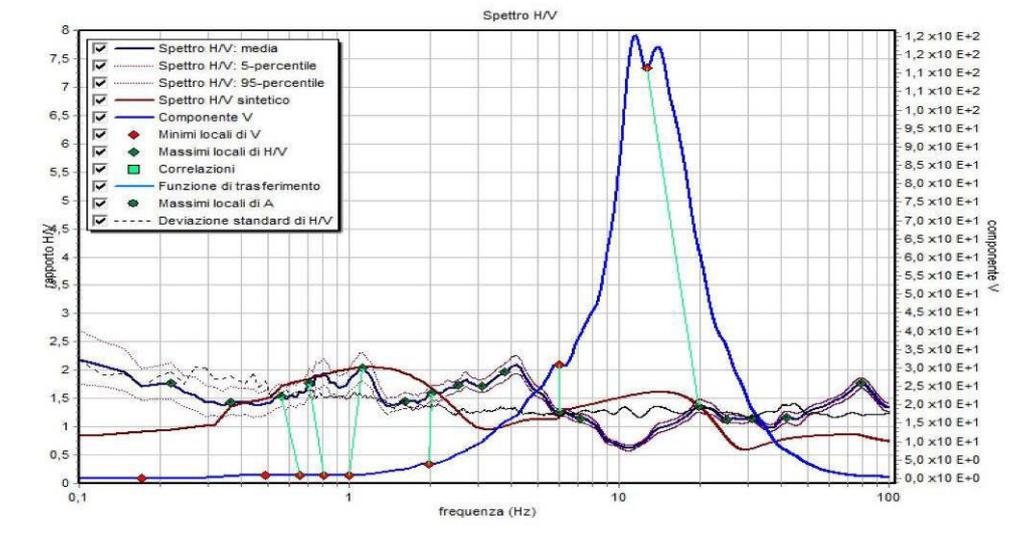
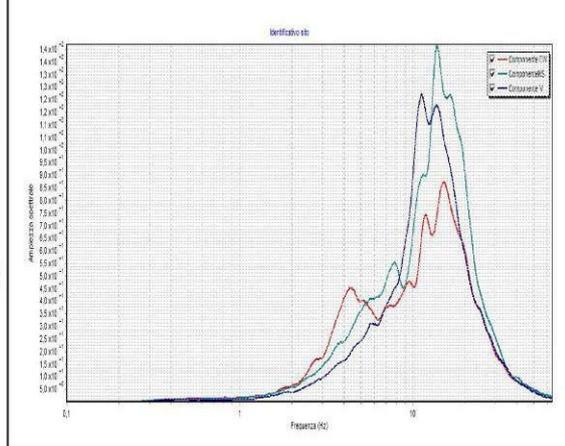
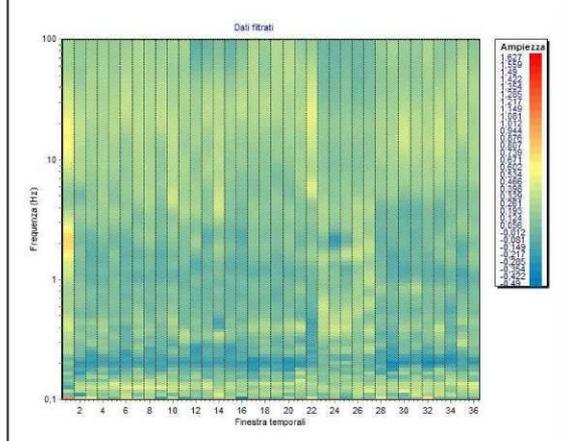
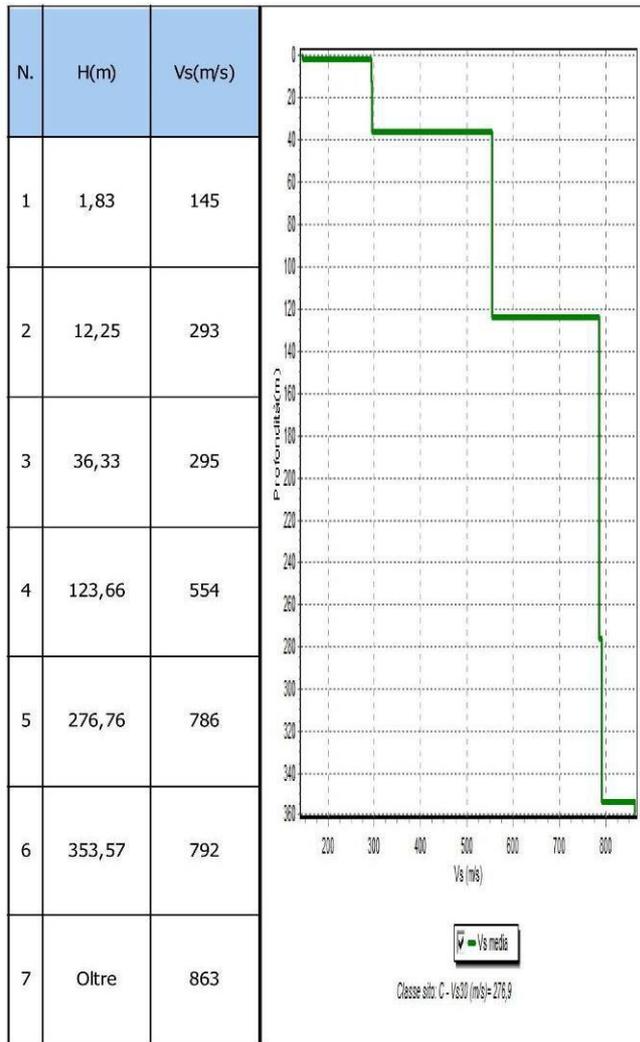
Microzonazione sismica

Criteria SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/L_w$  - S2:  $L_w \times N_w \times f_p > 200$  - S3:  $s_a < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA:  $L_w$ =lunghezza della finestra (s) -  $N_w$ =n. finestre -  $f_p$ (Hz)=frequenza del picco stratigrafico -  $s_a$ =deviazione standard

| N. | $f_z$ (Hz) | H/V  | Kg   | H1(m) | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|------------|------|------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 0,66       | 1,63 | 4,01 | 94,52 | 55,06 | 46,6  | Si | Si | Si |
| 2  | 0,85       | 1,54 | 2,79 | 66,88 | 38,96 | 32,97 | Si | Si | Si |
| 3  | 1,1        | 1,8  | 2,96 | 47,84 | 27,87 | 23,58 | Si | Si | Si |
| 4  | 1,64       | 2,07 | 2,62 | 28,14 | 16,39 | 13,87 | Si | Si | Si |
| 5  | 4,25       | 1,98 | 0,93 | 7,89  | 4,59  | 3,89  | Si | Si | Si |
| 6  | 8,47       | 0,88 | 0,09 | 3,14  | 1,83  | 1,55  | Si | Si | Si |
| 7  | 85,64      | 1,02 | 0,01 | 0,14  | 0,08  | 0,07  | Si | Si | Si |

Stazione microtremore a stazione singola H12



Microzonazione sismica

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/L_w$  - S2:  $L_w \times N_w \times f_p > 200$  - S3:  $s_a < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$   
 LEGENDA:  $L_w$ =lunghezza della finestra (s) -  $N_w$ =n. finestre -  $f_p$ (Hz)=frequenza del picco stratigrafico -  $s_a$ =deviazione standard

| N. | fz(Hz) | H/V  | Kg   | H1(m)  | H2(m) | H3(m) | S1 | S2 | S3 |
|----|--------|------|------|--------|-------|-------|----|----|----|
| 1  | 0,56   | 1,54 | 4,23 | 117,05 | 68,18 | 57,7  | Si | Si | No |
| 2  | 0,71   | 1,77 | 4,45 | 85,94  | 50,05 | 42,36 | Si | Si | Si |
| 3  | 1,12   | 2,04 | 3,71 | 46,46  | 27,06 | 22,9  | Si | Si | Si |
| 4  | 2,03   | 1,59 | 1,26 | 21,16  | 12,32 | 10,43 | Si | Si | Si |
| 5  | 5,98   | 1,25 | 0,26 | 5,0    | 2,91  | 2,46  | Si | Si | Si |
| 6  | 19,82  | 1,36 | 0,09 | 1,01   | 0,59  | 0,5   | Si | Si | Si |