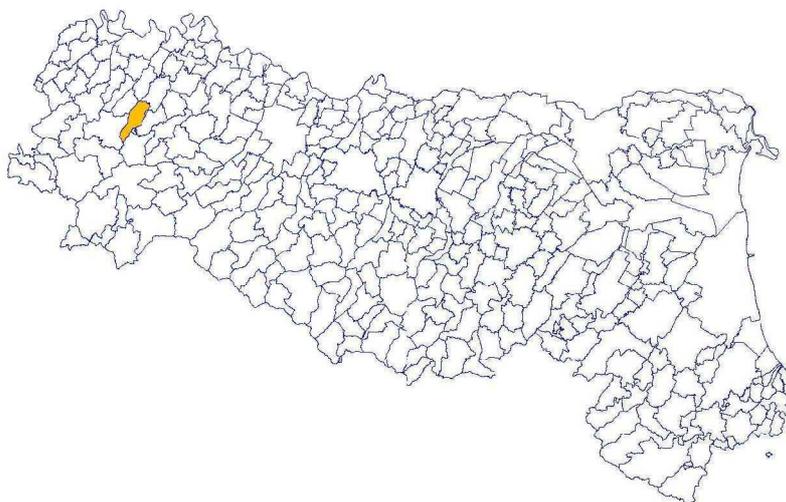


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Gropparello



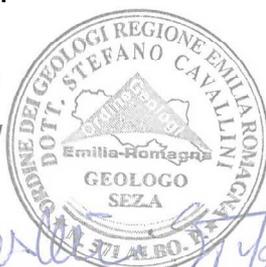
Soggetto realizzatore

Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti  
Dott. Geol. Stefano Cavallini

**GEODES** s.r.l.

Via Michelangelo, 1 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)  
Tel: 059-536629 - Fax: 059-5331612  
e-mail: geodes.srl@tiscali.it  
PEC: geodes@pec.geodes-srl.it

Reg. Impr. Modena n° 02625920364  
Cap. Soc. 10.200 euro i.v.  
C. F. e P. IVA: 02625920364



Data

febbraio 2106



---

## INDICE

1.	<b>INTRODUZIONE</b>	Pag. 2
1.1	RIFERIMENTI TECNICI - NORMATIVI	" 2
1.2	METODOLOGIA DI STUDIO	" 3
1.3	FORMATO DEI DATI	" 4
1.4	AREE INDAGATE	" 5
1.5	INDAGINI ESEGUITE	" 5
2.	<b>DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO</b>	" 6
2.1	CENNI DI SISMICITÀ DELL'APPENNINO NORD-OCCIDENTALE	" 6
2.2	SISMOTETTONICA	" 11
2.3	NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO	" 16
3.	<b>ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA</b>	" 21
3.1	ASSETTO GEOLOGICO	" 21
3.2	ASSETTO GEOMORFOLOGICO	" 29
4.	<b>DATI GEOTECNICI E GEOFISICI E METODOLOGIE DI ELABORAZIONE</b>	" 34
4.1	DATI GEOTECNICI	" 34
4.2	DATI GEOFISICI	" 34
4.2.1	PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE (MASW)	" 35
4.2.2	ANALISI SISMICA PASSIVA DEI MICROTREMORI (HVSr)	" 38
5.	<b>MODELLO DEL SOTTOSUOLO</b>	" 42
6.	<b>INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE</b>	" 47
7.	<b>RISULTATI</b>	" 49
7.1	PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE (MASW)	" 49
7.2	ANALISI SISMICA PASSIVA DEI MICROTREMORI (HVSr)	" 51
8.	<b>ELABORATI CARTOGRAFICI</b>	" 52
9.	<b>CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI</b>	" 64
-	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	" 65

---

# *Relazione Illustrativa*

## **1. INTRODUZIONE**

Per microzonazione sismica (MS) si intende la “valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l’individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo”.

La MS consiste quindi nella suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento; rappresenta uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se realizzato e affiancato alla fase di pianificazione urbanistica.

Questo studio intende fornire un supporto sostanziale agli strumenti di pianificazione comunale per indirizzare le scelte urbanistiche verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

Tenuto conto di quanto richiesto dalla DGR 1302/2012 e sulla base dello stato pianificatorio attuale, l’Amministrazione Comunale, ha indicato le aree urbanizzate e quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche dove realizzare la microzonazione sismica.

### **1.1 RIFERIMENTI TECNICI - NORMATIVI**

I riferimenti tecnici per la realizzazione di questi studi e per l’elaborazione e la redazione degli elaborati richiesti sono costituiti da:

- ICMS 2008 - “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome 1 e successive modifiche e integrazioni.
- DAL 112/2007 Allegato A– “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”.
- DGR 1302/2012 “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all’ OPCM 4007/2012 a favore degli Enti Locali.”

## 1.2 METODOLOGIA DI STUDIO

Gli studi di microzonazione sismica prevedono diverse fasi di realizzazione e differenti livelli di approfondimento.

Per il presente studio sono richiesti il primo e il secondo livello di approfondimento.

### PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Finalità:

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica.
- Definire il tipo di effetti attesi.
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario.
- Descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

### SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Finalità:

- Conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica.
- Suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica.
- Conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

Nel rispetto della DGR 1302/2012 sono stati prodotti i seguenti elaborati a scala 1:5.000:

- 1) Carta delle Indagini.
- 2) Carta Geologica-Tecnica.
- 3) Sezioni geologiche.
- 4) Carta delle frequenze naturali dei terreni.
- 5) Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).
- 6) Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).
- 7) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA P.G.A.
- 8) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.1-0.5 s
- 9) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.5-1 s

L'approccio metodologico che si è scelto, al fine di ottimizzare le risorse economiche disponibili e anche in funzione delle caratteristiche geologiche del territorio comunale di Gropparello, è fondato sull'impiego concentrato delle risorse messe a disposizione per effettuare indagini geofisiche di buona qualità e ben estrapolabili, anziché disperderle in ulteriori punti di controllo litostratigrafico.

Questo approccio è stato scelto nonostante gli archivi di stratigrafie e prove geognostiche di repertorio, sia del Comune che della RER, siano risultati abbastanza scarsi; per questo motivo sulla carta delle indagini vengono riportate anche prove d'archivio non molto significative in termini di profondità raggiunta con l'investigazione.

L'applicazione efficiente di questo metodo richiederebbe infatti una conoscenza del sottosuolo per una profondità tale da garantire la definizione di un buon modello geologico.

L'attenta interpretazione della carta geologica ed un'accurata ricostruzione del sottosuolo hanno comunque consentito di collocare le nuove indagini geofisiche in posizioni tali da permettere una ragionevole sicurezza nell'estrapolazione dei parametri ottenuti.

Un'analisi più approfondita di terzo livello è invece richiesta nella ree in cui sono presenti particolari condizioni di pericolosità locale (pendii instabili o potenzialmente instabili) o laddove sono previsti opere e interventi di rilevante interesse pubblici (strutture di protezione civile, edifici pubblici...). Per questo tipo di analisi sono richieste indagini in sito e in laboratorio ed elaborazioni più approfondite e onerose, in termini di tempo e soprattutto di costi.

Le indagini di terzo livello possono essere demandate ad una fase di studio successiva alla presente in aree di particolare interesse che verranno scelte dall'Amministrazione Comunale.

### **1.3 FORMATO DEI DATI**

Tutti gli elaborati vengono forniti in versione cartacea e digitale (pdf).

I dati vengono inoltre forniti in formato vettoriale (shapefile) secondo quanto indicato nell'Allegato D della DGR 1302/2012 e nell'OPCM n. 3907/2010, e s.m.i., e decreto n. 8422 del 10 dicembre 2010 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile.

#### 1.4 AREE INDAGATE

L'Amministrazione Comunale in considerazione della distribuzione delle aree urbanizzate ha individuato n° 13 località: il capoluogo più 12 frazioni):

- GROPPARELLO CAPOLUOGO
- SARIANO
- LA VALLE
- VEGGIOLA
- GUSANO
- BERSANI
- CASTELLANA
- CARINI DI GUSANO
- MONTECHINNO
- MANDOLA
- MAGNANI
- PIERFRANCESCO
- GROPPA VISDOMO
- OBOLO

Si tratta degli insediamenti principali presenti sul territorio comunale: oltre al capoluogo infatti sono indagate anche le frazioni principali. All'interno di questi macro-ambiti sono presenti sia le aree urbanizzate che quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche.

#### 1.5 INDAGINI ESEGUITE

A supporto del presente studio sono state consultate le seguenti indagini di repertorio:

- n° 42 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- n° 5 prove penetrometriche statiche
- n° 1 Masw

Ad integrazione delle indagini pregresse sono state realizzate le seguenti nuove indagini geofisiche:

- **n° 19 Masw**
- **n° 21 Hvsr**

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

### 2.1 CENNI DI SISMICITÀ DELL'APPENNINO NORD OCCIDENTALE

L'Appennino nord-occidentale è caratterizzato da una moderata sismicità, che si manifesta principalmente lungo le zone di accavallamento frontale del margine appenninico e secondo una fascia con direttrice appenninica che dalla zona di Varzi si estende quasi con continuità sino a Borgotaro e alla Lunigiana, proseguendo poi verso le strutture del Graben della Garfagnana. Allineamenti di terremoti si trovano anche lungo lineamenti trasversali alle due fasce longitudinali e sembrano quasi collegarle; particolarmente evidente è la distribuzione dei sismi lungo la Val Parma e la Val Taro.

L'attività tellurica dell'area è nota e documentata dall'anno 1000, anche se la qualità e la quantità delle informazioni non sono omogenee e si manifesta sia con eventi singoli di media intensità, sia con sequenze sismiche estese nel tempo.

Il catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996), evidenzia quanto riportato nella figura seguente:

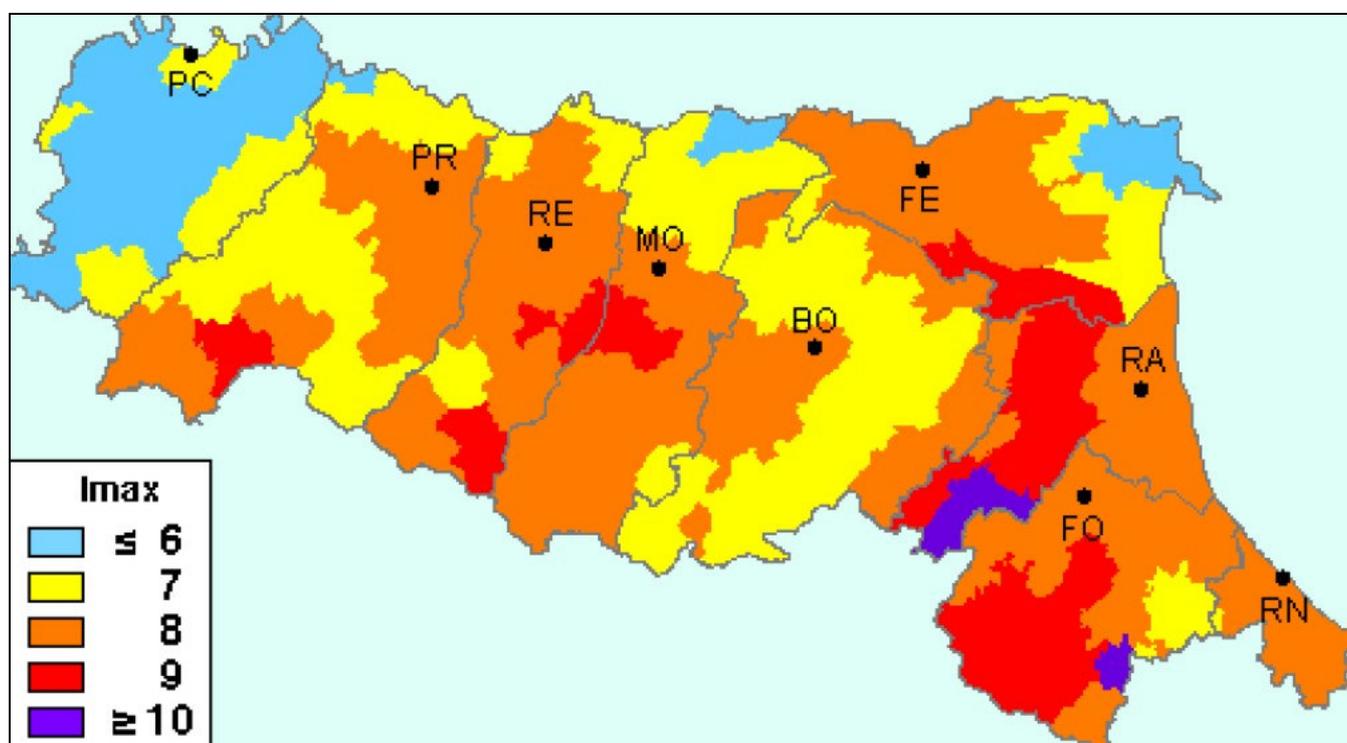


Figura 1 – Intensità Macrosismiche osservate nei comuni italiani – GNDT ING/SGA

L'intensità massima registrata nel Comune di Gropparello è dell'VI MCS (scala Mercalli-Cancani-Sieberg), corrispondente ad una magnitudo dell'ordine di 5.2 (scala Richter) e si riferisce ai terremoti del 1438 fra Parma e Piacenza, di Stazzano (1541), di Borgotaro (1545), di Godiasco-Varzi (1828 e 1945), dell'area della Cisa (1834) e di Parma (1971); i due ultimi eventi sono caratterizzati da una sequenza sismica.

In quasi un millennio nell'area sono state registrate poco più di una ventina di scosse di intensità VII MCS; il resto dell'attività è a livello più basso. Le revisioni e ricollocazioni degli eventi storici e recenti, ma soprattutto l'attivazione di una rete sismica regionale integrata con quella nazionale, hanno permesso di distinguere, nell'ambito della regione, zone con differente regime sismico, vale a dire frequenza dei fenomeni, intensità e profondità focale.

Il confronto dei dati della sismicità strumentale con quelli storici evidenzia la stabilità nel tempo delle aree sismogenetiche.

Lungo il margine appenninico, soprattutto nella zona tra Voghera e Tortona, l'attività è blanda e sporadica nel tempo e con epicentri arretrati rispetto alla posizione dei fronti appenninici sepolti; decresce nel piacentino sud-occidentale e si concentra con notevoli rilasci d'energia nell'area parmense occidentale documentati a livello storico e recente (1983 I=VII MCS).

Nel comparto appenninico la zona più attiva si estende dall'area di Varzi-Bobbio fino alla Garfagnana con maggiore concentrazione di sismi nel Borgotaresse e Potremolese. Il livello medio d'energia rilasciata decresce quasi esponenzialmente da SE verso NO e anche la profondità focale tende a diminuire gradualmente procedendo verso NO.

La maggior parte dei fuochi è concentrata entro i primi 10-15 km di profondità, con un approfondimento nel Borgotaresse-Potremolese.

L'area di Bedonia segna il limite di passaggio tra le zone di attività più superficiali, caratterizzanti la parte più prossima al fronte appenninico e la Lunigiana-Garfagnana dove i fuochi sono decisamente più profondi. Anche le lunghe sequenze sismiche, ben documentate storicamente, differenziano nettamente la zona dai settori appenninici circostanti.

Dal Catalogo parametrico CPTI11 dell'INGV si evince che storicamente i terremoti più forti entro una distanza di 30-40 km risultano:

periodo dal 1000 al 1899:

- Anno 1828 – Valle Staffora (circa 40km di distanza) – Mw 5.76
- Anno 1834 – Valle del Taro-Lunigiana (circa 30km di distanza) – Mw 5.83

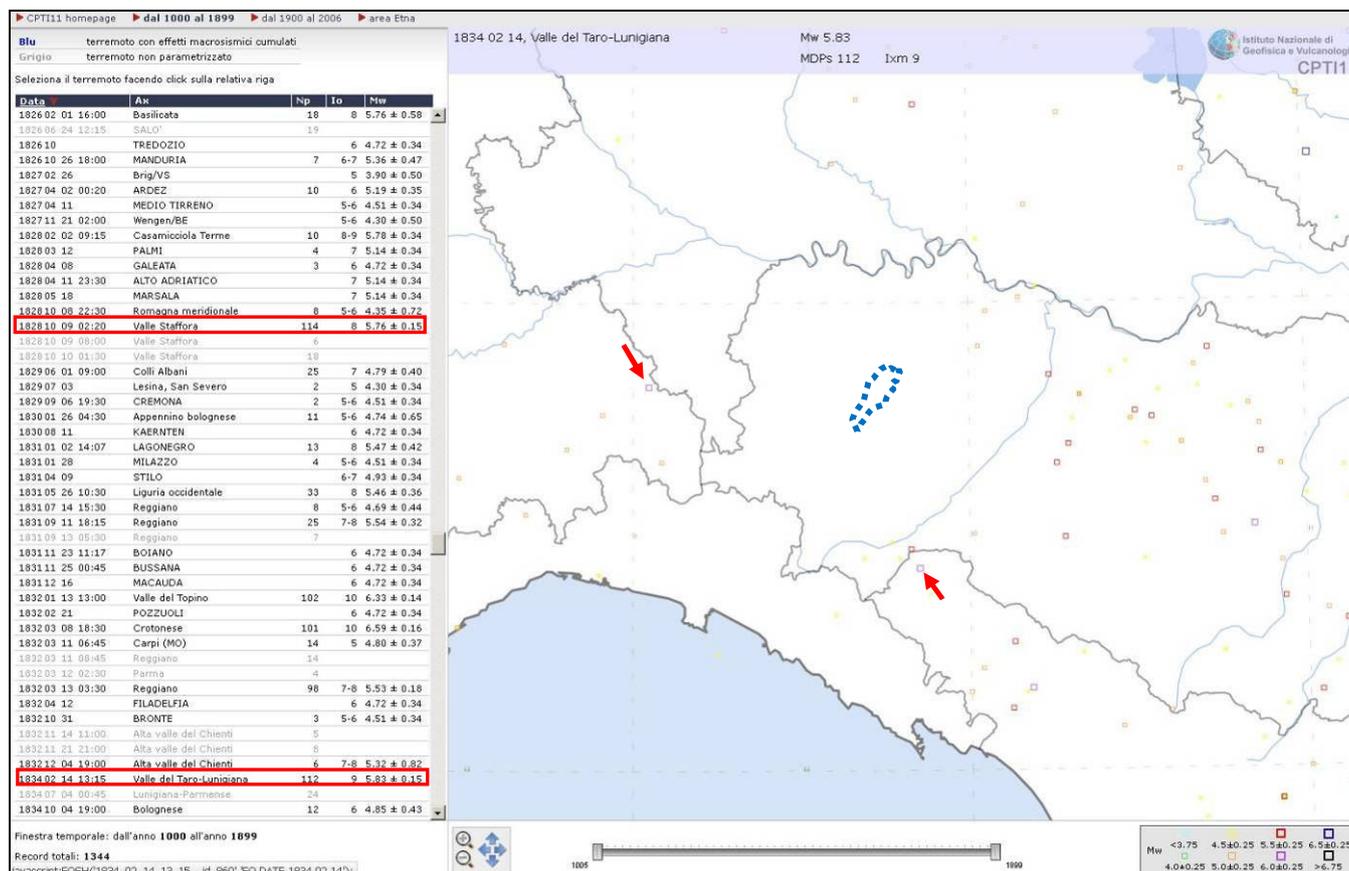
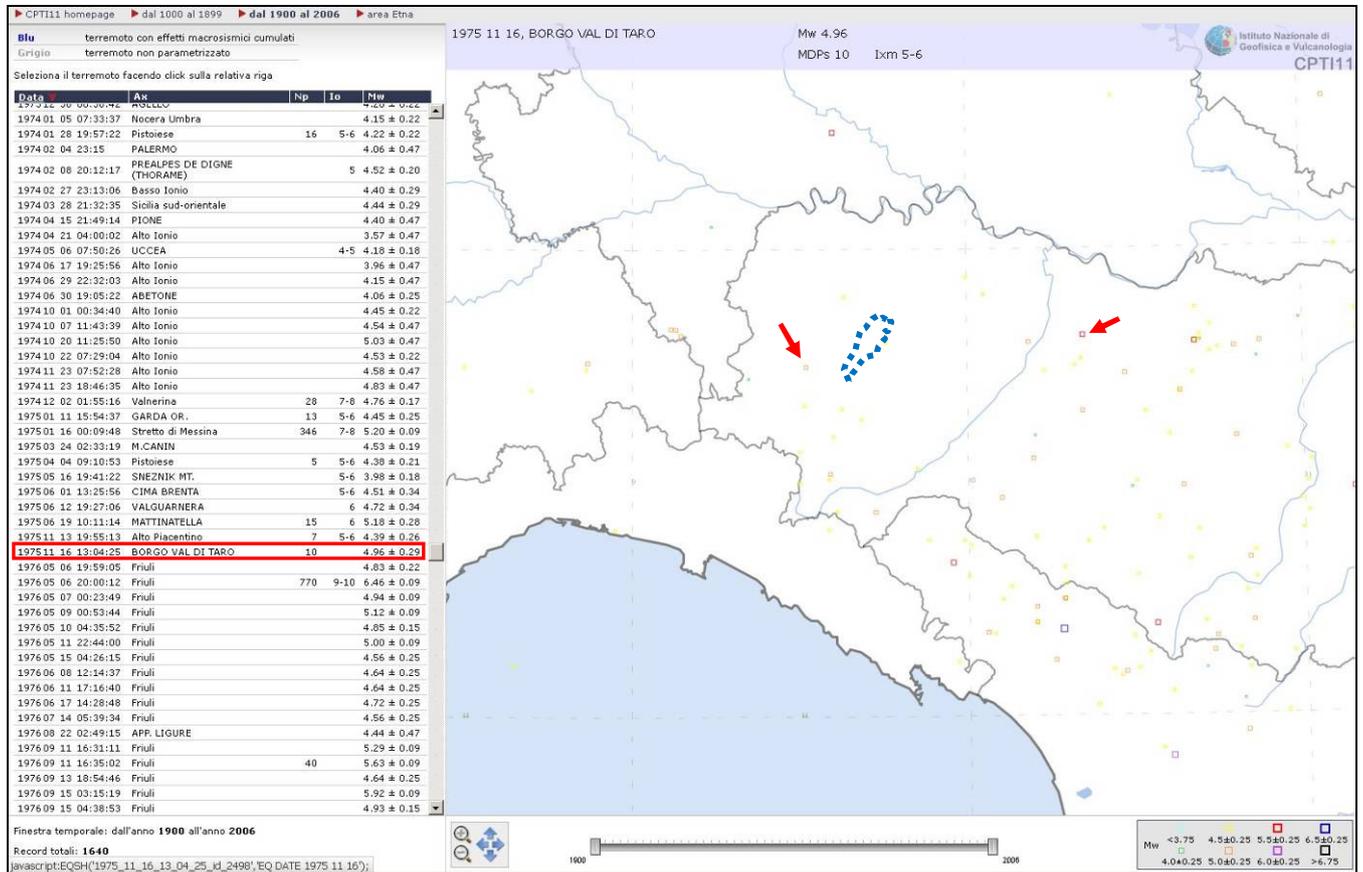


Figura 2 – Tratto da INGV CPTI11 (Catalogo parametrico dei terremoti italiani – 2011) – Dal 1000 al 1899.

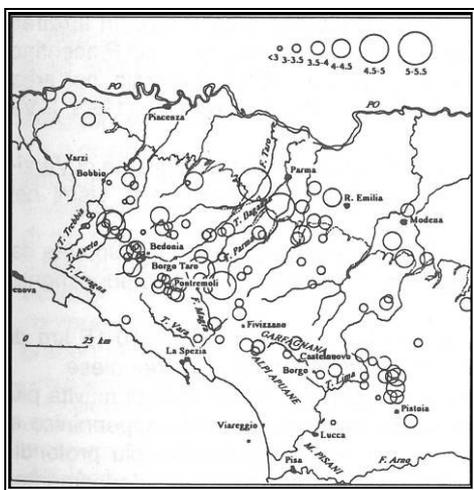
**Nel periodo dal 1900 al 2006:**

- Anno 1975 – Borgo Val di Taro (circa 10km di distanza) – Mw 4.96
- Anno 1971 – Parmense (circa 40km di distanza) – Mw 5.64



**Figura 3** – Tratto da INGV CPT111 (Catalogo parametrico dei terremoti italiani – 2011) – Dal 1900-2006

Di seguito si riporta un estratto che riporta gli epicentri dei sismi del settore NO dell'Appennino nell'intervallo tra 1970-1977.



**Figura 4** - Epicentri e sismi del settore NO dell'Appennino per l'intervallo 1970-1977, dividi per classi di magnitudo (Guide Geologiche Regionali – Appennino Ligure Emiliano, 1994)

Dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano 2011 DBMI11 per la località Gropparello si ottiene il seguente elenco di eventi sismici:

Storia sismica di Gropparello [44.832, 9.730]					
Numero di eventi: 6					
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10	
3-4	1991 10 31 09:31	Parmense	134	5 4.45 ±0.14	
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09	
NF	2002 11 13 10:48	Franciacorta	770	5-6 4.29 ±0.09	
NF	2005 04 13 18:46	Valle del Trebbia	165	5 4.05 ±0.18	
NF	2005 04 18 10:59	Valle del Trebbia	286	5 3.98 ±0.09	

Figura 5 – Tratto da INGV DBMI11 (Database Macrosismico Italiano – 2011)

### 2.1.1 Frequenza di accadimento in Emilia Romagna

La frequenza con cui si sono verificati in passato i terremoti capaci di produrre danni significativi agli edifici consente di valutare con quale frequenza si manifesteranno in futuro, dal momento che questa presumibilmente non cambia.

Nella tabella sono riportati, per varie soglie di magnitudo, il numero di eventi per intervalli di tempo crescenti di 100 anni, partendo dall'ultimo secolo, registrati in Emilia Romagna.

CLASSI DI MAGNITUDO	INTERVALLO DI 100 ANNI		INTERVALLO DI 200 ANNI		INTERVALLO DI 300 ANNI		INTERVALLO DI 400 ANNI	
	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione
4.5 < Ma < 5.0	28	3,6	56	3,6	67	4,5	75	5,3
5.0 < Ma < 5.5	10	10,0	16	12,5	22	13,6	27	14,8
5.5 < Ma < 6.0	3	33,3	4	50,0	6	50,0	8	50,0
Ma > 6.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Tutte*	76	1,3	129	1,5	147	2,0	173	2,3

\* tutti gli eventi che hanno prodotto danni (intensità epicentrale massima osservata maggiore di V-VI grado MCS)

Come si può osservare le frequenze che si ottengono nei primi due intervalli, più attendibili perché andando indietro nel tempo il catalogo dei terremoti diventa più incompleto, è di un evento ogni 1.3-1.5 anni. Valori di magnitudo maggiori di 5.0, che corrispondono ad intensità epicentrali di VII-VIII grado MCS indicano un evento ogni 10-12 anni, mentre terremoti con  $Ma > 5.5$  (VIII-IX grado MCS) si ripetono con una frequenza di un evento ogni 50 anni, che si mantiene costante indicando una buona completezza del catalogo.

## 2.2 SISMOTETTONICA

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna. Dall'analisi della stessa si evince che, a differenza dei territori limitrofi, l'area del Comune di Gropparello è interessata da strutture sepolte solamente in minima parte.

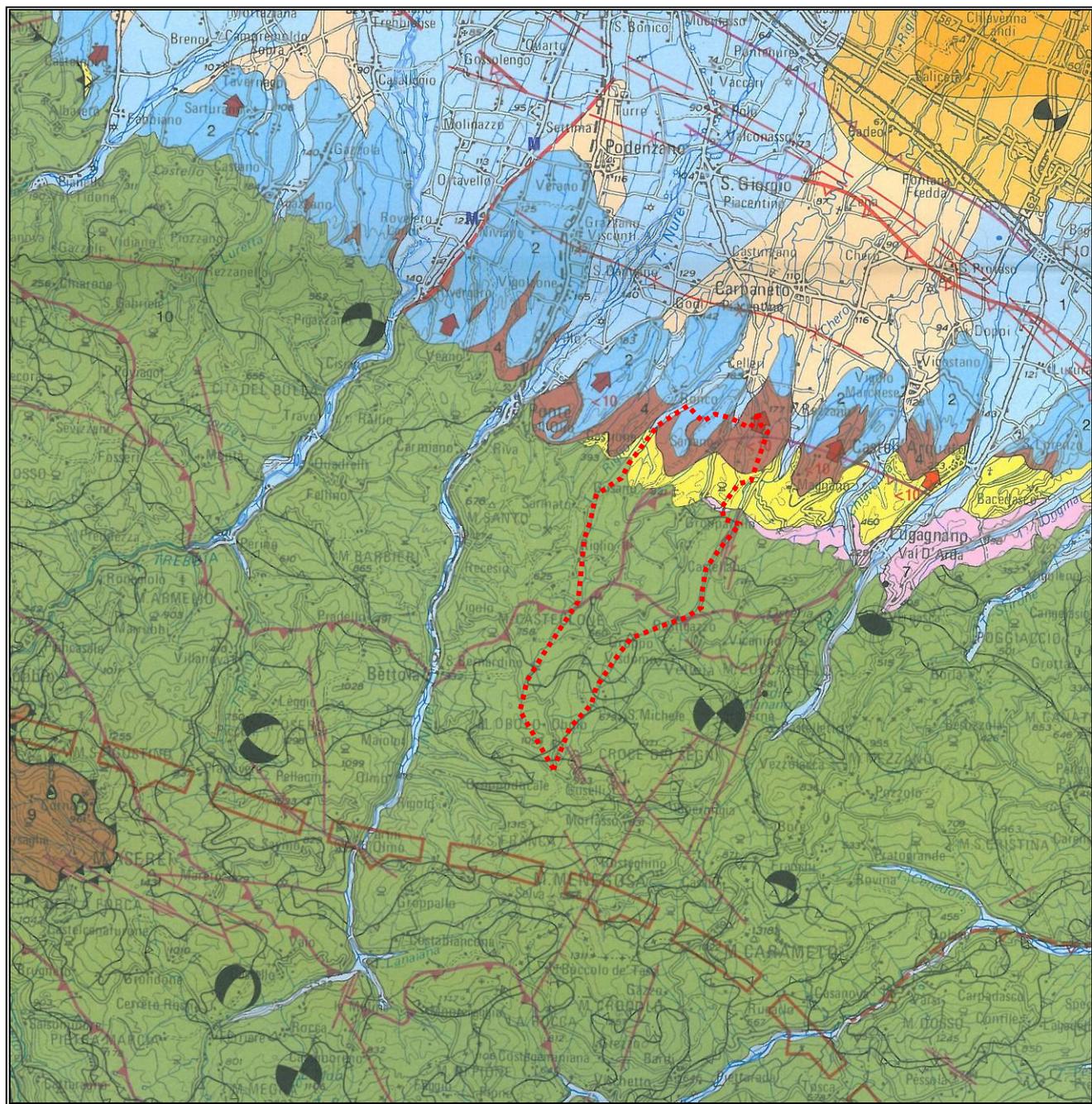
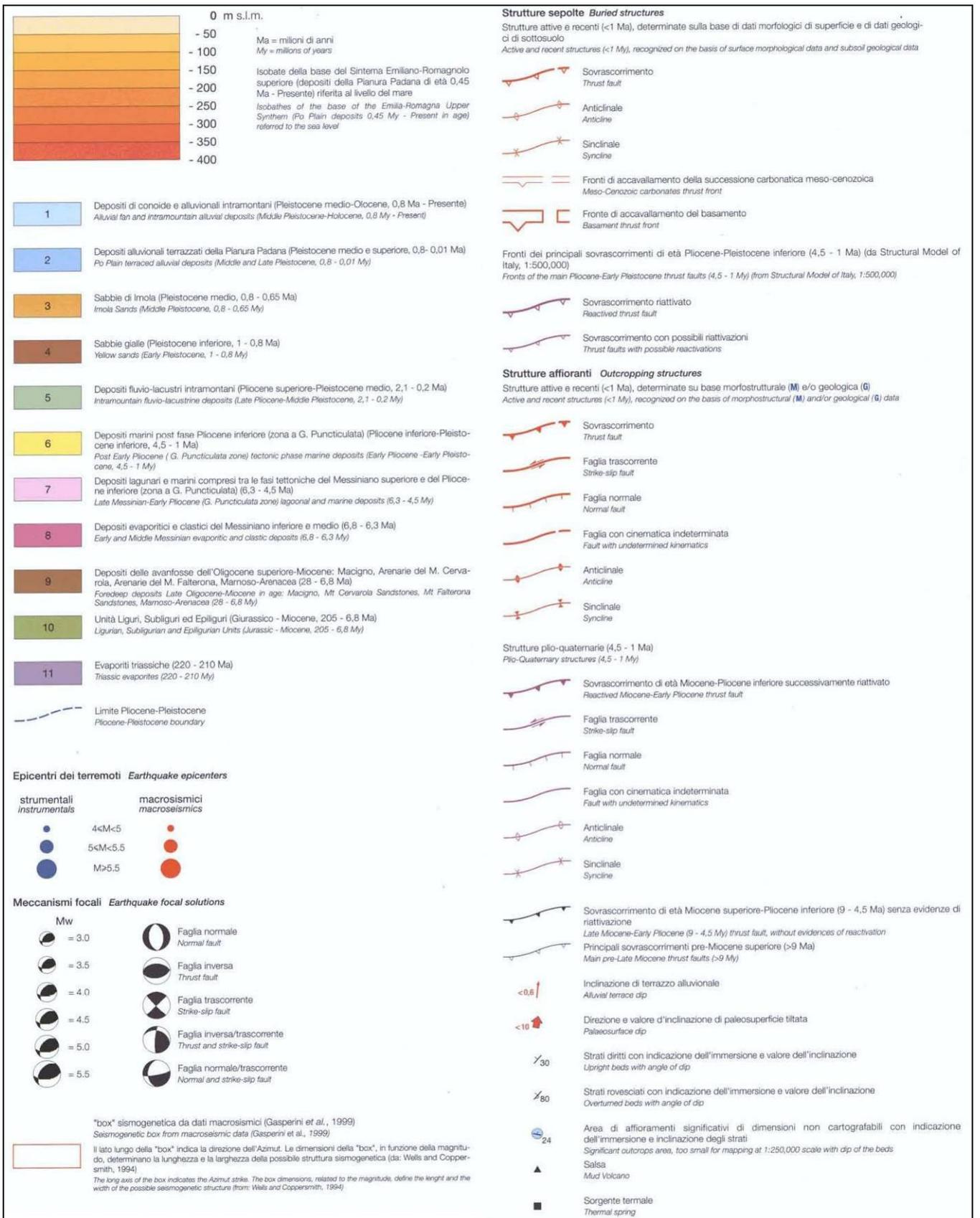


Figura 6 – Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna (RER – CNR, 2004)



Ritroviamo, infatti, due allineamenti con “Sovrascorrimenti di età Miocene-Pliocene inferiore, riattivati successivamente” con direzione circa nord-sud e est-ovest, e alcuni “principali sovrascorrimenti pre Miocene-superiore. Uno di questi ultimi s’interrompe nei pressi di una fascia trascorrente (strike-slip fault), situata in corrispondenza del confine comunale orientale. Per quanto riguarda i movimenti focali, non sono individuati movimenti peculiari per l’area in esame.

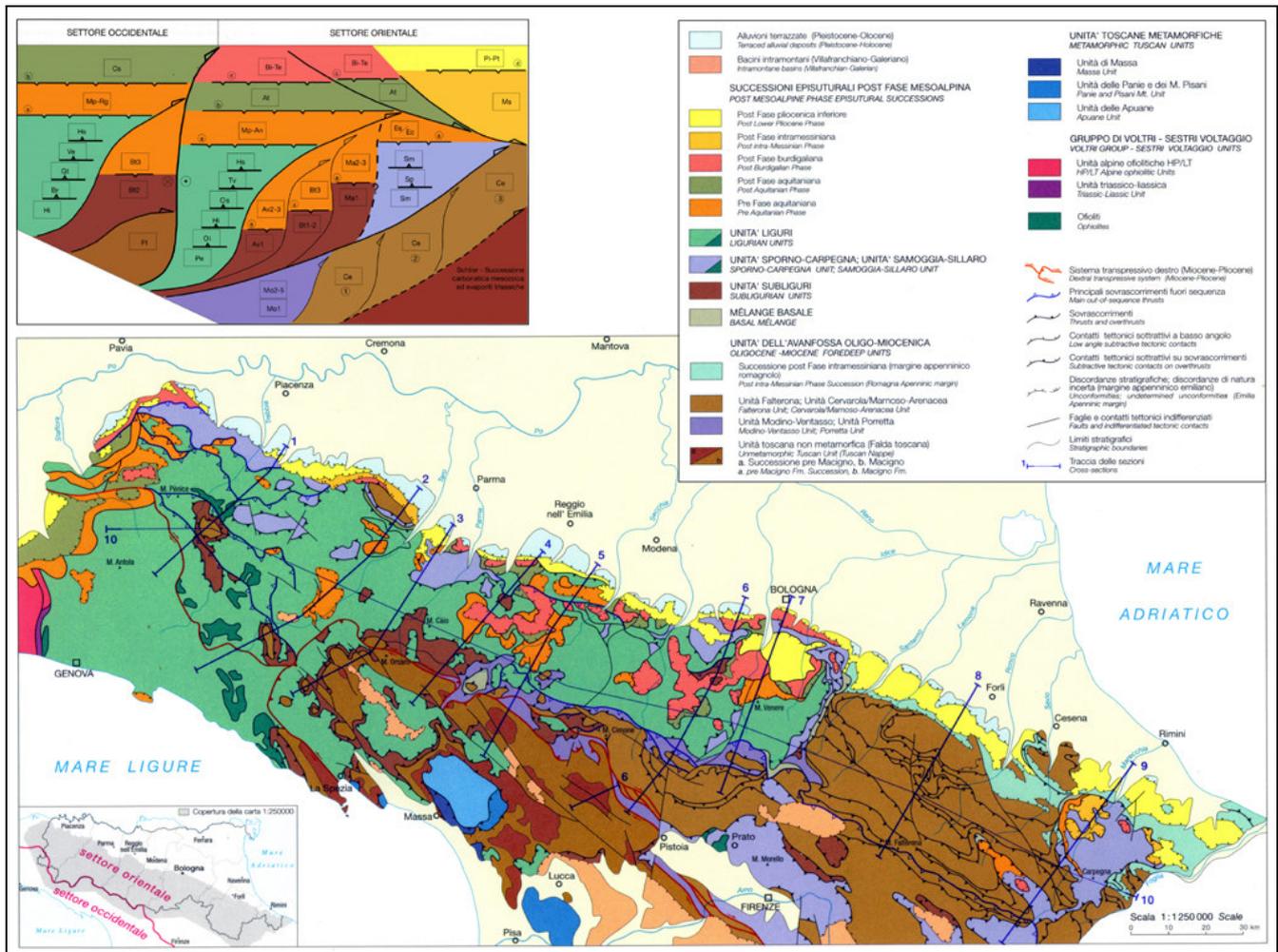


Figura 7 – Schema tettonico.

### 2.2.1 Zonazione sismogenetica

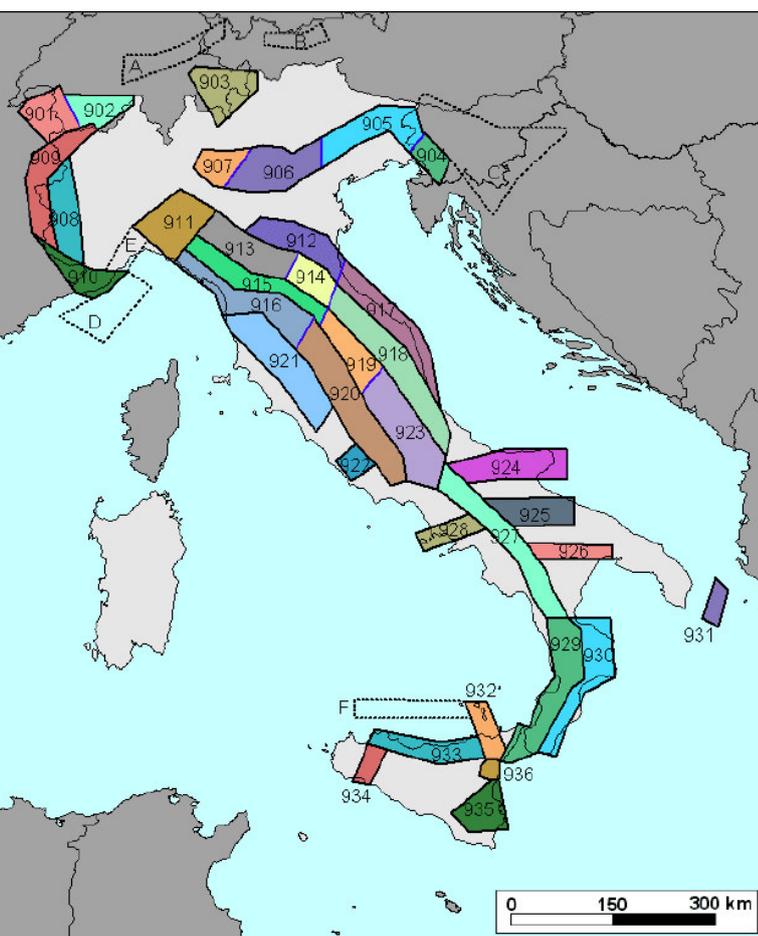
È stata utilizzata la zonazione sismogenetica dell'INGV, chiamata ufficialmente ZS9. Rispetto alle zonazioni precedenti, in questo caso le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.

La zonizzazione ZS9 risulta basata prevalentemente sulle informazioni di ZS4; recepisce le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 (Database of

Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy, 2001) e da altre compilazioni regionali di faglie attive; considera inoltre le indicazioni che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4, alcuni dei quali localizzati al di fuori delle zone sorgente in essa definite; supera il problema delle ridotte dimensioni delle zone sorgente e della conseguente limitatezza del campione di terremoti che ricade in ciascuna di esse.

La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il catalogo CPTI2, e fornisce inoltre una stima della "profondità efficace", cioè dell'intervallo

di profondità nel quale è rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni



**Figura 8** - Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce per ogni zona un meccanismo di fagliazione prevalente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione modulate sulla base dei coefficienti proposti da Bommer et al. (2003).

La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, i limiti tra le zone sono neri e blu, i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, il colore blu invece definisce suddivisioni di zone con uno stesso stile

deformativo ma con differenti caratteristiche della sismicità. Come ad es. distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata, ecc.

Le 42 zone-sorgente ZS9 vengono identificate da un numero che va da 901 a 936 o con una lettera da A a F.

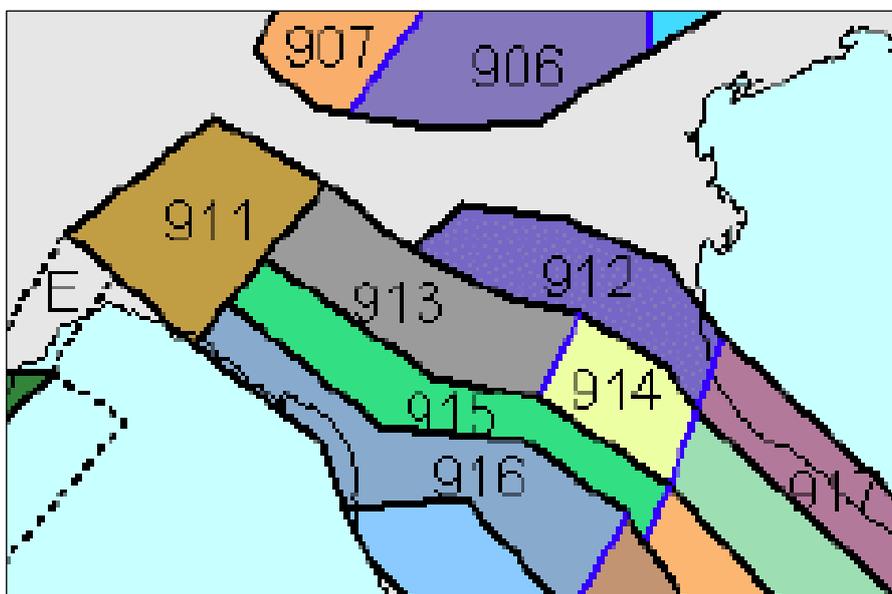


Figura 9 – Zoom sulla zonazione sismogenetica ZS9 dell'Emilia Romagna.

### **Sismicità delle zone sorgenti**

Il territorio del Comune di Gropparello si colloca sul fronte di accavallamento della successione carbonatica mesozoica in sovrascorrimento verso NE.

Tutto l'arco appenninico settentrionale è stato riorganizzato secondo cinque fasce parallele longitudinali alla catena. L'arco è limitato, a nord, da una zona (911) che comprende il cosiddetto "Arco di Pavia" e le strutture ad esso relative.

In realtà, si suppone che la funzione delle strutture comprese all'interno della 911 sia di "svincolo" cinematico del sistema supposto in migrazione. Lo smembramento di tale zona nelle diverse zone appenniniche longitudinali (dalla 913 alla 916) non avrebbe consentito la corretta valutazione della pericolosità nell'area da essa racchiusa, a fronte di una trascurabile sismicità propria dell'area stessa.

### 2.3 NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO

#### Ordinanza P.C.M. 3274/2003

A seguito della nuova classificazione sismica (Ordinanza P.C.M. 3274 del 20/3/2003 e s.m), il territorio nazionale è diviso in quattro zone sismiche caratterizzate da differenti valori dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo di categoria A.

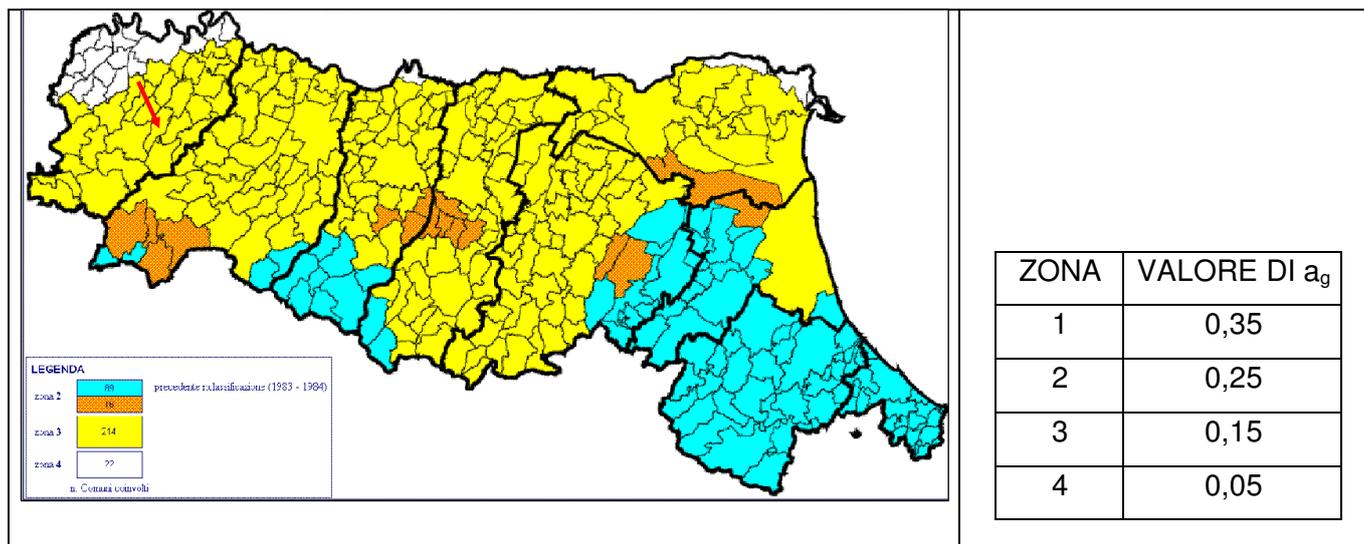


Fig. 10 - Classificazione sismica attuale di riferimento - Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 All. 1.

Il Comune di Gropparello ricade in “zona sismica 3” a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A, riferita ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , pari a  $a_g = 0,15g$ .

#### Ordinanza P.C.M. 3519/2006

Successivamente, l'Ordinanza PCM 3519/2006 ha indicato i *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.*

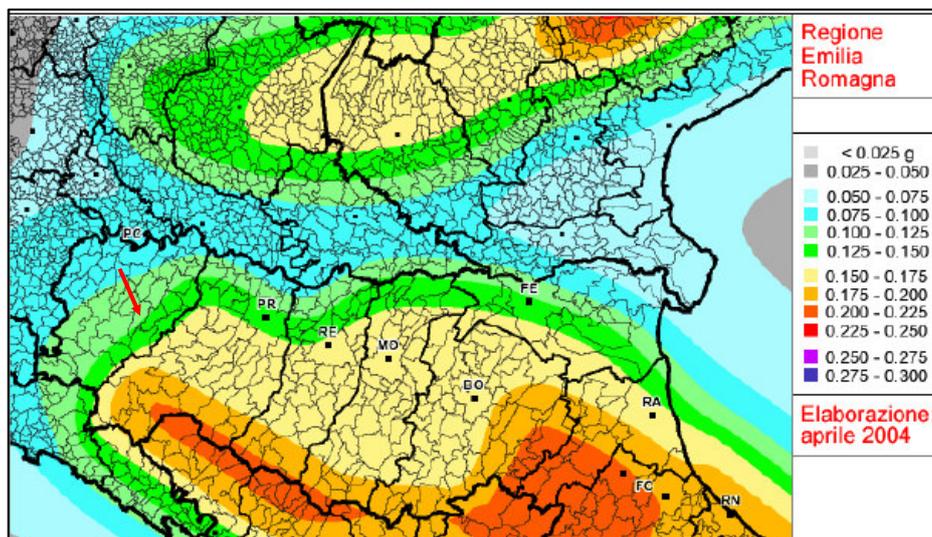


Fig. 11 - Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia-Romagna).

A tale ordinanza è allegata la *Mappa di Pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale* nella quale è possibile verificare che il territorio del Comune di Gropparello è compreso nell'area caratterizzata da **valori dell'accelerazione massima al suolo (amax)**, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A), **compresi tra 0,100 e 0,125** l'accelerazione di gravità **g**.

### **Del. Rer. 112/2007**

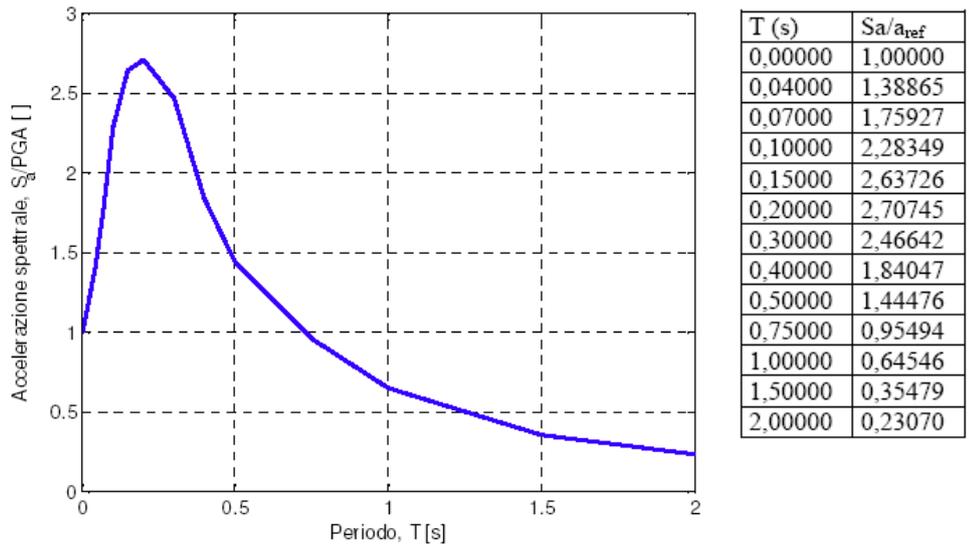
La RER ha poi approvato la Del. n. 112 del 02-05-2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.”; in All. A4 sono riportati i valori di accelerazione max, espressa sempre in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ), per ogni comune della Regione.

PC	Gossolengo	0.097	Per il Comune di Gropparello risulta $a_{refg}=0,116$
PC	Gagnano Trebbiense	0.097	
<b>PC</b>	<b>Gropparello</b>	<b>0.116</b>	
PC	Lugagnano Val d'Arda	0.133	
PC	Monticelli d'Ongina	0.084	
PC	Monfasso	0.143	

### **Definizione del moto di riferimento**

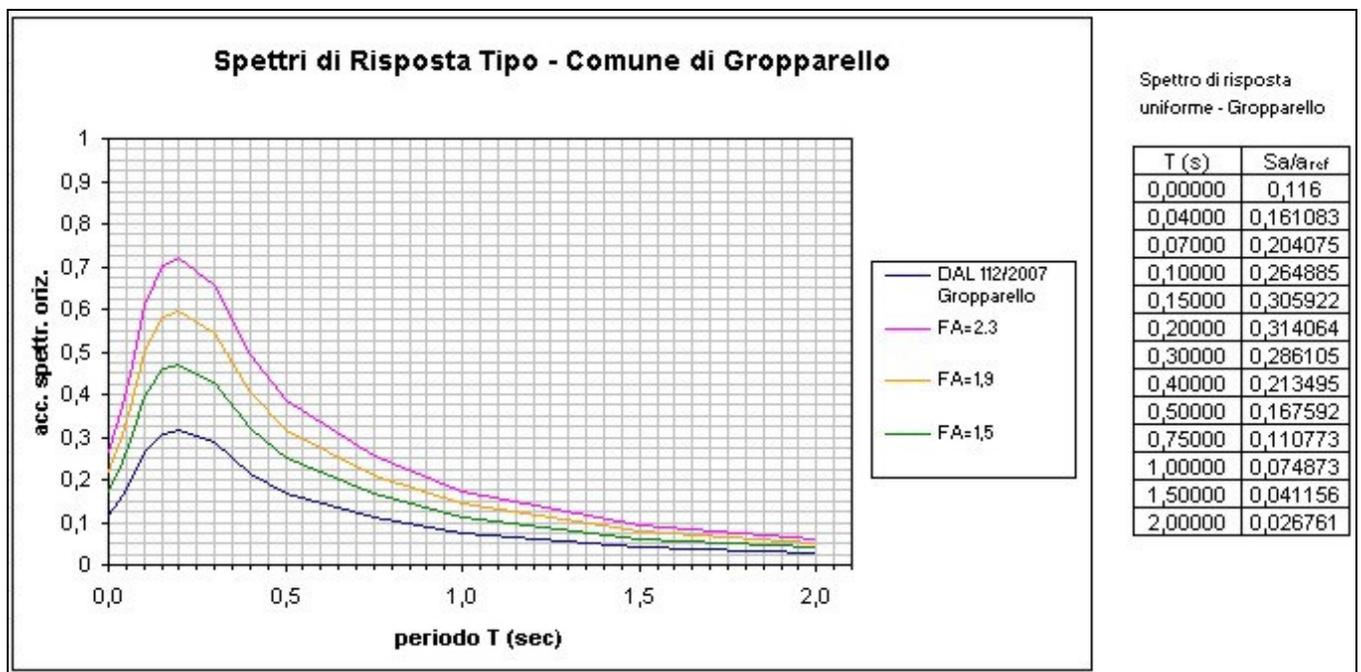
La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>) varia nell'intervallo  $0,100 \div 0,125$  g. Tali dati sono anche stati utilizzati anche dalla Regione Emilia Romagna nella redazione della Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 112 - 2007 “ Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica” dove viene indicata una PGA corrispondente a 0,116 g per l'intero territorio comunale.

La RER fornisce lo spettro di risposta normalizzato, dal quale è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella seguente per il valore di  $a_{refg}$  di ogni comune (vedi sopra), lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna.



Spettro di risposta normalizzato ( $T_R = 475$  anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna, e valori che lo definiscono.

Nella prima colonna sono riportati i valori del periodo proprio  $T$ , espresso in secondi, nella seconda i valori di accelerazione spettrale normalizzata al valore di accelerazione massima orizzontale (PGA), espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  (pari a  $9.81\text{m/s}^2$ ), al corrispondente periodo  $T$ .



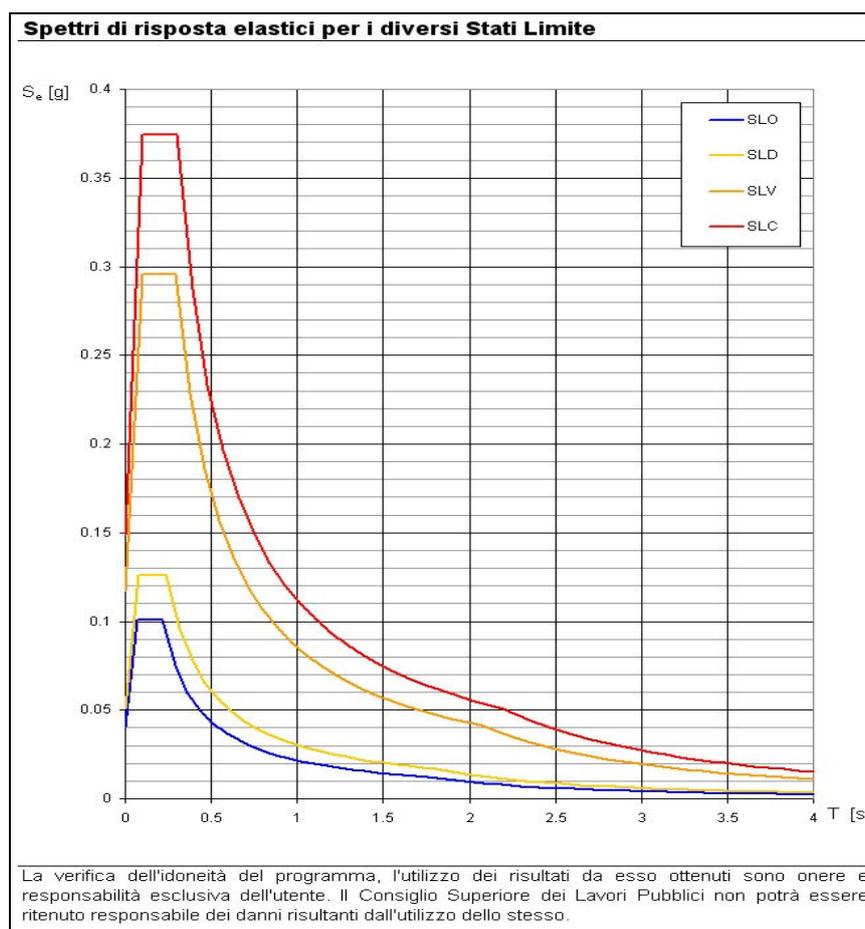
Spettri di risposta a probabilità uniforme, pari al 10% di almeno una eccedenza in 50 anni per Gropparello. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera dell'assemblea legislativa ER – DAL112-2007, mentre con le altre linee sono riportati gli spettri elastici di risposta per alcune amplificazioni stratigrafiche riscontrate nelle aree indagate.

Il D.M. 2008 richiede di definire lo spettro di risposta elastico in accelerazione per il sito in esame.

Tale spettro indica, per ciascuna frequenza, la risposta allo scuotimento massimo (da terremoto) di un oscillatore elastico smorzato semplice (struttura teorica tipo) con frequenza propria pari alla frequenza considerata.

Con  $T$  si intende il periodo fondamentale di risonanza dell'edificio (in secondi) e con  $a_g$  l'accelerazione massima di picco del sottosuolo (pga) in caso di terremoto ( $m/s^2$ ).

Di seguito si riportano, per i diversi stati limite, gli spettri elastici di risposta per Gropparello.



Per un immediato confronto con gli spettri della DAL 112/2007 si può paragonare lo spettro SLV del D.M 08 (la linea arancione) con la linea blu della DAL.

I due spettri mostrano una generale buona congruenza.

**D.M. 14-01-2008**

Il D.M. 14/01/2008 stabilisce che l'accelerazione orizzontale massima del sito di riferimento non è più riferita ad una classificazione comunale ma viene calcolata considerando le proprietà del sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (NTC , TAB.1 allegato "B" del D.M.).

Il suolo viene ancora suddiviso in 5 classi principali (A,B,C,D,E) più due categorie aggiuntive S1 e S2.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{Si}}} \text{ m/s}$$

$h_i$  = spessore dello strato i-esimo

$V_{Si}$  = velocità onde S nello stato i-esimo

N = numero strati considerati

Nei casi in cui la misura diretta della  $V_{s30}$  non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica  $N_{spt30}$  nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $C_{u30}$  nei terreni prevalentemente a grana fina.

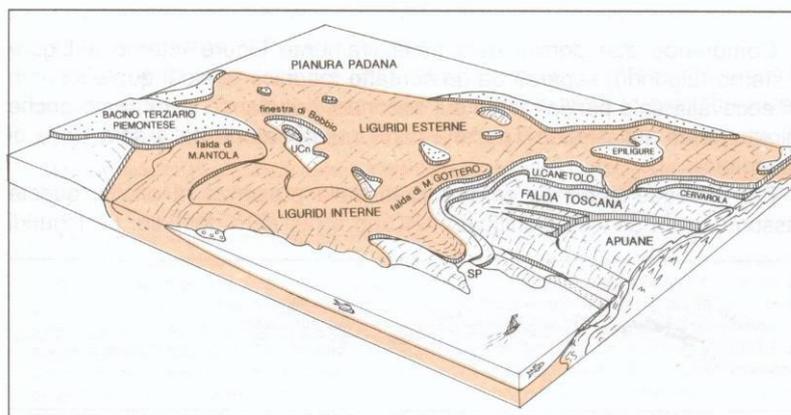
### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

#### 3.1 ASSETTO GEOLOGICO

L'evoluzione geologica del territorio comunale di Gropparello va necessariamente inquadrata in un contesto regionale; essa ricade nel settore che comprende il margine appenninico – padano, che costituisce dal punto di vista strutturale il risultato di una vera e propria sovrapposizione di unità tettoniche originariamente distribuite su una superficie assai più estesa.

L'Appennino è una catena a falde, originata dall'impilamento di terreni di diverse provenienze paleogeografiche, in seguito alla collisione tra la zolla europea e la microplacca apula, connessa alla zolla africana. La collisione è stata preceduta da una chiusura di un'area oceanica (paleoceano ligure), interposta tra le due zolle.

Le principali formazioni affioranti nella parte collinare e montana del territorio appartengono alle unità liguridi, coincidenti con l'area oceanica, e sono costituite da depositi torbiditici e da flysch marnoso-calcarei ed arenacei, i quali si sono depositati tra il Cretaceo e l'Eocene su un substrato di tipo oceanico. Le formazioni geologiche appartenenti alle singole unità tettoniche, sotto l'effetto della spinta orogenetica compressive, hanno subito una vera e propria traslazione verso NE, con conseguente accavallamento reciproco. Le grandi direttrici strutturali, quali linee di faglia, linee e fronti di accavallamento, sono orientati ortogonalmente al senso della spinta, secondo l'allineamento NO-SE.



**Figura 12** - Schema della sovrapposizione tettonica delle principali unità dell'edificio appenninico settentrionale nel settore occidentale.

Per quanto riguarda l'area situata verso la pianura, lo schema relativo è differente, le formazioni sono di più recente formazione, non direttamente coinvolte nei movimenti tettonici sopracitati.

L'area pedemontana ha partecipato al generale fenomeno di sollevamento in massa che ha interessato l'intero apparato dell'Appenninico, senza subire sostanziali deformazioni. I primi rilievi collinari a ridosso della pianura sono costituiti dalla successione plio-pleistocenica, generalmente rappresentata da unità argilloso-siltose, con caratteristiche morfologiche calanchive o da componenti sabbioso-arenitiche. La fascia di pianura è caratterizzata da depositi quaternari, alluvioni fluviali e fluviolacustri che hanno determinato il colmamento del bacino padano.

## STRATIGRAFIA

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

- Dominio Padano Adriatico: si tratta di quella serie di unità cosiddette "Neoautoctoni", ovvero sedimentati 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;
- Dominio Ligure: rappresentano i sedimenti di fondo oceanico dell'estinto bacino della Tetide, depositati antecedentemente alla collisione della placca Corso-Sarda con la Placca Europea; si tratta d'unità traslate ed intensamente deformate sopra le unità autoctone durante la Fase Ligure; si compongono di un Complesso di Base a composizione argillo-calcareo prevalente con inclusi potenti complessi ofiolitici (Complessi Ofiolitici di M. Aiona, M. Penna, M. Sillara, ecc.) e da una serie d'unità calareo-marnose (Unità Cassio, Unità Caio, Unità Solignano) e arenaceo-calcareo-pelitiche (Unità Dosso, Sporno, M. Gottero, M. Zatta e parte inferiore di Canetolo);

### **Dominio Padano Adriatico**

Le unità stratigrafiche del Dominio Padano Adriatico descritte nel presente studio 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 progradazionali (dal più antico al più recente):

- Sintema del T. Chero (Pliocene inferiore - medio)
- Sintema di Badagnano (Pliocene medio-superiore);
- 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 è presente anche la Formazione delle Argille Azzurre.

### 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 Gropparello 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 - Subsintema 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 - Subsintema 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, composta, 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.

#### 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.

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

Il Sintema del T. Stirone è costituito da depositi di fan-delta e di ambienti marino-marginali e continentali, 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 compreso tra i 50 e gli 80 m con valore massimo nel sottosuolo di 400 m.

Il Sintema del T. Stirone è sedimentato nel Pliocene superiore – Pleistocene inf..

### Sintema di Badagnano (BDG)

Depositi di fronte deltizio e di prodelta, associati a depositi marino-marginali e di piattaforma s.l., limitati alla base da un'importante superficie di discontinuità affiorante. Sono costituiti da argilliti e siltiti bioturbate, livelli conglomeratici, localmente gradati, e arenarie in strati tabulari e lenticolari, spesso amalgamati con laminazioni tipo hummocky; strutture da sfuggita d'acqua e intensa bioturbazione.

Sono inoltre presenti interstrati pelitici discontinui, spesso erosi e ridotti in brandelli (clay chips) e livelli sottili e cementati di conglomerati con diffusi bioclasti.

Il Sintema di Badagnano presenta uno spessore variabile compreso tra i 80 e gli 90 m con valore massimo nel sottosuolo di 700 m.

Il Sintema di Badagnano è sedimentato nel Pliocene medio-superiore.

### Sintema del T. Chero (KER)

Unità costituita da depositi prevalentemente siltitico-arenitici di piattaforma. Il Sintema del T. Chero è suddiviso in due subsintemi distinti sulla base della diversa organizzazione dei sistemi deposizionali e del riconoscimento di superfici di discontinuità di ordine gerarchico inferiore.

Il Sintema del T. Chero è sedimentato nel Pliocene inferiore-medio.

Subsintema di Monte Giogo - KER2 (Pliocene medio): depositi di piattaforma costituiti da peliti e siltiti bioturbati e fossiliferi a cui si intercalano corpi tabulari calcarenitici, spessi fino a una decina di metri e con stratificazione incrociata, ben cementati, composti da resti di alghe, bivalvi, gasteropodi ed echinodermi; spessore circa 100-120 m con massimo nel sottosuolo di circa 300 m.

Subsintema di Montezago - KER1 (Pliocene inferiore-medio): depositi di piattaforma costituiti da areniti fini e siltiti grigie bioturbate e fossilifere, in strati tabulari, spesso amalgamati; locali livelli conglomeratici ed accumuli bioclastici; spessore massimo circa 200 m che nel sottosuolo arriva a circa 300 m.

### 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 sedimentato nel Pliocene inferiore.

## **Dominio Ligure**

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

### MCS - FLYSCH DI MONTE 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. Presenza di argilliti nere non carbonatiche in strati molto sottili. Contatto inferiore per alternanza su AVV. Torbiditi e fanghi intrabacinali, in ambiente di piana, sotto la superficie di compensazione dei carbonati. Potenza parziale di circa 400 metri.

Campaniano sup. - Maastrichtiano

### VLU - FORMAZIONE DI VAL LURETTA

Formazione arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa, suddivisibile, sulla base delle litologie dominanti, in tre membri. Torbiditi di bacino relativamente profondo. Paleocene inf. - Eocene medio

1. VLU3 - Membro di Genepreto: Alternanze di calcari e calcari marnosi grigio-biancastri e di marne e marne calcaree grigio chiare, talora nocciola, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Sono presenti locali intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio-scure, in strati medi e di argille marnose rosso vinate, o areniti e peliti marnose grigio scure in set di strati sottili e medi. Passaggio per alternanza a VLU2; Spessore parziale del membro valutabile in 450 m circa; Luteziano;
2. VLU2 - Membro di Monteventano: Alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici (arenarie medie e fini, grigie, talora ricche in frustoli carboniosi e marne siltose nocciola) e di pacchi prevalentemente calcareo marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro (calcari micritici grigio-biancastri e marne e marne calcaree grigio chiare, con locali intercalazioni di arenarie grigie). Contatto su VLU1; Spessore del membro valutabile in 230 m circa; Thanetiano – Ypresiano;
3. VLU1 - Membro di Poviago: Arenarie grigio-nocciola, medie e fini, talora gradate e marne siltose in strati medi e spessi; è stata localmente distinta una litofacies arenaceo-pelitica (VLU1a); il membro è caratterizzato dalla presenza di banchi di marne rosate (dove cartografati, mr), spesso a base calcarenitica (biocalcareni nocciola, grossolane e medie, a Nummuliti e Discocicline) (VLU1b - litofacies marnosa), argilliti rosse in strati da medi a molto spessi, talora banchi, alternati alle arenarie e a calcari e calcari marnosi bianchi in strati spessi e molto spessi (VLU1c – litofacies calcareo-marnosa). Un orizzonte di spessore decametrico di calcari marnosi grigio-chiari è

presente verso la base; contatto, localmente tettonizzato, con BET. Spessore del membro valutabile in 450 m circa; Daniano - Thanetiano

### BET - FLYSCH DI BETTOLA

Marne calcaree, calcari marnosi e marne grigie a base arenitica in strati prevalentemente spessi e molto spessi, frequenti i banchi. Presenti intercalazioni di argilliti scure prive di carbonato di calcio in strati molto sottili e di arenarie medio-fini e peliti in strati medio-sottili. Al tetto della formazione vi sono calcilutiti e calcari marnosi bianchi in strati spessi e molto spessi. Torbiditi carbonatiche, torbiditi silicoclastiche ed emipelagiti bacinali. Spessore 400-500 m.

Campaniano sup. - Daniano

### 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 grigie a base arenacea fine e molto fine in strati da molto sottili a spessi (rapporto A/P da <1 a >1); calciliti e litoareniti grigio chiare, conglomerati e brecce, frequentemente gradati, associati a marne e marne siltose grigie, in strati da medi a molto spessi e banchi. Localmente si intercalano livelli di argille rossastre. Sono talora presenti brecce matrice-sostenute, debolmente cementate, di composizione litica prevalentemente carbonatica, in strati spessi e banchi ed olistoliti eterometrici di Maiolica: depositi da colata e frana sottomarina. Può essere presente una litofacies a brecce argillose (SCBa) con strati spessi di brecce a elementi di rocce sedimentarie a cemento carbonatico; una litofacies calcareo-marnosa (SCBc) con strati molto spessi e banchi di marne calcaree grigie a base arenitica; una litofacies conglomeratica (SCBd) con torbiditi conglomeratico-arenacee in strati spessi e molto spessi ad elementi prevalentemente sedimentari (calcari, arenarie e diaspri) e più raramente cristallini, una litofacies marnoso-siltosa (SCBms). Torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo.

Cenomaniano - Campaniano inf.?

### APA - ARGILLE A PALOMBINI

Argilliti o argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, ocracee, rossastre, fissili, alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre o giallastre in superficie alterata, talora a base calcarenitica laminata, e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi e marne calcaree grigio scure o verdi, in strati medi e spessi. Possono essere presenti, verso la parte sommitale della formazione, marne e marne calcaree in strati medi e spessi e areniti fini in strati sottili. Si possono presentare in brecce monogeniche con abbondante matrice pelitica e clasti calcarei. E' stata localmente distinta una litozona a dominante pelitica, localmente ricca in silt in strati molto

sottili, di colore di alterazione bruno rossastro (APAA – litozona argillitica). Possono essere presenti olistoliti di Serpentiniti ( $\Sigma$ ) costituite da peridotiti lherzolitiche serpentizzate, di colore scuro, verde chiaro all'alterazione, talora brecciate, basalti ( $\beta$ ), olistoliti di breccie ofiolitiche (bo), Diaspri (DSD) e Calcari a Calpionelle (CCL). Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri.

Cretacico inf. - Cretacico sup.

#### CCB - COMPLESSO DI CASE BOSCAINI

Breccie matrice-sostenute a prevalenti clasti calcilutitici chiari tipo palombino ben arrotondati, in matrice argillosa o siltosa grigia, più rari clasti di biocalcareni giallo oca e areniti grigio scure. Sono associati: breccie a matrice argillosa con prevalenti olistoliti ofiolitici di dimensioni fino a decine di metri cubi (bo); dolomie e dolomie calcaree (dc); ofioliti (of); breccie poligeniche costituite da inclusi prevalentemente calcarei (bp1); serpentiniti brecciate ( $\Sigma$ ); torbiditi calcareo-marnose (CCBcm); Calcari a calpionelle (CCL); diaspri (DSD).

Campaniano?

#### GUS - ARGILLITI DI GUSELLI

Argille e argilliti rosse, grigio scure e verdi, con intercalate areniti torbiditiche grigie in livelli molto sottili o medi, lenti di calcilutiti silicee grigio chiare e grigio-verdi, con patine verde scuro sulle superfici di strato, calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi intercalati ad argilliti siltose grigio scure, arenarie e siltiti manganesifere di colore grigio scuro e calcareniti medio-grossolane in strati da medi a spessi. Localmente distinte una litofacies calcareo-marnosa (GUSa) con torbiditi calcareo-marnose in strati da medi a molto spessi e banchi, ed interstrati di peliti nere, una litofacies a breccie poligeniche (GUSb) con breccie ad elementi ofiolitici e sedimentari, una litofacies pelitico-calcarea (GUSc), potente fino a 50m, con argille grigio scure intercalate a strati calcilutitici grigio-verdi sottili e medi ed areniti robiditiche grigie in livelli molto sottili. Potenza geometrica fino a un centinaio di metri. Cretacico sup.?

### 3.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Gropparello, sito in posizione centro-meridionale della Provincia di Piacenza, è collocato nel contesto di transizione tra l'alta pianura terrazzata e l'ambito collinare-montano.

Il comune di Gropparello confina a nord con i comuni di Carpaneto Piacentino e San Giorgio Piacentino, ad est con il comune di Lugagnano Val d'Arda, ad ovest con i comuni di Bettola e Ponte dell'Olio, mentre a sud con il comune di Monfasso. Oltre al capoluogo Gropparello, il comune è suddiviso in varie frazioni: Veggiola, Sariano, Gusano, Groppovisdomo, Obolo, Montechino, Magnani, Mandola, Pierfrancesco, Montechino e Bersani.

La superficie totale è di circa 56 km<sup>2</sup> e si sviluppa in forma allungata in senso circa S-N. La fascia altimetrica di distribuzione varia da circa 150 m s.l.m. nelle propaggini più settentrionali verso la pianura, a circa 1100 m s.l.m. della sommità del Monte Obolo, situato a sud al confine con l'adiacente comune di Morfazzo. L'area è delimitata grossomodo ad est dal Torrente Chero ed a ovest dal Torrente Riglio.

La morfologia del territorio comunale di Gropparello si presenta particolarmente articolata e mostra una significativa differenziazione.

Il settore centro-settentrionale del territorio è caratterizzato da morfologia sub-pianeggiante interrotte da orli di terrazza e da depositi di conoide alluvionale nella parte più meridionale del territorio, per passare ad una morfologia collinare, in cui si insedia il nucleo urbano di Gropparello.

Il settore meridionale è invece caratterizzato da morfologia collinare e di media montagna con versanti mediamente acclivi. I versanti sono localmente interrotti da incisioni costituenti il reticolo idrografico torrentizio. Tali versanti sono interessati da fenomeni di dinamica geomorfologica superficiale e profonda di carattere attivi e quiescente.

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.

#### 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, Sintema di Badagnano, Sintema del T. Chero, Argille Azzurre):

- 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 (Argille a Palombini, Complesso di Case Boscaini, Argilliti di Guselli, brecce serpentinitiche):
- la successione stratigrafica è costituita prevalentemente da marne, peliti ed argilliti con basso grado di morfoselezione;
  - la natura tessenale 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 (Arenarie di Scabiazza, Flysch di Bettola, Formazione di Val Luretta, Flysch di M. Cassio, Serpentine):
- 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

franosì, 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.

### **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'innescò sia dei processi erosivi, con formazione di calanchi, sia del collasso per movimenti gravitativi.

L'acqua d'infiltrazione risulta 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, Flysch 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.

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

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

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

## **4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI E METODOLOGIE DI ELABORAZIONE**

### **4.1 DATI GEOTECNICI**

Allo Scopo di supportare il presente Studio di Microzonazione Sismica con conoscenze stratigrafiche e geotecniche, è stata condotta una raccolta dei dati geognostici esistenti resi disponibili dall'Amministrazione.

La ricerca bibliografica non ha prodotto risultati soddisfacenti ma ha comunque permesso di raccogliere:

- n° 42 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- n° 5 prove penetrometriche statiche

Data la scarsità di dati pregressi, si è deciso di riportare queste prove d'archivio sulla Carta delle Indagini (Tav. 1) anche se in diversi casi risultano non molto significative in termini di profondità raggiunta con l'investigazione.

Le prove penetrometriche sono spinte in genere a rifiuto strumentale, e in funzione della natura dei terreni presenti hanno raggiunto profondità comprese tra 3-12 m.

Negli allegati 3-4 vengono riportati, suddivisi per zone (vedi Tav. 1 – Carta delle Indagini), i risultati delle prove penetrometriche raccolte.

### **4.2 DATI GEOFISICI**

L'indagine bibliografica ha permesso di raccogliere una sola indagine geofisica (n° 1 Masw a Gropparello).

Al fine di acquisire la necessaria caratterizzazione del primo sottosuolo in termini di valori geofisici di velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ), sono quindi state realizzate le seguenti prove geofisiche negli insediamenti principali presenti sul territorio comunale:

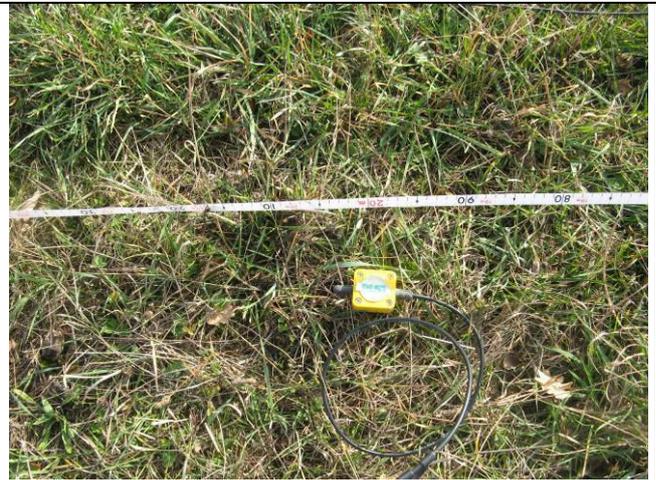
- **n° 19 Masw**, distribuite oltre che nel capoluogo anche nelle frazioni principali. All'interno di questi macro-aree sono presenti sia le aree urbanizzate che quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche. Questo ha permesso di caratterizzare, quanto più possibile, le situazioni stratigrafiche principali.
- **n° 21 Hvsr**, di cui 19 accoppiate alle Masw e 2 in siti differenti, al fine di individuare eventuali frequenze di risonanza.

#### 4.2.1 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE (MASW) – ALLEGATO 1

Le indagini Masw sono state effettuate utilizzando un sismografo digitale a 24 canali PASI (mod. 16S-U), dotato di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz (spaziatura tra geofoni 2 m, 2s di acquisizione, offset minimi di 2-5-10 m).



Sismografo utilizzato.



Particolare dei geofoni utilizzati.

L'indagine, attraverso una serie di acquisizioni MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), è finalizzata alla caratterizzazione della risposta sismica dei vari siti in studio, attraverso la definizione del profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Nel loro insieme, le procedure adottate fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

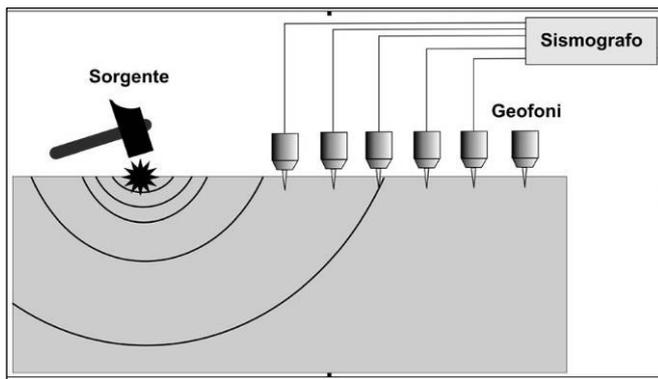
La tecnica non è invasiva e richiede una fonte di energizzazione (mazza battente).



Sistema di energizzazione-battuta.



Stendimento sismico



fase.

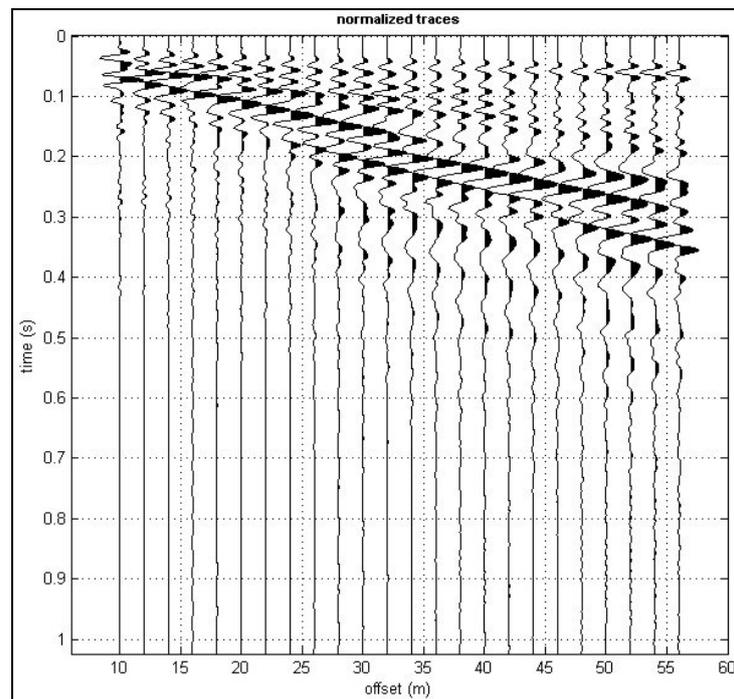
Le onde *Rayleigh*, che sono il risultato dell'interferenza fra le onde di pressione "P" e quelle di taglio "S", si trasmettono sulla superficie libera e, in un terreno stratificato, subiscono una sorta di dispersione con velocità di propagazione che dipende dalla frequenza.

Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità per cui hanno una maggior velocità di

### Elaborazione dati - Software

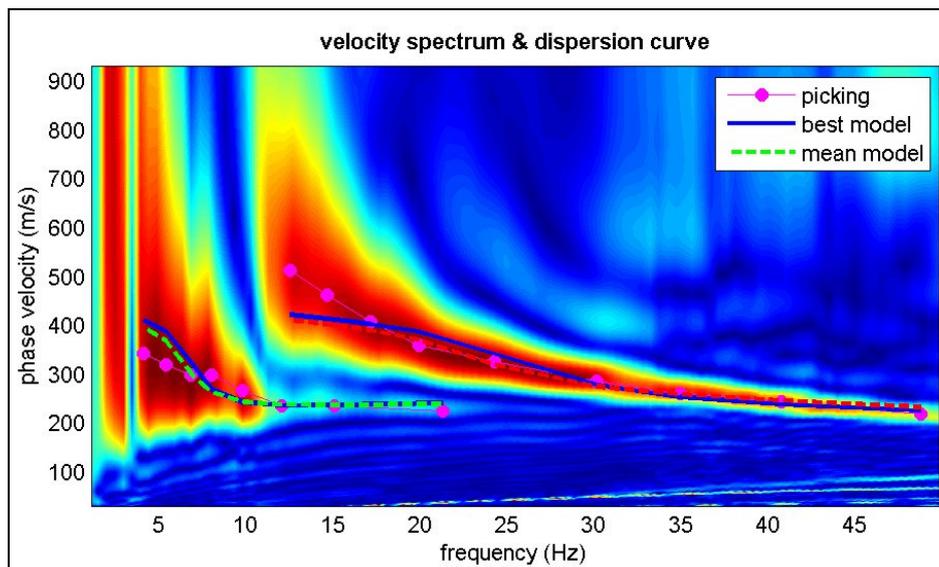
Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software *winMASW 4.8 Pro* ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)).

Per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS), i dati acquisiti sono stati elaborati tramite i seguenti passaggi: determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime.

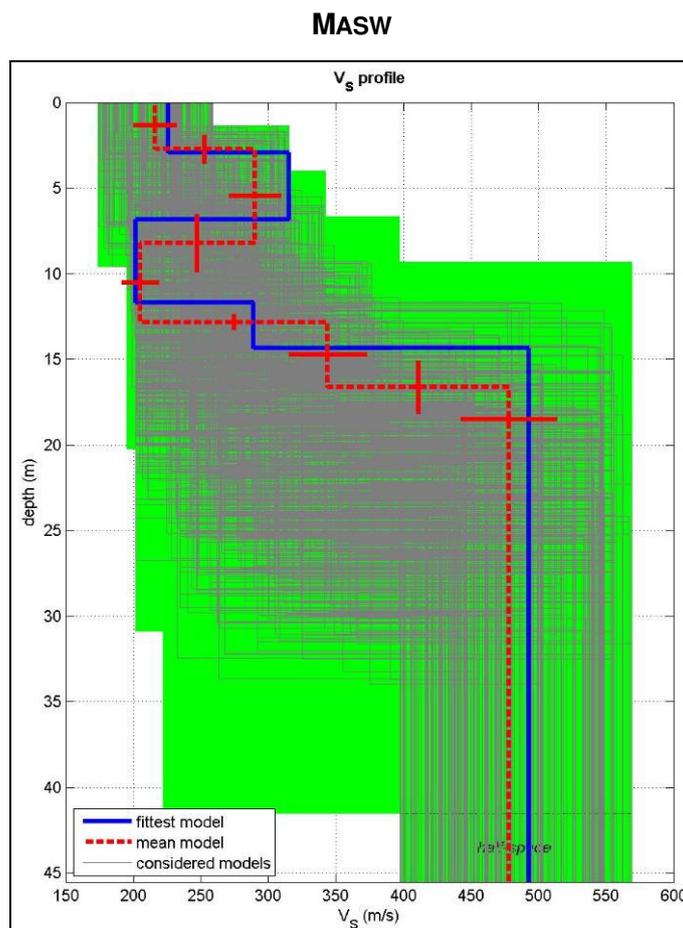


Esempio di Dataset utilizzato con le tracce in arrivo ai geofoni.

Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale viene identificata la curva di dispersione.



Di seguito si riporta il profilo verticale delle Vs (Allegato 1).



Tutti i risultati ottenuti ed i diagrammi di elaborazione delle Masw sono riportati nelle schede in All. 1.

#### 4.2.2 ANALISI SISMICA PASSIVA DEI MICROTREMORI CON TECNICA HVSR – ALLEGATO 2

Nelle aree di indagine sono state condotte acquisizioni con tecnica HVSR tramite registrazione con tromografo di rumore sismico ambientale di fondo (microtremore). L'indagine si pone come obiettivo preminente l'individuazione delle diverse frequenze di risonanza del terreno il tutto, nell'ottica di valutare eventuali fenomeni di amplificazione del moto sismico nel terreno d'indagine.

##### Strumentazione utilizzata

La registrazione di rumore sismico ambientale è stata effettuata tramite tromografo digitale *Tromino* della *Micromed s.p.a.*; tale strumento permette sia l'acquisizione digitale in alta risoluzione in modo passivo/non intrusivo che il pre-processing dei dati. Esso è costituito da tre velocimetri elettrodinamici ortogonali (N-S, E-W e UP-DOWN) autobloccanti in fase di non acquisizione.

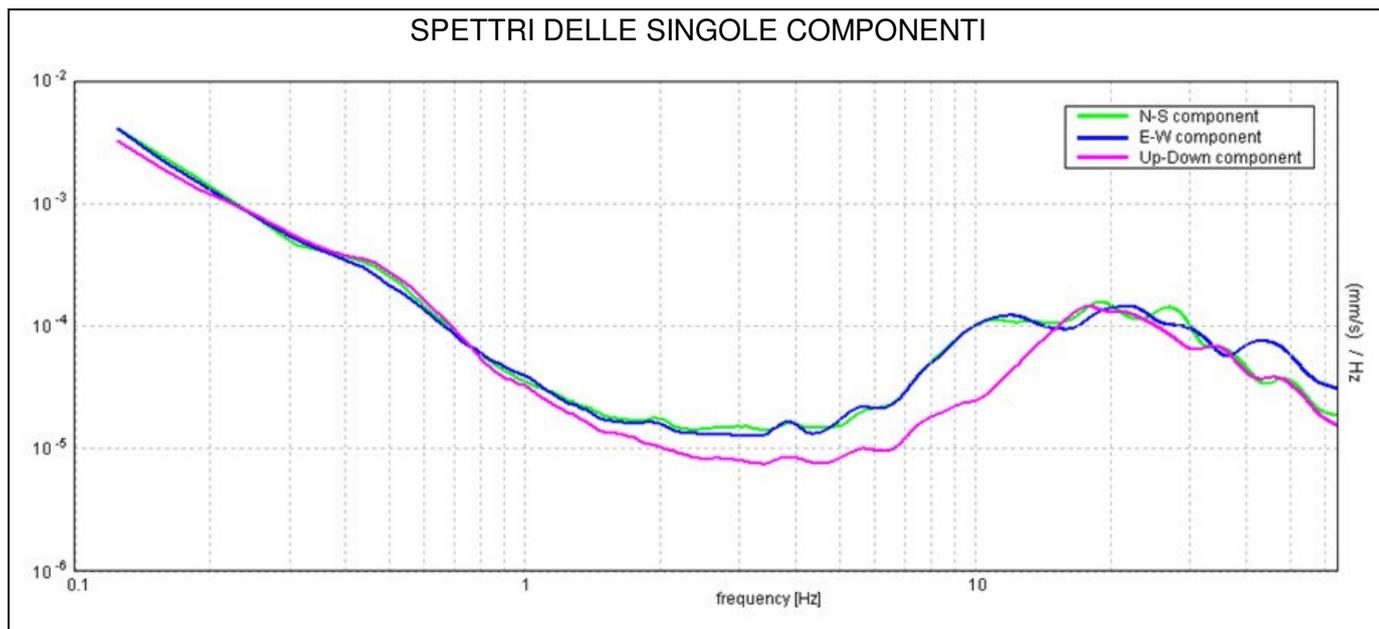
Qui di seguito vengono riportate le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato.

SPECIFICHE TECNICHE	
<b>Costruttore:</b>	Micromed S.P.A. via Giordano 2 - 31020 - Mogliano Veneto (TV) - Italia tel. +39-041-5937000 fax +39-041-5937011 e mail: info@tromino.it support@tromino.it
<b>Apparato:</b>	TROMENO® sistema ultraportatile di acquisizione del rumore sismico
<b>Classificazione:</b>	- CISPR 11 - EN 55011 (appareati a radiofrequenza Industriale, Scientifici e Medicali (ISM) - Caratteristiche disturbi radio - Limiti e metodi di misura). Gruppo1 Classe B
<b>Conformità agli standard:</b>	EN 55011, IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-3.
<b>Alimentazione</b>	2 x 1.5 V <sub>DC</sub> AA, batterie alcaline
<b>Voltaggio Interno</b>	+3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica
<b>Potenza utilizzata</b>	75 mW (GPS inattivo), 450 mW (GPS attivo)
<b>Durata Batteria</b>	80 h in continuo. GPS inattivo
<b>Numero canali</b>	7 + 1 analogico
<b>Amplificatori</b>	tutti i canali con ingressi differenziali
<b>Rumore</b>	< 0.5 µV r.m.s. @ campionamento 128Hz
<b>Impedenza in ingresso</b>	10 <sup>6</sup> Ω
<b>Intervallo di frequenza</b>	DC - 360 Hz
<b>Frequenza campionamento</b>	16384 Hz per canale
<b>Frequenza sovracamp.</b>	32x, 64x, 128x
<b>Risoluzione A/D</b>	24 bit equivalenti
<b>Max ingresso analogico</b>	51.2 mV (781 mV/divigi)
<b>Display</b>	grafico, 128 x 64 pixel, retroilluminato
<b>Tastiera</b>	soft-touch, 4 tasti
<b>Orologio</b>	interno, permanente con data e allarme, può essere visualizzato durante l'acquisizione
<b>GPS</b>	12 canali con marcatempo (precisione 1 µs)
<b>Livellamento</b>	a bolla, alta precisione orizzontale, sensibilità 5° arco (0.083°)
<b>Connessioni</b>	Porta USB tipo B
<b>Registrazione dati</b>	memoria interna standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
<b>Dimensioni e peso</b>	10 x 14 x 7.7 (altezza) cm 1.1 kg Contenitore in alluminio
<b>Accoppiamento al terreno</b>	piedini o cuscinio reologico
<b>Condizioni ambientali per l'uso</b>	temperatura - 10 / +70°C umidità 0-90% senza condensa
<b>Impermeabilità</b>	Indice di protezione IP → 65 (a prova di polvere e schizzi)
<b>Sensori</b>	3 velocimetri elettrodinamici ortogonali Auto-bloccanti quando non acquisiscono Correzione elettronica ed attraverso il software <i>Grilla</i> per la risposta in frequenza dei sensori
<b>Intervallo frequenza di lavoro</b>	0.1 - 256 Hz.

In ogni sito d'indagine sono state effettuate n° 2 acquisizioni da 16-20 min ciascuna.

Le registrazioni sono state effettuate su terreni mediamente compatti; a tal proposito si specifica che sono stati eliminati i primi centimetri di terreno pulendo e regolarizzando il piano di posa al fine di un corretto posizionamento/funzionamento dello strumento.

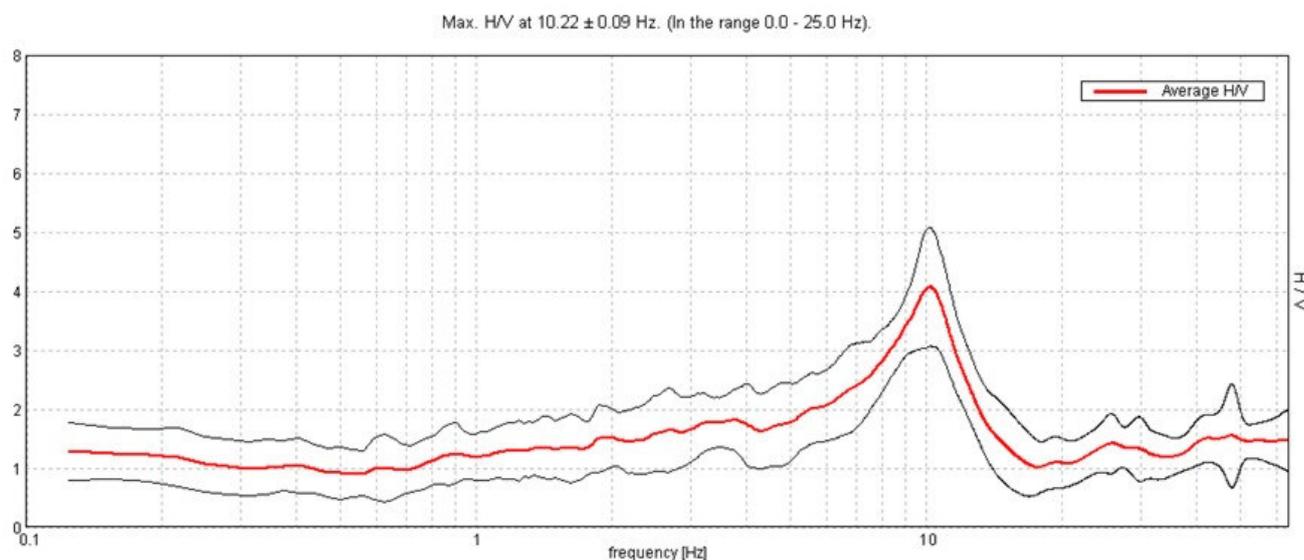
L'elaborazione dei dati è stata effettuata tramite il software *Grilla vers. 6.1* in dotazione allo strumento; esso permette di definire gli spettri delle singole componenti (N-S, E-W e UP-DOWN), di effettuare le analisi H/V e di valutare eventualmente la VS30.



Interpretazione dei dati

L'ipotesi alla base della metodologia di elaborazione è che essendo i microtremori causati prevalentemente dalle onde di Rayleigh, la componente verticale del moto non subisce fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, mentre detto fenomeno avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza ( $F_0$ ) dei terreni indagati. Eseguendo quindi il rapporto tra gli spettri di frequenza orizzontale e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



In fase di elaborazione dati, inoltre, è stata eseguita anche un'analisi H/V con una percentuale di *smoothing* inferiore ovvero pari all'1% in modo tale da individuare i vari picchi antropici e le loro frequenze; tale analisi conferma, sostanzialmente, che i picchi H/V alle frequenze individuate sono di natura stratigrafica.

Il software GRILLA permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, la serie di rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 secondi) per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto. Su ciascuna di queste finestre viene calcolato lo spettro di ampiezza del segnale nelle tre componenti. In questa fase è stata applicato un sistema di lisciamento (*smoothing*) triangolare del 10% adottato per la determinazione dello spettro.

Dopo un opportuno lisciamento, le ordinate spettrali del moto sul piano orizzontale, ottenute mediando opportunamente i valori ottenuti nelle due direzioni principali, sono state divise per quelle ottenute nella direzione verticale.

L'andamento dei rapporti spettrali è stato quindi ottenuto mediando i valori ottenuti per le diverse finestre temporali considerate. Per definire la qualità delle misure sono state anche valutate le variazioni temporali e azimutali dei rapporti spettrali nel corso della sessione di misura e fatta una stima del relativo intervallo di confidenza.

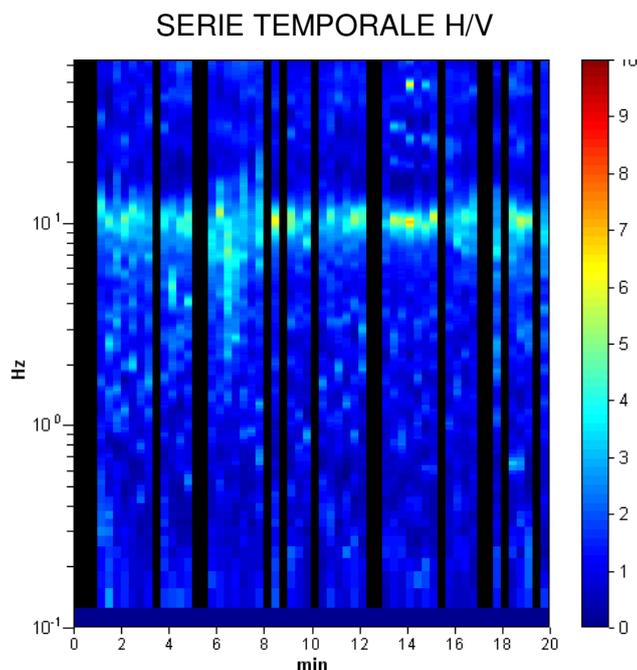
Di seguito sarà brevemente descritta la procedura di analisi seguita:

- Ciascuna delle tracce è suddivisa in segmenti o finestre di 20 secondi.
- In ogni finestra e per ciascuna delle tracce viene eseguita:
  - un'analisi preliminare: eliminazione di trend lineari (*detrend*) e *tapering* delle estremità.
  - la trasformata di Fourier (FFT)
  - il lisciamento degli spettri con finestra triangolare ampia una frazione della frequenza centrale (in questo lavoro generalmente il 10%).
- Le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali vengono mediate in modo geometrico, e vengono calcolati i rapporti HVSR ( $f$ ), in ciascuna finestra temporale.
- Si calcolano i rapporti HVSR medi ed il relativo intervallo di confidenza al 95%. Alla frequenza di risonanza viene associata una stima dell'incertezza sperimentale.

Lo spettro relativo alla componente orizzontale viene ottenuto effettuando la media (solitamente geometrica) delle due componenti spettrali del rumore sul piano orizzontale. La combinazione delle stime ottenute nelle diverse finestre temporali viene poi utilizzata per costruire la funzione H/V finale e stimare il relativo intervallo di confidenza. In particolare, la funzione H/V è ottenuta facendo la media dei valori delle funzioni H/V calcolate in ogni finestra temporale.

Per verificare se le misure sono state effettuate in condizioni ottimali per i fini geognostici (campo d'onde diffuso), oltre alla stima della curva H/V, risulta quindi utile valutare l'eventuale presenza di

fenomeni direzionali (eterogeneità del campo di rumore) e la stabilità nel tempo della funzione H/V durante la misura (stazionarietà). In presenza di un campo di rumore diffuso il valore della funzione H/V non deve cambiare nel tempo o al variare della direzione. Al contrario, la presenza di sorgenti dominanti o il cattivo posizionamento dello strumento (basculamento) si manifesta come una variazione direzionale e/o temporale dei rapporti H/V.



Sperimentalmente, l'analisi di qualità della misura può essere effettuata confrontando le ampiezze spettrali medie del rumore misurato lungo le due componenti orizzontali, oppure calcolare diversi valori della funzione H/V di volta in volta proiettando lungo direzioni differenti le ampiezze spettrali ottenute sul piano orizzontale. La stazionarietà nel tempo, invece, può essere valutata rappresentando in funzione del tempo le funzioni H/V ottenute nelle diverse finestre temporali considerate.

## 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  $V_s < 800$  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 (Tav. 2);
- Sezioni geologiche (Tav. 3);
- legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Piacenza (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: 42 prove penetrometriche dinamiche pesanti, 5 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT), 22 Stazioni microtremore a stazione singola e 20 MASW.

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
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

Le aree indagate con il presente studio sono state nel complesso suddivise in **6 modelli di sottosuolo rappresentativi**, che poi nella carta delle MOPS diventeranno 6 microzone omogenee principali (v. tav. 6). Di seguito se ne riporta una breve descrizione.

### **ZONA STABILE**

Questa zona comprende le aree caratterizzate da substrato geologico lapideo e lapideo stratificato ( $V_{s_{sub}} > 800$  m/s) affiorante o subaffiorante (<3m).

Questa zona è stata individuata nelle seguenti località: Gropparello zone di dorsale, Gusano zone di dorsale, Carini di Gusano, Castellana, Bersani.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "LPS – lapideo stratificato", è formato da rocce dure appartenenti alle unità delle Arenarie di Scabiazza, dei Flysch di Bettola, della Formazione di Val Luretta e del Flysch di M. Cassio.

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

### **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**

#### **ZONA 1**

La zona 1 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido ( $V_{s_{sub}} < 800$  m/s) subaffiorante o situato a limitata profondità (<3 m) dal piano campagna. L'eventuale copertura è in prevalenza di natura argillosa e limosa.

La zona è stata individuata nelle seguenti località: Sariano zone di dorsale.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NR – non rigido", è formato da terreni poco cementati e rocce tenere appartenenti al Dominio Padano-Adriatico. Affiorano le seguenti unità: Sintema del T. Chero, Sintema del T. Stirone, Sintema di Badagnano, Sintema di Costamezzana e Argille Azzurre.

## **ZONA 2**

La zona 2 comprende le Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido stratificato ( $V_{s_{sub}} < 800$  m/s) subafiorante o situato a limitata profondità (<3 m) dal piano campagna. L'eventuale copertura è di natura argillosa e limosa con frazione grossolana.

La zona 2 è stata individuata nelle seguenti località: Pierfrancesco e Montechino.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "LPS – lapideo stratificato", è formato da rocce dure appartenenti alle unità delle Arenarie di Scabiazza, dei Flysch di Bettola, della Formazione di Val Luretta e del Flysch di M. Cassio.

## **ZONA 3**

La zona 3 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico di varia natura (lapideo stratificato, coesivo sovraconsolidato stratificato, granulare cementato), per lo più con  $V_{s_{sub}} > 800$  m/s, sovrastato da spessori dell'ordine dei 10-15 m di terreni di copertura e/o di substrato superficiale alterato/detensionato con Vs comprese tra 200-500 m/s.

La zona 3 è stata individuata nelle seguenti località: Obolo, Mandola, Magnani, Gusano, Sariano.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NRS – non rigido stratificato", è formato da rocce tenere stratificate prevalentemente pelitiche e siltitiche. Affiorano le seguenti unità: Argille a Palombini, Complesso di Case Boscaini e Argilliti di Guselli.

## **ZONA 4**

La zona 4 comprende le Aree caratterizzate da substrato geologico lapideo stratificato sovrastato da spessori dell'ordine dei 15-25 m di terreni di copertura e/o di substrato superficiale alterato/detensionato con Vs comprese tra 200-550 m/s.

È presente quindi un elevato spessore di alterazione che si spinge fino a profondità, come detto, di 15-25 m dal piano campagna. La copertura è di natura argillosa prevalente.

La zona 4 è stata individuata nelle seguenti località: Gropparello ( $V_{s_{sub}} < 800$  m/s), Groppo Visdomo ( $V_{s_{sub}} > 800$  m/s).

Il substrato geologico, indicato con la sigla "LPS – lapideo stratificato", è formato da rocce dure appartenenti alle unità delle Arenarie di Scabiazza, dei Flysch di Bettola, della Formazione di Val Luretta e del Flysch di M. Cassio.

## **ZONA 5**

La zona 7 comprende le Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido ( $V_{s_{sub}} 470-560$  m/s), situato a profondità di circa 14-17 m. La copertura è di natura ghiaiosa e ghiaiosa argillosa prevalente. La zona 7 è stata individuata nelle seguenti località: Sariano, La Valle e Veggiola.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NR – non rigido", è formato da rocce tenere appartenenti al Dominio Padano-Adriatico. Affiorano l'unità delle Argille Azzurre.

## 6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

### LIMITAZIONI DELLO STUDIO

Occorre evidenziare che il presente studio è stato effettuato sui dati disponibili per il territorio in esame; 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 informazione del paesaggio geologico;
- nelle aree d'indagine, che comprendono il territorio urbanizzato e di futura urbanizzazione, non sono presenti sondaggi a carotaggio continuo; sono disponibili anche se piuttosto rarefatte prove penetrometriche dinamiche (DPHS) e alcune prove penetrometriche statiche;
- le prove geofisiche utilizzate sono tutte di tipo indiretto di superficie e anche in questo caso poco distribuite; sul territorio comunale non sono presenti misure geofisiche di tipo dirette eseguite in foro di sondaggio (downhole, crosshole...);
- 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;

#### *Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi*

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici (da bibliografia)	<b>Bassa</b>	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
	<b>Media</b>	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
	<b>Media</b>	Da prove indirette (Masw, Hvsr) e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

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

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.

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

## 7. RISULTATI

Ad integrazione delle indagini pregresse sono state realizzate le seguenti nuove indagini geofisiche:

- n° 19 Masw
- n° 21 Hvsr

### 7.1 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE -MASW

Tutte le indagini Masw hanno raggiunto il bedrock dell'area investigata e quindi hanno permesso di determinare parametri essenziali quali:

- VsH (m/s): velocità delle onde S nei depositi di copertura
- H (m): spessore dei depositi di copertura (profondità del bedrock)
- Vs30 (m/s): velocità delle onde S fino a 30 m di profondità
- Vs sub (m/s): velocità delle onde S nel substrato

Di seguito si riportano in forma schematica i risultati ottenuti.

**Tabella di sintesi delle prove geofisiche MASW**

<b><i>Tipo e n° di prova</i></b>	<b><i>Località</i></b>	<b><i>H (m)</i></b>	<b><i>VsH (m/s)</i></b>	<b><i>Vs30 (m/s)</i></b>	<b><i>Vs sub (m/s)</i></b>
MASW 1	Sariano	15.9	273	359	557
MASW 2	Sariano	14.8	251	334	490
MASW 3	Sariano	9.1	207	429	794
MASW 4	La Valle	14.3	291	365	513
MASW 5	Gropparello	15.4	265	381	712
MASW 6	Gropparello	19.7	286	371	867
MASW 7	Gropparello	23.7	356	404	825
MASW 8	Gropparello	15.8	310	448	913
MASW 9	Gropparello	18.8	263	347	735

MASW 10	Castellana	5.4	309	631	859
MASW 11	Bersani	6	265	572	899
MASW 12	Gusano	14.1	220	332	840
MASW 13	Veggiola	16.6	255	322	478
MASW 14	Mandola	12.6	241	391	832
MASW 15	Magnani	14	253	374	730
MASW 16	Pierfrancesco	<5	~200	-	<800
MASW 17	Gropo Visdomo	18.5	313	384	942
MASW 18	Montechino	<5	~200	-	<800
MASW 19	Obolo	15.4	330	480	920
MASW 1 – IG_01	Gropparello	-	-	359	-

H: terreni di copertura – VsH: velocità onde S dei terreni di copertura – Vs30: velocità equivalente onde S nei 30 m

Vs sub: velocità onde S del substrato – FA: valori dei fattori di amplificazione stratigrafica (DAL 112/2007 RER).

## 7.2 ANALISI SISMICA PASSIVA DEI MICROTREMORI – HVSR

Le indagini hanno verificato:

- valore di  $f_0$  corrispondente al picco significativo a più bassa frequenza (fr. di risonanza fondamentale)
- valore di  $f_{1-2}$  corrispondente ad altri picchi significativi a più alta frequenza

Nel caso di spettri in cui sono stati individuati più di un picco di frequenza, quello più significativo è stato scelto in base ai seguenti parametri valutativi in ordine di importanza:

- valore di frequenza in funzione alla tipologia edilizia (n° piani)
- ampiezza del picco
- bassa frequenza

Il primo parametro ha fatto scegliere quali frequenze di risonanza principali quelle con valori intorno ai 6-7 hz di contro a valori di 2-4 hz (Hvsr n° 8-19).

**Tabella di sintesi delle prove geofisiche – HVSR**

<i>Tipo e n° di prova</i>	<i>Località</i>	<i>f1(hz)</i>	<i>Amp f1(n°)</i>	<i>f2(hz)</i>	<i>Amp f2(n°)</i>
HVSR 1	Sariano	-	-	-	-
HVSR 2	Sariano	<b>15.88</b>	1.66 (<2)	-	-
HVSR 3	Sariano	<b>7.5</b>	2.47	-	-
HVSR 4	La Valle	-	-	-	-
HVSR 5	Gropparello	<b>4.06</b>	1.79 (<2)	-	-
HVSR 6	Gropparello	<b>5.03</b>	2.79	-	-
HVSR 7	Gropparello	<b>16.84</b>	4.04	-	-
HVSR 8	Gropparello	<b>7.34</b>	3.57	<b>3.5</b>	3
HVSR 9	Gropparello	<b>4.34</b>	2.71	-	-
HVSR 10	Castellana	<b>17.19</b>	3.59	<b>4.2</b>	2.3
HVSR 11	Bersani	<b>3.91</b>	2.09	-	-
HVSR 12	Gusano	<b>5.34</b>	2.46	<b>28</b>	2.8-
HVSR 13	Veggiola	<b>10.81</b>	2.76	-	-
HVSR 14	Mandola	<b>10.22</b>	4.08	-	-
HVSR 15	Magnani	<b>13.75</b>	1.76 (<2)	-	-
HVSR 16	Pierfrancesco	<b>3.34</b>	2.74	-	-
HVSR 17	Gropo Visdomo	<b>7.13</b>	2.89	-	-
HVSR 18	Montechino	<b>16.56</b>	2.40	-	-
HVSR 19	Obolo	<b>6.56</b>	3.75	<b>2</b>	2.1
HVSR 20	Carini di Gusano	<b>6.06</b>	1.74 (<2)	-	-
HVSR 21	Gusano	-	-	-	-

f1: frequenza di risonanza fondamentale – f2: altra freq. di risonanza secondaria - Amp.: ampiezza del picco di freq.

## 8. ELABORATI CARTOGRAFICI

A corredo dello studio di microzonazione sismica sono state prodotte 7 tavole tematiche a scala 1:5.000:

- 1) Carta delle Indagini.
- 2) Carta Geologica-Tecnica.
- 3) Sezioni geologiche.
- 4) Carta delle frequenze naturali dei terreni.
- 5) Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).
- 6) Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).
- 7) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA P.G.A.
- 8) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.1-0.5 s
- 9) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.5-1 s

### CARTA DELLE INDAGINI – TAV 1

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

In particolare sono documentate:

- 42 prove penetrometriche dinamiche pesanti (indagini pregresse)
- 5 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) (indagini pregresse)
- 21 Stazioni microtremore a stazione singola (tutte di nuova realizzazione);
- 20 MASW (di cui 19 di nuova realizzazione).

I simboli adottati sono i seguenti.

	Prova penetrometrica dinamica pesante
	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
	Stazione microtremore a stazione singola
	MASW

Importante sottolineare che la distribuzione areale delle nuove prove geofisiche eseguite segue le necessità imposte dalla distribuzione geografica dei principali nuclei abitati, e dalla profondità e qualità del supposto "bedrock sismico".

## CARTA GEOLOGICO TECNICA - TAV 2

Nella Carta geologico tecnica sono rappresentati:

- i terreni di copertura, prodotti dalla degradazione meteorica del substrato geologico;
- i terreni e le rocce del substrato geologico;
- le faglie e le forme del dissesto individuate dalla carta del PTCP della provincia di Piacenza.

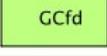
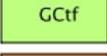
### Terreni di copertura

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

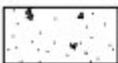
GM: depositi fluviali adiacenti ai principali corsi d'acqua che attraversano il Comune di Gropparello e depositi fluviali sedimentati alla base dei versanti delle valli principali dai corsi d'acqua secondari nei cosiddetti conoidi di deiezione.

GC: 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;

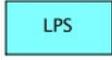
CL: prodotti della degradazione meteorica delle Arenarie di Scabiazza, dei Flysch di Bettola, della Formazione di Val Luretta, del Flysch di M. Cassio e delle Serpentini.

Legenda	
Terreni di copertura	
	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di falda detritica
	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di terrazzo fluviale
	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di conoidi di deiezione
	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di falda detritica
	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di terrazzo fluviale
	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di eluvi/colluvi

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.

Instabilità di versante	
	Frana attiva (non definita)
	Frana quiescente (non definita)
Forme di superficie e sepolte	
	Falda detritica

## Substrato

Substrato geologico rigido o non rigido	
	Lapideo con amplificazione topografica
	Lapideo stratificato
	Substrato geologico non rigido
	Substrato geologico non rigido, stratificato

I depositi marini e paralici relativi al Sintema del T. Chero, al Sintema di Badagnano, al Sintema del Torrente Stirone, al Sintema di Costamezzana sono indicati con la sigla “NR – Substrato geologico non rigido”.

Le rocce tenere appartenenti al Dominio Padano-Adriatico, quali le Argille Azzurre sono indicate con la sigla “NR – Substrato geologico non rigido”.

Le rocce dure massive appartenenti al gruppo delle ofioliti e delle Serpentiniti sono indicati con la sigla “LP – lapideo”.

Le rocce dure stratificate prevalentemente calcaree ed arenacee delle Arenarie di Scabiazza, dei Flysch di Bettola, della Formazione di Val Luretta e del Flysch di M. Cassio sono indicati con la sigla “LPS – lapideo stratificato”.

Le rocce tenere stratificate prevalentemente pelitiche e siltitiche delle Argille a Palombini, del Complesso di Case Boscaini, delle Argilliti di Guselli sono indicati con la sigla “NR – Substrato geologico non rigido stratificato”.

Le rocce tenere composte da brecce ofiolitiche sono indicate con la sigla “NR – Substrato geologico non rigido stratificato”.

### Note di rappresentazione grafica (concordate con il Dott. Martelli Luca della RER)

- 1) In Legenda, seppur non previsti dagli Standard di rappresentazione, sono stati riportati anche i codici relativi agli ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura.
- 2) Vengono evidenziate, con un sovrassegno rigato nero, le aree soggette ad amplificazione topografica.

### SEZIONI GEOLOGICHE – TAV 3

Le zone indagate sono corredate da sezioni geologiche significative, in numero adeguato orientate sia trasversalmente sia longitudinalmente ai principali elementi geologici.

Le sezioni permettono di ben schematizzare, le caratteristiche morfometriche e il modello geologico-strutturale generale delle aree in studio, evidenziando gli assetti formazionali, i contatti tettonici tra le diverse Unità, i depositi superficiali principali.

Sono state rappresentate 15 sezioni geologiche per la rappresentazione strutturale del sottosuolo delle varie aree d'indagini del Comune di Gropparello ovvero quelle classificate nella tavola dello strumento di pianificazione come perimetro urbanizzato o da urbanizzare.

- Sezione 1S/1N: Obolo;
- Sezione 2E/2O: Groppo Visdomo;
- Sezione 3S/3N: Magnani/Mandola;
- Sezione 4S/4N: Suvernoni/Montechino;
- Sezione 5S/5N: Castellana;
- Sezione 6S/6N: Carini di Gusano;
- Sezione 7S/7N: Gropparello;
- Sezione 8E/8O: Gropparello;
- Sezione 9S/9N: La Valle;
- Sezione 10S/10N: Gusano;
- Sezione 11S/11N: Veggiola;
- Sezione 12S/12N: Galottelli;
- Sezione 13S/13N: Sariano;
- Sezione 14S/14N: Pierfrancesco;
- Sezione 15S/15N: Bersani.

## CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI – TAV 4

Questa tavola deriva da indagini di sismica passiva. Sono riportati tutti i punti di misura (21 Stazioni microtremore a stazione singola- HVSR sulle vibrazioni ambientali), con associato il risultato della prova:

- valore di  $f_0$  corrispondente al picco significativo
- valore di  $f_{1-2}$  corrispondente ad altri picchi significativi
- indicazione dell'assenza di picchi.

 Stazione microtremore a stazione singola <b>033025P66HVSR66</b>	
f1	frequenza naturale del terreno
f2	frequenza naturale del terreno

Come già detto, nel caso di spettri in cui sono stati individuati più di un picco di frequenza, quello più significativo è stato scelto in base ai seguenti parametri valutativi in ordine di importanza:

- valore di frequenza in funzione alla tipologia edilizia ( $n^\circ$  piani)
- ampiezza del picco
- bassa frequenza

Nelle Hvsr  $n^\circ$  8 e 19, sulla base del primo parametro sopra elencato, è stata individuata quale frequenza di risonanza principale quella con valori intorno ai 6-7 hz di contro a valori di 2-4 hz.

Considerando che sussiste una correlazione diretta (anche se non lineare) tra i fenomeni di “risonanza” e l'amplificazione del moto del suolo in concomitanza di sollecitazione sismica (effetti di sito), risulta evidente l'utilità di detta tipologia di indagine per individuare, come previsto dal primo livello di approfondimento degli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, le aree a maggior rischio di doppia risonanza in relazione alla tipologia edilizia.

Dall'analisi dei risultati ottenuti, in generale si osserva che:

- $n^\circ$  12 Hvsr presentano picchi principali ad alta frequenza (>6hz compresi tra 6-17 hz)
- $n^\circ$  9 Hvsr presentano picchi principali a media-bassa frequenza (<6hz compresi tra 3-6 hz)
- generalmente i picchi non presentano ampiezze nette e/o elevate (da 2 a 4); solo in pochi casi il picco si presenta netto e ad ampiezza elevata (>3.5 - abitati di I Gelati, Mandola, Obolo, Castellana).

I risultati possono essere distinti sulla base di alti o bassi contrasti di impedenza alla base delle coperture grazie alla quantificazione numerica dell'ampiezza massima della curva HVSR.

Indicativamente si possono individuare due classi (non distinte sulla carta):

2÷3 (basso contrasto di impedenza)

3÷5 (medio contrasto di impedenza)

Non si è ritenuto opportuno creare classi di frequenza o aree omogenee di ugual frequenza ma si sono mantenuti i valori puntuali delle indagini.

Dall'osservazione dei dati ottenuti si consiglia, in fase di studio esecutivo di ogni singola area d'intervento edilizio, di eseguire indagini HVSR d'approfondimento al fine di meglio individuare e dettagliare possibili frequenze di risonanza del terreno di fondazione potenzialmente interferenti con il modo fondamentale di vibrare delle strutture in elevazione (valori generalmente e indicativamente compresi tra 2 hz (capannoni e/o fabbricati alti 4-5 piani) e 12 hz (fabbricati bassi di 1 piano)).

## CARTA DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO S (Vs) – TAV 5

Nella carta delle velocità sono indicate con opportuno simbolo grafico le seguenti indagini geofisiche:

- 20 MASW.

Trattandosi di aree di collina/media montagna caratterizzate dalla presenza di depositi di copertura e di spessori anche ampi di alterazione posti a tetto del bedrock sismico, il parametro discriminante è senz'altro il valore di VsH.

Per ogni punto di misura si riportano i seguenti valori:

VsH (m/s): velocità delle onde S nei depositi di copertura e negli spessori di substrato alterato e detensionato

H (m): spessore dei depositi di copertura (profondità del bedrock)

Vs30 (m/s): velocità delle onde S fino a 30 m di profondità

Vs sub (m/s): velocità delle onde S nel substrato

<b>MW</b>	
MASW	
<b>033025L6MASW6</b>	
H	Spessore del terreno di copertura
VsH	Velocità media delle onde di taglio del terreno di copertura
Vs30	Velocità media delle onde di taglio dal piano campagna fino alla profondità di 30 metri
Vs sub	Velocità substrato geologico

Questi parametri sono stati calcolati nei punti di misura diretta delle Vs (Masw).

Dall'analisi dei risultati ottenuti, in generale si osserva che:

- le Vs30 ricadono in un range compreso tra 322 m/s (Veggiola) e 631 m/s (Castellana);
- solo in 6 casi la Vs30 supera i 400 m/s;
- i valori delle velocità del substrato (Vs sub) posso essere considerate generalmente tipiche di substrato sismico rigido (>700-800 m/s) ad eccezione delle località (Veggiola, Sariano zona di fondovalle, la Valle) dove le velocità sono comprese tra 478-557 m/s;

- gli spessori considerati di “copertura” sono estremamente variabili, compresi tra <5 (subaffioranti) e circa 20-25 m, quest’ultimi comprensivi di zone di substrato alterato, fratturato e/o detensionato;
- le velocità medie delle coperture ( $V_sH$ ) sono comprese tra 200-360 m/s) con all’interno valori bassi inferiori ai 200 m/s fino a valori superiori ai 500 m/s che rappresentano il tetto del substrato alterato.

Data l’importanza dello spessore delle coperture (H) in riferimento all’amplificazione del moto sismico, questo fattore andrà meglio dettagliato per ogni singolo intervento edilizio con indagini geofisiche di approfondimento.

## **CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) – TAV. 6**

La Carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS); è il documento fondamentale del primo livello di approfondimento.

Le microzone della carta sono classificate in tre categorie:

a) **zone stabili**, nelle quali non si ipotizzano effetti locali significativi di alcuna natura e il moto sismico non viene modificato (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive); in queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;

b) **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell’assetto litostratigrafico e morfologico/topografico locale.

Vengono fatte innanzitutto due suddivisioni in base al tipo di amplificazione: litostratigrafica o litostratigrafica + topografica. All’interno di queste due suddivisioni vengono distinte diverse zone sulla base degli spessori dei terreni di copertura e della natura (torbiditico, litoide, argilloso caotico) e tipo (stratificato, non stratificato) del substrato.

c) **zone suscettibili di instabilità**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Nelle aree in studio il principale e unico tipo di instabilità atteso risulta:

- *instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili.*

In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Vengono distinte tre tipologie di fenomeni gravitativi:

- frane per colata
- frane per scivolamento
- frane complesse

e due condizioni di attività:

- attiva
- quiescente

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, **1 zona stabile e 5 zone stabili suscettibili di amplificazione locale**:

### ZONA STABILE

1011-1012	Substrato lapideo
-----------	-------------------

Questa zona comprende le aree caratterizzate da substrato geologico lapideo e lapideo stratificato ( $V_{s_{sub}} > 800$  m/s) affiorante o subaffiorante (<3m).

### ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

#### ZONA 1

2001	Zona 1 - Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido ( $V_{s_{sub}} < 800$ m/s) subaffiorante o situato a limitata profondità (<3 m) dal piano campagna. Aree: Sariano zone di dorsale
------	--

La zona 1 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido ( $V_{s_{sub}} < 800$  m/s) subaffiorante o situato a limitata profondità (<3 m) dal piano campagna. L'eventuale copertura è in prevalenza di natura argillosa e limosa.

#### ZONA 2

2002	Zona 2 - Aree caratterizzate da substrato non rigido stratificato ( $V_{s_{sub}} < 800$ m/s) subaffiorante o situato a limitata profondità (<3 m) dal piano campagna. La copertura è di natura argillosa e limosa con frazione grossolana. Aree: Pierfrancesco - Montechino
------	---

La zona 2 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido stratificato ( $V_{s_{sub}} < 800$  m/s) subaffiorante o situato a limitata profondità (<3 m) dal piano campagna. L'eventuale copertura è di natura argillosa e limosa con frazione grossolana.

**ZONA 3**

2003	Zona 3 - Aree caratterizzate da substrato geologico di varia natura (lapideo stratificato, coesivo sovraconsolidato stratificato, granulare cementato), per lo più con $V_{sub} > 800$ m/s, sovrastato da spessori dell'ordine dei 10-15 m di terreni di copertura e/o di substrato superficiale alterato/detensionato con $V_s$ comprese tra 200-500 m/s. Aree: Obolo - Mandola - Magnani - Gusano - Sariano
------	---

La zona 3 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico di varia natura (lapideo stratificato, coesivo sovraconsolidato stratificato, granulare cementato), per lo più con  $V_{sub} > 800$  m/s, sovrastato da spessori dell'ordine dei 10-15 m di terreni di copertura e/o di substrato superficiale alterato/detensionato con  $V_s$  comprese tra 200-500 m/s.

**ZONA 4**

2004	Zona 4 - Aree caratterizzate da substrato geologico lapideo stratificato sovrastato da spessori dell'ordine dei 15 - 25 m di terreni di copertura e/o substrato superficiale alterato/detensionato con velocità comprese tra 200-550 m/s. Elevato spessore di alterazione che si spinge fino a profondità di 15-25 m dal piano campagna e copertura argillosa prevalente. Aree: Gropparello ( $V_{sub} < 800$ m/s) Groppo Visdomo ( $V_{sub} > 800$ m/s)
------	--

La zona 4 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico lapideo stratificato sovrastato da spessori dell'ordine dei 15-25 m di terreni di copertura e/o di substrato superficiale alterato/detensionato con  $V_s$  comprese tra 200-550 m/s.

È presente quindi un elevato spessore di alterazione che si spinge fino a profondità, come detto, di 15-25 m dal piano campagna. La copertura è di natura argillosa prevalente.

**ZONA 5**

2005	Zona 5 - Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido ( $V_{sub}$ 470-560 m/s) situato a profondità di circa 14-17 m con copertura ghiaiosa e ghiaiosa argillosa prevalente. Aree: Sariano - La Valle - Veggiola
------	---

La zona 5 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido ( $V_{sub}$  470-560 m/s), situato a profondità di circa 14-17 m. La copertura è di natura ghiaiosa e ghiaiosa argillosa prevalente.

**ZONA 6**

2006	Zona 6 - Aree con substrato lapideo affiorante ma con amplificazioni topografiche
------	---

La zona 5 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido ( $V_{sub}$  470-560 m/s), situato a profondità di circa 14-17 m. La copertura è di natura ghiaiosa e ghiaiosa argillosa prevalente.

### ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ

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

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



#### Note di rappresentazione grafica (concordate con il Dott. Martelli Luca della RER)

- 1) Vengono evidenziate, con un sovrassegno rigato nero, le aree soggette ad amplificazione topografica.
- 2) Le aree soggette ad amplificazione topografica sono codificate con codice 20xy.

### **CARTE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA – TAV. 7-8-9**

Nelle carte della microzonazione sismica di 2° livello, viene quantificato il parametro FA di amplificazione stratigrafica.

Il metodo utilizzato è quello suggerito nella DAL 112/2007 RER, 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.

#### **Fattore di amplificazione stratigrafica**

Per quanto riguarda la Delibera regionale, essa propone la definizione delle amplificazioni locali sulla base delle tabelle allegate in appendice al documento e riferite a grandi situazioni morfologico-stratigrafiche ("secondo livello" di analisi). I valori medi delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri – Vs30 (per gli ambiti di pianura) sono stati calcolati tramite le prove geofisiche MASW di nuova esecuzione. Le Vs sono state implementate nelle tabelle regionali per la stima delle amplificazioni assumendo i valori relativi ai diversi contesti, ottenendo i relativi coefficiente di amplificazione F.A.

Le variabili, ricavabili dalle tabelle, utilizzate per la stima dell'amplificazione locale sono:

- F.A. P.G.A. rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido ( $a_{max,r}$ ) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito ( $a_{max,s}$ ) alla frequenza  $f$ . Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento  $D$  e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito.
- F.A. S.I. - Intensità spettrale di Housner indicatore della pericolosità sismica, è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità, nel nostro caso per i due intervalli di frequenze, rispettivamente da  $0.1 < T_0 < 0.5$  s e da  $0.5 < T_0 < 1$  s.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate con utilizzo di abachi e formule (approfondimento di secondo livello) è stata possibile in quanto l'assetto geologico è stato considerato assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione litostratigrafica è stata quindi quantificata in termini di parametri di:

- FA pga, FA 0,1-0,5s, FA 0,5-1s, (Allegato A2 degli indirizzi regionali)

Di seguito la legenda delle carte di microzonazione sismica di 2° livello con i diversi valori di FA ( $FA_{pga}$ , FA 0.1-0.5 s, FA 0.5-1 s).

### PGA

Zone stabili	
	Zone stabili
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	
	Fa P.G.A. = 1.3-1.4
	Fa P.G.A. = 1.7-1.8
	Fa P.G.A. = 1.9-2.0
	Fa P.G.A. = 2.1-2.2

### I.S. 0.1-0.5s

Zone stabili	
	Zone stabili
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	
	FA I.S. 0,1- 0,5 s = 1.3-1.4
	FA I.S. 0,1- 0,5 s = 1.5-1.6
	FA I.S. 0,1- 0,5 s = 1.7-1.8
	FA I.S. 0,1- 0,5 s = 1.9-2.0
	FA I.S. 0,1- 0,5 s = 2.1-2.2

### I.S. 0.5-1s

Zone stabili	
	Zone stabili
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	
	FA I.S. 0,5- 1,0 s = 1.1-1.2
	FA I.S. 0,5- 1,0 s = 1.3-1.4
	FA I.S. 0,5- 1,0 s = 1.5-1.6
	FA I.S. 0,5- 1,0 s = 1.7-1.8
	FA I.S. 0,5- 1,0 s = 1.9-2.0

Le zone sono numerate in ordine crescente di pericolosità sismica:

Oltre al parametro FA di amplificazione stratigrafica è necessario considerare il fattore ST di amplificazione topografica. Nelle aree indagate il fattore ST è risultato sempre =1, tranne che in prossimità del Castello di Gropparello (vedi oltre).

Si sottolinea che la scelta degli abachi per la stima dell'amplificazione non è dipesa dalle sole caratteristiche litologiche e morfologiche delle aree ma è stata attentamente valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, in particolare della profondità del substrato rigido. Sono state tenute in debita considerazione sia la Carta delle MOPS che la Carta delle frequenze naturali dei terreni.

L'analisi congiunta dei valori puntuali dei fattori di amplificazione e delle conoscenze geologiche e litostratigrafiche delle aree studiate, ha permesso una valutazione areale dell'andamento dei fattori stessi con conseguente individuazione di diverse zone con ranges di valori crescenti.

Nella pagina seguente si riportano le tabelle di calcolo per le diverse situazioni presenti nell'area in studio.

**- DAL 112/2007 RER -**  
**Gropparello (parte)– Castellana – Bersani – Gusano – Mandola – Groppo Visdomo – Obolo –**  
**Sariano (parte alta)**  
**Appennino – Substrato con  $V_s \geq 800$  m/s**

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

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$										
$V_{SH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$										
$V_{SH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0

**- DAL 112/2007 RER -**  
**Sariano – La Valle – Veggiola – Gropparello (parte) - Magnani – Pierfrancesco - Montechino**  
**Appennino – Substrato con  $V_s \leq 800$  m/s**

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

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$										
$V_{sH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$										
$V_{sH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

### Fattore di amplificazione topografica

Nel presente studio si assume la presenza di amplificazione topografica nelle seguenti condizioni:

- 1) lungo versante con acclività media superiore a  $22^\circ$  per dislivelli di almeno 30 m.
- 2) in corrispondenza di configurazioni geometriche bi-tridimensionali (creste, dorsali allungate, cucuzzoli) di altezza superiori a 30 m

### Zone suscettibili di amplificazioni topografiche



Aree con amplificazione topografica  $F_t = 1.3$

Queste due condizioni sono presenti nell'area del Castello di Gropparello, dove  $S_T$  (coefficiente topografico) viene valutato 1.3

### Note di rappresentazione grafica (concordate con il Dott. Martelli Luca della RER)

- 1) Il valore di FA, nelle aree soggette ad amplificazione topografica, è il risultato del prodotto dei fattori di amplificazione stratigrafica e topografica stessa.

## **9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI**

Per quanto attiene il confronto con eventi passati non è stato possibile reperire alcuna informazione in merito ai danni degli eventi passati.

### **Conclusioni**

Lo studio di Microzonazione Sismica, attraverso i risultati ottenuti con le indagini geofisiche di nuova realizzazione (n° 19 Masw e n° 21 Hvsr), ha permesso una quantificazione numerica degli effetti di amplificazione nelle diverse zone individuate (zone stabili suscettibili di amplificazioni locali).

Il territorio studiato è stato suddiviso in zone a diversa pericolosità sismica locale e viene fornito, per le aree indagate direttamente con prove geofisiche, una stima qualitativa e quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti.

Le zone suscettibili di instabilità (ZONA FRT) necessitano di approfondimenti di *terzo livello*: si tratta dei corpi di frana in terra quiescenti o attivi. Per queste aree dovranno essere eseguite indagini geognostiche e geofisiche di approfondimento (vedi All 3 – DAL 112/2007).

Gli approfondimenti di livello 3 e le relative verifiche andranno estese in un opportuno intorno d'influenza geodinamica delle aree instabili.

Le Cartografie prodotte, zonizzando il territorio in base alla sua pericolosità sismica, risultano necessarie ed imprescindibili per un'analisi del rischio sismico. Questo studio deve quindi trovare opportuna collocazione nei settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza ed essere utile supporto di base per la fase della progettazione.

Gli studi di dettaglio dovranno poi concorrere all'aggiornamento e approfondimento della cartografia con la quale in questo lavoro si suddivide il territorio in ambiti omogenei e in cui il fattore di amplificazione sismica dei terreni è stato necessariamente mediato.

Lo studio di microzonazione sismica dovrà rientrare fra gli elaborati del Quadro Conoscitivo che sono parte integrante del Piano Strutturale. Questo studio infatti rappresenta il primo passo per una conoscenza e consapevolezza del territorio e permetterà di calibrare ed indirizzare i futuri processi pianificatori; si tratta di un tassello basilare di un progetto di sicurezza territoriale a cui un PSC per sua natura non può prescindere.

Febbraio 2016

Dott. Geol. Stefano Cavallini  
Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti

**BIBLIOGRAFIA**

AA.VV. a cura della Società Geologica Italiana, 1994. Appennino Ligure-Emiliano, Guide Geologiche Regionali. BE-MA Editrice.

AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta.-Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI

Boccaletti M., Bovini M., Corti G., Gasperini P., Martelli L., Piccardi L., Severi P., Vannucchi G. (2004) – Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna. RER, SGSS, CNR, IGG Firenze S.E.L.C.A. Firenze.

Borsellini A. - Mutti E. – Ricci Lucchi F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET

C.N.R. (1979) - Carte preliminari di suscettibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma

C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Pubblic. N° 361 ESA Editrice - Roma.

DAL 111/2007. Deliberazione dell'assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 del 2/5/2007: Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". Boll. Uff. Reg. Emilia-Romagna n.64 del 17/05/2007. <http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regioneemiliaromagna.it/geologia/>

D.M 14/01/2008 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008: Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni. Ministero delle Infrastrutture. G.U n. 29 del 4/2/2008 – Serie Generale, Suppl. Ord. N. 30

DGR1051/2011. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1051/18/07/2011, " Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm". Boll. Uff. Reg. Emilia-Romagna n. 120 del 02/08/2011.

ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI

Ferrari G - Postpischl D.(1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. MO

GRUPPO DI LAVORO MS (2008). " Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.

<http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/>

[http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833)

Locati M., R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

Meletti C. e Valensise G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: " Gruppo di Lavoro MPS (2004).

Molin D., Stucchi M., Valensise G. con la collaborazione di C. Meletti, S. Mirena, G. Monachesi, G. Morelli, L. Peruzza, A. Zerga - Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate

a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile.

NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, fogli 179-180-197

OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003: “ Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”. G.U. n. 155, 08/05/2003, suppl. ord. N. 72.

Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

Rovida A., R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>. DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11

Scandone et Alii (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.