



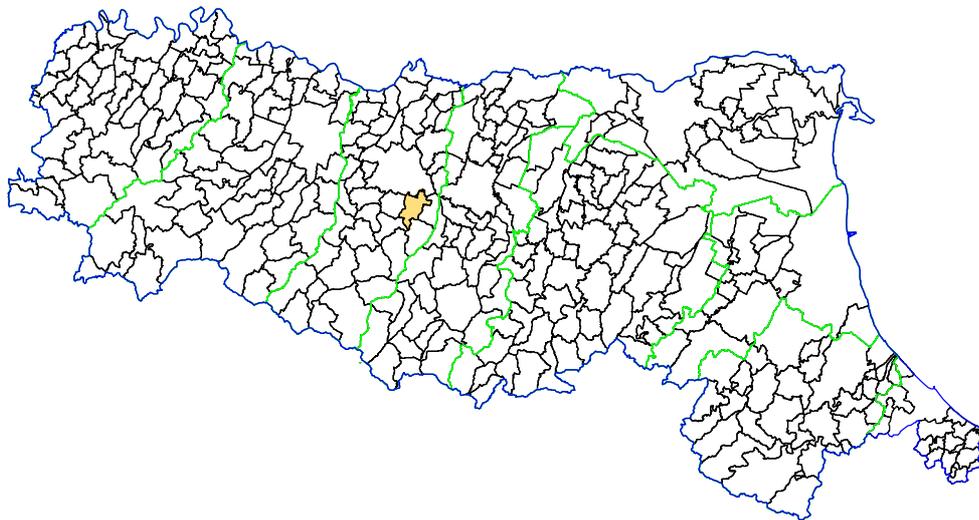
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

### 1<sup>^</sup> VARIANTE PSC

## Regione Emilia-Romagna Comune di Scandiano



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

Data  
febbraio 2016

**GEODES s.r.l.**

Via Michelangelo, 1 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)  
Tel: 059-536629 - Fax: 059-5331612  
e-mail: geodes.srl@iscali.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



*Stefano Cavallini*



---

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE</b>	Pag. 2
1.1 RIFERIMENTI TECNICI - NORMATIVI	" 3
1.2 METODOLOGIA DI STUDIO	" 3
1.3 FORMATO DEI DATI	" 5
1.4 AREE INDAGATE	" 6
1.5 INDAGINI ESEGUITE	" 6
<b>2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO</b>	" 7
2.1 CENNI DI SISMICITÀ	" 7
2.2 SISMOTETTONICA	" 12
2.3 NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO	" 21
<b>3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA</b>	" 26
3.1 ASSETTO GEOLOGICO	" 26
3.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO	" 34
3.3 DINAMICA GEOMORFOLOGICA	" 35
<b>4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI E METODOLOGIE DI ELABORAZIONE</b>	" 38
4.1 DATI GEOTECNICI	" 38
4.2 DATI GEOFISICI	" 38
4.2.1 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE (MASW)	" 39
4.2.2 ANALISI SISMICA PASSIVA DEI MICROTREMORI (HVSR)	" 42
<b>5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO</b>	" 46
5.1 AREE OMOGENEE	" 46
<b>6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE</b>	" 48
<b>7. RISULTATI</b>	" 50
7.1 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE (MASW)	" 50
7.2 ANALISI SISMICA PASSIVA DEI MICROTREMORI (HVSR)	" 52
<b>8. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO</b>	" 53
<b>9. ELABORATI CARTOGRAFICI</b>	" 70
<b>- BIBLIOGRAFIA</b>	" 89

---

# *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.

Il presente lavoro ha come base di partenza lo studio di Approfondimento Sismico eseguito nel 2009 dal Comune di Scandiano a corredo del Quadro Conoscitivo del PCS; nella Tavola n° 6 del QCG “Aree Suscettibili di Effetti Locali” venivano distinti diversi scenari di pericolosità sismica locale con associati i possibili effetti indotti e i livelli di approfondimento da attuare.

Il presente studio ha inteso pertanto approfondire e uniformare i livelli 1 e 2 dello studio precedente con gli standard e i criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica di cui all’OPCM n. 4007/2012; inoltre sono stati effettuati locali approfondimenti di 3° livello, con indagini geofisiche specifiche e modellazione tramite codici di calcolo, per quattro aree classificate come “Depositi di conoide alluvionale apicali”. In queste aree era richiesto un 3° livello per la quantificazione delle amplificazioni litologiche.

Per quanto riguarda l’Analisi per la Condizione Limite per l’Emergenza (CLE) dell’Insediamento Urbano, verrà trattata in elaborato a parte, allegato al presente Studio.

### 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 e locali approfondimenti di terzo livello.

#### 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.

### TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il terzo livello di approfondimento viene svolto ai sensi della Dal Rer n. 112/2007.

È stata eseguita una valutazione più approfondita della risposta sismica locale, in termini di amplificazione e stima dei relativi fattori, nelle aree in cui le coperture possono presentare spessori fortemente variabili, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti.

Non sono state indicate dall'amministrazione aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Non sono state individuate dal Quadro Conoscitivo Geologico Idrogeologico e Sismico aree soggette a liquefazione e densificazione.

Per quanto riguarda aree instabili e potenzialmente instabili sarà facoltà dell'Amministrazione Comunale individuare aree di interesse prioritario e pianificare studi specifici di 3° livello.

L'analisi di risposta sismica locale ha permesso di determinare gli spettri di risposta riferiti a tali aree, per un periodo di ritorno di 475 anni con smorzamento  $z = 5\%$  e i valori di FA termini di PGA/PGA0 e SI/ SI0. Vengono inoltre descritti in dettaglio i procedimenti e i codici di calcolo utilizzati; vengono chiaramente specificati anche i criteri per la definizione del *bedrock* sismico. Come segnale di input per il calcolo degli effetti locali sono stati utilizzati gli accelerogrammi disponibili nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Nel rispetto della DGR 1302/2012 sono stati prodotti i seguenti elaborati a scala 1:5.000/10.000:

- 1) Carta delle Indagini.
- 2.1-2.2) Carta Geologica-Tecnica
- 3.1-3.2) Sezioni geologiche.
- 4) Carta delle frequenze naturali dei terreni.
- 5) Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).
- 6.1-6.2) Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).
- 7.1-7.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA P.G.A.
- 8.1-8.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.1-0.5 s
- 9.1-9.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.5-1 s
- 10) Carta di microzonazione sismica Liv. 3 - Fattori di amplificazione FA P.G.A.
- 11) Carta di microzonazione sismica Liv. 3 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.1-0.5 s
- 12) Carta di microzonazione sismica Liv. 3 - 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 Scandiano, 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 possibile anche grazie alla possibilità di utilizzare due ricchi archivi di stratigrafie e prove geognostiche di repertorio, uno del Comune di Scandiano, e l'altro regionale (Banca Dati del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna). Ovviamente tra le prove d'archivio non si sono considerate quelle eseguite con attrezzature fuori degli standard consolidati, o quelle che non hanno superato i 10 metri di profondità.

L'applicazione efficiente di questo metodo richiede 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 consentito di collocare le nuove indagini geofisiche in posizioni tali da permettere una ragionevole sicurezza nell'estrapolazione dei parametri ottenuti.

### **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

In accordo con l'Amministrazione Comunale, in considerazione della distribuzione delle aree urbanizzate principali, sono state individuate le seguenti aree d'indagine:

- SCANDIANO CAPOLUOGO
- ARCETO
- BOSCO
- CACCIOLA
- FELLEGARA
- CHIOZZA
- PRATISSOLO
- IANO
- CÀ DE CAROLI
- VENTOSO
- SAN RUFFINO
- MAZZALASINO
- RONDINARA
- BRAGLIA

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 ESISTENTI E DI NUOVA REALIZZAZIONE

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

- n° 42 Stratigrafie di Pozzi
- n° 5 Sondaggi a carotaggio continuo
- n° 75 prove penetrometriche statiche
- n° 8 ReMi
- n° 4 Masw

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

- **n° 16 Masw**
- **n° 26 Hvsr**

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

### 2.1 CENNI DI SISMICITÀ

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:

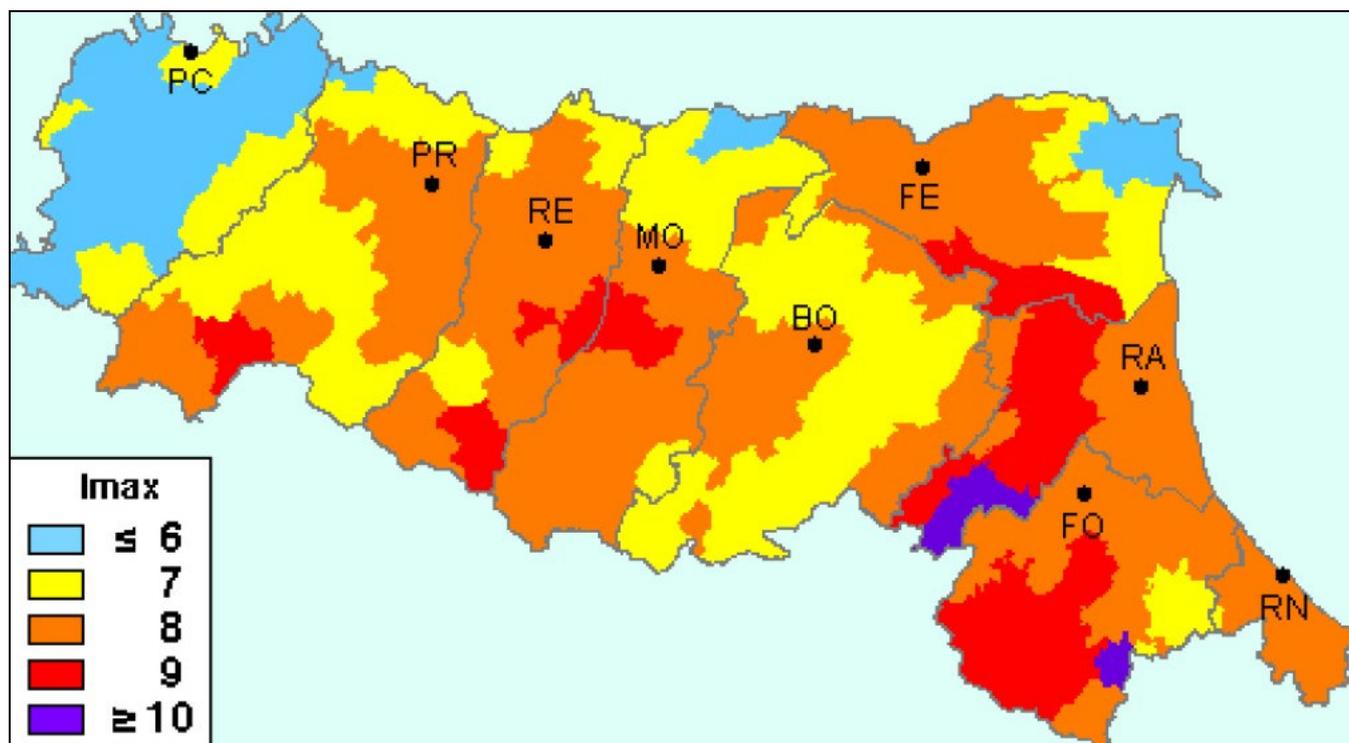


Figura 1 – Intensità Macrosismiche osservate nei comuni italiani – GNDT ING/SGA

L'intensità massima registrata nel Comune di Scandiano è dell'VIII MCS (scala Mercalli-Cancani-Sieberg), corrispondente ad una magnitudo dell'ordine di 5.6 (scala Richter).

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.

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.

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 1831 – Reggiano – Mw 5.54
- Anno 1811 – Sassuolo – Mw 5.25

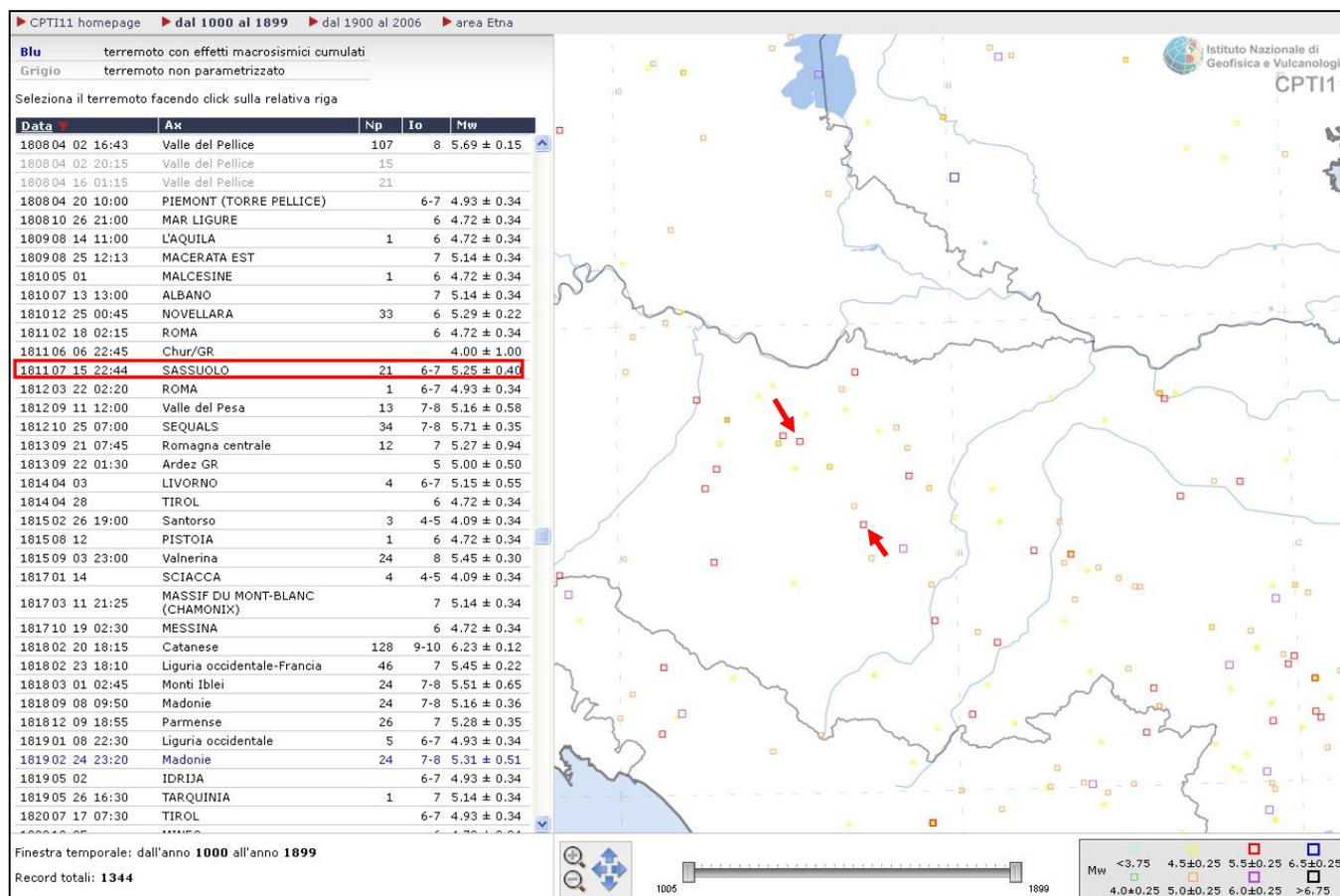


Figura 2 – Tratto da INGV CPTI11 (Catalogo parametrico dei terremoti italiani – 2011) – Dal 1000 al 1899.

Nel periodo dal 1900 al 2006, si segnalano:

- Anno 1930 – Scandiano – Mw 4.70
- Anno 1996 – Correggio – Mw 5.41

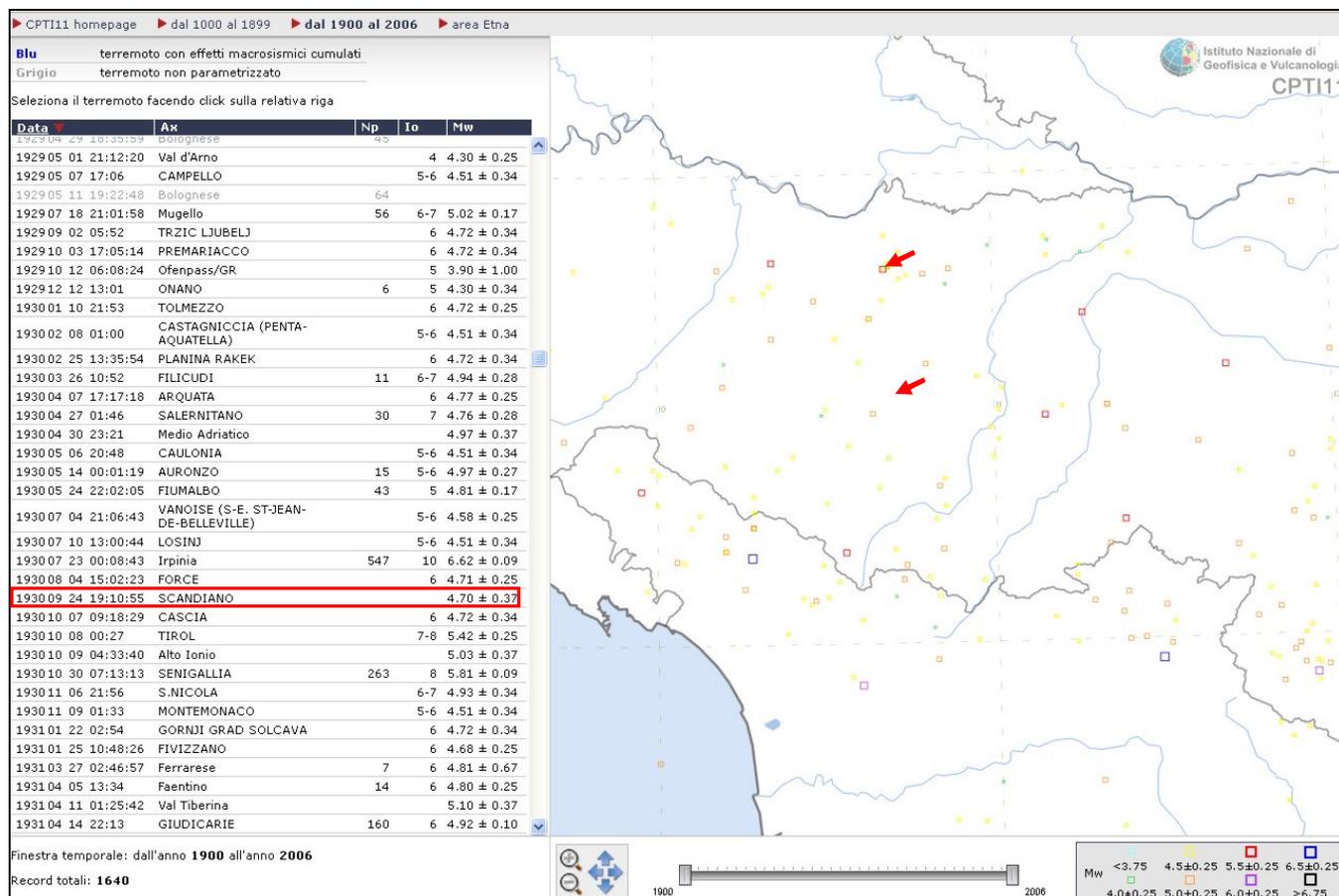


Figura 3 – Tratto da INGV CPTI11 (Catalogo parametrico dei terremoti italiani – 2011) – Dal 1900-2006

Nella Figura 4 successiva sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate:

Is: intensità al sito

Anno Me Gi: anno mese giorno dell'evento

AE: località

Io: l'intensità massima epicentrale in scala MCS

Mw: magnitudo momento

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

Storia sismica di Scandiano [44.597, 10.690]						
Numero di eventi: 29						
Effetti	In occasione del terremoto del:					
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw		
NR	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	13	7 5.14 ±0.34		
6-7	1832 03 13 03:30	Reggiano	98	7-8 5.53 ±0.18		
6-7	1873 05 16 19:35	REGGIANO	15	6-7 5.09 ±0.59		
6	1885 02 26 20:48	SCANDIANO	78	6 5.19 ±0.15		
3	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15		
NF	1899 06 26 23:17	Valle del Bisenzio	138	7 5.06 ±0.15		
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7 5.15 ±0.14		
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09		
NF	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8 5.37 ±0.10		
5	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09		
NF	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10 6.29 ±0.09		
5-6	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09		
5-6	1923 06 28 15:11	FORMIGINE	22	6 4.88 ±0.24		
2-3	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7 5.08 ±0.16		
3	1957 08 27 11:54	ZOCCA	58	5 4.65 ±0.21		
2	1961 08 13 22:34	Parmense	22	5-6 4.47 ±0.35		
5	1967 04 03 16:36	Reggiano	47	5-6 4.69 ±0.19		
3	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09		
6	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09		
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7 5.65 ±0.09		
NF	1986 12 06 17:07	BONDEMO	604	6 4.61 ±0.10		
5	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09		
5	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6 4.66 ±0.12		
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09		
5-6	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7 5.41 ±0.09		
4	1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5 4.22 ±0.27		
4	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5 4.34 ±0.17		
5	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09		
NF	2000 10 03 01:12	Appennino tosco-emiliano	62	5 4.27 ±0.09		

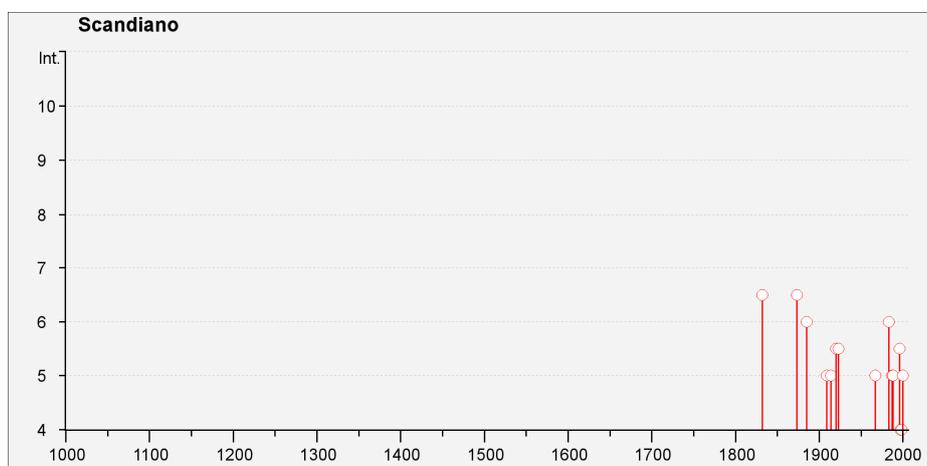


Figura 4 – Tratto da INGV DBMI11 (Database Macrosismico Italiano – 2011)

### 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.

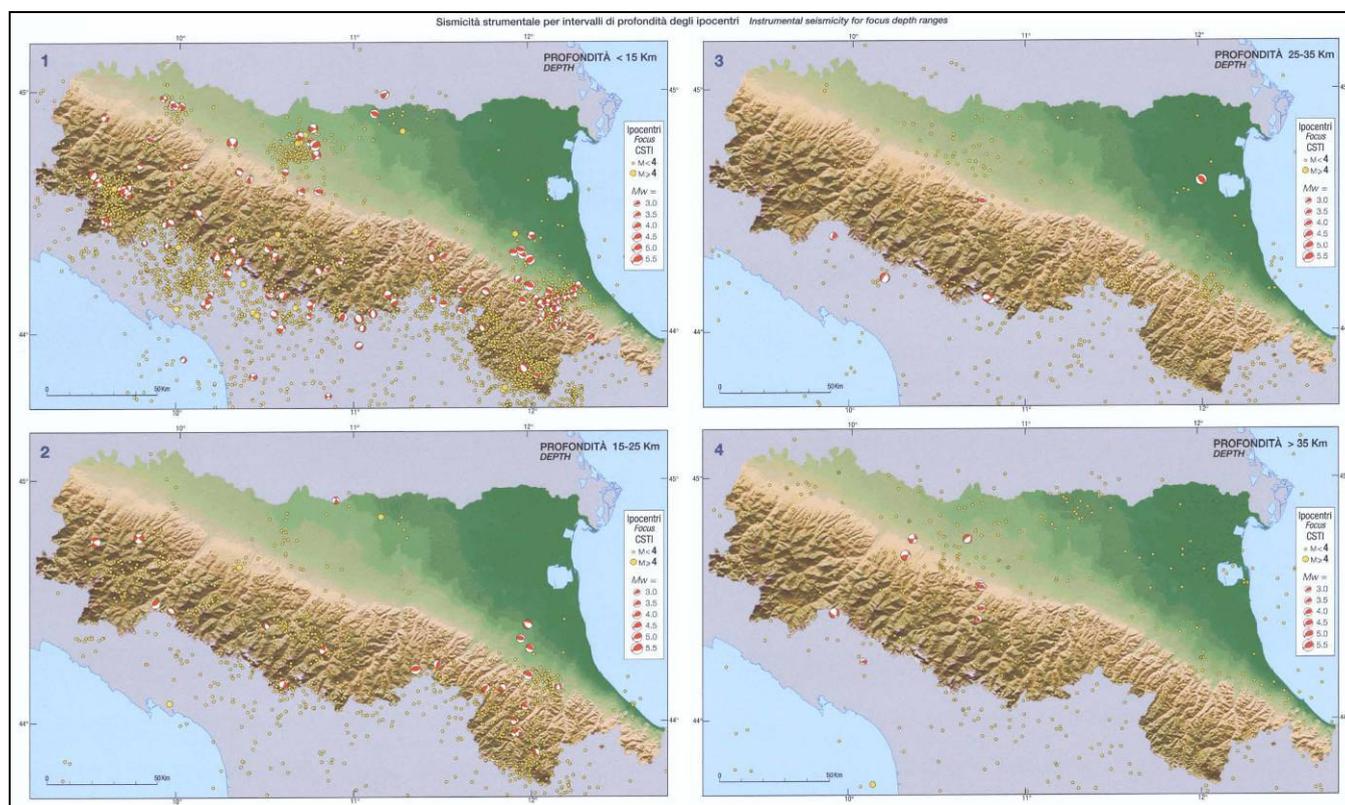


Figura 5 – Sismicità strumentale per intervalli di profondità degli ipocentri.

## 2.2 SISMOTETTONICA

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna. Dall'analisi della stessa si evince che l'area del Comune di Scandiano è interessata da strutture sepolte che l'attraversano totalmente (sovrascorrimenti attivi con direzione circa W-E o NW-SE).

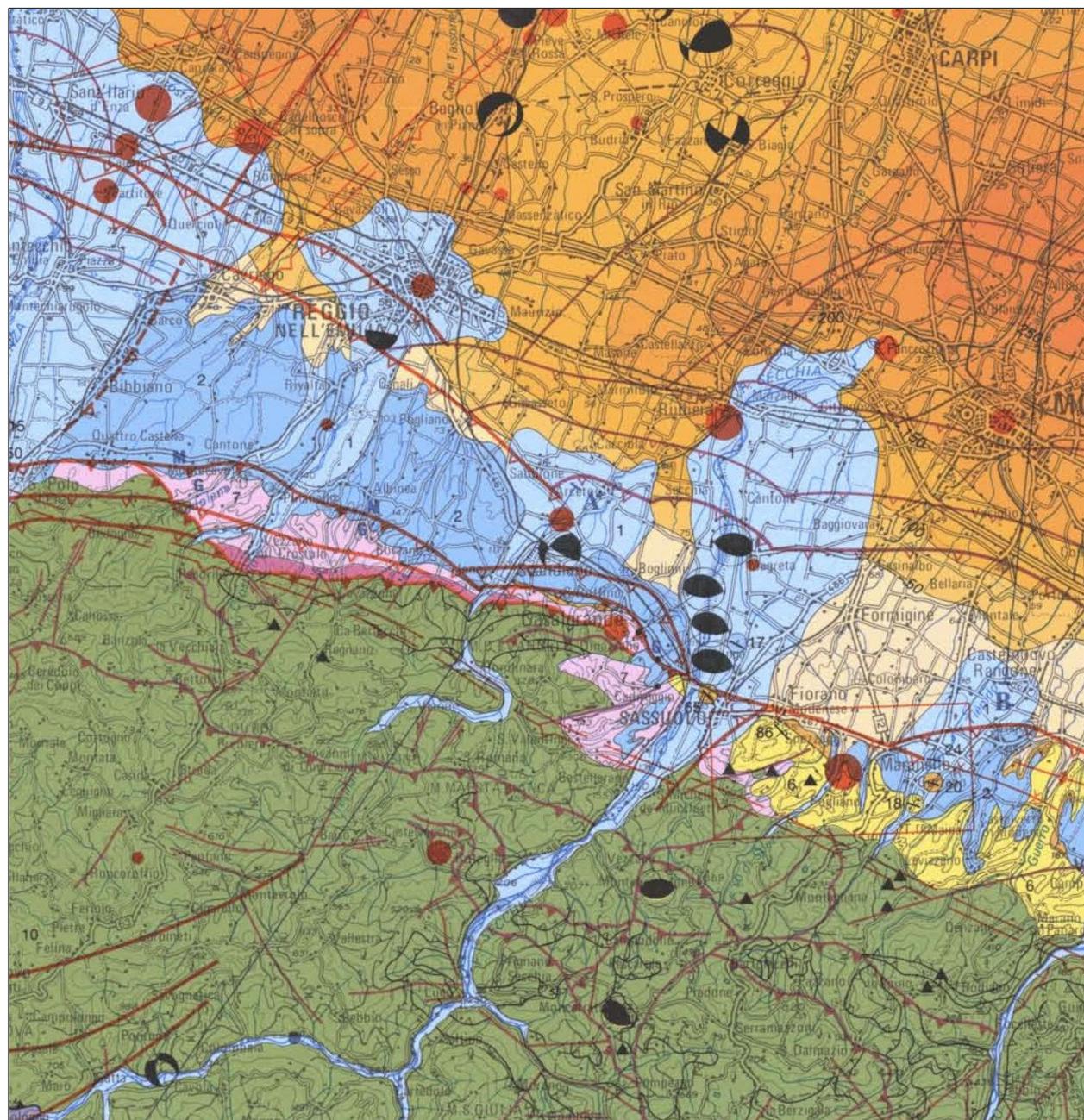
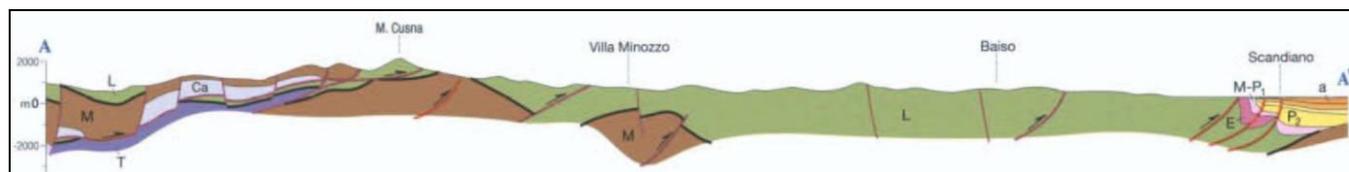
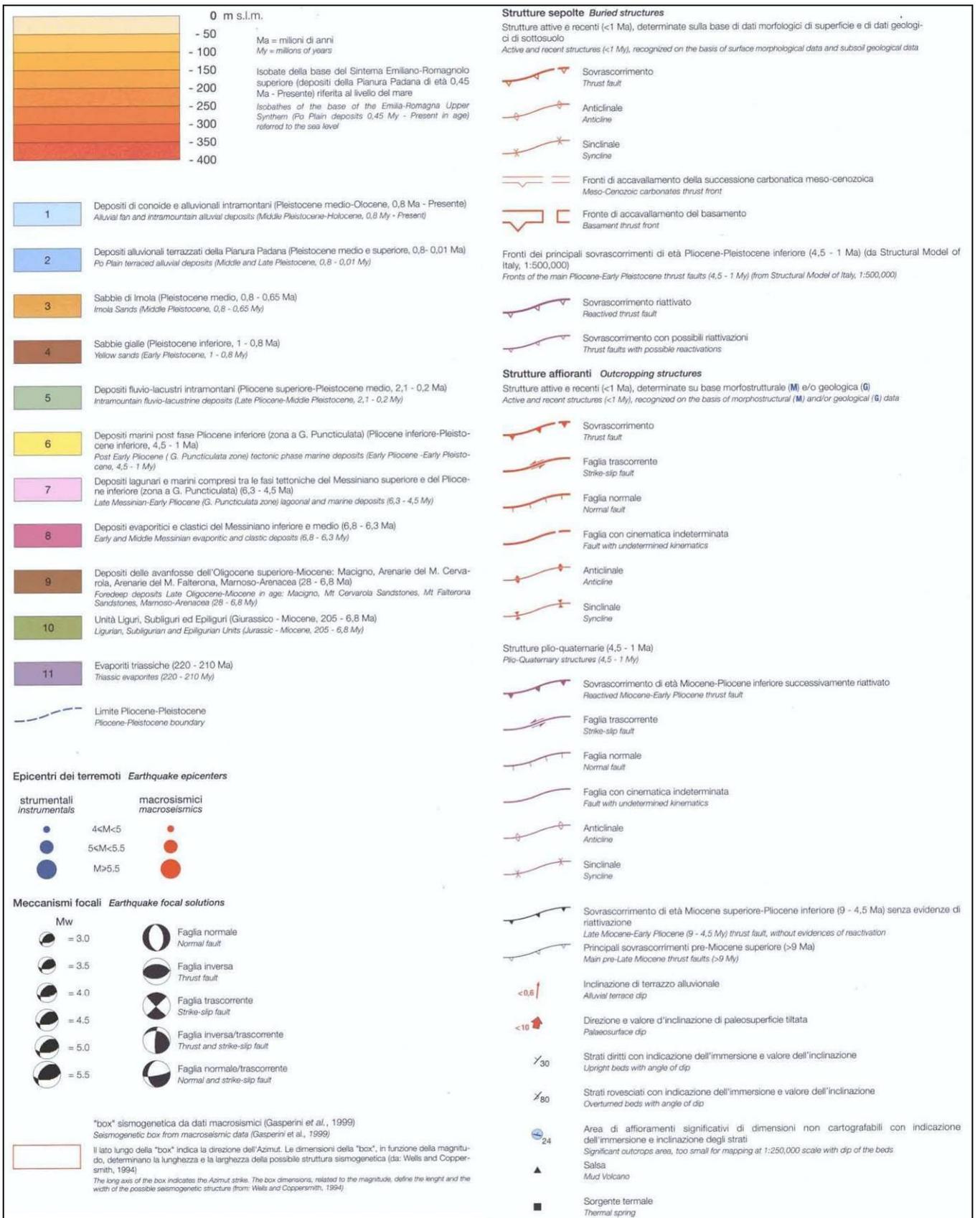


Figura 6 – Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna (RER – CNR, 2004)





Dall'analisi della Carta ritroviamo almeno 3 allineamenti con "Sovrascorrimenti" sepolti andando da Aceto a nord e a sud dell'abitato di Scandiano (circa all'altezza di San Ruffino), mentre più a sud un sovrascorrimento attivo affiorante, passante circa all'altezza di Mazzalasio. Tutti presentano andamento circa da W-E a NW-SE.

Si tratta di strutture attive e recenti (< 1Ma) determinate, per quelle sepolte, sulla base di dati morfologici di superficie e/o di dati geologici di sottosuolo, mentre per quelle affioranti, su base morfostrutturale e/o geologica.

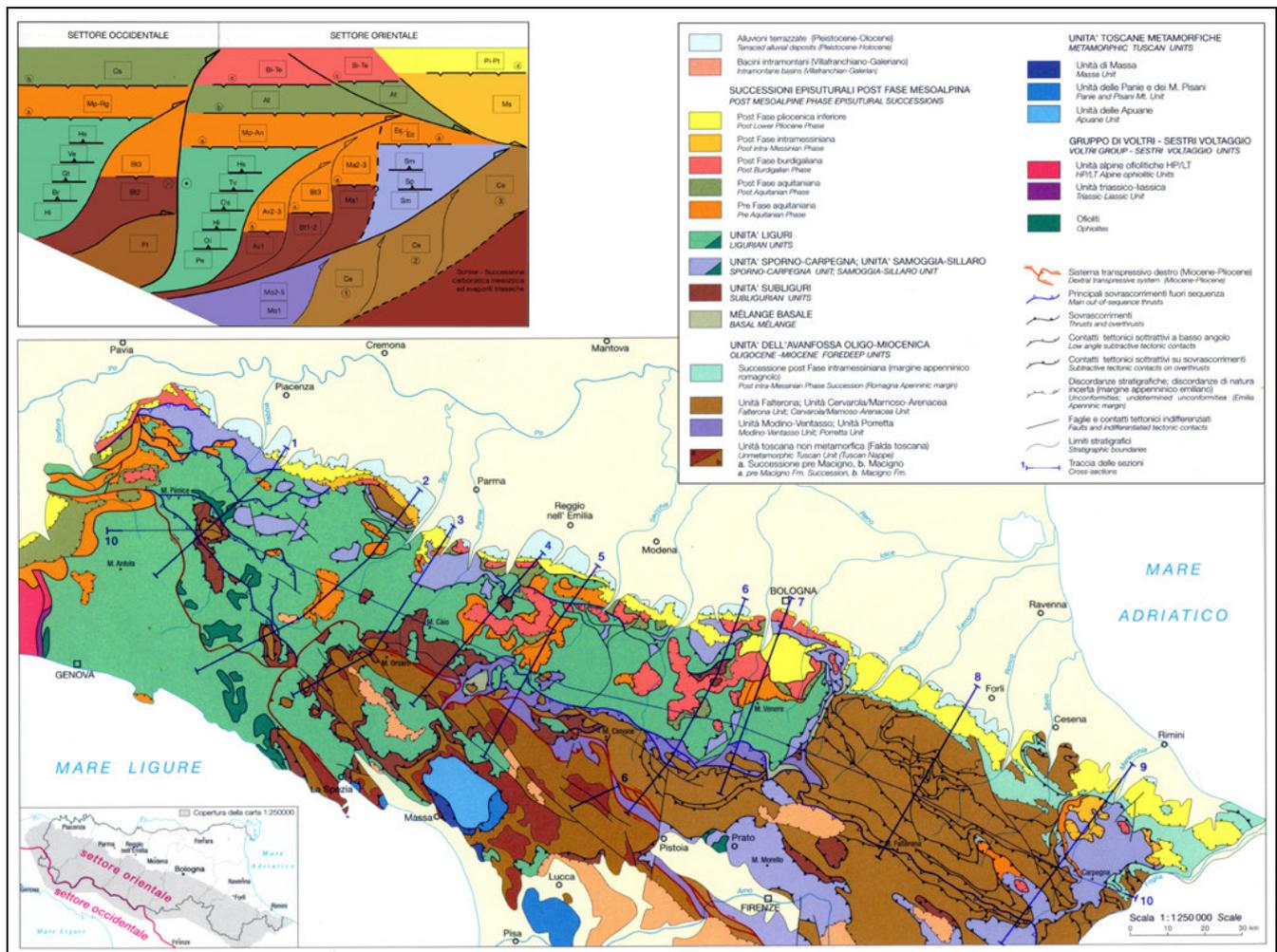


Figura 7 – Schema tettonico.

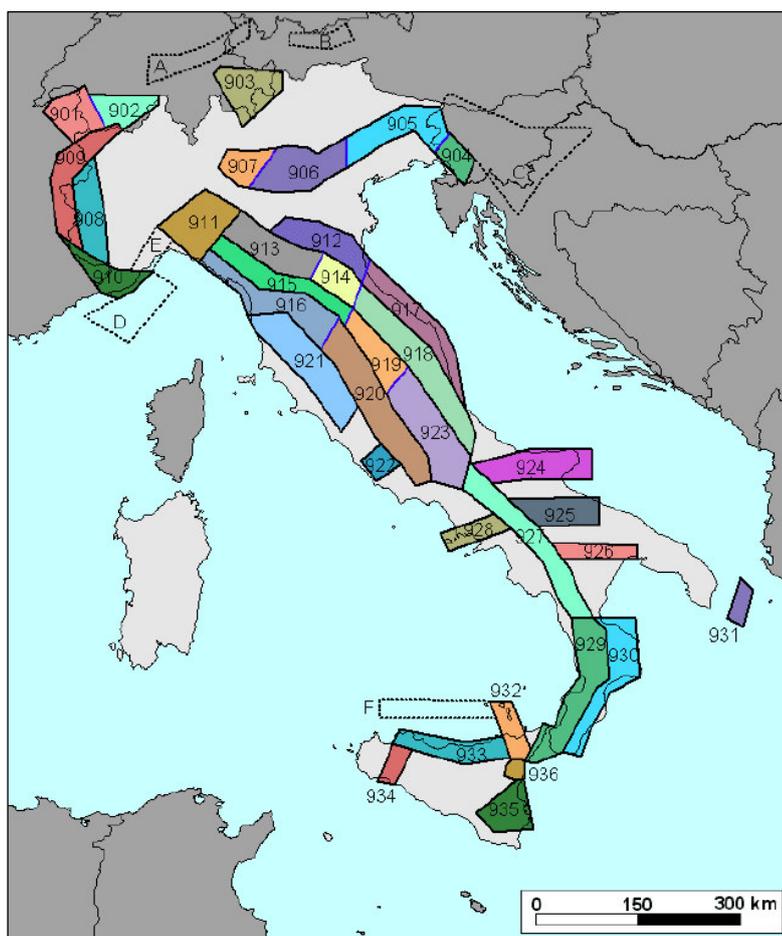
### 2.2.1 Zonazione sismogenetica

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



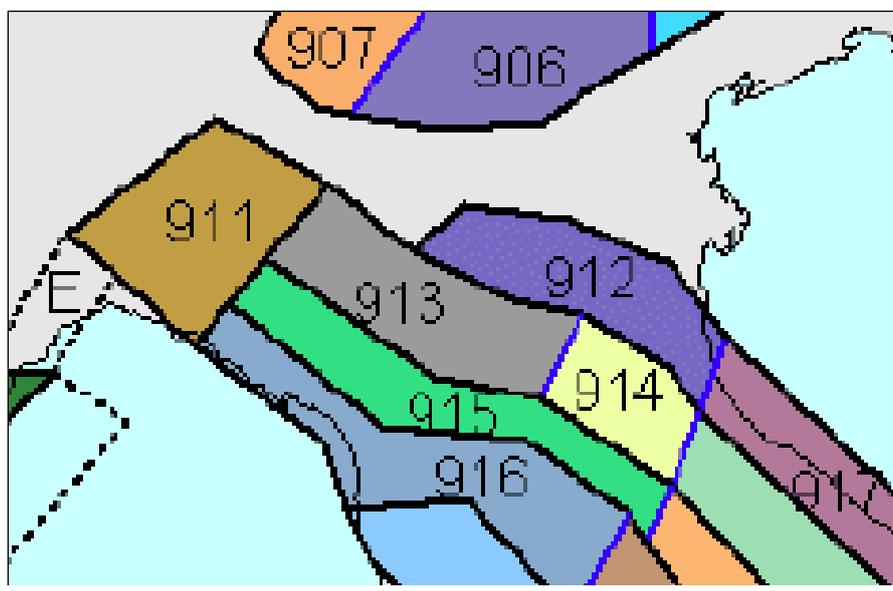
**Figura 8** - Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

di profondità nel quale è rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni 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 Scandiano si colloca sul fronte di accavallamento della successione carbonatica mesozoica in sovrascorrimento verso NE. In passato sono stati risentiti gli effetti di numerosi terremoti dovuti ad una sismicità naturale localizzata nelle zone 913, 912 e 915.

Le zone 913 e 912 sono quelle con un potenziale sismico tale

da generare effetti non trascurabili nel territorio del Comune di Scandiano, mentre le altre vengono considerate poco influenti per generando terremoti con magnitudo a volte anche elevata (ad es. la zona 915).

La zona 912, già nota in passato per attività sismica, si trova in corrispondenza di una struttura anticlinale sepolta, posta all'estremo occidentale dell'arco di pieghe e sovrascorrimenti a vergenza settentrionale della Dorsale Ferrarese, che costituisce una delle maggiori e più complesse strutture della Pianura Padana, fronte avanzato dell'Appennino Settentrionale.

La sismicità in età storica della Pianura Padana nell'area emiliana è sufficientemente nota ed è caratterizzata da terremoti di bassa energia distribuiti lungo il fronte esterno delle falde compressive sepolte dell'Appennino.

Solo recentemente, negli ultimi vent'anni, si ricordano:

Data	Ubicazione epicentro	Magnitudo (MI)
02-05-1987	Correggio	4.7
15-10-1996	Correggio-Novellara	5.2
18-16/2000	Bagnolo in Piano	4.2

La zona 915 determina una sismicità riconducibile a sorgenti attivate da meccanismi focali distensivi (faglie dirette e trascorrenti distensive) con massimi storici che hanno raggiunto intensità del X° MCS (Magnitudo  $M_a=6-6.3$ ). In particolare il terremoto del 1920, con intensità epicentrale del IX-X° MCS ha determinato, in base alla ricostruzione macrosismica, intensità del IV°-V° MCS a Scandiano.

Nella zona 913 si verificano terremoti prevalentemente compressivi che sono causa di una sensibile attività come documentato dagli eventi del bolognese, del reggiano e del parmense (anno 2000) risentiti nell'area in studio. Questi eventi sono riconducibili a sorgenti superficiali attivate da meccanismi focali per compressione (faglie inverse e trascorrenti compressive) se si escludono eventi la cui origine è ancora incerta. Fra questi figura il terremoto di Castelvetro del 1501 che avrebbe prodotto, in base alla ricostruzione macrosismica, effetti del IX° MCS. Se confermato, la fascia pedappenninica sarebbe quella potenzialmente più pericolosa per il territorio reggiano.

L'intera fascia è caratterizzata da terremoti che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori rispetto alla fascia esterna 912.

La fascia del fronte appenninico sepolto determina infatti una sismicità rappresentata da terremoti a intensità medio-bassa, ma con una discreta frequenza di accadimento.

Per quanto riguarda la sismicità storica si può osservare che meccanismi focali di terremoti a dinamica compressiva, con direzione di raccorciamento principale orientata all'incirca N-S o NNE-SSO e di magnitudo (secondo la scala di Richter) fino a 5-5,5, sono stati registrati con epicentri posti non lontani da Scandiano.

I dati geologici e sismologici mettono quindi in evidenza come la zona pedecollinare sia forse da ritenere sismicamente attiva o comunque interessa da elementi geologico-strutturali neotettonici. L'inclusione di diversi Comuni (Casalgrande, Castellarano, Sassuolo, Formigine, Fiorano, Maranello e Castelvetro), nell'elenco dei comuni sismici in zona 2, da parte della citata Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274, ribadisce tale condizione di sismicità relativamente più accentuata rispetto alla maggioranza degli altri Comuni reggiani.

### TERREMOTO DEL 20-29 MAGGIO 2012 (DA FONTE INGV)

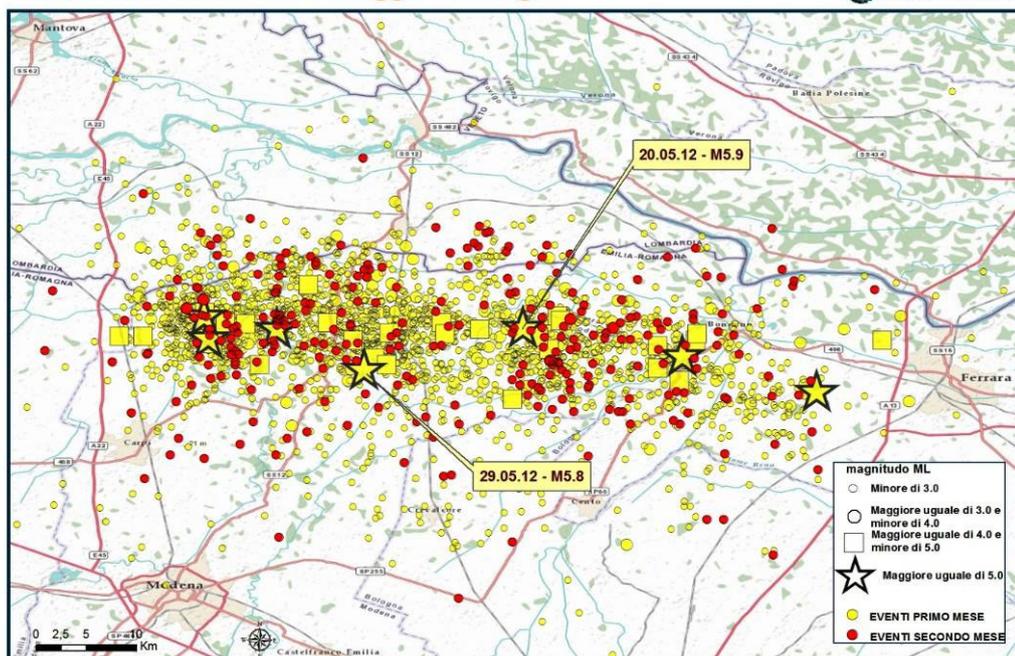
Si tratta di una sequenza sismica che ha interessato la regione padana nella bassa modenese ai confini con le provincie di Reggio Emilia, Mantova e Ferrara.

Le due scosse più forti si sono avute:

- il giorno 20 maggio 2012 alle ore 04:03 italiane, con magnitudo (MI) 5.9, localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV nel distretto sismico "Pianura\_padana\_emiliana". Le coordinate dell'ipocentro risultano: 44.89°N, 11.23°E in Comune di Mirandola con profondità ipocentro di 6.3 km.
- il giorno 29 maggio 2012 alle ore 09:00 italiane, con magnitudo 5.8 localizzato nel settore occidentale della fascia che si era attivata con l'evento del 20 maggio. Coordinate epicentro 44.851°N, 11.086°E - Profondità 10.2 km

Si tratta di un meccanismo compressivo con direzione di massima compressione nord-sud e piani di faglia orientati est-ovest. Il terremoto è avvenuto in una zona a medio-bassa pericolosità sismica, al confine settentrionale della zona in compressione della catena Appenninica, sede in passato di alcuni terremoti storici di magnitudo inferiore o pari a 6.

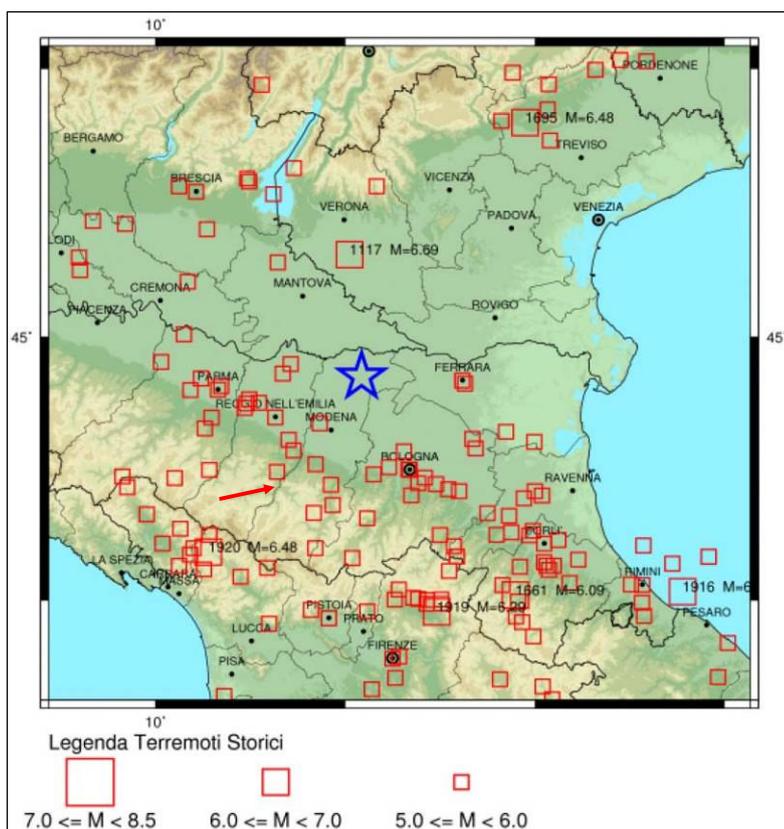
#### SEQUENZA SISMICA 20 maggio - 20 luglio



La sismicità si distribuisce lungo un'area allungata per circa 40 km in direzione est-ovest. I terremoti più forti della sequenza sono dovuti a un fenomeno di compressione attiva in direzione nord-sud, legato alla spinta dell'Appennino settentrionale verso nord, al di sopra della

placca adriatica. L'estensione della zona attiva, confrontata con la magnitudo degli eventi principali, suggerisce che ad essersi attivato sia un sistema di faglie complesso, e non una singola faglia.

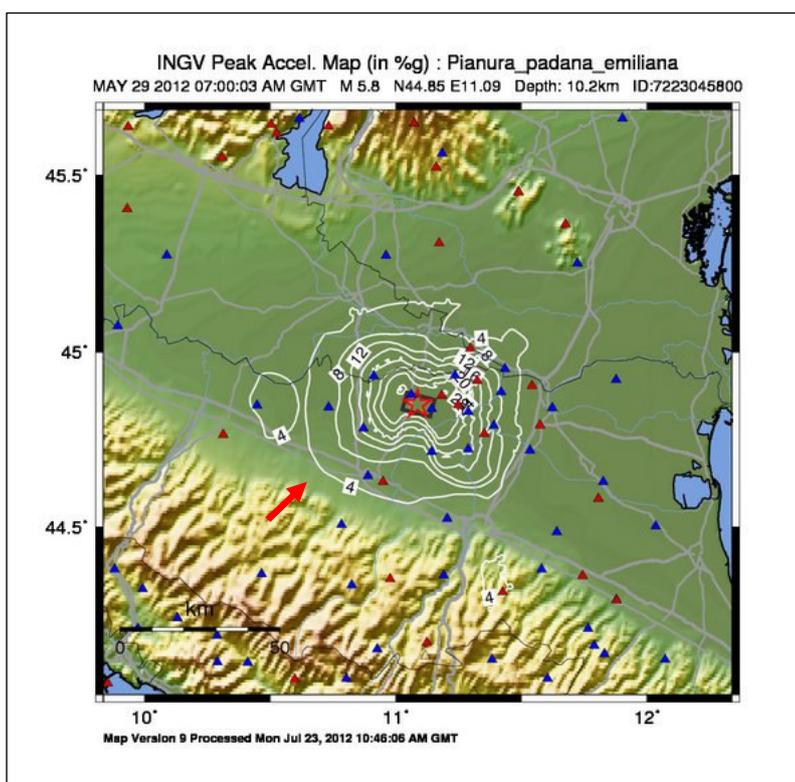
La sequenza sismica ha interessato la regione padana, già sede di terremoti rilevanti nei mesi



passati. In particolare, a gennaio 2012 la zona appenninica di Reggio Emilia e Parma fu colpita da terremoti di magnitudo 4.9 e 5.4, a distanza di pochissimi giorni. I due terremoti di gennaio, sebbene avvenuti a profondità molto diverse (30 e 60 km) rispetto ai 6-8 km di quelli in oggetto, sono anch'essi legati ai movimenti della stessa "microplacca adriatica", che negli ultimi mesi ha avuto un'attività piuttosto intensa.

Le informazioni storiche per l'area sismogenica attivatasi oggi, evidenziano un'attività non molto frequente, con alcuni terremoti significativi nelle aree adiacenti. In particolare, un evento

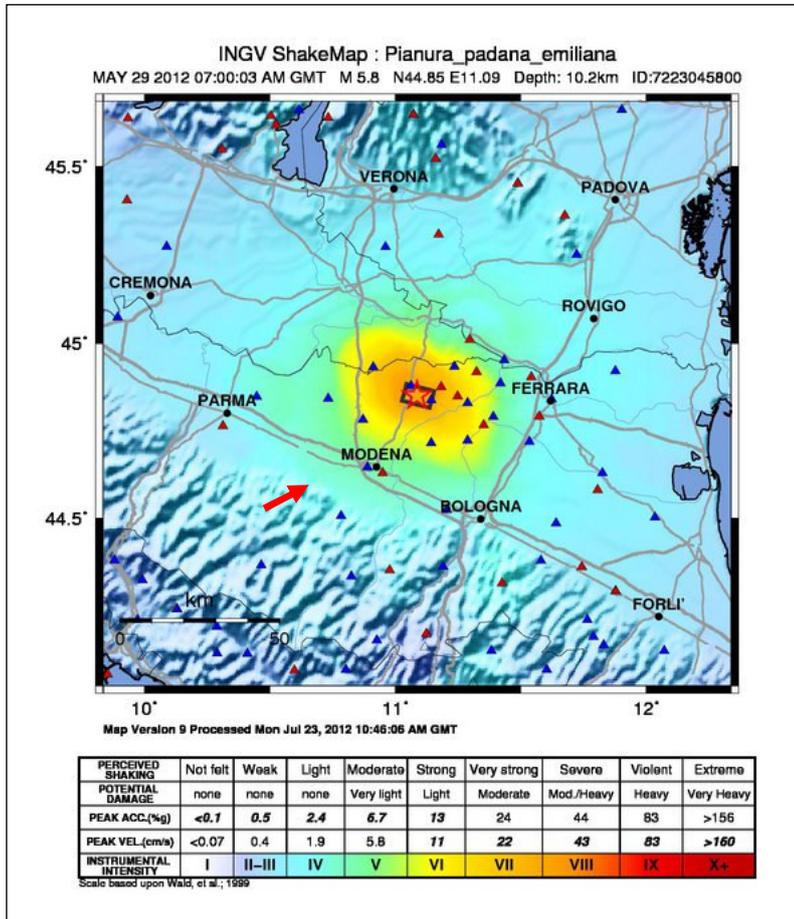
sismico che appare simile a quello odierno colpì Ferrara nel 1570, causando danni fino all'ottavo grado Mercalli (MCS). Un altro evento storico di interesse, studiato di recente, è quello avvenuto nel 1639 con epicentro nei pressi di Finale Emilia, ove produsse effetti del VII-VIII grado MCS.



Qui a fianco si riporta la mappa in cui vengono graficati gli andamenti dei picchi di accelerazione (in % di g) in attenuazione a partire dall'epicentro della scossa del 29-05-12 di M=5.8.

La freccia rossa indica circa l'abitato di Scandiano.

Questa rappresentazione raffigura invece con diverse tonalità di colore alcuni parametri (accelerazione di picco, velocità di picco) ed elementi valutativi/qualitativi di un evento tellurico (percezione dello scuotimento, danno potenziale, intensità strumentale).



In entrambe le ultime due figure è possibile valutare immediatamente come la sequenza sismica del 20-29 maggio 2012 abbia prodotto risentimenti non molto significativi nella zona in esame.

Sulla base delle elaborazioni dell'INGV si stima in prima approssimazione un valore indicativo dell'accelerazione di picco inferiore a 0.04g e intensità macrosismica intorno al III-IV grado.

### 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.

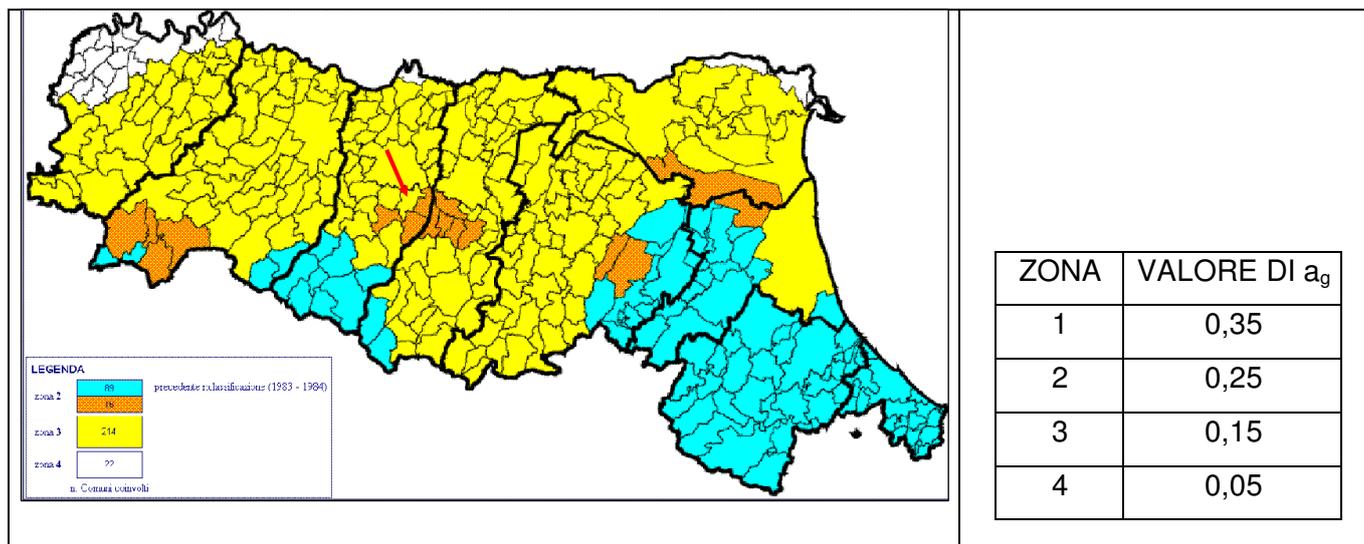


Fig. 10 - Classificazione sismica attuale di riferimento - Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 All. 1.

Il Comune di Scandiano 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 *Criteria generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.*

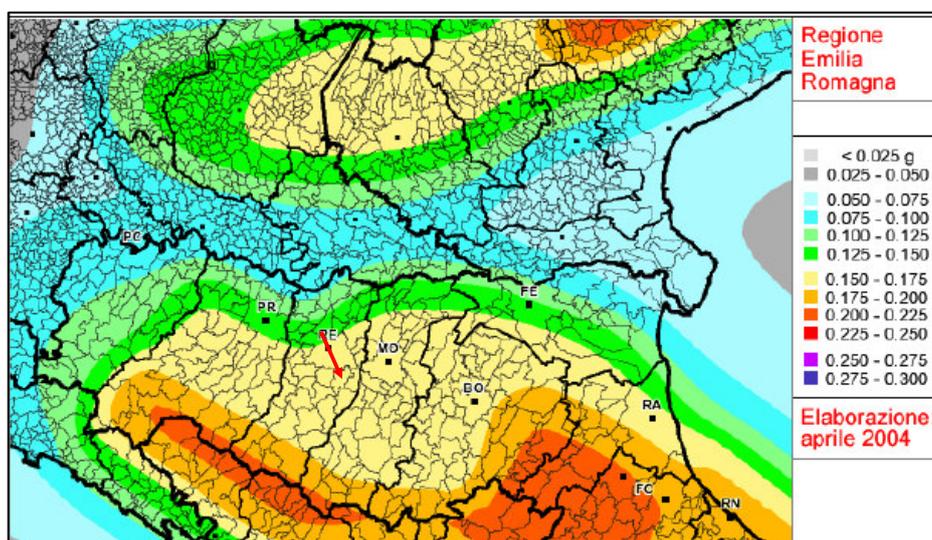


Fig. 11 - Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $Vs_{30} > 800$  m/s; cat. A) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione 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 Scandiano 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 0,150 e 0,175** l'accelerazione di gravità **g**.

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

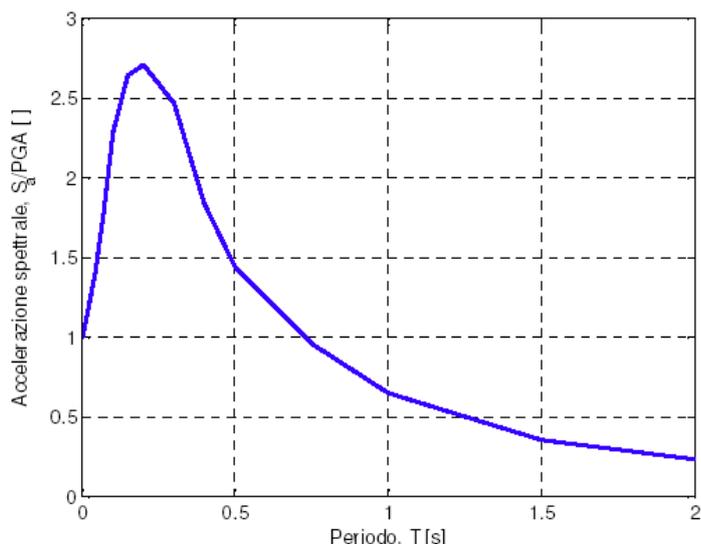
La RER ha poi approvato la Del. n. 112 del 02-05-2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.”; in All. A4 sono riportati i valori di accelerazione max, espressa sempre in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$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

RE	San Polo d'Enza	0.158	Per il Comune di Scandiano risulta $a_{refg}=0,162$
RE	Sant'Ilario d'Enza	0.140	
<b>RE</b>	<b>Scandiano</b>	<b>0.162</b>	
RE	Toano	0.162	
RE	Vetto	0.162	
RE	Vezzano Sul Crostolo	0.159	

### **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  $0,150 \div 0,175$  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 0,162 g per l'intero territorio comunale.

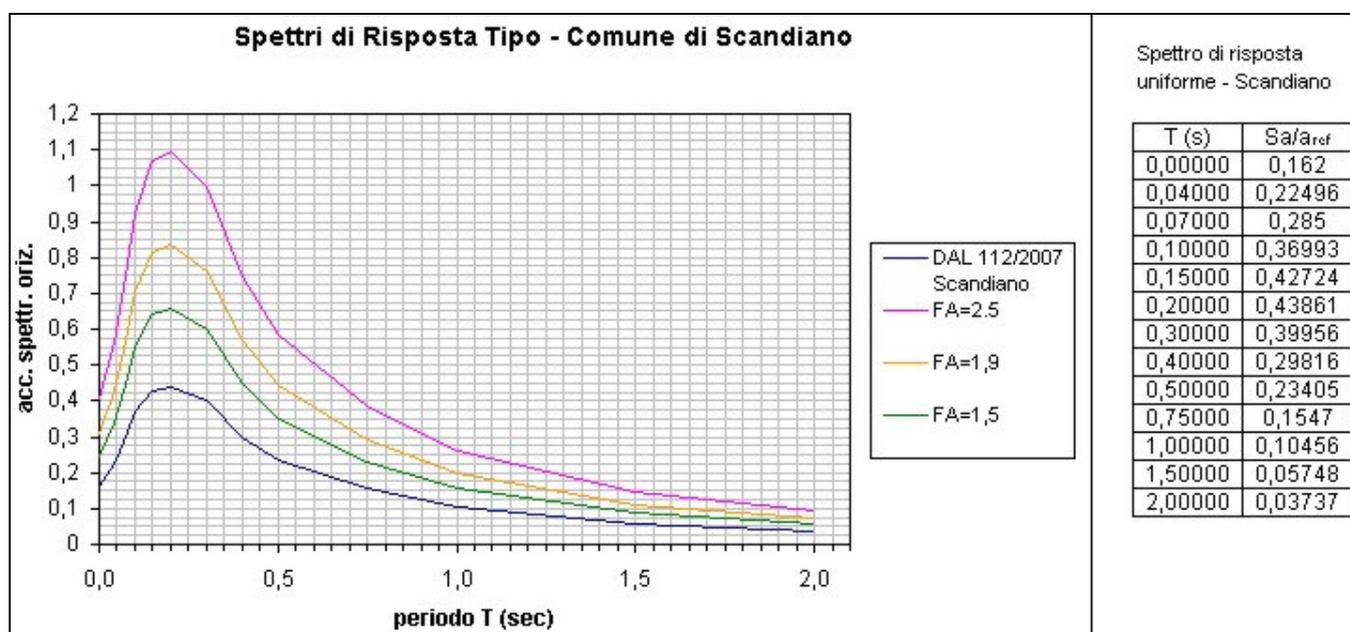
La RER fornisce lo spettro di risposta normalizzato, dal quale è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella seguente per il valore di  $a_{refg}$  di ogni comune (vedi sopra), lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni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



T (s)	Sa/a <sub>ref</sub>
0,00000	1,00000
0,04000	1,38865
0,07000	1,75927
0,10000	2,28349
0,15000	2,63726
0,20000	2,70745
0,30000	2,46642
0,40000	1,84047
0,50000	1,44476
0,75000	0,95494
1,00000	0,64546
1,50000	0,35479
2,00000	0,23070

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.



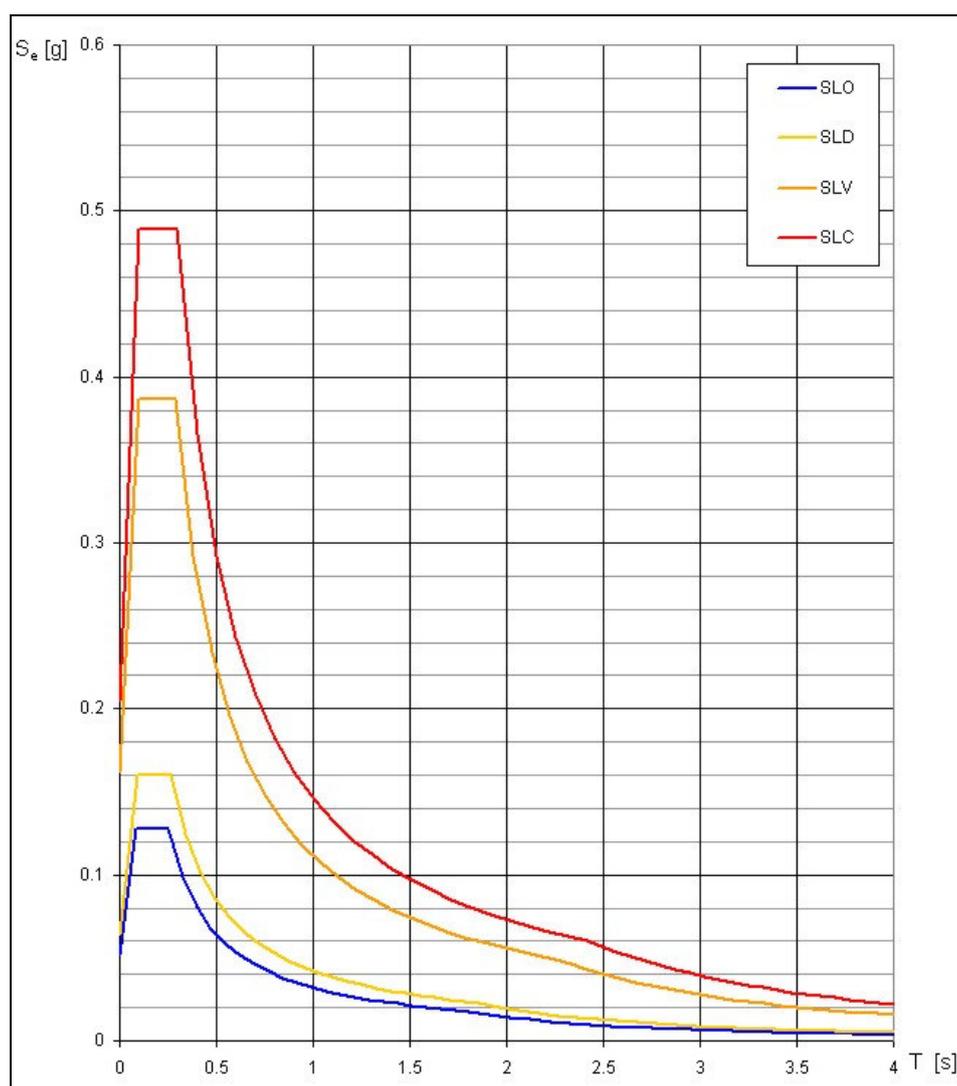
Spettri di risposta a probabilità uniforme, pari al 10% di almeno una eccedenza in 50 anni per Scandiano. Con linea blu viene riportata lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera dell'assemblea legislativa ER – DAL112-2007, mentre con le altre linee sono riportati gli spettri elastici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



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 discreta congruenza ma con valori mediamente superiori per lo spettro regionale.

**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>Depositi 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>Depositi 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	Depositi 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	Depositi 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.

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

$h_i$  = spessore dello strato i-esimo

$V_{S_i}$  = 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'area in esame è situata al margine meridionale del bacino del Po, bordato dalla catena dell'Appennino settentrionale in sollevamento.

Il bacino padano costituisce un'ampia fossa sinsedimentaria, colmata da una spessa successione neogenica, che a partire dal Pliocene mostra una tendenza regressiva (*shallowing upward*), passando da ambienti marini aperti, a marginali e infine alluvionali.

L'Appennino settentrionale è una catena a falde, originata dall'impilamento di terreni di diversa provenienza paleogeografica, in seguito alla collisione tra la zolla europea e la microplacca Apula, connessa alla zolla africana. La collisione è stata preceduta dalla chiusura di un'area oceanica (paleoceano ligure), interposta tra le zolle.

I domini paleogeografici coinvolti sono:

- *Dominio ligure*, coincidente con l'area oceanica. Il Dominio Ligure è, inoltre, tradizionalmente diviso in Dominio ligure esterno e Dominio ligure interno, i cui caratteri rispecchiano la differente posizione all'interno del paleoceano Ligure;
- *Dominio subligure*, corrispondente alla crosta africana assottigliata;
- *Dominio tosco-umbro* di pertinenza africana.
- *Dominio epiligure*, formato da sedimenti depositi a partire dall'Eocene Medio sulle unità Liguri già deformate.

In estrema sintesi, l'assetto della catena è determinato dall'accavallamento del Dominio Ligure su quello Subligure e di entrambi sul Dominio tosco-umbro-marchigiano, a sua volta costituito da più elementi strutturali sovrapposti. Questo assetto è il prodotto di una complessa tettonica polifasica, sviluppatasi a partire dal Cretacico superiore e tutt'ora in atto.

A partire dal tardo Pleistocene Inferiore si assiste a una generalizzata regressione marina verso est e ad una concomitante estensione della sedimentazione fluviale a tutta la pianura.

Dal punto di vista tettonico-strutturale, il territorio di Scandiano è interessato dalla presenza di unità tettoniche differenziate durante la fase ligure e precisamente dall'Unità tettonica Cassio, a cui appartengono le formazioni delle Argille a Palombini (APA), Arenarie di Scabiazza (SCB), Argille varicolori di Cassio (AVV) e la successione della Val Tresinaro (Flysch di Monte Cassio (MCS) e Argille di Viano (AVI) ). Le unità sono generalmente distribuite secondo fasce ad andamento appenninico (NW-SE).

L'Unità Cassio occupa la posizione geografica più settentrionale fra tutte le Unità tettoniche liguri. Essa, tramite la struttura Case del Lupo - M. dell'Evangelo, orientata in senso appenninico, sovrascorre sulle evaporiti messiniane, raggiungendo il margine appenninico.

Tra le principali strutture deformative riconosciute nell'area di studio, si ricordano:

- Linea "Pecorile – M.te dell'Evangelo", allineamento longitudinale di faglie dirette ad alto angolo immergenti a S-SW, attribuibile alla *fase ligure*, ma profondamente modificata dagli eventi tettonici successivi. Essa borda verso nord la Sinclinale di Viano giustapponendo le formazioni pre-flysch al binomio Flysch di M. Cassio-Argille di Viano della Successione della Val Tresinaro;
- Sinclinale di Viano, struttura plicativa ad asse E-W di importanza regionale, imputata a fasi tettoniche anteriori al Burdigaliano, coinvolge la Successione epiligure affiorante e parte delle unità liguri ad essa sottostanti (Successione della Val Tresinaro). A nord è limitata dalla Linea "Pecorile – M.te dell'Evangelo"
- Linea dei Gessi. E' stata interpretata da PAPANI, 1971 come allineamento di faglie inverse, prodotto della tettonica compressiva post-messiniana che ha verticalizzato la formazione Gessoso-solfifera presso il margine appenninico. Si tratta di due sistemi paralleli di faglie ad andamento appenninico che confinano al loro interno la Formazione gessoso-solfifera (GES), la quale si trova così in contatto tettonico a monte con le formazioni più antiche liguri ed epiliguri ed a valle con il Pliocene.

### **STRATIGRAFIA DEL SUBSTRATO**

Vengono di seguito descritte le unità litostratigrafiche presenti nell'ambito comunale, a partire dai domini geometricamente inferiori, e, nell'ambito di questi ultimi, dai termini più antichi ai più recenti.

<b>DOMINIO LIGURE</b>	
Le Liguridi sono rappresentate dalle cosiddette unità "pre-flysch" (Complessi di base), deposte prima delle classiche successioni torbiditiche calcareo-marnose o arenaceo-pelitiche del Cretacico terminale e del Paleocene, note come "Flysch ad Elmintoidi". Durante la fase ligure queste unità, prevalentemente argillose, sono state deformate in modo così intenso e pervasivo, da obliterare spesso l'originario ordine stratigrafico.	
<b>Formazioni pre-flysch ad Elmintoidi ed unità affini</b>	
<i>Argille a Palombini</i> <b>(APA)</b>	Le Argille a Palombini, quando la stratificazione è preservata, sono costituite da un'alternanza di argille e strati di calcilutiti. Le argille sono di colore grigio scuro o nerastro, da massive a laminate e possono contenere singoli strati o pacchi di strati da molto sottili a sottili, di torbiditi arenaceo-pelitiche o pelitiche. Le calcilutiti sono di colore grigio scuro, in strati da medi a spessi, con una base arenitica da fine a media. Il rapporto calcare/argilla è in prevalenza $\ll 1$ . Nella maggior parte dei casi, tuttavia, le Argille a Palombini sono molto deformate e appaiono come una massa argillosa indistinta, in cui gli originari strati di calcilutite sono ridotti a blocchi di varie forme e dimensioni più o meno allineati. Si tratta di torbiditi distali carbonatiche e subordinatamente arenacee, deposte in ambiente di piana abissale, al di sotto della profondità di compensazione dei carbonati,

	su un substrato non più conservato. Lo spessore è valutato nell'ordine delle centinaia di metri. Per la formazione si ipotizza, su base biostratigrafica, un'età Cretaceo inferiore-cenomaniana e turoniana.
<i>Arenarie di Scabiazza (SCB)</i>	Le Arenarie di Scabiazza sono costituite da torbiditi arenaceo-pelitiche, in strati da sottili (prevalenti) a medi, con rapporto arenaria/pelte molto variabile. Le porzioni arenacee sono formate da arenarie fini, con colore di alterazione marrone-rossiccio o nocciola, passanti a tetto a peliti grigio scure. Subordinate calcilutiti verdognole in strati da medi a spessi e marne calcaree biancastre in strati da medi a molto spessi. Sono interpretati come depositi distali di piana sottomarina posta al di sotto della superficie di compensazione dei carbonati, alimentata da apporti torbiditici silicoclastici. La deformazione è intensa in corrispondenza dei livelli pelitici, debole/assente in corrispondenza degli intervalli arenacei più competenti. Limite transizionale verso le Argille varicolori di Cassio, a cui sono strettamente associate. Lo spessore è valutato in qualche centinaio di metri. L'età è compresa tra il Turoniano sup. e il Campaniano inf.
<i>Argille varicolori di Cassio (AVV)</i>	Formazione litologicamente eterogenea, costituita dall'alternanza ritmica di argille rosse, grigie, verdastre e nerastre, fessili, a stratificazione molto sottile o sottile. All'interno dei litotipi argillitici sono presenti frequenti intercalazioni di arenarie e microconglomerati di colore grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, di derivazione insubrica, torbiditi pelitico-arenacee a grana fine, in strati molto sottili o sottili. Presenza, con contatti di natura stratigrafica, di brecce a elementi carbonatici (calcilutiti biancastre silicee) in matrice argillosa nerastra, derivate da colate sottomarine di fango e detrito. La deformazione penetrativa è a scala mesoscopica. La formazione è in relazione di parziale eteropia con le Arenarie di Scabiazza. L'ambiente deposizionale è quello di piana sottomarina posta al di sotto della profondità di compensazione dei carbonati, con apporti torbiditici distali alimentati da differenti aree sorgenti. La formazione è riferibile almeno al Santoniano-Campaniano.
<b>Successione della Val Tresinaro</b>	
Nel territorio di Scandiano, la successione affiora in una ristretta area a nord della località La Braglia (Castione-Cà del Rio), in prossimità del limite meridionale del comune. Di essa fanno parte due spesse formazioni di torbiditi calcareo-marnose tipiche dei Flysch ad Elmintoidi. Essa è attribuita al Dominio ligure esterno per la presenza di depositi clastici risedimentati di provenienza austroalpina nelle formazioni pre-flysch sottostanti.	
<i>Flysch di Monte Cassio (MCS)</i>	La formazione è costituita dalla ripetizione ritmica di strati torbiditici calcareo-marnosi, da medi a molto spessi (tipo Flysch ad Elmintoidi), composti da una porzione basale arenitica, seguita da marne di colore grigio-chiaro con patine ocracee e da un sottile livello di argille nerastre emipelagiche. Ad essi si intercalano torbiditi arenaceo-pelitiche, di colore grigiastro, in strati da sottili a spessi. L'unità rappresenta un sistema torbiditico di piana bacinale profonda, deposto al di sotto della superficie di compensazione dei carbonati. In questo settore il flysch poggia con limite tettonico sulle Argille varicolori di Cassio o sulle Arenarie di Scabiazza. Nelle aree circostanti lo spessore varia tra 1.000 (sinclinale di Viano) e 500 m. Alla formazione viene assegnata un'età compresa tra il Campaniano superiore ed il Maastrichtiano superiore.
<i>Argille di Viano (AVI)</i>	La formazione è piuttosto eterogenea: prevalgono argille, spesso siltose, in strati sottili, di colore grigio-scuro, grigio verde o rossastro, con intercalazioni di sottili strati arenacei a grana fine, grigiastri. Sono anche presenti sporadiche intercalazioni di strati marnosi da medi a spessi, di calcisiltiti e di calcari manganesiferi. Rappresentano depositi pelagici di ambiente marino profondo. Inferiormente passano con limite graduale al Flysch di Monte Cassio. La formazione è fortemente tettonizzata, con diffuso boudinage degli strati più competenti; essa è soggetta a forte degradazione superficiale e frequentemente dissestata. Alle Argille di Viano viene attribuita un'età paleocenica inferiore, che potrebbe estendersi all'Eocene inferiore o medio-superiore, ma l'età costituisce un problema ancora non del tutto risolto.

**DOMINIO EPILOGURE**

La Successione epiligure (Eocene medio-Messiniano inf.) è rappresentata da formazioni sedimentate in bacini

<p>impostati alla sommità delle unità liguri tettonizzate (bacini episuturali). La sedimentazione avviene, fino al Miocene inferiore, in un contesto ambientale di mare profondo, con depositi di colata e sedimenti torbiditico-emipelagici; successivamente si imposta una sedimentazione di piattaforma, con apporti terrigeni extrabacinali e carbonatici intrabacinali.</p> <p>La successione, che affiora al nucleo della sinclinale di Viano, nell'ambito del territorio in esame è rappresentata da:</p>	
<p><i>Marne di Monte Piano (MMP)</i></p>	<p>La formazione è costituita da argille marnose e marne argillose prevalentemente di colore rosso, rosato, grigio chiaro e subordinatamente di colore verdastro o verde chiaro. Gli strati hanno spessore variabile e spesso sono mal distinguibili. Localmente sono presenti sottili strati di siltiti nerastre, di arenarie fini biancastre, risedimentate e, più raramente, calcilutiti marnose grigioverdi. L'originaria stratificazione è spesso obliterata da complesse deformazioni di taglio e di tipo plicativo.</p> <p>L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad un bacino marino poco profondo caratterizzato dalla decantazione di argille pelagiche e dall'arrivo di correnti di torbida diluite, con risedimentazione di materiale terrigeno fine e finissimo.</p> <p>L'età è luteziana terminale-priaboniana.</p>
<p><i>Formazione di Ranzano (RAN)</i></p>	<p>La formazione è litologicamente eterogenea. Sono stati distinti i seguenti membri:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• membro della Val Pessola (RAN2), costituito da litoareniti feldspatiche, con presenza di serpentiniti massive, in strati tabulari da medi a molto spessi e subordinati livelli conglomeratici a matrice sabbiosa, tabulari e lenticolari. Affiora sul versante settentrionale del rilievo di Monte.</li> </ul> <p>In posizione basale, ma raramente affiorante per l'estesa copertura quaternaria del fondovalle e dei depositi di conoide dell'area Colombaro-La Braglia, è presente una litofacies formata da banchi arenacei a grana grossolana e conglomeratici (RAN2a).</p> <p>L'età è Rupeliano inf.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• membro di Varano de' Melegari (RAN3) è costituito in prevalenza da alternanze arenaceo-pelitiche con rapporto arenaria/pelite &lt;1. Gli strati, da sottili a spessi, tabulari, sono costituiti da una base litarenitica fine o finissima, grigio verdastro, passante a pelite e a pelite marnosa grigio-verde. Le peliti, in alcuni casi, possono costituire quasi l'intero strato. Affiora nella porzione centrale e meridionale del rilievo di Monte.</li> </ul> <p>L'età è Rupeliano medio-superiore.</p> <p>L'ambiente deposizionale della formazione è complessivamente riferibile ad un sistema scarpata-bacino. L'età è rupeliana.</p>

### SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA MARINA

<p>La successione corrisponde ad un nuovo superciclo sedimentario che si sviluppa al margine della catena, al di sopra dei terreni liguri ed epiliguri. I depositi pliocenici e quaternari marini testimoniano, complessivamente, una situazione regressiva, con passaggio da ambienti di scarpata e piattaforma esterna ad ambienti di transizione. Essi rappresentano la porzione più interna del margine sud-occidentale dell'avanfossa padano-adriatica adiacente alla catena appenninica e successivamente in essa incorporata.</p> <p>Nell'area comunale i depositi della successione sono distribuiti lungo il margine collinare, prevalentemente in destra del torrente Tresinaro.</p>	
<p><i>Formazione Gessoso-solfifera (GES)</i></p>	<p>La formazione è costituita da banchi di gesso selenitico da metrici a plurimetrici con livelli di gesso detritico e da marne contenenti blocchi di gesso detritico, deposti in ambiente lagunare salmastro.</p> <p>Essa si presenta intensamente tettonizzata; lo spessore, a causa della deformazione, è variabile. La formazione è in contatto tettonico con le Argille varicolori di Cassio e con le Argille Azzurre. La sua deposizione è legata al disseccamento del Mar Mediterraneo, avvenuto durante il Messiniano (Miocene Superiore).</p>
<p><i>Argille Azzurre (FAA)</i></p>	<p>La formazione è costituita da argille siltose e debolmente marnose di colore grigio-azzurro e grigio-nerastro, priva di evidenti strutture sedimentarie, a stratificazione mal definita; sono presenti limitate intercalazioni di siltiti e sabbie fini, in lenti piatte, isolate o connesse. La sedimentazione è avvenuta in un ambiente neritico di piattaforma distale dominata da una sedimentazione clastica. L'unità è in contatto, esclusivamente tettonico, con le Argille a Palombini e la Formazione Gessoso-solfifera. L'età è compresa tra il Pliocene inferiore ed il Pleistocene inferiore.</p>
<p><i>Formazione delle sabbie gialle</i></p>	<p>Nel territorio di Scandiano l'unità forma una ristretta fascia, a giacitura verticalizzata, in contatto con i depositi continentali medio-pleistocenici verso la pianura.</p>

<b>(FSG)</b>	<p>La formazione è costituita da sabbie gialle fini (prevalenti) e medie, a stratificazione media o sottile, piano-parallela o incrociata a basso angolo; nella parte alta sono presenti rare intercalazioni di ghiaie subarrotondate. All'interno della formazione sono presenti numerose superfici erosive e discontinuità stratigrafiche. Le "sabbie gialle" sono deposte in un ambiente transizionale che prelude alla chiusura della sedimentazione marina ed alla successiva sedimentazione continentale.</p> <p>Il limite inferiore è continuo, per alternanze, con la formazione delle Argille Azzurre; il limite superiore è erosivo con i depositi continentali del Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (vedi oltre). Lo spessore varia da pochi metri a 50-80 m.</p> <p>L'età, in assenza di fossili significativi, è definibile esclusivamente per posizione stratigrafica e risulta compresa tra il Pleistocene inferiore (età massima delle Argille Azzurre) e il Pleistocene Medio, età dei depositi continentali a tetto.</p>
--------------	--

### SUCCESSIONE QUATERNARIA CONTINENTALE

I terreni continentali quaternari sono rappresentati da depositi fluviali intravallivi, di conoide pedemontana e di piana alluvionale. Essi rappresentano la parte sommitale del riempimento quaternario dell'avanfossa padana e costituiscono un ciclo sedimentario la cui età basale, definita su correlazioni sismiche con le aree adriatiche, è stata fissata a circa 650 ka B.P e che si sovrappone, con limite per "unconformity", sul precedente ciclo quaternario marino. Le unità continentali del ciclo medio pleistocenico-olocenico riconosciute nel presente lavoro (cfr. **Tav. 1**), e qui di seguito descritte, sono state denominate secondo la nomenclatura utilizzata nel rilevamento CARG della Regione Emilia Romagna (Gasperi et al., 1999), a sua volta derivata dallo studio della RER & ENI-AGIP (1998). Esse sono così definite, dalla più antica alla più recente:

1. **Sintema Emiliano-Romagnolo Inf. (AEI)**
  2. **Sintema Emiliano-Romagnolo Sup. (AES)**
- Nell'area di interesse del presente studio, esso è suddiviso in:
- 2A **Subsintema di Villa Verrucchio (AES7)** [non presente nel territorio comunale]
  - 2Aa **Unità di Niviano (AES7a)**
  - 2Ab **Unità di Vignola (AES7b)**
  - 2B **Subsintema di Ravenna (AES8)**
  - 2Ba **Unità di Modena (AES8a)**

PRINCIPALI UNITÀ STRATIGRAFICHE				ETA (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE				
AFFIORANTI		SEPOLTE				GRUPPO ACQUEDOTTI	COMPLESSO AZIENDALE			
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUMI, ALLUVIONI E ALLUVIONI	FORMAZIONE DI GARBIELLO	UNITÀ DI VILLA DEL MOSCO	UNITÀ DI CAI DI SOLA	SUPERSENTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	ORIZZONTE DI FOSCOLLO	UNITÀ DI BORGO PANIGALE	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A1
								~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	A2
								~0.65		B1
										B2
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE DI CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE DI MOLA p.p.	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE DI CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE DI MOLA p.p.	CALABRIANO p.p. SABBIE DI MONTERICCO FORMAZIONE DI TERRA DEL SOLE p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE DI CASTELLARQUATO p.p.	SUPERSENTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSENTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	SUBSENTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	~0.89		PLEISTOCENE INFERIORE
								~1.0	C2	
								~1.72	C3	
								~2.2	C4	
								~3.3-3.6	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE	
P <sub>2</sub>	FORMAZIONE DI CASTELLARQUATO p.p.				SUPERSENTEMA DEL PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE		FLIOCENE MEDIO SUPERIORE	~3.55	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	
								~3.9		ACQUEDOTTO BASALE

<b>1. Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore (AEI)</b>	
<p>Sono attribuiti a AEI:</p> <p>1) alcuni depositi terrazzati, di dimensioni ettometriche, distribuiti lungo il limite con l'area collinare ad est del torrente Tresinaro;</p> <p>2) aree debolmente convesse presenti sul pianalto di Borzano-Ghiardo, ad ovest del citato corso d'acqua.</p> <p>Il limite basale è una superficie erosionale che poggia in 'unconformity' sulla Formazione della Argille Azzurre (FAA) o sulla Formazione delle Sabbie Gialle (FSG) nelle aree collinari. Il limite con quest'ultima è parzialmente esposto in corrispondenza del rio Bellani in località Colombara.</p> <p>In assenza di spaccati significativi, i caratteri litologici e pedologici dell'unità sono stati ricavati da dati di letteratura.</p> <p>Secondo il rilevamento CARG (Gasperi et al., 1999), nelle aree di conoide i depositi sono costituiti da materiali prevalentemente limosi in superficie, caratterizzati da pedogenesi con profili di alterazione decarbonatati superiori a 5 metri. Lo spessore complessivo del sintema nell'area, dato il carattere relitto delle superfici è, presumibilmente, di ordine decametrico.</p> <p>L'unità è coinvolta nelle deformazioni neotettoniche legate all'attività dei thrust frontali della catena appenninica.</p> <p>Il sintema è dubitativamente attribuito, in base a ritrovamenti paleontologici presso l'alveo del fiume Panaro, al Pleistocene medio basale (più antico di 400.000 anni).</p>	
<b>2. Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)</b>	
<b>2A Subsintema di Villa Verrucchio (AES7)</b>	<p>Il Subsintema di Villa Verrucchio s.l. è stato suddiviso in unità di rango inferiore. Il limite superiore, nelle porzioni affioranti in posizione intravalliva è caratterizzato da ghiaie intensamente pedogenizzate; un suolo di analoghi caratteri è riconoscibile anche nel sottosuolo delle aree di pianura, dove segna il passaggio tra le ghiaie della unità superiore del subsintema (Unità Vignola) con i depositi prevalentemente limoso-argillosi della base del sovrastante Subsintema di Ravenna.</p>
<b>Unità di Niviano (AES7a)</b>	<p>L'unità di Niviano affiora sia in sponda destra che in sponda sinistra del torrente Tresinaro, con morfologie, litologie e suoli in parte differenti. Si tratta di depositi continentali ghiaioso-sabbiosi dei terrazzi intravallivi e dei conoidi dei principali corsi d'acqua (Fiumi Secchia, Panaro, Tiepido) e depositi limoso sabbiosi dei torrenti minori (T. Tresinaro).</p> <p><u>In sponda sinistra</u> l'unità struttura il settore di Case Spadoni - Cà Calabrini, porzione orientale di un esteso sistema terrazzato che raggiunge il massimo sviluppo a S di Reggio Emilia.</p> <p>La porzione affiorante dell'unità è tipicamente costituita da:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ghiaie profondamente pedogenizzate passanti verso il basso a ghiaie inalterate/conglomerati o, meno comunemente, argille fluviali. Lo spessore di questo suolo, noto in letteratura come "<i>Collecchio Vetuso</i>" (Cremaschi, 1987), può superare i 5 m. Le ghiaie sono sistematicamente tagliate da una superficie erosionale e suturate da una copertura composita di materiali fini nota come "<i>Ghiardo Loess</i>", il cui spessore è valutabile in circa 2 m.</li> </ul> <p><u>In sponda destra</u> del torrente Tresinaro affiora un altro esteso lembo dell'Unità di Niviano. La caratterizzazione litologica di superficie di questi depositi è piuttosto problematica, a causa della quasi totale assenza di dati bibliografici puntuali e di osservazioni dirette. I rari dati disponibili indicano, per almeno una parte dell'unità, una differenza piuttosto marcata a livello sedimentologico e pedologico, rispetto ai depositi presenti in sponda sinistra.</p> <p>Infatti, nell'unica sezione significativa rinvenuta, ubicata nel settore centrale del terrazzo (quota 110 m circa), si osservano: 2 m circa di argille limose massive, con aggregazione angolare fine fortemente espressa, passanti con limite netto erosionale ad alternanze di:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) limi argilloso-sabbiosi, a clasti sparsi centimetrici, fortemente alterati;</li> <li>2) lenti di ghiaie centimetriche alterate, al limite tra supporto clastico e di matrice, dello spessore medio di circa 0,5 m.</li> </ol> <p>Questi depositi sono riconducibili ad un ambiente di conoide alluvionale dominata da sedimentazione fine, interrotta da canali distributori poco profondi colmati da depositi clastici.</p> <p><i>Età</i></p> <p>L'Unità di Niviano è stata datata indirettamente (secondo un modello che lega i depositi ghiaiosi dei terrazzi intravallivi più sviluppati agli intervalli ghiaiosi più estesi nel sottosuolo e le maggiori scarpate intravallive agli intervalli fini del sottosuolo) alla parte</p>

<p><b>Unità di Vignola (AES7b)</b></p>	<p>più antica dell'intervallo compreso tra il penultimo e l'ultimo glaciale (Tirreniano).</p> <p>L'unità di Vignola, nell'ambito del territorio comunale di Scandiano, è presente solo in sponda destra del torrente Tresinaro, limitata dal terrazzo dell'Unità di Vignola verso est e da un limite morfologico piuttosto incerto, ad eccezione del tratto centrale, verso ovest. In base a dati di letteratura, essa sembra invece piuttosto diffusa nel sottosuolo, con una distribuzione di sedimenti molto superiore all'estensione dell'attuale morfostruttura.</p> <p><i>Caratteri litologici e pedologici</i></p> <p>Per la definizione della litologia di superficie dell'unità è disponibile un'unica osservazione diretta effettuata a Chiozzino, in prossimità del limite settentrionale dell'area di affioramento. In questa località essa è caratterizzata da limi e limi argillosi bruno grigiastri, finemente screziati e massivi, fino oltre 4 m di profondità.</p> <p>In base a stratigrafie pregresse del sottosuolo ricavate principalmente da pozzi per acqua sembra che questa litologia superficiale possa essere estesa all'intera unità affiorante, che risulterebbe costituita fino a profondità mediamente comprese tra 6-10 m da depositi alluvionali fini, mentre a quote inferiori prevarrebbero sedimenti ghiaiosi e, molto raramente, sabbiosi.</p> <p><i>Età</i></p> <p>Sulla base di correlazioni dirette con le unità presenti nel sottosuolo della pianura, l'Unità di Vignola è attribuita all'ultimo massimo glaciale (LGM) e alle fasi immediatamente successive (età più antica di 12.000-18.000 anni B. P.).</p>
<p><b>2B Subsistema di Ravenna (AES8)</b></p>	<p>Il Subsistema di Ravenna è l'unità quaternaria di maggiore estensione nell'ambito del territorio comunale.</p> <p>Per quanto rapportate all'estensione dell'unità le osservazioni risultino piuttosto scarse, è stato possibile riconoscere i seguenti depositi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) depositi di conoide a trasporto in massa;</li> <li>2) depositi di conoide alluvionali distinti in: facies di canale, di piana alluvionale e palustre.</li> </ol> <p>1) A quota 125 m circa, in frazione Ventoso, si è osservata la seguente successione: limi argilloso sabbiosi con struttura angolare fortemente espressa (1 m); ghiaie massive ad assetto caotico, con limite inferiore fortemente ondulato (2 m); alternanze di argille limose (prevalenti) e sottili lenti ghiaiose (totale 2 m).</p> <p>Si tratta di una litofacies legata al conoide edificato da rio Belloni, strettamente analoga a quella del conoide di San Ruffino (depositi dell'unità di Niviano): prevale una sedimentazione argillosa di intercanale, interrotta da piccoli canali distributori a sedimentazione clastica. L'episodio ghiaioso terminale rappresenta un evento di trasporto in massa di magnitudo più elevata, che ricopre, localmente, la superficie del conoide.</p> <p>2) la maggior parte dei depositi rappresentati nell'unità derivano dall'attività deposizionale del torrente Tresinaro. Si distinguono le seguenti litofacies:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in base ai dati di letteratura prevale una litofacies limoso-argillosa, espressione dei sub-ambienti di argine e piana inondabile, che nelle aree più settentrionali della pianura rappresentano l'intero spessore dell'unità (Gasperi et al., 1999). Nell'ambito di pianura del territorio comunale, contiguo al settore collinare/montano, non è stato possibile valutare direttamente presenza e distribuzione di questa litofacies. Tuttavia i risultati delle numerose stratigrafie di sondaggi indicano la prevalenza di sedimenti argillosi s.l. fino a profondità estremamente variabili, con medie attorno a 10 m per le aree a nord del Tresinaro e superiori a 20 m per le aree a sud. Spessori più ridotti di argille sembrano presenti nell'area tra le conoidi di Ventoso e San Ruffino e nelle aree prossimali in sponda sinistra del Tresinaro (5-6 m). <p>Una litofacies più strettamente palustre è stata osservata in una sezione presso il centro di Arceto. Essa è costituita da limi debolmente argillosi e sabbiosi, di colore bruno grigiastro massivi, con resti di gasteropodi e di vegetali mineralizzati; passate di limi argillosi massivi grigi debolmente screziati, con clasti millimetrici e centimetrici sparsi.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sedimenti ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi, espressione di sub-ambienti di canale argine e rotta fluviale, sono osservabili nell'incisione dell'alveo attuale del Tresinaro a</li> </ul> </li></ul>

	<p>nord di Arceto e lungo il suo principale paleoalveo (dati di letteratura e sondaggi). Si tratta di ghiaie a supporto clastico o al limite tra supporto clastico e di matrice; matrice da sabbiosa a sabbioso-limosa; clasti centimetrici subarrotondati/arrotondati, a prevalente composizione carbonatica e carbonatica-terrigena. Copertura di limi e limi sabbiosi massivi.</p> <p>Età La correlazione diretta con le unità di sottosuolo della pianura ha permesso di attribuire il Subsistema di Ravenna all'Olocene (post 12.000 anni B.P. e pre VI° secolo A.D.).</p>
<b>Unità di Modena (AES8a)</b>	<p>Nel territorio comunale l'unità si rinviene esclusivamente in prossimità delle aste fluviali, attuali e fossili (paleoalvei) e forma il primo ordine di terrazzi nelle zone intravallive. Si caratterizza da depositi continentali alluvionali a tessitura grossolana presso le aste fluviali e ai piedi dei versanti e fine verso le aree distali.</p> <p>Nel settore a sud di Fellegara sono disponibili esclusivamente dati estremamente sintetici relativi a sondaggi, che definiscono una litologia di superficie in cui prevalgono sedimenti fini (argille s.l.) fino a profondità medie di 5-6 m, con ghiaie fortemente subordinate ed irregolarmente distribuite. I depositi dell'unità di Modena costituiscono solo i primissimi metri di queste successioni (Gasperi et al., 1999).</p> <p>A nord di Fellegara, lungo il corso attuale del Tresinaro all'unità di Modena sono attribuite ghiaie a matrice limoso sabbiosa, con clasti centimetrici, incise da canali e coperte da 1-2 m di limi e limi sabbiosi a clasti sparsi, che formano il primo ordine di terrazzi in alveo.</p> <p>Lungo il paleoTresinaro, l'unità sembra costituita (dati di sondaggio) da depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi di tracimazione, messi in posto durante l'avulsione del Tresinaro lungo il nuovo (attuale) percorso.</p> <p>Alla sommità di questi depositi è presente un suolo a bassissimo grado di alterazione e non completamente decarbonatato, con profilo inferiore al metro.</p> <p>All'unità di Modena è assegnato anche il fondovalle, localmente di ampiezza ettometrica, presente discontinuamente nel tratto montano del T. Tresinaro.</p> <p>Età I depositi di questa unità vengono correlati agli episodi di sovralluvionamento del VI e VII secolo A.D., che hanno seppellito la città romana di Modena (Cremaschi &amp; Gasperi, 1989).</p>
<b>Depositi quaternari continentali privi di una formale connotazione stratigrafica</b>	<p>Nell'area di studio affiorano depositi superficiali privi di una formale connotazione stratigrafica, distinguibili sulla base delle caratteristiche litologiche, tessiturali e geometriche. Tali depositi comprendono:</p> <p><u>Depositi alluvionali attuali</u>: sono presenti in corrispondenza degli alvei dei corsi d'acqua e delle aree esondabili in condizioni di piena ordinaria, con maggior sviluppo per il torrente Tresinaro. Sono costituiti da ghiaie e sabbie prevalenti, localmente blocchi e materiale fine.</p> <p><u>Depositi di versante</u>: sono presenti nel settore collinare in corrispondenza di principali cambi di pendenza e/o nella fascia di raccordo tra versanti ed ambiti terrazzati sottostanti. Si caratterizzano da depositi di materiale eterogeneo ed eterometrico accumulato per gravità e ruscellamento.</p> <p><u>Depositi di frana attiva e quiescente</u>: costituiscono degli accumuli gravitativi di materiale eterogeneo ed eterometrico ampiamente distribuiti sui versanti del settore collinare ed in particolare nelle aree di pertinenza degli impluvi. Tali depositi possono essere interessati da fenomeni di dinamica geomorfologica in atto o quiescenti (scivolamenti, colate, ecc.) oppure evidenziare condizioni di stabilizzazione.</p>

### 3.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Scandiano, sito nella porzione centro-orientale della Provincia di Reggio Emilia, è collocato nel contesto dell'alta pianura terrazzata al raccordo con l'ambito collinare.

Esso confina a nord con il comune di Reggio nell'Emilia, a est con Casalgrande, a sud con Castellarano e ad ovest con Viano ed Albinea. Oltre al capoluogo Scandiano, il comune è suddiviso in numerose frazioni: Arceto, Cacciola, Cà de Caroli, Chiozza, Fellegara, Iano, Pratissolo, Bosco, Rondinara, San Ruffino e Ventoso.

La superficie totale è di circa 50 km<sup>2</sup>.

La fascia altimetrica di distribuzione varia da circa 60 m s.l.m. nelle propaggini più settentrionali del settore di pianura a 427 m s.l.m. della sommità del Monte Evangelo, situato al confine con Castellarano.

La morfologia si presenta particolarmente articolata, con una differenziazione del territorio comunale in due settori, ben distinti fra loro e con differenti caratteristiche.

Il settore centro-settentrionale del territorio è caratterizzato dalla presenza di aree pianeggianti e subpianeggianti interrotte da orli di terrazzo, paleoalvei (tra cui spicca l'antico corso del torrente Tresinaro) e della conoide alluvionale del torrente Tresinaro, in corrispondenza della quale si sviluppa il nucleo urbano di Scandiano.

Il settore meridionale è invece caratterizzato da una morfologia collinare costituita dai versanti mediamente acclivi del Monte Evangelo ad est e della località La Vedetta ad ovest, con quote superiori ai 400 m s.l.m., separati dalla valle del torrente Tresinaro.

I versanti, localmente interrotti da incisioni costituenti un reticolo idrografico a carattere torrentizio, sono interessati da fenomeni di dinamica geomorfologica superficiali e profondi, attivi e quiescenti.

I nuclei abitati si sviluppano principalmente nel settore centro-settentrionale nelle aree pianeggianti (Scandiano, Aceto, Bosco, Cacciola, Pratissolo, Fellegara, Iano) e nella fascia antistante le prime colline (S. Ruffino, Ventoso, Cà de Caroli). Lungo il fondovalle del Torrente Tresinaro troviamo Mazzalasio, Rondinara, Braglia.

### 3.3 DINAMICA GEOMORFOLOGICA

*(tratto da PSC di Scandiano – QCG 2009)*

Entro il territorio collinare del Comune di Scandiano e nel suo immediato intorno sono stati riconosciuti oltre trecento dissesti. In base alla documentazione provinciale (Inventario del Dissesto – Ed. 2003), regionale e all'analisi delle più recenti foto aeree disponibili (volo CGR 22.06.98) sono stati differenziati dissesti considerabili attivi da quelli sostanzialmente quiescenti o stabilizzati.

L'osservazione da terra non ha fornito elementi di variazione significativi sulla distribuzione ed estensione dei singoli corpi.

Una ulteriore differenziazione mutuata dalla documentazione provinciale è costituita dalla classificazione degli accumuli di frana per scivolamento, per colata e complessi. Ovviamente non sono presenti fenomeni di crollo significativi date le litologie presenti e le pendenze in gioco.

Su entrambi i versanti della valle del Tresinaro i dissesti maggiori appaiono complessi, costituiti dalla coalescenza di numerose piccole frane, riattivazioni entro i depositi di frana, e da diffusi fenomeni di soliflusso che rimaneggiano a livello pellicolare sia i depositi di frana che la normale copertura detritico-colluviale.

Il più grande dissesto che richiede attenzione è quello situato a monte dell'abitato di Ventoso, in destra idrografica del Rio Bellani, già evidenziato nella cartografia PS267 – Frana attiva e nell'Allegato 4.1 del PAI – Aree a rischio idrogeologico molto elevato. Questa cartografia include il tratto di valle che potrebbe venir colmato dalla colata fangoso-detritica interessando così il margine dell'abitato.

Proseguendo verso sud, sempre in destra idrografica del torrente, il grande numero di frane che interessano la testata del vallone a valle di Monte de' Gesso, confluisce nel canalone che risulta morfologicamente inciso nel preesistente conoide di frana.

Sempre in destra idrografica i dissesti attivi a sud di Case Taroni incidono su un tratto di valle privo di abitazioni e strade.

La grande area in dissesto che interessa il rio di Covagno, a monte di Bettole in destra idrografica del Tresinaro, costituisce anch'essa un elemento di minor rischio, sebbene affacciata direttamente sul fondovalle, poiché deriva dalla coalescenza di dissesti minori con vario grado di attività.

Proseguendo verso S le lingue a maggiore attività incidono direttamente sul fondovalle.

In sinistra idrografica sono presenti situazioni di attenzione, come il versante a monte di Mazzalasio o le sponde del Rio della Rocca, dove tuttavia le grandi superfici individuate sono composite e con vario grado di attività.

Dal confronto con la carta delle acclività risulta evidente una correlazione diretta tra le classi a maggiore acclività e la genesi dei dissesti.

Nel territorio sono state inoltre messe in evidenza aree che presentano un'evoluzione di tipo calanchivo, impostate sia su argille, che su altre unità argillose e pelitico-arenacee in minor misura.

Queste aree sono generalmente denudate e presentano un ciglio di arretramento marcato.

Lungo i corsi d'acqua principali sono state individuate le seguenti aree interessate da processi geomorfici in atto o recenti.

#### 1) *Torrente Tresinaro*

a) Nel tratto montano (settore meridionale del territorio comunale) il T. Tresinaro scorre in un'ampia piana alluvionale.

A est di Viano, tra Cerro e il rio Premande, l'alveo è confinato a profondità variabili tra 1,5-2 m (fondovalle a sud di La Pioppa) e 3 m circa (1° ordine di terrazzi). Un'intervista con abitanti del luogo (località La Pioppa) ha indicato che il fondovalle viene allagato con frequenza pluriennale, in concomitanza con fenomeni meteorologici non usuali. L'ultimo evento si è verificato nella primavera del 2006: le acque non hanno raggiunto le abitazioni situate in riva sinistra, ma hanno distrutto la passerella (tuttora in completo dissesto) per il passaggio in sponda destra, presente a sud di Cà de Caselli.

b) A valle della confluenza con il rio Premande (fornace Manolini), il fondovalle si annulla ed il torrente scorre incassato di alcuni metri (mediamente circa 5 m) tra i due versanti collinari. A sud di fornace Manolini la sponda destra è interessata da una grossa frana, già soggetta a interventi di sistemazione. Attualmente le gabbionate poste al piede del dissesto, lungo il corso d'acqua, non evidenziano deformazioni.

c) All'altezza di Mazzalasio il fondovalle si apre nuovamente. L'alveo di fondovalle presenta un dislivello di alcuni metri, connesso da un sistema di briglie in cemento ravvicinate. A valle di queste briglie l'alveo si approfondisce fino ad una profondità di circa 5-6 m e *le sponde appaiono in erosione diffusa; nel dissesto sono coinvolte anche altre due briglie.*

L'erosione spondale prosegue fino alla frazione Torretta, situata sul conoide edificato dal Rio della Rocca. Il rio è stato recentemente sistemato a monte della frazione, ma il tratto a valle dell'abitato, che incide il fondovalle mostra segni di attività erosiva recente. La confluenza con il Tresinaro è costituita da un stretto canale di formazione recente, inciso nel substrato (qui rappresentato dai gessi della formazione gessoso-solfifera), affiorante in tutto il tratto tra Bettole-Mazzalasio e Torretta.

d) In sponda destra Tresinaro, a sud di Cà de Caroli, il corpo di una frana complessa quiescente, sviluppata alla base del versante occidentale del Monte dei Gessi, è profondamente inciso nella parte terminale da un canale che confluisce nel Tresinaro. la foce ghiaiosa indica un (modesto) grado di attività del corso d'acqua.

- e) il tratto del T. Tresinaro prossimo al limite settentrionale del territorio comunale (a valle di Arceto) presenta in più punti erosione spondale. Si segnalano in particolare le seguenti località:
- all'altezza di Casinazzo, la sponda destra, alta circa 5 m è attualmente in arretramento a causa dell'erosione, che ha già intaccato la strada poderale (?) tra Casinazzo e Badessa.
  - a nord di Badessa, il Tresinaro scorre in un'incisione profonda da 4 a 6 m e larga 5 m circa, che presenta erosione spondale in alcuni tratti. L'evoluzione avviene per scalzamento al piede delle ghiaie e ribaltamento dei soprastanti limi fluviali sottoescavati. L'erosione non interferisce con strutture o aree antropiche.

## 2) Rio Bellani

Il Rio Bellani, che solca il versante nord del Monte Evangelo, scorre a sud di Colombara, in una valle a fondo piatto, di ampiezza (pluri)decametrica. La parte terminale della valle si raccorda ad una profonda (da 5 a 10 m) incisione che taglia i terrazzi del margine appenninico ed il conoide edificato dal rio stesso.

La valle risulta parzialmente colmata da depositi di colata fangoso-detritica (depositi di trasporto in massa) e reincisa sul lato sinistro dal corso d'acqua, che in questo tratto assume i caratteri di un modesto solco di ruscellamento concentrato. L'area, segnalata come 033-ER-RE nel Piano straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267) e ricompresa nell'allegato 4.1 del PAI – Aree a rischio idrogeologico molto elevato, mostra segni di erosione (i sedimenti in sponda sinistra sono localmente decorticati ed esposti) e di trasporto (accumulo di sedimenti al termine della valle) attuali.

La situazione di pericolosità è mitigata dal fatto che 1) le colate sono confinate nell'incisione (vedi sopra) per un tratto di qualche centinaio di metri, prima di poter interferire con strutture antropiche e che 2) la geometria del raccordo valle-incisione è sfavorevole (angolo retto) e tende a far accumulare i detriti a monte del gomito, cioè nel tratto terminale della valle.

Permane comunque, una situazione critica alla confluenza tra il Rio Bellani e il Rio Costa Guiglia, a causa della presenza su quest'ultimo di un tratto intubato, che può costituire, in caso di evento franoso nel bacino, un ostacolo al deflusso dei materiali solidi sospesi e determinare fenomeni di allagamento e/o di trasporto solido nella zona apicale della conoide.

## **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 ha comunque permesso di raccogliere:

- n° 42 Stratigrafie di Pozzi
- n° 5 Sondaggi a carotaggio continuo
- n° 75 prove penetrometriche statiche
- n° 8 ReMi
- n° 4 Masw

Ovviamente tra le prove d'archivio non si sono considerate quelle eseguite con attrezzature fuori degli standard consolidati, o quelle che non hanno superato i 10 metri di profondità.

Nel CD rom allegato al presente studio vengono riportati, in formato pdf, tutti i grafici e i tabulati delle indagini pregresse raccolte (Tav. 1 - Carta delle Indagini).

### **4.2 DATI GEOFISICI**

L'indagine bibliografica ha permesso di raccogliere alcune indagini geofisiche (n° 8 ReMi e n° 4 Masw).

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

- **n° 16 Masw**
- **- n° 26 Hvsr**

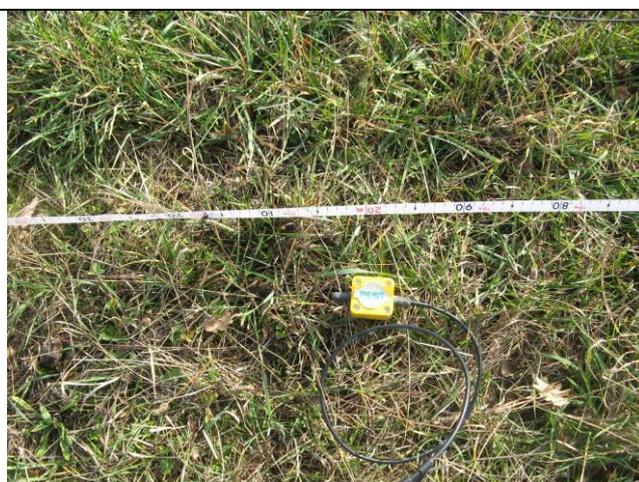
Le indagini sono state eseguite accoppiate e sono distribuite oltre che nel capoluogo anche nelle frazioni principali. All'interno di queste macro-aree sono presenti sia le aree urbanizzate che quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche. Questo ha permesso di caratterizzare, quanto più possibile, le situazioni stratigrafiche principali.

#### 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).

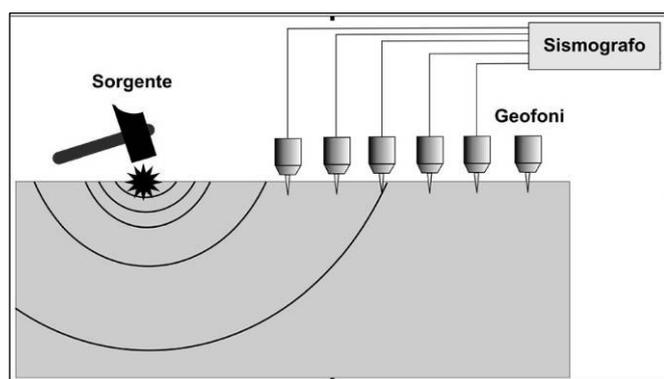
La tecnica non è invasiva e richiede una fonte di energizzazione (mazza battente).



Sistema di energizzazione-battuta.



Stendimento sismico



fase.

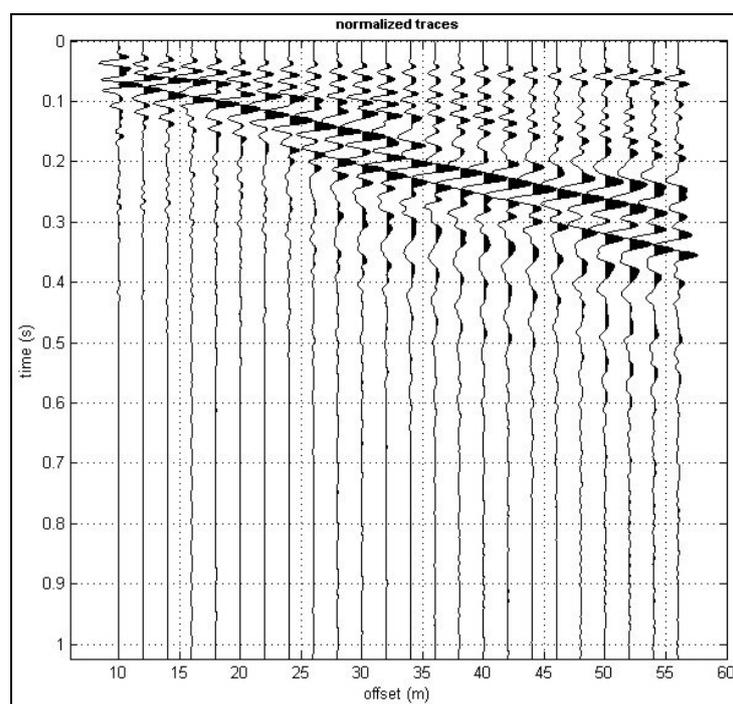
Le onde *Rayleigh*, che sono il risultato dell'interferenza fra le onde di pressione "P" e quelle di taglio "S", si trasmettono sulla superficie libera e, in un terreno stratificato, subiscono una sorta di dispersione con velocità di propagazione che dipende dalla frequenza.

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

### Elaborazione dati - Software

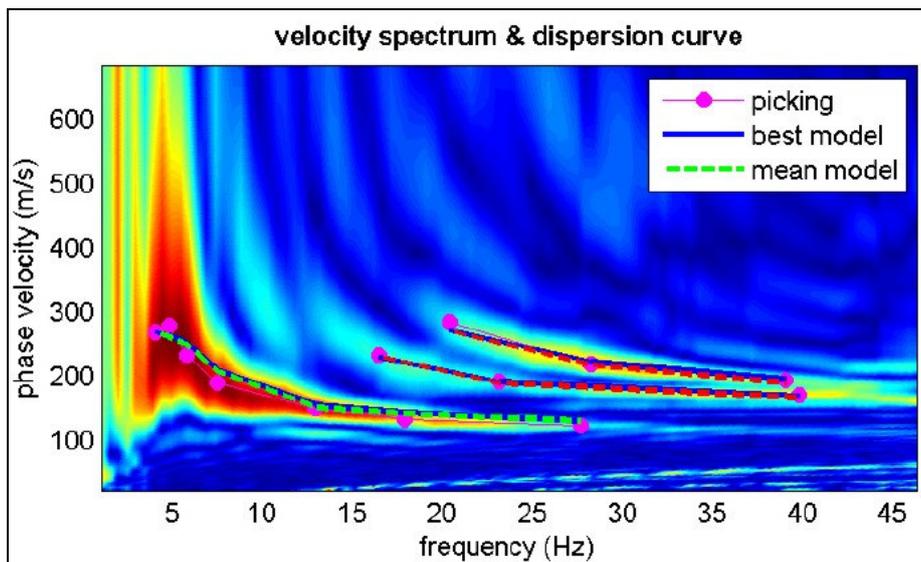
Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software *winMASW 4.8 Pro* ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)).

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.

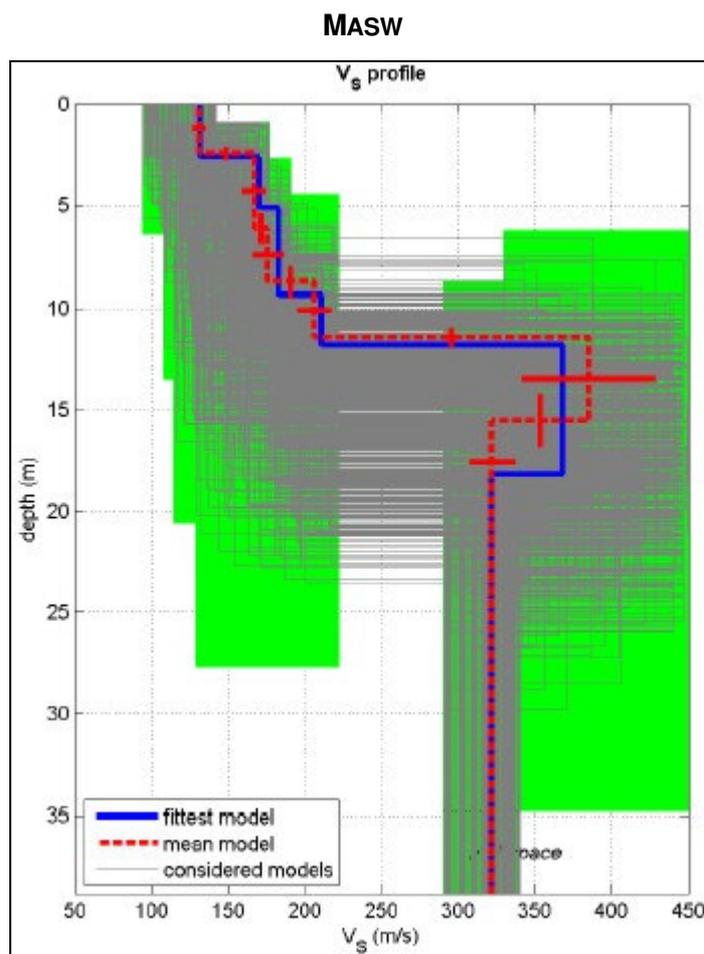


Esempio di Dataset utilizzato con le tracce in arrivo ai geofoni.

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.

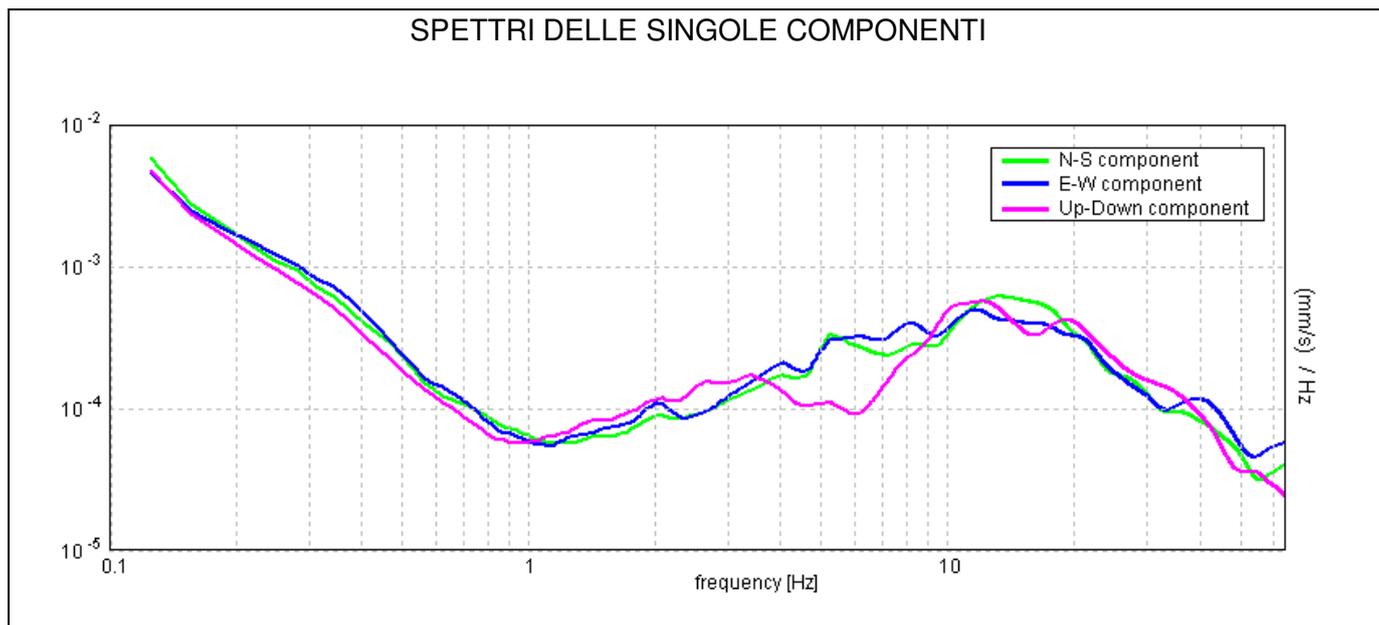
Qui di seguito vengono riportate le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato.

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>	TROMINO® sistema ultraportatile di acquisizione del rumore sismico
<b>Classificazione:</b>	• CISPR 11 - EN 55011 (apparecchi a radiofrequenza Industriale, Scientifici e Medicali (ISM) - Caratteristiche disturbi radio - Limiti e metodi di misura). Gruppo I 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>5</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/div)
<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.

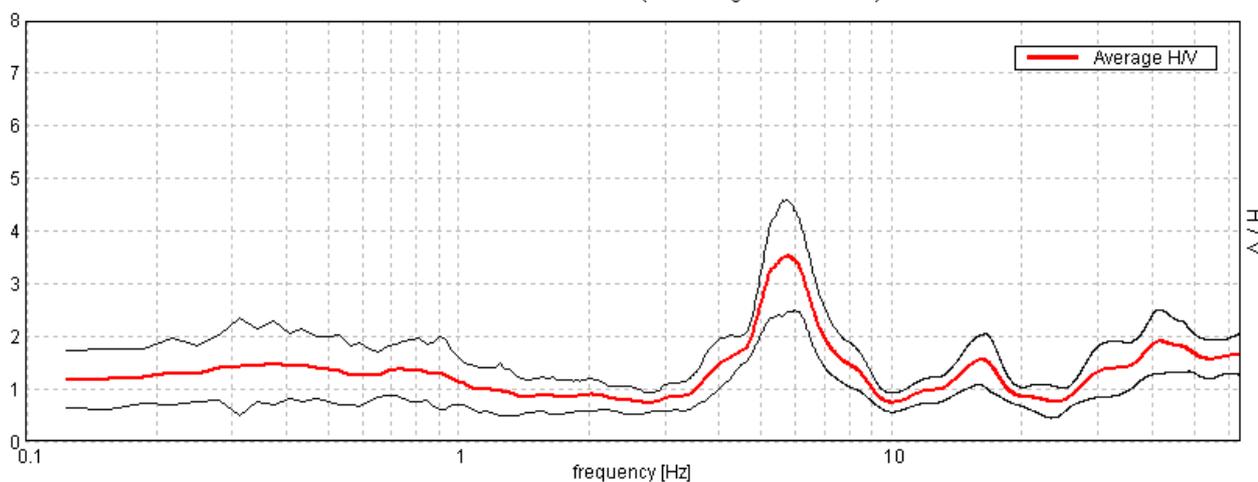


Interpretazione dei dati

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

Max. H/V at 5.75 ± 0.05 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



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.

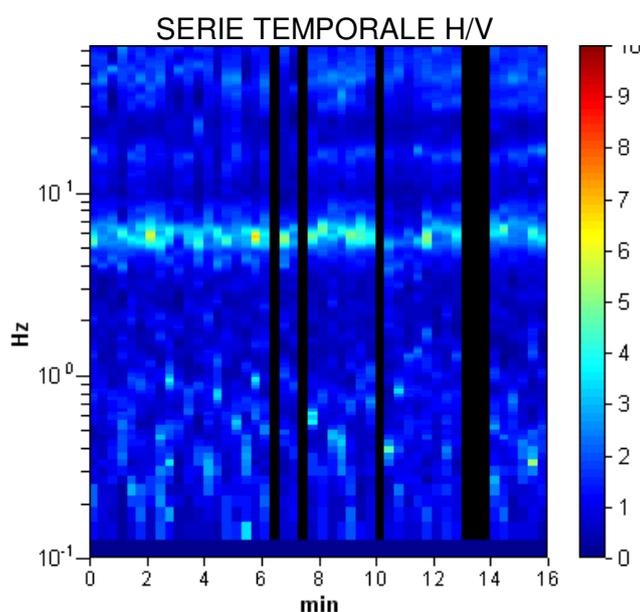
L'andamento dei rapporti spettrali è stato quindi ottenuto mediando i valori ottenuti per le diverse finestre temporali considerate. Per definire la qualità delle misure sono state anche valutate le variazioni temporali e azimutali dei rapporti spettrali nel corso della sessione di misura e fatta una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

Le caratteristiche fisiche dei sedimenti sono strettamente condizionate dalle tessiture, dalla composizione mineralogica dei clasti, dalle modalità di deposito (regime della corrente idraulica), ed infine dagli effetti dell'età (in termini di OCR).

I sedimenti antichi marini, affioranti nella collina e pedecollina sono classificati in Formazioni ed Unità geologiche minori dotate di una considerevole omogeneità fisica; queste unità geologiche consentono quindi l'estrapolazione ad ammassi rocciosi di notevoli dimensioni delle proprietà misurate localmente, fatte salve le vicissitudini strutturali subite.

### 5.1 AREE OMOGENEE

Nel corso della redazione del Quadro Conoscitivo del PSC Comune di Scandiano, sulla base delle indagini disponibili e delle osservazioni di terreno condotte in fase di redazione dello studio di base sono stati individuati all'interno del territorio esaminato **cinque** ambiti territoriali con caratteristiche geologico-tecniche omogenee.

*(tratto da PSC di Scandiano – QCG 2009)*

#### **Ambito Omogeneo 1**

Caratteri morfologici: Piana alluvionale localmente terrazzata delimitata lateralmente da evidenti scarpate di erosione fluviale.

Litologia prevalente: nel settore a sud di Fellegara è riconoscibile una litologia di superficie in cui prevalgono sedimenti fini fino a profondità medie di 5-6 m, con ghiaie fortemente subordinate ed irregolarmente distribuite. A nord di Fellegara, lungo il corso attuale del torrente Tresinaro sono presenti ghiaie a matrice limoso sabbiosa, con clasti centimetrici, incise da canali e coperte da 1-2 m di limi e limi sabbiosi a clasti sparsi, che formano il primo ordine di terrazzi in alveo. Lungo il paleoTresinaro, sono presenti depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi di tracimazione, messi in posto durante l'avulsione del Tresinaro lungo il nuovo (attuale) percorso.

Alla sommità di questi depositi è presente un suolo a bassissimo grado di alterazione e non completamente decarbonatato, con profilo inferiore al metro.

#### **Ambito Omogeneo 2**

Caratteri morfologici: Conoidi alluvionali in ambito prossimale e medio, caratterizzate da superfici a debole acclività.

Litologia prevalente: all'interno dell'ambito in esame le indagini disponibili evidenziano la presenza di depositi fini a granulometria da limoso-argillosa ad argilloso-limosa passanti a profondità comprese tra 3÷4 m e 8÷9 m a depositi granulari da sabbioso-ghiaiosi a sabbioso-limosi.

### **Ambito Omogeneo 3**

Caratteri morfologici: conoide alluvionale in ambito distale con superficie topografica a debole acclività.

Litologia prevalente: le indagini disponibili all'interno dell'ambito omogeneo in esame, evidenziano la presenza di terreni di natura coesiva a prevalente granulometria limoso-argillosa fino a profondità di 23÷24 m con intercalazioni sabbioso-limose di spessore metrico e sporadici orizzonti sabbioso-ghiaiosi, passanti in profondità a terreni di natura sabbioso-ghiaiosa.

### **Ambito Omogeneo 4**

Caratteri morfologici: Aree con fenomeni franosi in evoluzione o potenzialmente riattivabili e aree con coperture detritiche di spessore superiore a 5 m.

Litologia prevalente: all'interno di tale ambito non è stato possibile rinvenire indagini geognostiche pregresse; tuttavia le osservazioni di terreno condotte nell'ambito del presente studio hanno consentito di riconoscere la presenza di terreni a prevalente componente argilloso-limosa, talora inglobanti ghiaie e blocchi arenacei, caratterizzati da scadenti parametri geotecnici, che ricoprono con spessori eterogenei un substrato di natura prevalentemente argillitica con locale presenza di livelli arenacei.

### **Ambito Omogeneo 5**

Caratteri morfologici: Aree con substrato lapideo affiorante o subaffiorante al di sotto di una coltre eluvio-colluviale di modesto spessore.

Litologia prevalente:

Anche per questo ambito omogeneo non sono disponibili indagini pregresse. Le osservazioni di terreno condotte consentono comunque di riconoscere la presenza di un substrato lapideo subaffiorante di natura da argillitica ad arenaceo-argillitica caratterizzato da discreti parametri geotecnici.

## 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:
- per i settori di collina: dalle carte geologiche della Regione Emilia Romagna le quali seppur precise nel loro complesso sono realizzate con pochi affioramenti, distribuiti principalmente lungo le linee d'impluvio dei corsi d'acqua; generalmente è presente una spessa coltre di copertura che oblitera le informazioni del paesaggio geologico;
- per i settori di pianura: dalle stratigrafie di pozzi;
- nelle aree d'indagine, che comprendono il territorio urbanizzato e di futura urbanizzazione, sono presenti raramente sondaggi a carotaggio continuo; sono disponibili invece numerose prove penetrometriche dinamiche (DPHS) e prove penetrometriche statiche;
- le prove geofisiche utilizzate esistenti e nuove, sono tutte di tipo indiretto di superficie e discretamente 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 su un numero di dati ritenuto sufficiente;

#### *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° 16 Masw
- n° 26 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 di nuova realizzazione**

<i>Tipo e n° di prova</i>	<i>Località</i>	<i>H (m)</i>	<i>VsH (m/s)</i>	<i>Vs30 (m/s)</i>	<i>Vs sub (m/s)</i>
MASW 1	S. Ruffino	13.4 (19.1)*	230 (257)	301	428
MASW 2	Ventoso V Colombaia	15.4	231	300	437
MASW 3	Cà de Caroli V Strucchi	9.6 (13.4)*	188 (213)	331	591
MASW 4	Cà de Caroli	-	-	434	500÷600
MASW 5	Ventoso	15.5	245	356	686
MASW 6	Scandiano Casello	-	-	321	515
MASW 7	Scandiano Chiazzino	-	-	303	464
MASW 8	Cacciola	-	-	241	-
MASW 9	Arceto sud	-	-	299	605

MASW 10	Fellegara	-	-	375	584
MASW 11	Bosco	-	-	339	508
MASW 12	Scandiano	-	-	333	677
MASW 13	Braglia	10.0	194	368	727
MASW 14	Rondinara	12.9 (15.9)*	204 (231)	345	782
MASW 15	Mazzalasino	20.0	293	363	700
MASW 16	Iano V Resta	16.2	252	341	575

H: prof. terreni di copertura, tra parentesi (19.7)\* la prof. del substrato alterato a media bassa velocità –

VsH: velocità onde S dei terreni di copertura, tra parentesi (231) la velocità onde S comprensiva dei terreni di copertura più il substrato alterato a media bassa velocità

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 ( $n^\circ$  piani), - ampiezza del picco, - bassa frequenza

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

<b>Tipo e n° di prova</b>	<b>Località</b>	<b>f1(hz)</b>	<b>Amp f1(n°)</b>	<b>f2(hz)</b>	<b>Amp f2(n°)</b>
HVSR 1	S. Ruffino	<b>17.97</b>	2.87	-	-
HVSR 2	Ventoso - V Colombaia	<b>10</b>	1.72 (<2)	-	-
HVSR 3	Cà de Caroli - V Strucchi	<b>4.69</b>	2.05	-	-
HVSR 4	Cà de Caroli	<b>8.13</b>	2.03	-	-
HVSR 5	Ventoso	<b>5.75</b>	3.52	-	-
HVSR 6	Scandiano - Casello	<b>14.97</b>	1.93 (<2)	-	-
HVSR 7	Scandiano - Chiazzino	<b>14.28</b>	2.54	-	-
HVSR 8	Cacciola	<b>0.56</b>	2.05	-	-
HVSR 9	Arceto sud	<b>6.16</b>	2.48	-	-
HVSR 10	Fellegara	<b>17.38</b>	4.27	-	-
HVSR 11	Bosco	<b>5.06</b>	2.20	-	-
HVSR 12	Scandiano	<b>16.56</b>	2.12	-	-
HVSR 13	Braglia	<b>5.75</b>	2.96	-	-
HVSR 14	Rondinara	<b>13.13</b>	2.44	-	-
HVSR 15	Mazzalasino	<b>10.31</b>	2.26	-	-
HVSR 16	Iano - V Resta	<b>6.56</b>	5.08	<b>9</b>	2.7
HVSR 17	Chiozza	<b>16.31</b>	3.11	-	-
HVSR 18	Scandiano	<b>15.13</b>	2.56	-	-
HVSR 19	Caselle	-	-	-	-
HVSR 20	Arceto	<b>3.06</b>	2.42	-	-
HVSR 21	Seminario	<b>4.78</b>	4.88	<b>2.2</b> <b>6.3</b>	2.8 3
HVSR 22	Pratissolo sud	<b>10</b>	2.8	<b>28</b>	2.8
HVSR 23	Pratissolo	<b>6.25</b>	2.93	-	-
HVSR 24	Pratissolo	<b>11.25</b>	2.47	-	-
HVSR 25	Maestà Fantuzzi	<b>4.97</b>	1.97 (<2)	-	-
HVSR 26	Bosco	<b>4.84</b>	2.19	-	-

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

## **8. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**

Il terzo livello di approfondimento viene svolto ai sensi della Dal Rer n. 112/2007.

È stata eseguita una valutazione più approfondita della risposta sismica locale, in termini di amplificazione e stima dei relativi fattori, **nelle aree in cui le coperture possono presentare spessori fortemente variabili.**

Le aree indagate sono:

- S. Ruffino
- Ventoso Via Colombaia
- Cà de Caroli Via Strucchi
- Iano Via Resta

L'analisi di risposta sismica locale ha permesso di determinare gli spettri di risposta riferiti a tali aree, per un periodo di ritorno di 475 anni con smorzamento  $z = 5\%$  e i valori di FA termini di PGA/PGA0 e SI/ SI0. Vengono inoltre descritti in dettaglio i procedimenti e i codici di calcolo utilizzati; vengono chiaramente specificati anche i criteri per la definizione del *bedrock* sismico. Come segnale di input per il calcolo degli effetti locali sono stati utilizzati gli accelerogrammi disponibili nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

### **8.1 MODELLAZIONE SISMICA**

Il modello geologico di sottosuolo e la correlabilità tra gli esiti litologici e meccanici ottenuti dalle prove geognostiche e geofisiche, consentono l'elaborazione di modellazioni numeriche di risposta sismica.

Uno dei primi programmi sviluppati per questo scopo è stato SHAKE che è basato sulle soluzioni delle propagazioni delle onde di taglio, dovute a Kanai (1951), Roesset e Whitman (1969) e Tsai e Housner (1970).

Shake assume che il comportamento ciclico del terreno, può essere simulato usando un modello lineare equivalente. SHAKE91 è una delle recenti versioni di Shake.

Nel 1998 è stato presentato il programma EERA, sviluppato in Fortran 90 partendo dagli stessi concetti di base di Shake; Eera rappresenta una moderna implementazione del concetto di analisi di risposta sismica.

Per determinare la risposta sismica del sottosuolo attesa in superficie a partire da un input (terremoto) tipico atteso al *bedrock*, è stato utilizzato il codice EERA (Equivalentlinear Earthquake site Response Analyses, 2000), in grado di modellare la propagazione unidimensionale delle onde di taglio in un mezzo a stratificazione orizzontale.

Il caso in studio è riconducibile alla situazione più semplice di deposito caratterizzato da topografia piana e stratificazione orizzontale, in tali casi è possibile adottare un modello geometrico mono dimensionale.

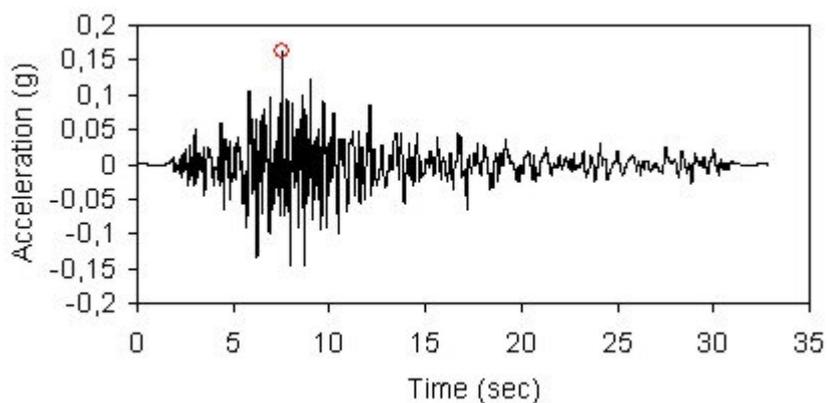
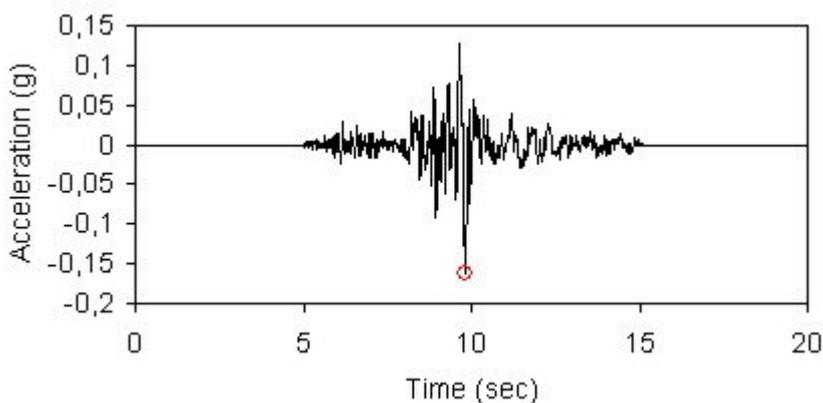
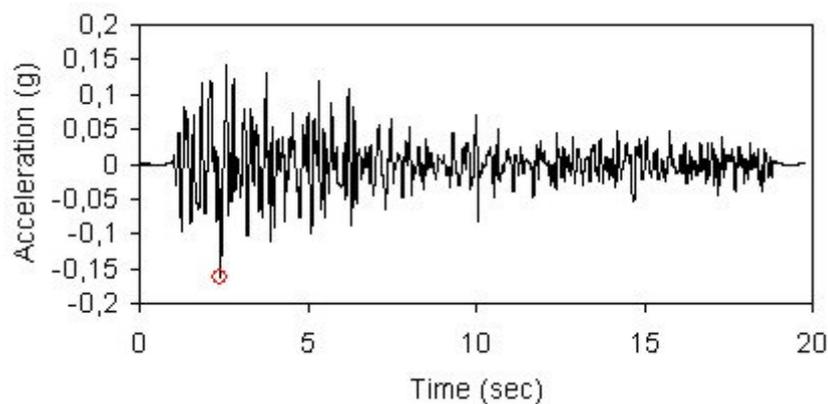
La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di EERA si compone di due fasi: elaborazione del modello e simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs). Le stratigrafie che caratterizzano i diversi modelli per i primi 30 m derivano dagli esiti delle prove geognostiche e geofisiche eseguite per questo lavoro e di repertorio; le stratigrafie più profonde (oltre 30 m) sono estrapolate o dai sondaggi della Banca Dati Geognostica della R.E.R, o dalle analisi con tomografo digitale.

Per l'elaborazione del modello di simulazione sismica occorre l'inserimento dei dati (accelerazione, intervalli di tempo) relativi ai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" e forniti dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli regionale. Si tratta di sismi che possono verificarsi nel territorio del comune oggetto di studio. Questi tre segnali, già "scalati" rispetto al comune a cui si riferiscono, sono rappresentati da tre differenti accelerogrammi di progetto:

- impulsivo
- con ampio contenuto in frequenze
- con componente predominante alle alte frequenze

Tali segnali sono scalati in modo che la loro accelerazione massima corrisponda al valore di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni attesa nel Comune secondo le Norme Tecniche, ovvero 0.162 g (Scandiano).



**Figura 12** – Segnali sismici di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica “Europeam Strong Motion database”.

Per ognuno di questi segnali sono state ottenute le funzioni di trasferimento accelerazione in superficie/accelerazione al bedrock.

Sono stati quindi ricavati gli spettri di risposta, ossia i valori massimi di accelerazione attesi per un oscillatore armonico semplice ad un grado di libertà (edificio tipo) in funzione della sua frequenza naturale e dello smorzamento (assunto pari al 5%)

Per il Comune di Scandiano, il dato fondamentale del sisma fornito dalla Delibera Regionale è:

- accelerazione al substrato  $a_g = 0,162g$ .

La seconda fase di elaborazione permette di ottenere tre differenti "spettri di risposta", ognuno dei quali descrive il diverso comportamento relativo ad ogni singolo strato della colonna litologica tipo, rispetto all'input sismico utilizzato. Questi "spettri" vengono ripresi nell'ambito della progettazione per la verifica sismica delle strutture.

Il primo spettro ottenuto riguarda la **PSA**. Viene mostrato il comportamento dell'accelerazione spettrale attraverso i diversi strati che compongono la colonna litologica tipo utilizzata nella modellizzazione per diversi valori di periodo: da 0 a 2 secondi (valori equiparabili ad edifici di varia altezza da un piano a torri alte).

Il secondo spettro ottenuto riguarda la **PSV**, ossia la pseudovelocità. Questo mostra il comportamento della velocità spettrale, in funzione del periodo (T) compreso tra 0 e 2 secondi, nei diversi layers della colonna litologica, in base all'input sismico applicato. I risultati di questa analisi sono utilizzabili per il calcolo del fattore SI-Intensità spettrale di Housner, richiesto nel terzo livello di caratterizzazione (Delibera regionale n° 112/2007). L'intensità di Housner-SI è un indicatore della pericolosità sismica ed è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità in un intervallo prefissato di frequenze. Questa grandezza è direttamente correlabile all'energia che viene dissipata nelle strutture durante un terremoto e quindi espressione del possibile grado di danneggiamento subito dagli edifici.

Il terzo spettro ottenuto riguarda l'amplificazione locale. Per amplificazione si intende il rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido ( $a_{maxr}$ ) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito ( $a_{maxs}$ ) 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.

La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione  $A(f)$  del deposito. Il moto sismico può essere amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali “ $f_n$ ” di vibrazione del deposito; molto importante risulta la prima frequenza naturale di vibrazione: “ $f_1$ ” denominata *frequenza fondamentale*, in corrispondenza della quale la funzione di amplificazione assume un valore massimo.

Secondo la normativa regionale (Atto d’Indirizzo 112/2007) per le analisi di III livello, quando le indagini a 30 m di profondità non raggiungono il bedrock (inteso come profondità alla quale  $V_{s \geq 800}$  m/s), è possibile estrapolare il profilo di  $V_s$  fino ad ottenere una velocità di 800 m/s, secondo un gradiente lineare individuato dall’ultimo tratto del profilo sperimentale.

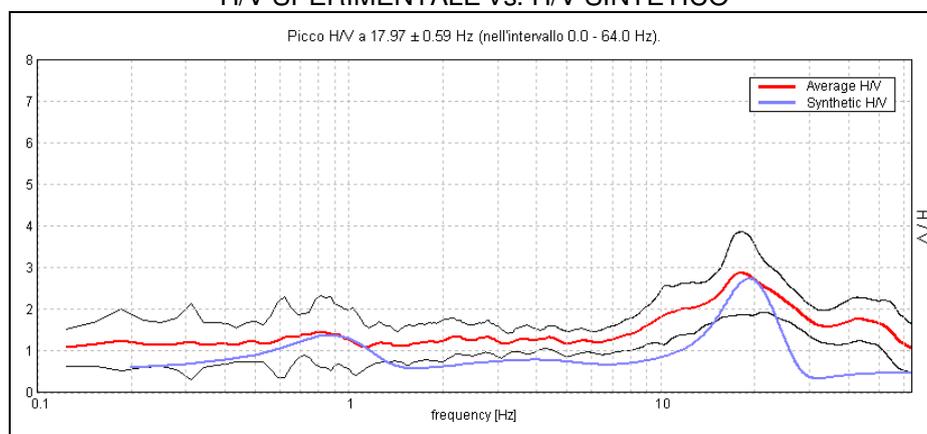
Si è quindi analizzato se per il caso in esame tale procedura possa applicarsi in maniera corretta.

A questo problema si è facilmente ovviato utilizzando la tecnica H/V che ha permesso di posizionare il rifrattore sismico principale misurando direttamente le frequenze di risonanza che questo genera.

Di seguito per le quattro aree indagate si riportano i risultati ottenuti.

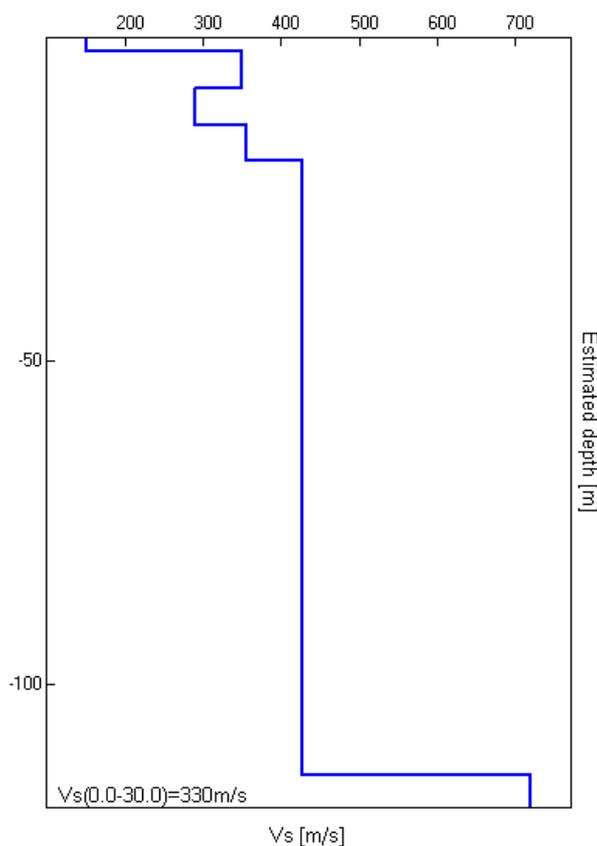
### 8.2 – SAN RUFFINO

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

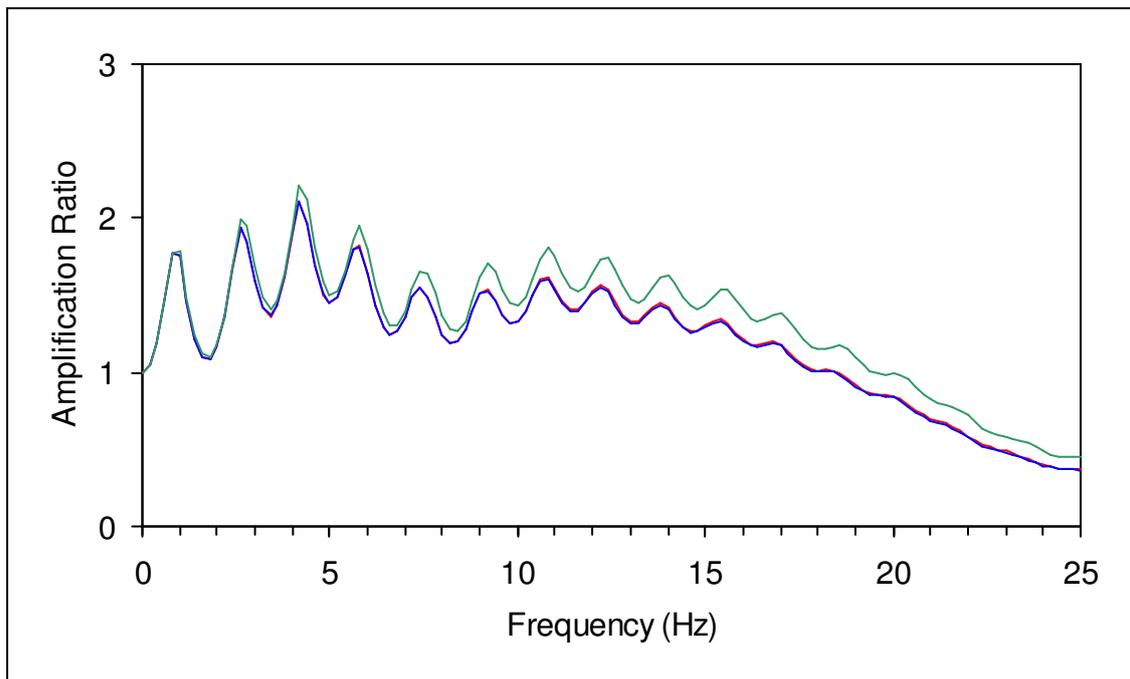


Curva H/V sperimentale (media in rosso e deviazione standard in nero) e curva H/V teorica (in blu) ottenuta per il modello di sottosuolo.

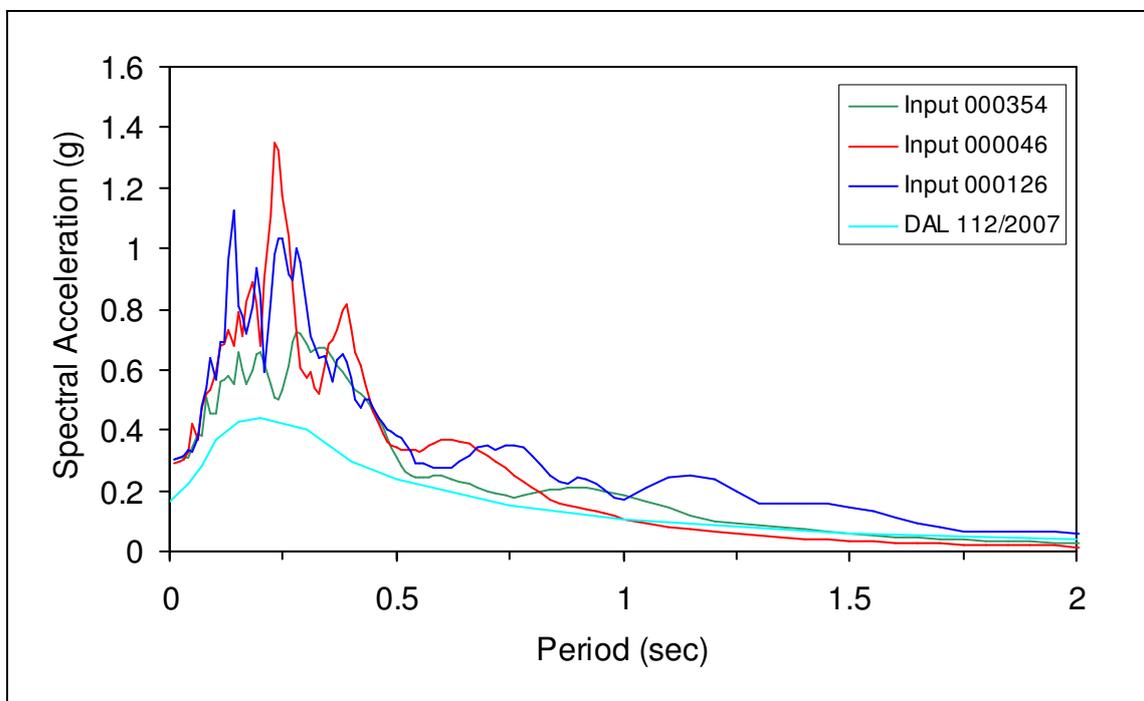
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	150	0.35
7.70	5.70	350	0.35
13.40	5.70	290	0.35
19.10	5.70	355	0.35
114.10	95.00	428	0.35
inf.	inf.	720	0.35



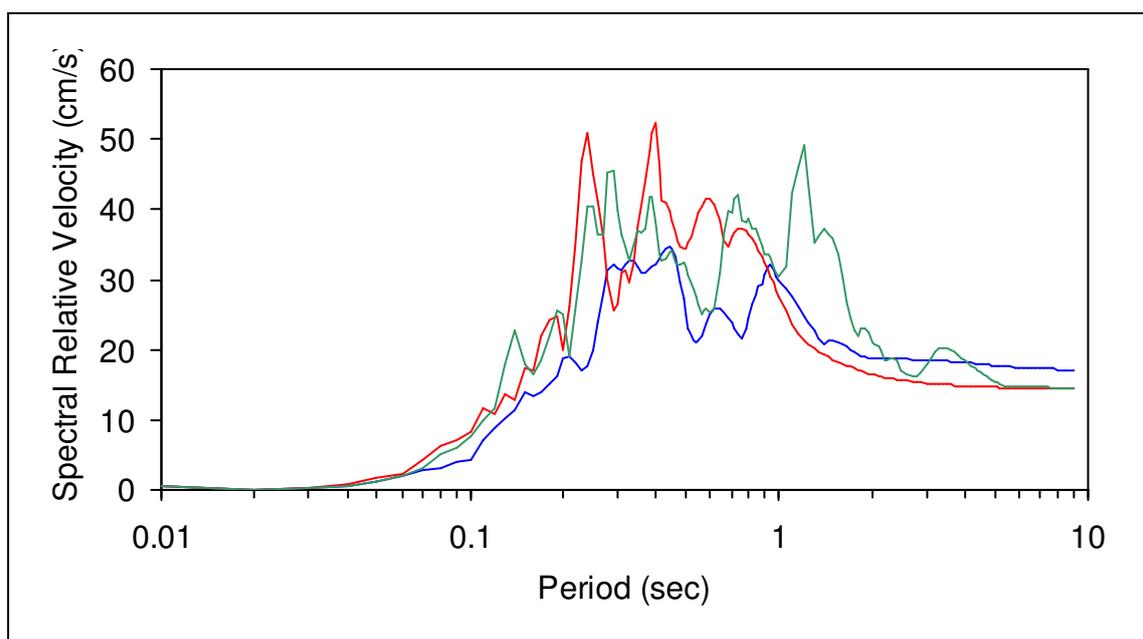
Modello del sottosuolo in termini di profilo di Vs ottenuto con il fit congiunto delle prove Masw e Hvsr.



Funzioni di trasferimento bedrock-superficie ottenute dalla modellazione con il codice EERA per il modello di sottosuolo di Figura 3, con l'utilizzo degli accelerogrammi di riferimento per il Comune di Scandiano.



Spettri di risposta elastici dell'oscillatore armonico semplice ad un grado di libertà (edificio tipo) in funzione della sua frequenza naturale e dello smorzamento (5%).



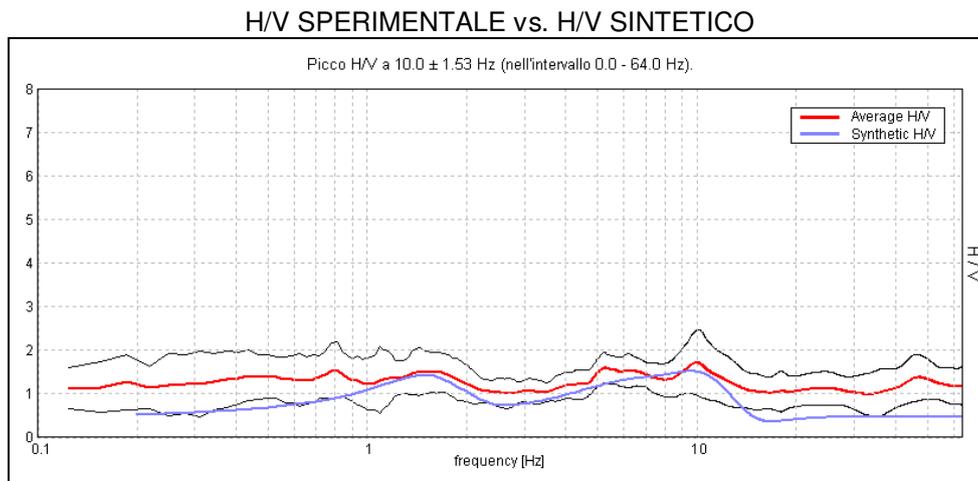
Spettri delle pseudovelocità spettrali, utilizzabili per il calcolo del fattore SI-Intensità spettrale di Housner.

I valori di FA ottenuti sono riportati nella seguente tabella e sono confrontati con quelli del metodo semplificato da tabelle RER 112/07.

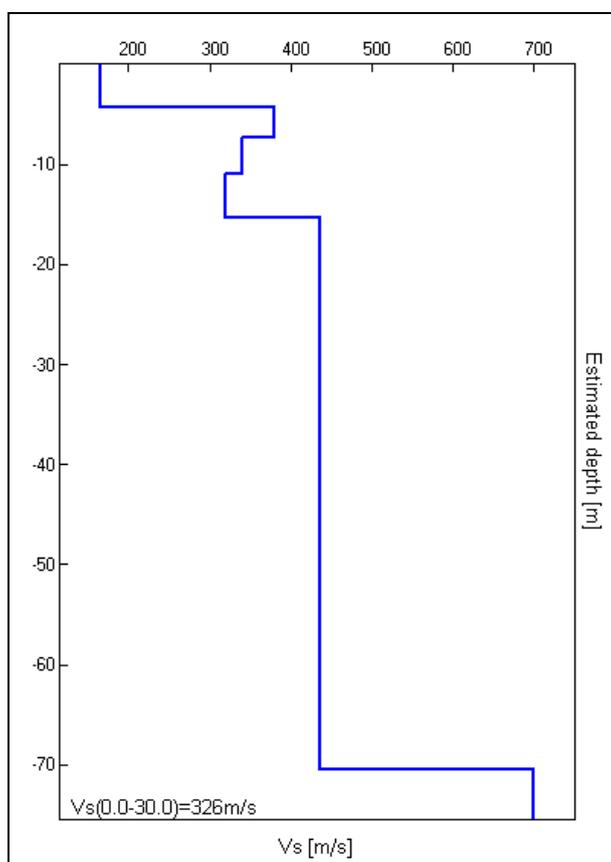
***San Ruffino – 3° Livello – Coeff. Di Amplificazione Stratigrafica***

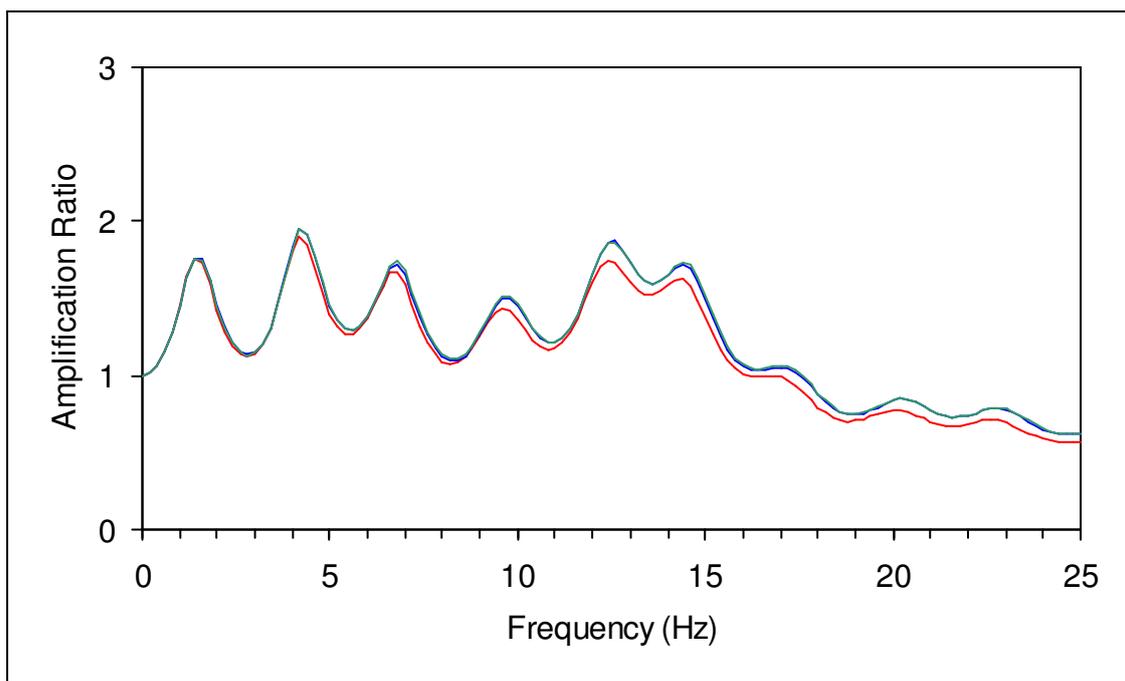
Modellazione Monodimensionale	Sisma	FA	FA SI	FA SI
	Segnale di riferimento	PGA	0.1-0.5 s	0.5-1 s
	Input 000046	2.10	1.69	1.42
	Input 000126	2.10	1.52	1.49
	Input 000354	2.21	1.62	1.39
RER 112/07	/	2.2	2.5	1.9

### 8.3 – VENTOSO VIA COLOMBAIA

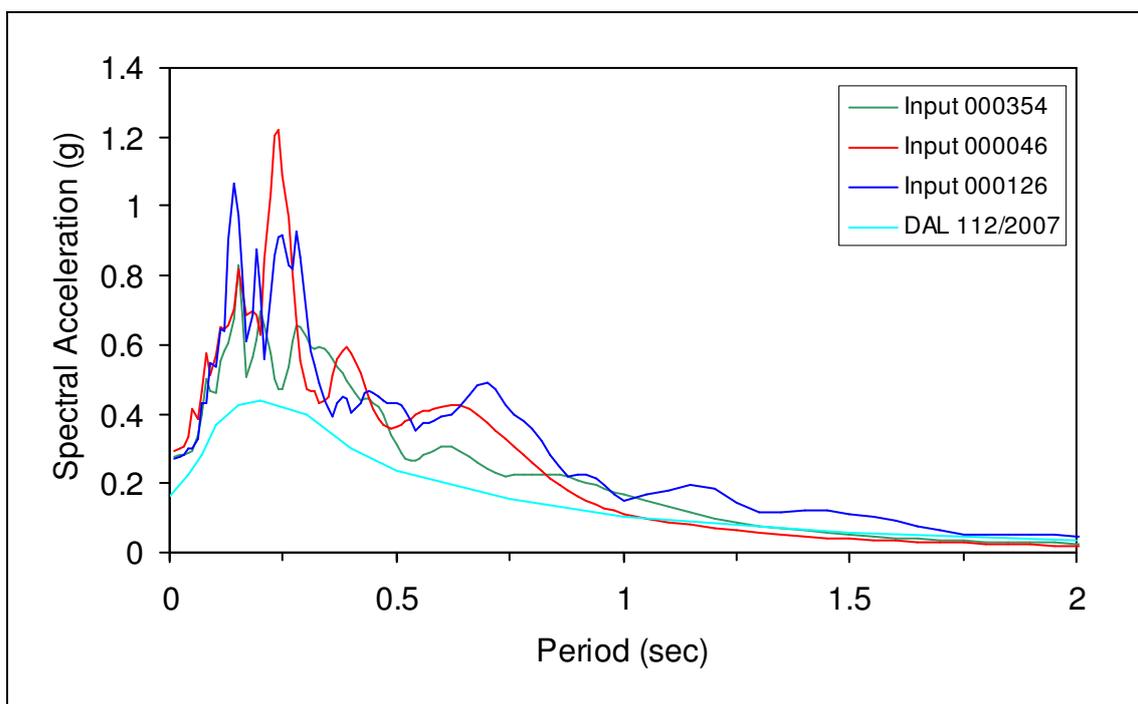


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
4.30	4.30	165	0.35
7.30	3.00	380	0.35
11.00	3.70	340	0.35
15.40	4.40	320	0.35
70.40	55.00	437	0.35
inf.	inf.	700	0.35





Funzioni di trasferimento bedrock-superficie ottenute dalla modellazione con il codice EERA per il modello di sottosuolo di Figura 3, con l'utilizzo degli accelerogrammi di riferimento per il Comune di Scandiano.



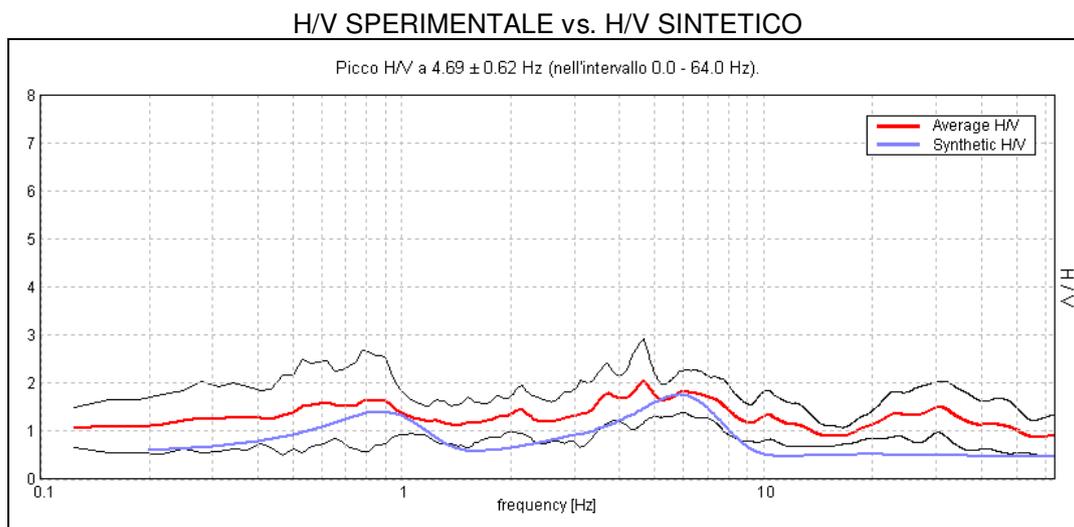
Spettri di risposta elastici dell'oscillatore armonico semplice ad un grado di libertà (edificio tipo) in funzione della sua frequenza naturale e dello smorzamento (5%).

I valori di FA ottenuti sono riportati nella seguente tabella e sono confrontati con quelli del metodo semplificato da tabelle RER 112/07.

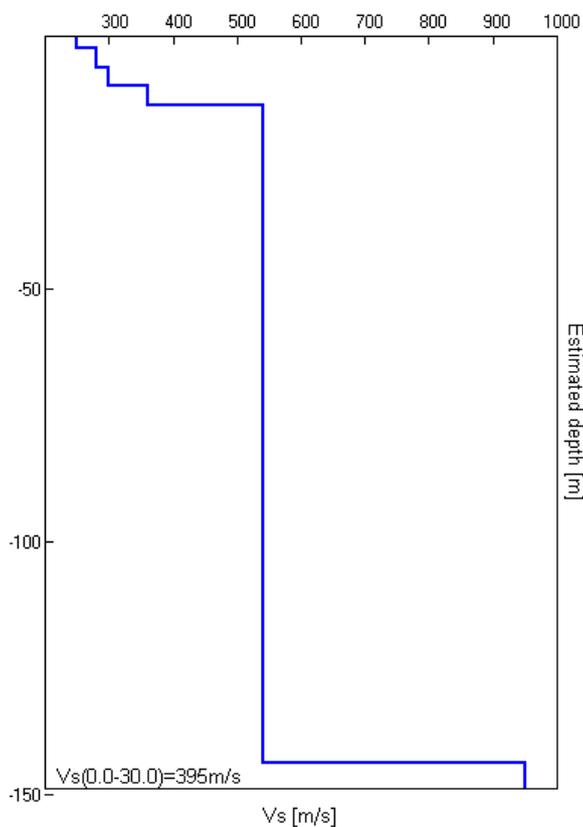
***Ventoso – Via Colombaia – 3° Livello – Coeff. Di Amplificazione Stratigrafica***

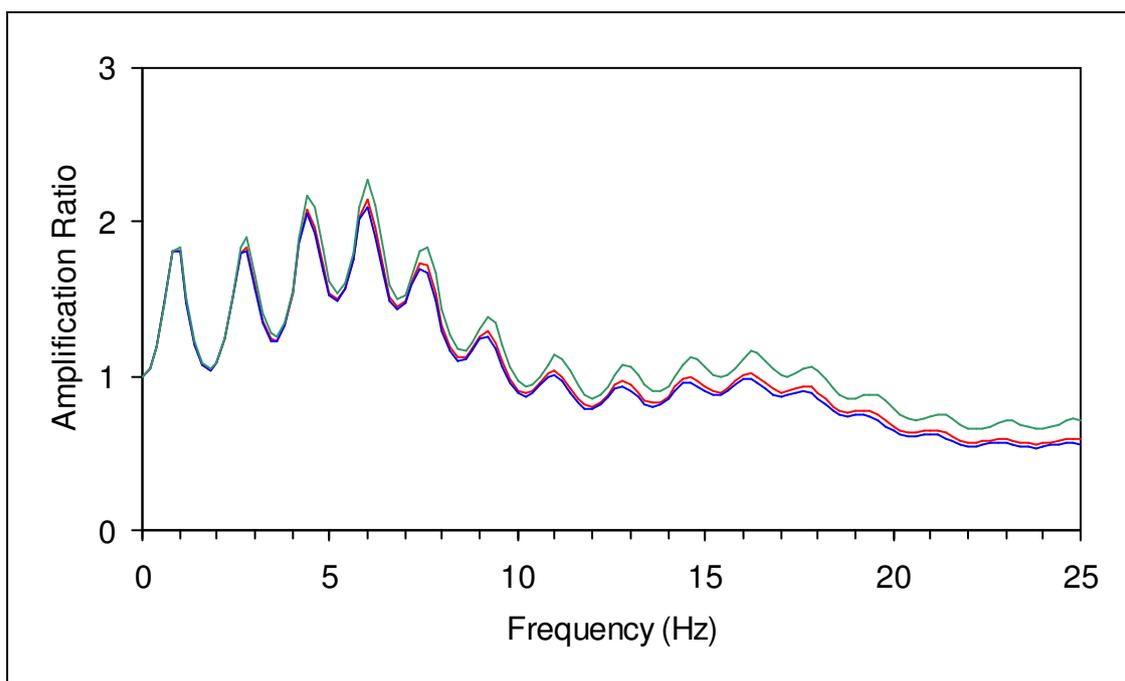
Modellazione Monodimensionale	Sisma	FA	FA SI	FA SI
	Segnale di riferimento	PGA	0.1-0.5 s	0.5-1 s
	Input 000046	1.9	1.43	1.57
	Input 000126	1.95	1.39	1.56
Input 000354	1.95	1.43	1.59	
RER 112/07	/	2.2	2.2	1.7

8.4 – CA' DE CAROLI VIA STRUCCHI

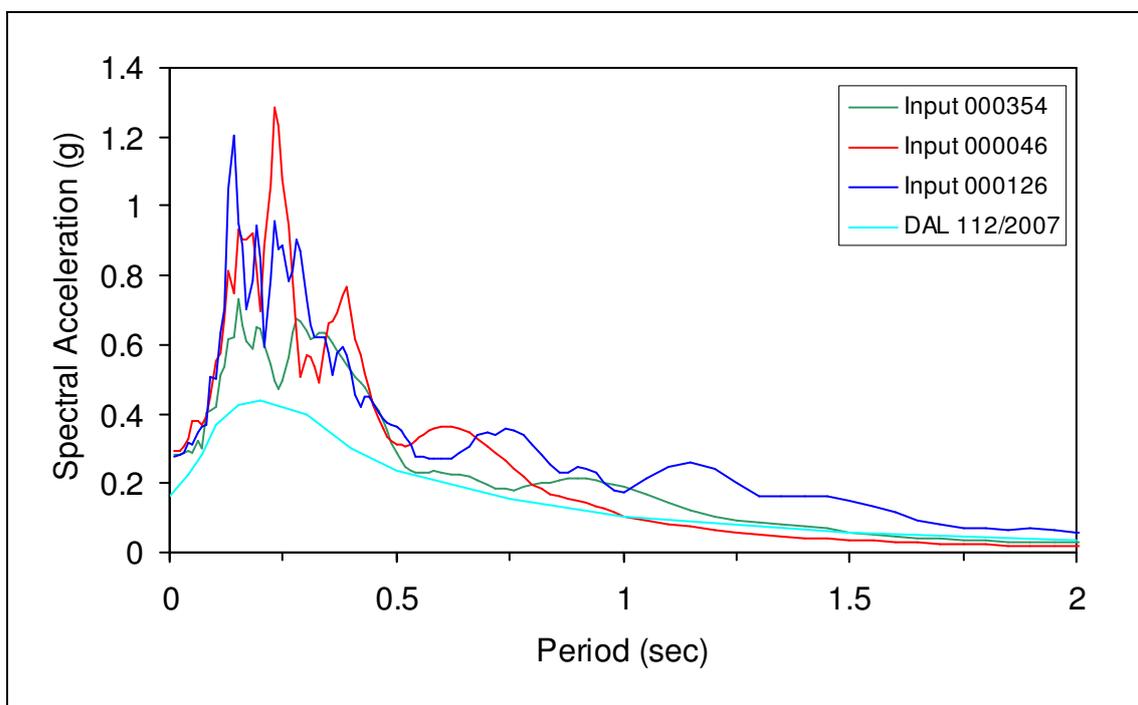


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.40	2.40	250	0.35
6.20	3.80	280	0.35
9.60	3.40	300	0.35
13.60	4.00	360	0.35
143.60	130.00	540	0.35
inf.	inf.	950	0.35





Funzioni di trasferimento bedrock-superficie ottenute dalla modellazione con il codice EERA per il modello di sottosuolo di Figura 3, con l'utilizzo degli accelerogrammi di riferimento per il Comune di Scandiano.



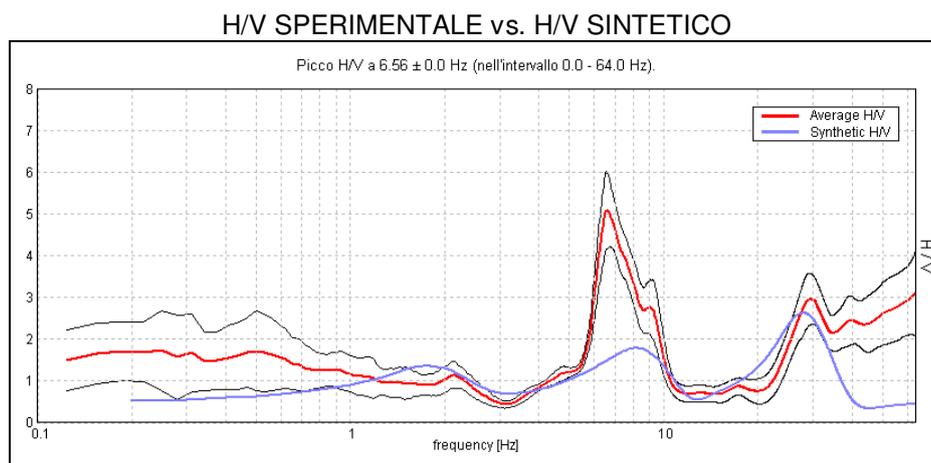
Spettri di risposta elastici dell'oscillatore armonico semplice ad un grado di libertà (edificio tipo) in funzione della sua frequenza naturale e dello smorzamento (5%).

I valori di FA ottenuti sono riportati nella seguente tabella e sono confrontati con quelli del metodo semplificato da tabelle RER 112/07.

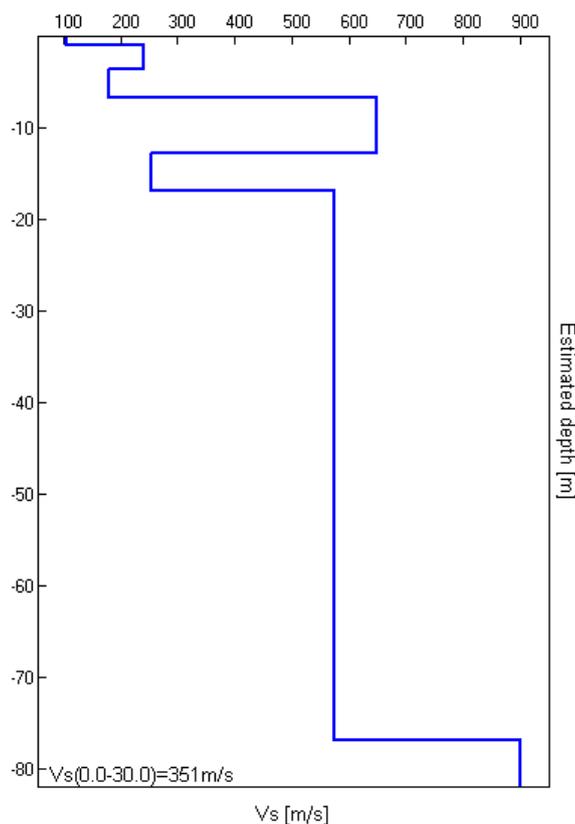
***Cà de Caroli – Via Strucchi – 3° Livello – Coeff. Di Amplificazione Stratigrafica***

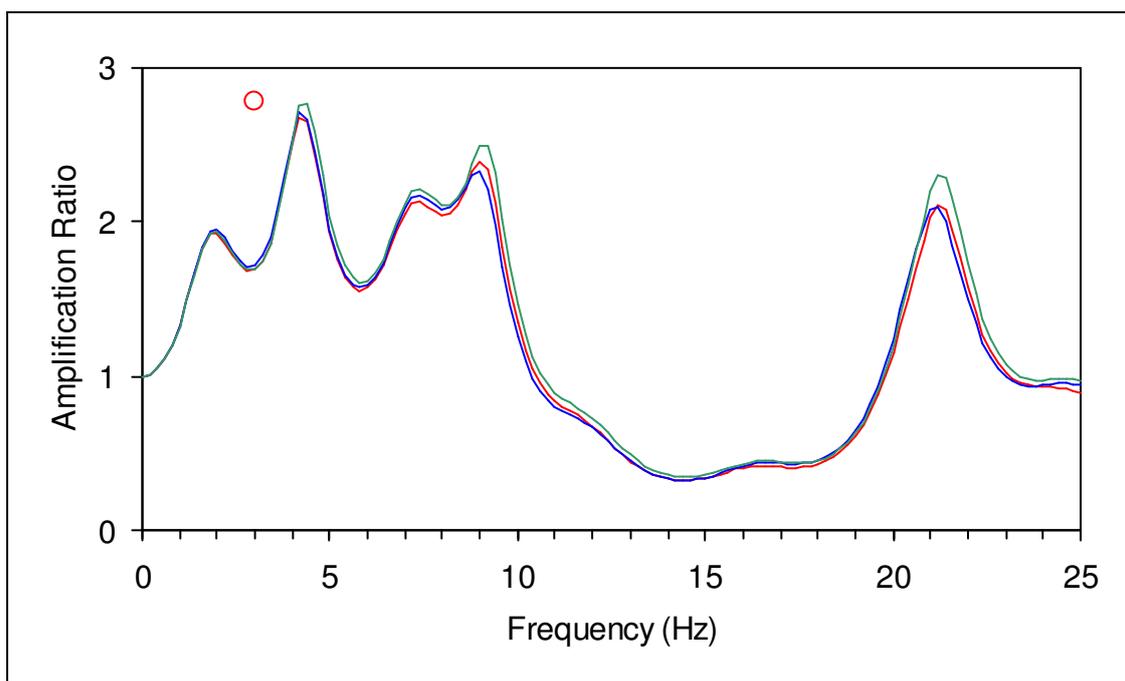
Modellazione Monodimensionale	Sisma	FA	FA SI	FA SI
	Segnale di riferimento	PGA	0.1-0.5 s	0.5-1 s
	Input 000046	2.14	1.63	1.39
	Input 000126	2.10	1.47	1.48
Input 000354	2.27	1.52	1.36	
RER 112/07	/	2.5	2.6	1.9

### 8.5 – IANO VIA RESTA

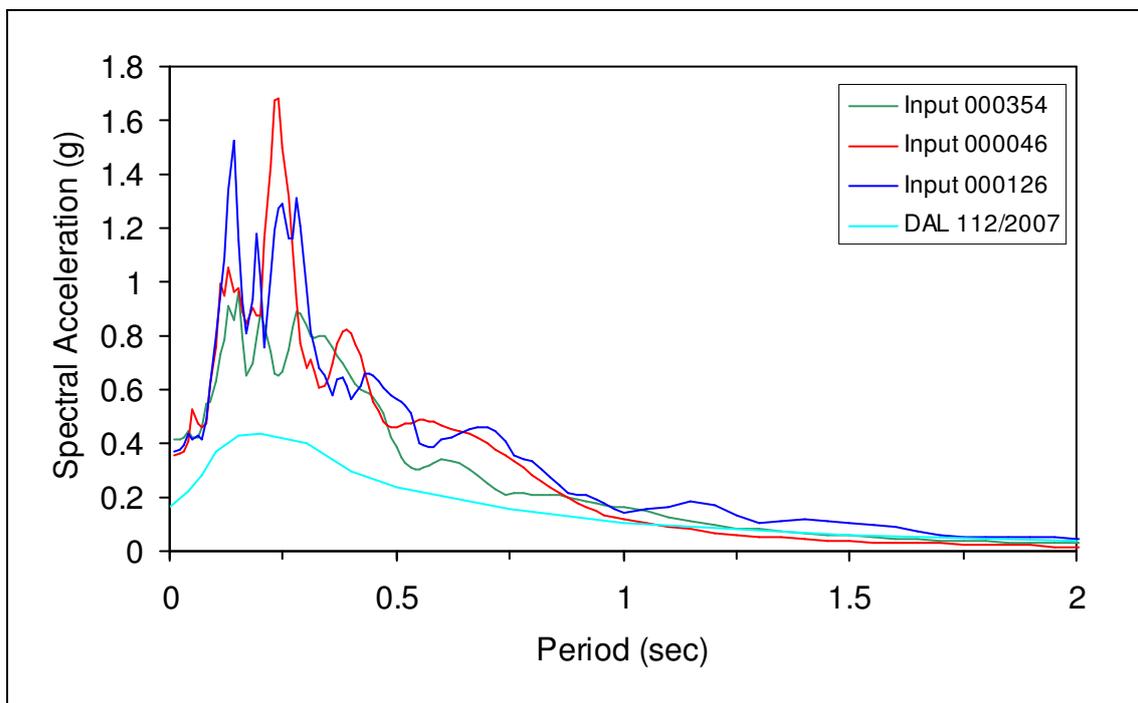


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	106	0.35
3.60	2.60	240	0.35
6.60	3.00	180	0.35
12.80	6.20	650	0.35
16.90	4.10	254	0.35
76.90	60.00	575	0.35
inf.	inf.	900	0.35





Funzioni di trasferimento bedrock-superficie ottenute dalla modellazione con il codice EERA per il modello di sottosuolo di Figura 3, con l'utilizzo degli accelerogrammi di riferimento per il Comune di Scandiano.



Spettri di risposta elastici dell'oscillatore armonico semplice ad un grado di libertà (edificio tipo) in funzione della sua frequenza naturale e dello smorzamento (5%).

I valori di FA ottenuti sono riportati nella seguente tabella e sono confrontati con quelli del metodo semplificato da tabelle RER 112/07.

**Iano – Via Resta – 3° Livello – Coeff. Di Amplificazione Stratigrafica**

Modellazione Monodimensionale	Sisma	FA	FA SI	FA SI
	Segnale di riferimento	PGA	0.1-0.5 s	0.5-1 s
	Input 000046	2.68	1.95	1.81
	Input 000126	2.71	1.93	1.67
Input 000354	2.77	1.99	1.68	
RER 112/07	/	2.2	2.2	1.7

ANALISI DI 3° LIVELLO - MODELLAZIONE MONODIMENSIONALE						
	Segnali di riferimento Input 000046-000126-000354 Coeff. di amplificazione stratigrafica			Confronto con i valori proposti nell'atto di indirizzo regionale DAL112/07RER		
	F.A. P.G.A.	F.A. 0,1 s < To < 0,5 s	F.A. 0,5 s < To < 1,0 s	F.A. P.G.A.	F.A. 0,1 s < To < 0,5 s	F.A. 0,5 s < To < 1,0 s
<b>1</b> S. Rufino	2.10-2.10-2.21	1.69-1.52-1.62	1.42-1.49-1.39	2.2	2.2	1.7
<b>2</b> V. Ventoso V. Colombaia	1.9-1.95-1.95	1.43-1.39-1.43	1.57-1.56-1.59	2.2	2.2	1.7
<b>3</b> Cà de Caroli V. Strucchi	2.14-2.10-2.27	1.63-1.47-1.52	1.39-1.48-1.36	2.2	2.3	1.6
<b>4</b> Iano-V Resta	2.68-2.71-2.77	1.95-1.93-1.99	1.81-1.67-1.68	2.2	2.2	1.7

## **9. ELABORATI CARTOGRAFICI**

A corredo dello studio di microzonazione sismica sono state prodotte 7 tavole tematiche a scala 1:5.000/10.000:

- 1) Carta delle Indagini.
- 2.1-2.2) Carta Geologica-Tecnica
- 3.1-3.2) Sezioni geologiche.
- 4) Carta delle frequenze naturali dei terreni.
- 5) Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).
- 6.1-6.2) Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).
- 7.1-7.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA P.G.A.
- 8.1-8.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.1-0.5 s
- 9.1-9.2) Carta di microzonazione sismica Liv. 2 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.5-1 s
- 10) Carta di microzonazione sismica Liv. 3 - Fattori di amplificazione FA P.G.A.
- 11) Carta di microzonazione sismica Liv. 3 - Fattori di amplificazione FA I.S. 0.1-0.5 s
- 12) Carta di microzonazione sismica Liv. 3 - 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.

Il sottosuolo del territorio comunale è stato indagato per svariati scopi (ricerche d'acqua, caratterizzazione geotecnica, sismica, ecc) nei decenni precedenti. Tutto questo materiale conoscitivo è stato raccolto ed archiviato dal Comune di Scandiano, e dalla Regione Emilia-Romagna. Alcune delle prove di repertorio sono state eseguite con attrezzature fuori standard (fornendo quindi esiti inutilizzabili o non interpretabili), altre sono troppo superficiali per poter essere pienamente usate per gli scopi del presente lavoro. Le prove utilizzate in questo lavoro sono riconoscibili con sigla identificativa.

L'insieme delle conoscenze di sottosuolo di repertorio è stata utilizzata sia per orientare il programma e la localizzazione delle nuove indagini da effettuare, sia per stabilire la tipologia delle prove da realizzare. Infine l'archivio delle prove è stato utile nell'elaborazione dei modelli sismici e, soprattutto, nella loro estrapolazione territoriale.

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".

In particolare sono documentate:

Indagini di repertorio:

- n° 42 Stratigrafie di Pozzi
- n° 5 Sondaggi a carotaggio continuo
- n° 75 prove penetrometriche statiche
- n° 8 ReMi
- n° 4 Masw

Indagini di nuova realizzazione:

- n° 16 Masw
- n° 26 Hvsr

I simboli adottati sono i seguenti.

	Sondaggio a carotaggio continuo
	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
	Pozzo per acqua
	Prova REfractionMIcreotremors
	Stazione microtremore a stazione singola
	MASW

## CARTA GEOLOGICO TECNICA -TAV 2.1/2.2

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

### Terreni di copertura

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

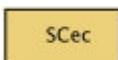
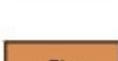
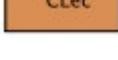
- GMtf: depositi fluviali adiacenti ai principali corsi d'acqua;
- GCtf: depositi fluviali adiacenti ai corsi d'acqua secondari oppure situati sulle cime dei rilievi e quindi più antichi e conseguentemente per più tempo sottoposti alla degradazione meteorica;
- GCpd: depositi fluviali di piana alluvionale (abitato di Scandiano);
- SCec: prodotti di degradazione meteorica della Formazione delle Sabbie Gialle;

I prodotti della degradazione meteorica delle Argille a Palombini, Argille Varicolori sono indicati con la sigla "CHec".

I prodotti della degradazione meteorica delle Arenarie di Scabiazza, del Flysch di M. Cassio, della Formazione di Ranzano sono indicati con la sigla "CLec".

CLfd e CHfd si riferiscono alle falde detritiche e ai depositi di versante eterogenei accumulati per gravità e ruscellamento derivanti dalla degradazione delle Formazioni suddette.

RI: si riferisce a terreni contenenti resti di attività antropica.

Legenda	
Terreni di copertura	
	Terreni contenenti resti di attività antropica
	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di terrazzo fluviale
	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di piana pedemontana
	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla da eluvi/colluvi
	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di falda detritica
	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di piana pedemontana
	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di conoide di deiezione
	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre da eluvi/colluvi
	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse da eluvi/colluvi

### Forme del dissesto

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.



### Terreni di substrato

Sono indicati con la sigla “NR – substrato geologico non rigido”:

- terreni poco cementati e rocce tenere appartenenti al Dominio Padano-Adriatico e i depositi marini e paralici relativi al Sintema di Costamezzana e alle Argille Azzurre.
- terreni coesivi sovraconsolidati, stratificati”:
- rocce tenere stratificate prevalentemente pelitiche e siltitiche. Affiorano le Argille Varicolori e la Formazione Gessoso Solfifera.
- rocce stratificate prevalentemente calcaree ed arenacee. Affiorano le Arenarie di Scabiazza e la Formazione di Ranzano.



Dalla consultazione della tavola risulta evidente come in tutte le aree indagate il substrato è di natura non rigida (NR).

Nelle aree di pianura sono presenti terreni poco cementati e rocce tenere appartenenti al Dominio Padano-Adriatico e i depositi marini e paralici relativi al Sintema di Costamezzana;

Nei settori di collina si hanno invece terreni coesivi sovraconsolidati (Argille Azzurre, Argille Varicolori) e litologie di natura lapidea stratificata (Arenarie di Scabiazza, Formazione di Ranzano).

### Note di rappresentazione grafica (concordate con il Dott. Martelli Luca del Servizio Geologico 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 rappresentati i sondaggi con bollino rosso. Si sottolinea che nessuno dei sondaggi cartografati ha raggiunto il bedrock sismico.

### 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 7 sezioni geologiche per la rappresentazione strutturale del sottosuolo delle varie aree d'indagini del Comune di Scandiano ovvero quelle classificate nella tavola dello strumento di pianificazione come perimetro urbanizzato o da urbanizzare.

Di grande rilevanza è stato l'utilizzo delle stratigrafie dei pozzi censiti nell'archivio della Regione Emilia-Romagna.

### CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI – TAV 4

Questa tavola deriva da indagini di sismica passiva. Sono riportati tutti i punti di misura (26 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.

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° piani)
- ampiezza del picco
- bassa frequenza

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° 12 Hvsr presentano picchi principali ad alta frequenza (>10Hz compresi tra 10-18Hz)
- n° 11 Hvsr presentano picchi principali a media frequenza (4÷8 Hz)
- n° 1 Hvsr presenta picco principale a bassa frequenza (2÷4 Hz)
- n° 1 Hvsr presenta picco principale a bassa frequenza (<1 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 (>4 - abitati di Iano, Fellegara, Seminario).

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 ( $V_s$ ) – TAV 5**

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

- 16 MASW di nuova realizzazione;
- n° 8 ReMi di repertorio;
- n° 4 Masw di repertorio;

Trattandosi di aree di alta pianura/pedecollina e collina 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  $V_sH$ .

Per ogni punto di misura si riportano i seguenti valori:

$V_sH$  (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)

$V_{s30}$  (m/s): velocità delle onde S fino a 30 m di profondità

$V_{s\ sub}$  (m/s): velocità delle onde S nel substrato

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

- le Vs30 ricadono in un range compreso tra 241÷434 m/s;
- solo in 1 caso la Vs30 supera i 400 m/s;
- i valori delle velocità del substrato (Vs sub) possono essere considerate tipiche di substrato sismico non rigido (400÷700 m/s);
- gli spessori considerati di "copertura" sono generalmente medio-elevati, compresi tra 8-20 m, in quanto comprensivi, nelle zone di collina, di substrato alterato, fratturato e/o detensionato;
- le velocità medie delle coperture (VsH) sono comprese tra 190-290 m/s con all'interno valori bassi inferiori ai 150 m/s fino a valori superiori ai 350 m/s che nelle zone di pianura rappresentano strati grossolani ghiaiosi mentre in collina 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. 6.1/6.2**

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.

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 presenti nella Carta sono classificate in tre categorie:

a) **zone stabili**, nelle quali non si ipotizzano effetti locali significativi di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento; il moto sismico non viene modificato (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive); sono le zone dove è affiorante il bedrock sismico con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa  $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ).

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.

In tre aree indagate può essere presente l'effetto di amplificazione topografica.

Per l'amplificazione: litostratigrafica vengono distinte diverse zone sulla base degli spessori dei terreni di copertura e della natura.

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  $< 15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ ) a granulometria mista o indistinta;
- coltre di substrato alterato o intensamente fratturato;
- substrato caratterizzato da  $V < 800$  m/s;

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.

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.

Vengono distinte diverse tipologie di fenomeni gravitativi:

- frane per colata
- frane per scivolamento
- frane complesse

e due condizioni di attività:

- attiva
- quiescente

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).

I dati di base disponibili utilizzati sono:

- Carta geologico tecnica (Tavv. 2);
- Sezioni geologiche (Tav. 3);
- legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Reggio Emilia (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 esistenti;
- indagini sismiche nuove eseguite per il presente studio.

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.

Nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, facendo riferimento alle aree d'indagine individuate dall'Amministrazione Comunale, sono state individuate, sulla base delle caratteristiche della copertura e del substrato geologico **7 zone omogenee stabili suscettibili di amplificazione locale**.

Le zone omogenee stabili suscettibili di amplificazione locale sono:

### ZONA 1

2001	Zona 1 – Zone di pianura caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità di oltre 100 m dal piano campagna e copertura mista di origine fluviale: alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla < 1.
------	---

La zona 1 comprende le aree di pianura caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità di oltre 100 m dal piano campagna e copertura mista di origine fluviale: alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla inferiore all'unità.

La zona 1 è stata individuata in località Cacciola.

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NR – substrato geologico non rigido", è formato da terreni di Piana alluvionale del sistema Emiliano Romagnolo sup. (AES).

**ZONA 2**

2002	Zona 2 – Zone di pianura pedemontana caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità inferiore a 100 m (comprese tra 40–90 m dal piano campagna) e copertura mista di origine fluviale: alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla $\geq 1$ .
------	---

La zona 2 comprende le aree di pianura pedemontana, caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità  $< 100\text{m}$ , generalmente comprese tra 40-90 m dal piano campagna e copertura mista di origine fluviale; alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi limosi con rapporto ghiaia/argilla  $\geq 1$ .

La zona 2 è stata individuata in località Bosco, Chiozza, Arceto, Casellette, Chiozzino, Maestà Fantuzzi, Fellegara, Pratissolo, Scandiano.

Il substrato geologico, indicato con la sigla “NR – substrato geologico non rigido”, è formato da terreni di Piana alluvionale del sistema Emiliano Romagnolo sup. (AES).

**ZONA 3**

2003	Zona 3 – Zone di pianura pedemontana caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità comprese tra 20–40 m dal piano campagna e copertura mista di origine fluviale: alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla $\geq 1$ .
------	---

La zona 3 comprende le aree di pianura pedemontana caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità comprese tra 20-40 m dal piano campagna e copertura mista di origine fluviale: alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi limosi con rapporto ghiaia/argilla  $\geq 1$ .

La zona 3 è stata individuata in località Iano e Cà del Caroli.

Il substrato geologico, indicato con la sigla “NR – substrato geologico non rigido”, è formato da terreni di Piana alluvionale del sistema Emiliano Romagnolo sup. (AES).

**ZONA 4**

2004	Zona 4 – Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità compresa tra 3–10 m circa dal piano campagna e copertura argillosa limosa prevalente con ghiaia.
------	--

La zona 4 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità compresa tra 3-10 m dal piano campagna e copertura argillosa limosa prevalente con ghiaia.

La zona 4 è stata individuata in località Braglia.

Il substrato geologico, indicato con la sigla “NR - substrato

geologico non rigido”, è formato da rocce medio-dure appartenenti alle unità delle Arenarie di Scabiazza e Formazione di Ranzano.

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

I terreni di copertura sono il prodotto della degradazione meteorica delle unità geologiche in precedenza descritte e presentano valori medi delle velocità delle onde di taglio compresi tra  $V_sH = 220-300$  m/s.

## **ZONA 5**

La zona 5 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido (lapideo stratificato o coesivo sovraconsolidato stratificato), situato a profondità compreso tra 10-20 m dal piano campagna e copertura argillosa e limosa prevalente.

La zona 5 è stata individuata in località Ventoso, Rondinara e Mazzalasino.

I substrati geologici sono: terreni del Sintema di Costamezzana, rocce medio-dure appartenenti alle unità delle Arenarie di Scabiazza e Formazione di Ranzano, rocce tenere appartenenti alle unità delle Argille Varicolori e Argille a Palombini.

Tali unità si comportano come riflettori sismici con velocità delle onde di taglio da medie (500-600 m/s) a medio-alte (generalmente con valori  $V_s < 800$  m/s).

I terreni di copertura sono il prodotto della degradazione meteorica delle unità geologiche in precedenza descritte e presentano valori medi delle velocità delle onde di taglio compresi tra  $V_sH = 200-350$  m/s.

2005

Zona 5 – Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità compresa tra 10-20 m dal piano campagna e copertura argillosa e limosa prevalente.

**ZONA 6**

2006	Zona 6 - Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido situato a profondità variabile e compresa mediamente tra circa 10-20 m dal piano campagna e copertura argillosa limosa prevalente. Richiesto 3° livello di approfondimento, per presenza di depositi di conoide alluvionale apicali in cui le coperture possono presentare spessori fortemente variabili, o materiale antropico.
------	---

La zona 6 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico coesivo non rigido situato a profondità variabile e compresa tra 10-20 m dal piano campagna e copertura argillosa limosa prevalente.

La zona 6 è stata individuata in alcune zone della fascia della prima collina tra le località di Cà de Caroli alta, Ventoso Via Colombaia, S Ruffino.

In queste zone è richiesto il 3° livello di approfondimento per possibile presenza di depositi di conoide alluvionale apicali in cui le coperture possono presentare spessori fortemente variabili.

La zona 6 è stata individuata anche in località Iano-Via Resta, dove nella parte sommitale, sopra la copertura argillosa limosa, può essere presente materiale antropico (necessario 3° livello di approfondimento).

Il substrato geologico, indicato con la sigla "NR – substrato geologico non rigido", è formato per lo più da terreni delle Argille Azzurre.

Tali unità si comportano come riflettori sismici con velocità delle onde di taglio medio-basse, generalmente con valori  $V_s = 400-600$  m/s.

I terreni di copertura sono il prodotto della degradazione meteorica delle unità geologiche in precedenza descritte e presentano valori medi delle velocità delle onde di taglio compresi tra  $V_sH = 200-300$  m/s.

**ZONA 7**

2007	Zona 7 - Aree caratterizzate da substrato geologico non rigido affiorante
------	---

La zona 7 comprende le aree caratterizzate da substrato geologico non rigido subaffiorante o situato a limitata profondità (<3m) dal piano campagna e copertura argillosa limosa prevalente.

La zona 7 è stata individuata in località La Pioppa, Mazzalasino e sulle colline a sud di Ventoso e Colombara.

I substrati geologici sono: Argille Azzurre, rocce medio-dure appartenenti alle unità delle Arenarie di Scabiazza e Formazione di Ranzano, rocce tenere appartenenti alle unità delle Argille Varicolori e Argille a Palombini.

Sono state inoltre cartografate tutte le **zone suscettibili d'instabilità e le forme di superficie**:

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



#### **CARTE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA 2° LIVELLO – 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.

Oltre al parametro FA di amplificazione stratigrafica è necessario considerare il fattore ST di amplificazione topografica (vedi oltre). Nelle aree indagate il fattore ST è risultato sempre =1.

#### ***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° per dislivelli di almeno 30 m.
- 2) in corrispondenza di configurazioni geometriche bi-tridimensionali (creste, dorsali allungate, cucuzzoli) di altezza superiori a 30 m

Queste due condizioni non sono presenti nelle aree in studio.

### **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 e pedecollina), oppure le velocità medie delle coperture – VsH (per la collina) sono stati calcolati tramite le prove geognostiche e geofisiche eseguite e di repertorio. 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.

Per l’utilizzo degli abachi e delle tabelle è stato determinato lo spessore  $H$  della copertura, o la profondità del substrato rigido, e il profilo di Vs nell’intervallo di spessore  $H$ .

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)

L’amplificazione litostratigrafica non è stata incrementata, in quanto non presente, con i fattori di amplificazione per cause topografiche (Allegato A2, punto A2.2, degli indirizzi regionali).

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.

Lo studio ha permesso di individuare 3 “contesti geologici” differenti:

- MARGINE APPENNINO PADANO con substrato marino caratterizzato da  $V_s < 800$  m/s
- PIANURA PADANA con substrato poco profondo ( $< 100$  m da p.c.)
- PIANURA PADANA con substrato profondo ( $\geq 100$  m da p.c.)

Sono stati quindi utilizzati i parametri relativi ai diversi contesti definiti.

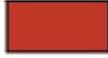
Le zone sono individuate in ordine crescente di pericolosità sismica:

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

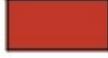
- FA pga, FA 0,1-0,5s, FA 0,5-1s, (Allegato A2 degli indirizzi regionali)

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 suscettibili di amplificazioni locali	
	Fa P.G.A. = 1.3-1.4
	Fa P.G.A. = 1.5-1.6
	Fa P.G.A. = 1.7-1.8
	Fa P.G.A. = 2.1-2.2
	Fa P.G.A. = 2.3-2.4
	Fa P.G.A. $\geq 2.5$

#### I.S. 0.1-0.5s

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	
	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 suscettibili di amplificazioni locali	
	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
	Fa I.S. 0,5-1,0 s = 2.1-2.2
	Fa I.S. 0,5-1,0 s = 2.3-2.4

Completano la carta di microzonazione sismica le zone suscettibili di instabilità.

Zone suscettibili di instabilità	
	Instabilità di versante

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

**- DAL 112/2007 RER -****Cà de Caroli alta, Ventoso, S Ruffino, Braglia, Rondinara, Mazzalasino****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

**- DAL 112/2007 RER -****Arceto, Fellegara, Bosco, Scandiano, Pratissolo, Iano, Casello, Chiozzino, Cà de Caroli****PIANURA 1 – Substrato poco profondo (<100 m da p.c.)**

F.A. P.G.A.

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	1.0

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

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

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

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.6	2.5	2.4	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.1	1.0

**- DAL 112/2007 RER -****Cacciola****PIANURA 2 – Substrato profondo ( $\geq 100$  m da p.c.)**

F.A. P.G.A.

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

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

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

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

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

### CARTE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA 3° LIVELLO – TAV. 10-11-12

È stata eseguita un'analisi di risposta sismica locale di 3° livello, in termini di amplificazione e stima dei relativi fattori, nelle aree in cui le coperture possono presentare spessori fortemente variabili per presenza di depositi di conoide alluvionale apicali.

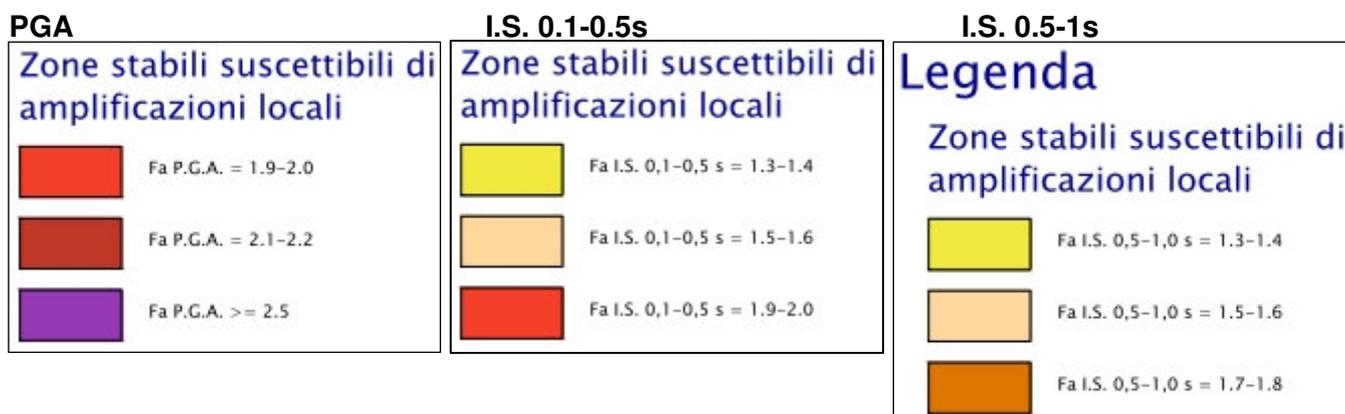
Le aree indagate sono:

- S. Ruffino
- Ventoso Via Colombaia
- Cà de Caroli Via Strucchi
- Iano Via Resta

Nelle carte della microzonazione sismica di 3° livello, viene quantificato il parametro FA di amplificazione stratigrafica con codice di calcolo (EERA) ed elaborazione di modellazioni numeriche di risposta sismica locale (vedi Capitolo 8).

I valori ottenuti di FA sono quelli medi ricavati dai tre calcolati con gli altrettanti segnali di input (RER).

Di seguito la legenda delle carte di microzonazione sismica di 3° livello con i diversi valori di FA ( $FA_{PGA}$ , FA 0.1-0.5 s, FA 0.5-1 s).



Lo studio di Microzonazione Sismica, attraverso i risultati ottenuti con le indagini geofisiche di nuova realizzazione (n° 16 Masw e n° 26 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.

Sono inoltre stati effettuati locali approfondimenti di 3° livello per la quantificazione delle amplificazioni litologiche. Sono state eseguite indagini geofisiche specifiche e modellazione numerica tramite codici di calcolo, per quattro aree classificate come “Depositi di conoide alluvionale apicali”.

Per quanto riguarda aree instabili e potenzialmente instabili sarà facoltà dell'Amministrazione Comunale individuare aree di interesse prioritario e pianificare studi specifici di 3° livello, le cui verifiche andranno estese in un opportuno intorno d'influenza geodinamica delle aree potenzialmente instabili.

Le Cartografie prodotte, zonizzando il territorio in base alla sua pericolosità sismica, risultano necessarie per un'analisi del rischio sismico. Questo studio deve 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 potranno 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

Gasperi G., Bettelli G., Panini F. e Pizziolo M. (1999) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 219 "Sassuolo"*. Servizio Geologico nazionale - Regione Emilia-Romagna.

Gasperi G., Bettelli G., Panini F. e Pizziolo M. (1999) – *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 219 "Sassuolo"*. Servizio Geologico, Sismico e dei suoli - Regione Emilia-Romagna.

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 CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 219

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.

PSC Comune di Scandiano, QC Geologico Idrogeologico Sismico - Approfondimenti sismici – Studio Idrogeotecnico Associato – Ambiter Srl

PTPC Provincia di Reggio Emilia 2009

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.

Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998) - *Riserve idriche sotterranee della regione Emilia-Romagna*. S.EL.CA. (Firenze), 120 pp.

Regione Emilia-Romagna – Provincia di Reggio Emilia (2004) – *Carta inventario del dissesto. Relazione tecnico-illustrativa e cartografia. Edizione 2003*.

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.