



**PROTEZIONE CIVILE**  
 Presidenza del Consiglio dei Ministri  
 Dipartimento della Protezione Civile



**Regione Emilia-Romagna**



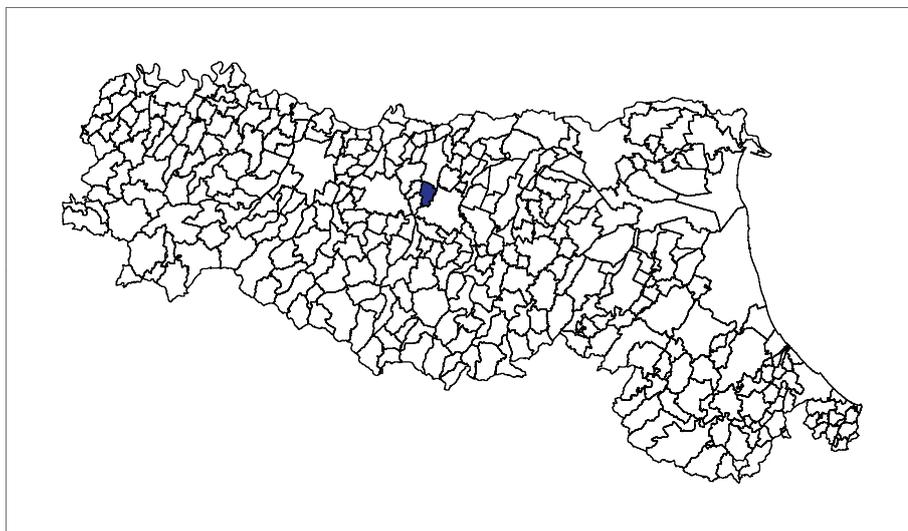
CONFERENZA DELLE REGIONI E  
 DELLE PROVINCE AUTONOME

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

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Modellazione e caratterizzazione Geologico Tecnica e Sismica

### Regione Emilia-Romagna Comune di Campogalliano



<b>Regione</b> Emilia Romagna  <i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 4007/2012.</i> <i>Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico Luca Martelli</i> <i>Coordinamento della Provincia di Modena - Servizio Urbanistica e SIT Antronella Manicardi</i>	<b>Soggetto realizzatore</b> Studio Geologico CENTROGEO <b>Progetto:</b> Gian Pietro Mazzetti <b>Collaboratori:</b> Stefano Gilli, Andrea Arbizzi, Mauro Mazzetti <b>Elaborazioni GIS:</b> Studio Benaglia Professionisti Associati Corrado Ugoletti	<b>Amministrazione comunale</b> <i>Sindaco:</i> Stefania Zanni <i>Responsabile Settore Servizio del Territorio:</i> Ivano Leoni	
		<b>Data</b> Aprile 2013	

**Provincia di Modena**  
**Piano Strutturale Comunale**  
**comune di Campogalliano**  
**MICROZONAZIONE SISMICA**  
**MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE**  
**GEOLOGICO TECNICA E SISMICA**  
**RELAZIONE TECNICA**

---

**SOMMARIO**

---

1	INTRODUZIONE.....	1
2	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	3
3	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	5
3.1	Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento.....	8
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	10
5	MODELLAZIONE SISMICA.....	16
5.1	Caratteri Tettonici e Sismici del Territorio.....	16
5.2	Attività Tettonica.....	18
6	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	21
6.1	Caratteri Geomorfologici (Carta Litomorfológica).....	21
7	IDROGEOLOGIA.....	24
7.1	Idrografia di superficie.....	24
7.2	Rischio Idraulico.....	25
7.3	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	25
7.4	Definizione del sistema idrogeologico.....	25
7.5	Interfaccia Acque Dolci - Acque Salate.....	26
7.6	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	26
7.6.1	Serie Idrogeologica Locale.....	26
7.6.2	Conducibilità idraulica acquiferi.....	29
7.7	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	29
7.7.1	Piezometria dell'acquifero freatico.....	30
7.7.2	Isopieze dell'acquifero.....	30
7.7.3	Soggiacenza.....	31
8	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	32
8.1	Microtremori con la tecnica HVSR.....	32
8.2	Prospezione sismica a rifrazione attiva/passiva MASW/Re.Mi.....	32
9	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	35
9.1	Carta delle indagini.....	35
9.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	35
9.3	Tetto delle ghiaie e delle sabbie.....	37
9.4	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	38
9.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	38
10	TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	50
10.1	Carta delle nuove indagini.....	50
10.2	Substrato a comportamento rigido.....	50
10.3	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	51
10.4	Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica.....	52
10.5	Definizione degli input sismici.....	52
10.6	Calcolo degli effetti di sito.....	54
10.7	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	56
10.8	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale FAPGA.....	58
10.9	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.5 sec.....	60
10.10	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.1<T<0.3 sec e 0.3<T<0.5 sec.....	60
10.11	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.3 sec.....	61
10.12	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.3<T<0.5 sec.....	61
10.13	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.5<T<1.0 sec.....	61
10.14	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.9<T<1.2 sec e 1.2<T<2 sec.....	62

## ELABORATI

TAV. 1.1	Carta delle indagini nuove e pregresse	1:10.000
TAV. 1.2	Carta geologico - tecnica	1:10.000
TAV. 1.2.1	Sezioni geologiche	1:1.000/1:25.000
TAV. 1.3	Carta isopieze primo acquifero	1:10.000
TAV. 1.4	Carta Soggiacenza primo acquifero	1:10.000
TAV. 1.5	Carta tetto ghiaie e sabbie	1:10.000
TAV. 1.6	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
TAV. 1.7	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
TAV. 2.1	Carta delle indagini nuove	1:10.000
TAV. 2.2	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
TAV. 3.1	FA PGA	1:10.000
TAV. 3.2	FA IS 0,1 – 0,3	1:10.000
TAV. 3.3	FA IS 0,1 – 0,5	1:10.000
TAV. 3.4	FA IS 0,3 – 0,5	1:10.000
TAV. 3.5	FA IS 0,5 – 0,9	1:10.000
TAV. 3.6	FA IS 0,5 – 1,0	1:10.000
TAV. 3.7	FA IS 0,9 – 1,2	1:10.000
TAV. 3.8	FA IS 1,2 – 2,0	1:10.000

---

## ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche

# 1 INTRODUZIONE

Nel contesto delle analisi di valutazione delle condizioni del grado di sicurezza riferito alla pericolosità sismica del territorio Comunale di Campogalliano (MO), é stata redatta una disamina di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica e della pericolosità sismica di base – azione sismica, finalizzati alla riduzione del rischio sismico del territorio urbanizzato, di previsto sviluppo e delle fasce interessate dalle principali infrastrutture, indirizzati alle valutazioni d’uso per la pianificazione urbanistica.

Le analisi sono state eseguite in ottemperanza ai dettati delle leggi nazionali, in riferimento al D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88; L.R. RER N° 20 del 24/03/2000, N.A Piano stralcio Assetto Idrogeologico allegato 7, Disposizioni R.E.R. concernenti l’attuazione del P.A.I. del 06/02, NA PTCP Modena, D.M. 14 - 01 – 2008, Delibera Assemblea Legislativa R.E.R. n° 112 del 02-05-2007, Delibera di Giunta Regionale dell’Emilia Romagna n. 1032/2012, “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).

L’analisi di microzonazione sismica, realizzata con il contributo di cui all’OPCM 4007/2012, è stata sviluppata in coordinamento con il *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli*, Dr. Raffaele Pignone, Dr. Luca Martelli, della **Regione Emilia Romagna**, e con l’*Ufficio S.I.T. della Provincia di Modena*, Arch. Antonella Manicardi del **Settore Urbanistica Provincia di Modena**.

Le valutazioni di fattibilità per la valutazioni urbanistiche, sono state effettuate in funzione delle condizioni geologico strutturali, delle tipologie dei processi morfogenetici, dell’estensione degli ambiti territoriali sede dell’urbanizzato e di possibile previsto sviluppo.

La determinazione della pericolosità sismica dell’area del Comune di Campogalliano è stata sviluppata mediante la realizzazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l’individuazione degli ambiti suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di terzo livello, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, sulla base delle indicazioni contenute nelle sopraccitate DGR 1302/2012, DAL 112/2007 e “I.C.M.S.” del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Detti elaborati sono propedeutici alla elaborazione del PSC, rappresentando uno strumento utile per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità sismica.

Le elaborazioni cartografiche eseguite sono pertanto relative, agli ambiti di interesse per la pianificazione a scala comunale.

Tali disamine sono state sviluppate in base a rilevamenti ed indagini direttamente effettuate che hanno integrato ed approfondito quelle precedentemente eseguite nel contesto delle analisi sviluppate negli studi del P.T.C.P. di Modena relativamente alla cartografia per la riduzione del rischio sismico: aree suscettibili di effetti locali (Tav.2.2a.02 – 2.2a.05); sono

inoltre state utilizzate le tavole e documentazioni del QC. PSC di Campogalliano, 2006, Arkigeo, Dr. G. Gasparini.

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Campogalliano, Modena**, Determina Dirigenziale del 12/01/2013 ed in coordinamento con l'ufficio tecnico del *Settore III° servizi al territorio*, Ing. *Ivano Leoni*.

L'analisi di microzonazione sismica, realizzata con il *contributo di cui all'OPCM 3097/2010*, è stata sviluppata in *coordinamento con il Servizio Geologico, Sismico e dei suoli*, Dr. *Luca Martelli*, della *Regione Emilia Romagna*.

Le rilevazioni in sito ed elaborazioni sono state effettuate da Dr. A. Arbizzi, M. Mazzetti, Dr. Stefano Gilli, Dr. G.P. Mazzetti, dello studio Geologico *Centrogeo*, Correggio.

Le elaborazioni cartografiche sono state eseguite dal Geom. Corrado Ugoletti, Studio Associato Benaglia, Reggio Emilia.

## 2 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il territorio comunale di Campogalliano è delimitato nella fascia meridionale dal tracciato del F. Secchia sino all'altezza di strada Polacchi, da qui prosegue in direttrice nord assecondando l'andamento di via Confine – Cavo Pavuso e Via Buzzalino sino all'altezza di C. Gozzi dalla quale segue il Canale Ganaceto individuando il limite orientale sino a C. Pelata; da quest'ultima il bordo settentrionale è individuato dal suddetto canale sino al Cavo Lama che è assecondato sino a C. Ronchetti e successivamente segue la Strada Argine e nel tratto più occidentale il Canale Corte sino a la Nevosa. Da quest'ultima prosegue in direzione sud seguendo dapprima il Cavo Fossa Marza sino via Carpi, poi via Canale dell'Erba sino a via per C. Berualda e seguendo la stessa sino all'intersezione con Viareggio, dirigendosi poi ad est assecondando via dei Cardi, successivamente si estende in direzione sud seguendo il fosso tra C.no Mussie e Ca Setti sino ad intersecare l'A1 – Canale di Carpi, segue poi i perimetri di cava e carraie sino a via Dell'Albone e di nuovo seguendo perimetri di cava si estende sino al F. Secchia in corrispondenza dei manufatti di regolazione idraulica di detto fiume.

Il Comune di Campogalliano (MO) ricade nella tavolette:

SAN MARTINO IN RIO II SO – RUBIERA I NO – SOLIERA II SE, appartenenti al F° REGGIO EMILIA N° 74 I.G.M. PQ zona 32 T.

La zona in analisi ricade alle sezioni della Carta Tecnica Regione Emilia Romagna:

*SAN MARTINO IN RIO N° 201060,*  
*RUBIERA N° 201100*  
*GANACETO N° 201070,*  
*MODENA NORD-OVEST 201110.*

Il territorio comunale si estende su una superficie di 35 Km<sup>2</sup> con geometria circa trapezoidale allungata in direzione sud – nord delimitata dai meridiani (UTM):

655.500 ad ovest, 660.500 ad est

dai paralleli:

4951500 a sud e 4956000 a nord.

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi tra i 40 e 45 m slm. Nel settore centro meridionale e meridionale, tra il capoluogo ed il F. Secchia; nella fascia centro settentrionale e settentrionale, tra il capoluogo e Strada Argine le quote variano tra 40 e 32 m slm.

Tali quote collocano la parte centro settentrionale – settentrionale del territorio comunale nella fascia di media pianura padana, la porzione meridionale appartiene all'alta pianura q > 35m slm.

Analizzando l'andamento delle curve di livello si osserva che i terreni nella fascia meridionale di pertinenza del F. Secchia, hanno mediamente quote di 40 ÷ 44 m slm e nella

parte settentrionale tale zona delimitata da una scarpata di erosione fluviale antica (Rivone) con altezza di 3 ÷ 5 m che definisce il limite nord occidentale della conoide attuale di detto fiume e si estende in direzione ovest est da Fontana a Bosco a Casa della Barchetta; in tale zona inoltre le fasce arginali e gli interventi antropici, per la messa in sicurezza idraulica del territorio, hanno costituito un dosso con altezze comprese tra 40 e 44 mslm. Nella parte di territorio comunale a settentrione del Canale di Calvetro le morfologie assumono assetti dolcemente ondulati orientati prevalentemente in direzione ovest est.

Tali morfologie sono correlate alle evoluzioni paleoidrografiche che in passato ed attualmente, hanno interessato l'area in narrativa.

L'assetto topografico territoriale declina in direzione sud nord dal F. Secchia a Via Borsara e nella zona alla quale appartiene il capoluogo la clivometria si orienta sud ovest – nord est per la presenza di un dosso morfologico correlabile ad un antico percorso del F. Secchia.

Il territorio è caratterizzato dalla presenza, oltre al sopradescritto corpo, da due dossi topografici principali, correlabili ad antichi corpi di canale fluviale estinti, uno dei quali ad est del capoluogo è allungato in senso sud nord con andamento subparallelo all'Autostrada del Brennero sino a C. Dallari e successivamente flette a nord est dirigendosi verso Saliceto di Buzzalino. Il secondo dosso si estende in direzione sud nord dal F. Secchia al capoluogo dove, nel settore sud ovest dell'area urbana, assume direzione ovest est sino al centro storico, successivamente in direzione nord asseconda l'andamento del Canale di Carpi sino al Confine comunale settentrionale. Sono inoltre presenti dossi secondari poco pronunciati rispetto ai territori circostanti nel settore centro meridionale orientale circa tra C. Notari e Caseificio, nella zona orientale settentrionale in corrispondenza del Canale Lama e nella fascia occidentale settentrionale in concomitanza di via Fornace da C. Quattrina a C. Vellani – il Cantone.

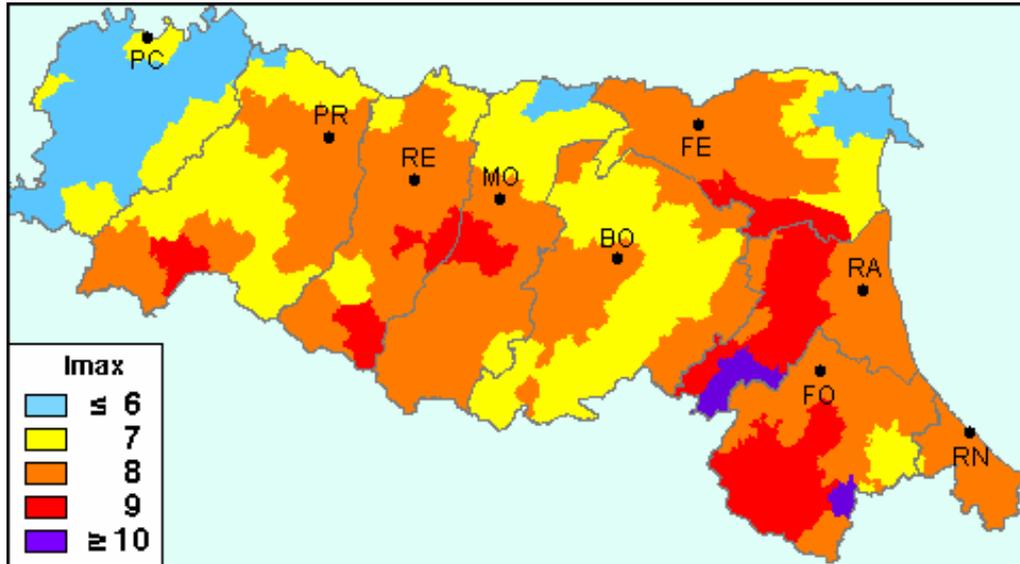
Detti corpi morfologici hanno quote comprese tra 45 e 33 m slm con pendenze longitudinali tra 2 e 4,5‰ nella zona centro meridionale e tra 1,5 ÷ 2,5 ‰ nelle fasce settentrionali, analogamente le pendenze trasversali variano tra 4 e 6‰ a sud e tra 1,5 ÷ 3,5 ‰ nelle aree nord.

Le zone morfologicamente meno acclivi presentano generalmente pendenze dello 1 ÷ 1,6‰ e caratterizzano la fascia occidentale settentrionale e le zone nord orientali.

L'assetto morfologico territoriale di insieme è pertanto caratterizzato in prevalenza da forme convesse nel settore meridionale e fascia centrale e da areali in predominanza concavi nella zona occidentale settentrionale ed orientale settentrionale.

### 3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Campogalliano (MO) 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*) documenta eventi sismici giungenti al 8° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con magnitudo massima corrispondente ad  $M = 5,5 \div 5,6$ , come evidenziato nella seguente figura.



Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Campogalliano il Database Macrosismico DBMI11 (a cura di *M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi*), utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11 (*Gruppo di lavoro CPTI, 2004 - INGV, Bologna*) sono documentati gli eventi sismici di seguito riportati:

**Storia sismica di Campogalliano**

Numero di eventi: 17

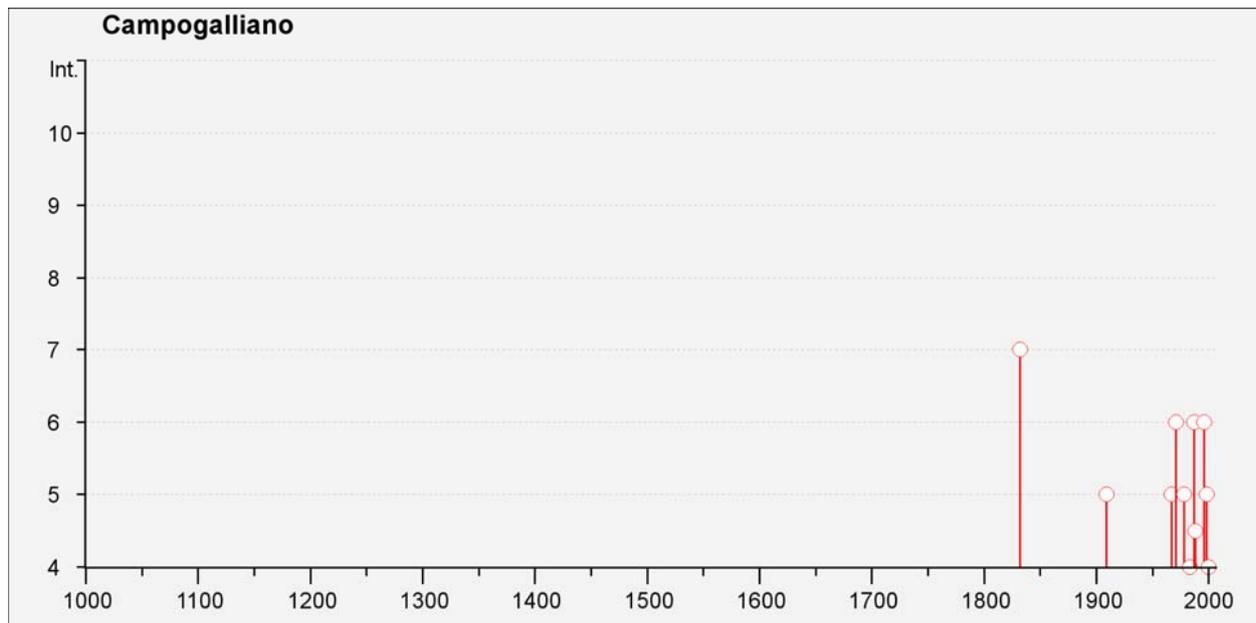
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
7	<a href="#">1832 03 13 03:30</a>	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
5	<a href="#">1909 01 13 00:45</a>	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
5	<a href="#">1967 04 03 16:36</a>	Reggiano	47	5-6	4.69 ±0.19
6	<a href="#">1971 07 15 01:33</a>	Parmense	229	8	5.64 ±0.09
5	<a href="#">1978 12 25 22:53</a>	Bassa mantovana	28	5	4.22 ±0.22
4	<a href="#">1983 11 09 16:29</a>	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	<a href="#">1986 12 06 17:07</a>	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6	<a href="#">1987 05 02 20:43</a>	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
2-3	<a href="#">1987 05 08 11:10</a>	Bassa modenese	17	6	4.57 ±0.23
4-5	<a href="#">1988 03 15 12:03</a>	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12
NF	<a href="#">1992 04 17 11:59</a>	Monteveglia	56	4-5	4.32 ±0.18
NF	<a href="#">1995 10 10 06:54</a>	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
6	<a href="#">1996 10 15 09:56</a>	Correggio	135	7	5.41 ±0.09

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
3	<a href="#">1997 05 12 22:13</a>	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
5	<a href="#">1998 02 21 02:21</a>	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
4	<a href="#">2000 06 18 07:42</a>	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09
NF	<a href="#">2002 11 13 10:48</a>	Franciacorta	770	5-6	4.29 ±0.09

Dove: Io ed Mw = Intensità e Momento sismico epicentrale; Is = Intensità sismica percepita

D=Danno di entità non precisabile (indicativamente Is>6)

F=avvertito (presumibilmente senza danni)NF=non avvertito NR=non segnalato

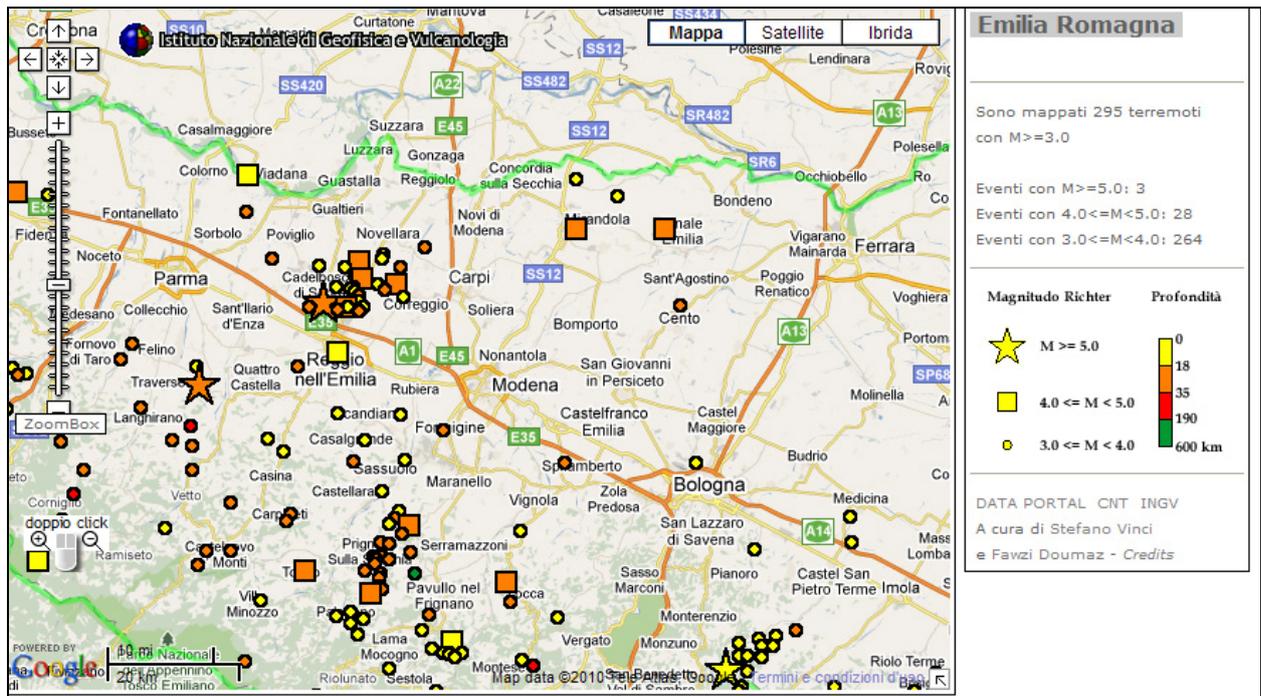


(tabella e grafico reperiti dall'archivio DBMI04, consultabile al sito internet <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>)

Dalla tabella e dal grafico sopra esposti possono essere tratte le seguenti osservazioni:

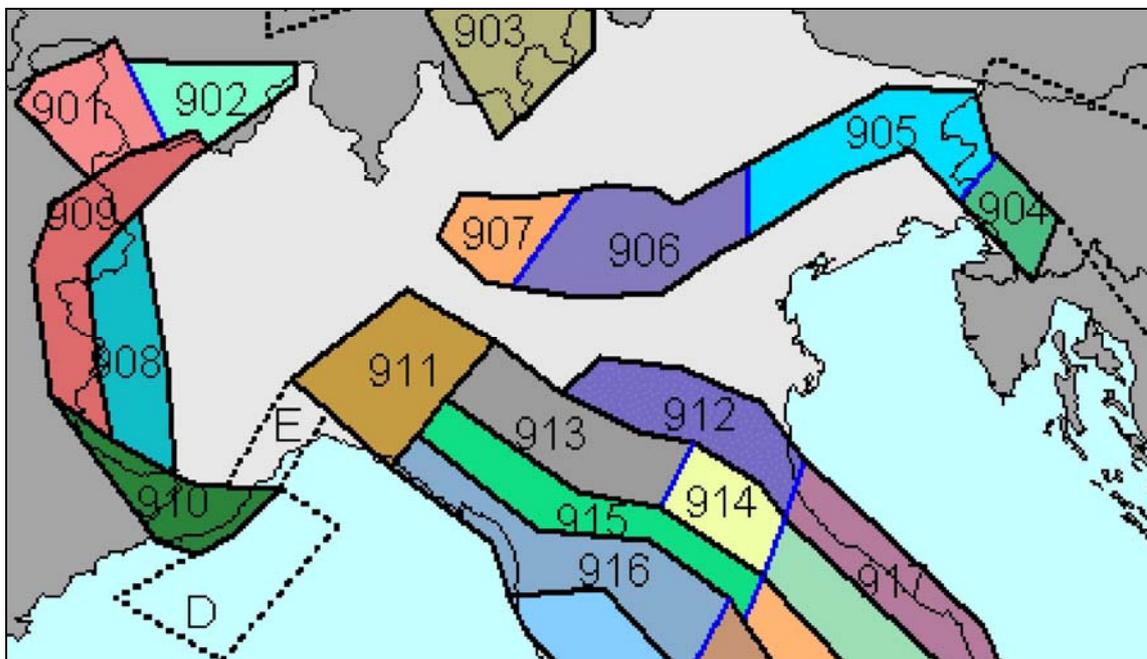
- la storia sismica di Campogalliano ha scarsa testimonianza ed estensione temporale (il primo evento riportato risale al 1832)
- la sismicità può essere di tipo medio elevato con intensità massime percepite corrispondenti al 7 ÷ 8 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimate in 5.5 ÷ 5.6
- le sopraddette massime intensità sismiche sono state prodotte da eventi di elevata intensità sismica a piccola distanza, mentre i contributi di sismi ad elevata intensità e distanti non contribuiscono in modo importante

Gli epicentri sismici verificatisi a breve distanza hanno origine, per la percentuale maggiore, nei primi 15 - 35 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo medio - superficiale.



Epicentri dei principali terremoti ( $M > 3$ ) rilevati da INGV tra il 1981 ed il 2006 nell'intorno dell'area di interesse

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto al passaggio tra la zona sismogenetica 912, zona di dominio della Dorsale Ferrarese, con il limite alla zona sismogenetica 913, dominio delle Pieghe Pedepenniniche sia Emiliane che Romagnole.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

La prima di dette fasce rappresenta la porzione più esterna della zona in compressione dell'arco appenninico ed è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo.

Le fonti storiche suggeriscono una ripetuta attivazione nel corso dell'Olocene.

ZS	4.76	4.99	5.22	5.45	5.68	5.91	6.14
912	12	9	6	7	2	2	0
913	26	13	11	6	4	1	0

*Distribuzione degli eventi sismici per classi di magnitudo per le zone 912 e 913 (INGV, 2004)*

La riclassificazione sismica del territorio nazionale NTC 14/09/2005 – OPCM 3274, attribuisce il comune di Campogalliano alla zona 3 con grado di sismicità, riferito alla previgente normativa sismica, equivalente agli ambiti con S6.

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio 2012, il comune di Campogalliano, MO, ha subito effetti corrispondenti al V° grado MCS (Fonte: “*Rilievo Macrosismico MCS Speditivo*” – *Rapporto Finale – Protezione Civile – Giugno 2012*)

Le mappe di scuotimento INGV (<http://shakemap.rm.ingv.it/shake>) per gli eventi sismici del 20, 29 maggio e 3 giugno 2012, indicano per la parte di territorio in analisi i parametri di seguito esposti:

#### **Sito Campogalliano capoluogo**

Data evento - M	PGA (g)	PGV (cm/s)	PSA 0,3s (g)	PSA 1,0s (g)	PSA 3,0s (g)
20-05-2012 – 5.9	0,042	6,07	0,081	0,063	0,012
29-05-2012 – 5.8	0,073	4,90	0,153	0,055	0,015
29-05-2012 – 5.3	0,032	3,85	0,079	0,048	0,007
03-06-2012 – 5.1	0,019	1,50	0,042	0,011	0,003

L'evento più gravoso per le strutture site sul territorio comunale è risultato quindi essere quello del **29 maggio 07.00.03 (GMT)  $M_L=5.8$** .

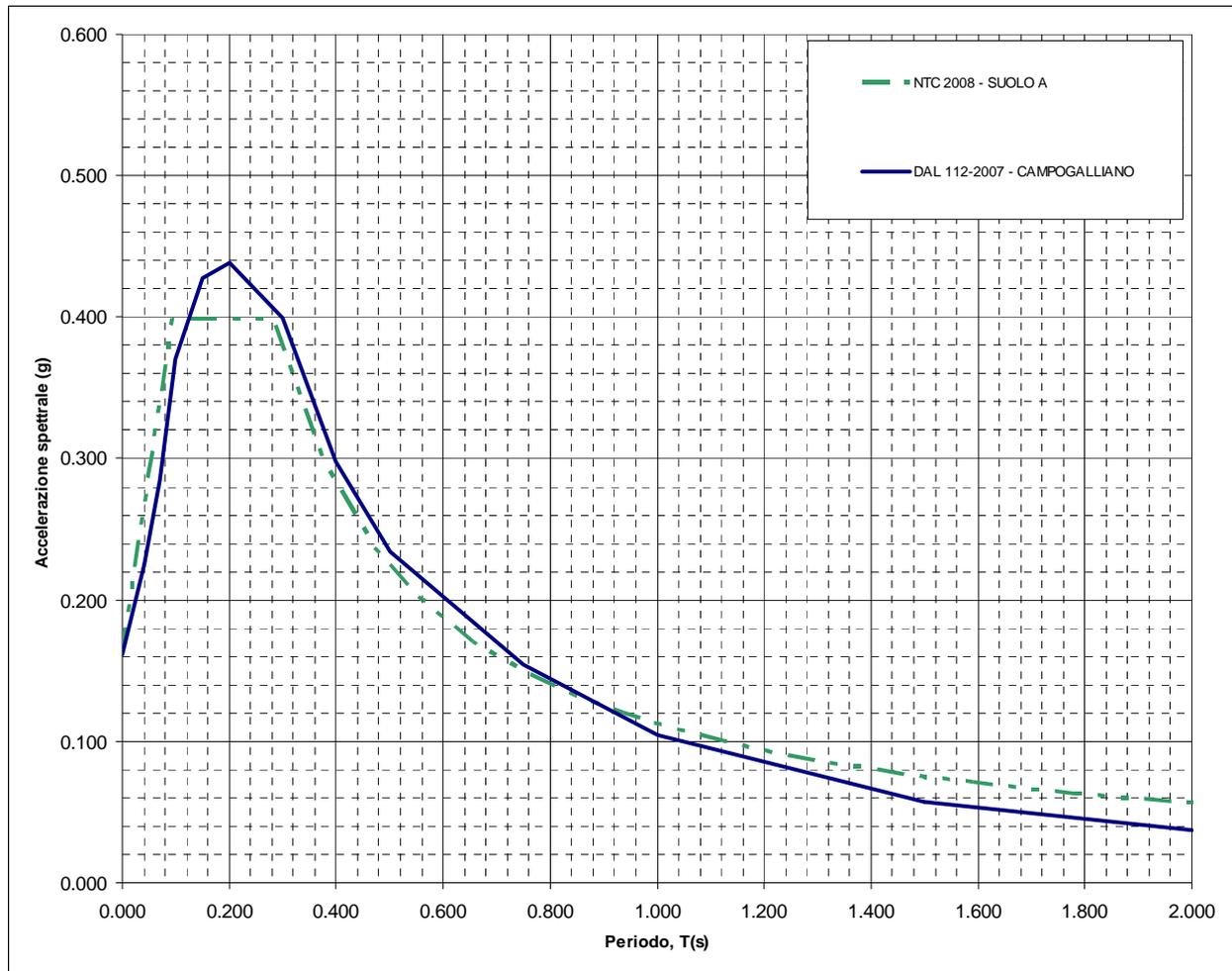
I valori di PGA degli eventi sopra elencati sono inferiori a quelli della PGA di progetto della griglia INGV e della tab. 2 dell'allegato 4 DAL 112/2007.

### **3.1 Pericolosità sismica – 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  $0,150 \div 0,175g$ . Tali dati sono anche stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la 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.

Mediante i dettami di detta delibera è stato costruito lo spettro di riferimento a probabilità uniforme per il comune di Campogalliano, evidenziato nella seguente figura, dove è confrontato con lo spettro elastico in superficie per sottosuolo di categoria A (DM 14-01-2008) riferito al medesimo comune.



Spettri di risposta a probabilità uniforme, pari al 10% di almeno una eccedenza in 50 anni per Campogalliano. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera dell'assemblea legislativa ER – DAL112-2007, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettami delle NTC 2008.

Ai fini delle successive determinazioni è stato considerato lo spettro di risposta a probabilità uniforme proposto dalla Regione Emilia Romagna (DAL RER 112/2007).

## 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il Comune di Campogalliano, MO, appartiene al bacino subsidente Pliocenico Quaternario della Pianura Padana, estendentesi su una superficie di circa 46.000 kmq, formato da un'ampia e profonda depressione a stile compressivo, costituita da sedimenti di età Mesozoica, Terziaria e Quaternaria. In tale complesso la base delle formazioni plioceniche si rinviene tra 200 e 6.000 m di profondità e lo spessore medio delle formazioni quaternarie è di circa 1.000 m.

Le conoscenze dell'assetto geologico strutturale del Bacino Padano derivano dalle prospezioni geofisiche eseguite da *AGIP* e *SPI* e dalle indagini ed elaborazioni effettuate dal *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli Regione Emilia Romagna* sviluppate nel contesto del *Progetto CARG*.

Dette analisi indicano una suddivisione, dal punto di vista litostratigrafico, in un complesso inferiore ed uno superiore; il primo caratterizzato da formazioni pre plioceniche, sostanzialmente costituite da sedimenti in facies marina; il secondo, a sua volta diviso in una litozona inferiore ed una superiore, la prima delle quali è formata da depositi marini (Qm) di età tardo pliocenica – pleistocenica, con quest'ultima nettamente prevalente, che sono sovrastati da sequenze marine marginali e da depositi messi in posto dalle alluvioni dei fiumi alpino appenninici e dal Po, del Pleistocene superiore – Olocene.

Detti complessi formano un'ampia struttura sinclinalica, complicata in numerose pieghe e dislocazioni tettoniche con direttrici prevalentemente appenniniche, conseguite alle fasi *Mioplioceniche* (Zona Piacentino Lombarda) e *Plioceniche Inferiori* (zona Emiliano Romagnola) che hanno determinato una struttura a carattere compressivo.

L'assetto geostrutturale della base del Pliocene nel sottosuolo del territorio di Rubiera – Modena – Castelfranco Emilia – Crevalcore – Sorbara– Soliera – San Martino in Rio, è caratterizzato dalla zona di transizione tra le pieghe del margine appenninico padano delle Pieghe Emiliane, a sud della via Emilia, e Pieghe Romagnole tra detta via e l'allineamento Gargallo – Nonantola, con le Pieghe Ferraresi. A meridione di queste ultime tra Carpi nord – Cavezzo – Cento, il sottosuolo è contraddistinto dalla depressione che costituisce la sinclinale Soliera- Crevalcore – Argelato. Ad occidente ed a settentrione di dette località si ha il passaggio all'alto strutturale delle Pieghe Ferraresi.

Tali strutture sono interessate da numerose dislocazioni tettoniche a direttrice appenninica ancor oggi attive, che separano l'area collinare, in lento sollevamento, da quella pianiziale in regime subsidente.

Le Pieghe Romagnole, 4 km a meridione dell'allineamento Campogalliano – Albareto - Nonantola, sono contraddistinte dalla presenza delle strutture positive, sovrascorse sul fianco settentrionale ed embriciate in direttrice settentrionale, rappresentate dalle Pieghe Emiliane che hanno determinato l'innalzamento della base del Pliocene a -3000 ÷ -2000 m dal piano campagna. Il substrato prepliocenico, procedendo verso nord, in territorio di Campogalliano, si attesta mediamente tra -3000 e -3500 m pc sino circa all'altezza del capoluogo e della località Ganaceto, in direzione settentrionale si approfondisce rapidamente sino a giungere a -

7500 ÷ 8500 m dal p.c. in corrispondenza dell'asse della sinclinale Soliera – Campogalliano – Crevalcore – S. Giovanni in Persiceto – Argelato - Sabbiuino. Proseguendo in direzione settentrionale il substrato prepliocenico, mediante una sequenza di faglie inverse e sovrascorrimenti, disposti ad embrici, passa alla Regione delle Pieghe Ferraresi, caratterizzate dall'omonima Dorsale, dove le isobate del prepliocene salgono a 1000 ÷ 2000 m dal p.c. giungendo alla massima culminazione assiale in prossimità di Novi di Modena, località Cavone, dove la base del Pliocene é circa a -210 ÷ -220 m dal p.c..

I movimenti tettonici che hanno interessato tale regione risultano essersi verificati anche in tempi recenti, denunciando un'attività neotettonica (*C.N.R.; Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica 1987*), confermata anche dalle migrazioni verso ovest dei fiumi che hanno attraversato tale area e sulle quali hanno probabilmente influito i movimenti della Dorsale Ferrarese, soprattutto per il Po.

Le principali faglie neotettoniche, individuate nel contesto del sopraindicato progetto, non evidenziano la presenza di ripercussioni in superficie e dislocazioni attive in prossimità dell'area sede del territorio di Campogalliano, MO.

Nel sottosuolo di quest'ultimo, in base ai dati *AGIP e R.E.R.*, il tetto del Quaternario Marino (Qm. CARG ER) si rileva a -250/-300 ÷ -350/-400 m dal piano campagna ed appartiene alla zona di passaggio tra il locale altro strutturale delle Pieghe Romagnole e la depressione sinclinalica sopraccitata. Tale struttura é coperta da sedimenti di piana fluviodeltizia di ambiente marino marginale ed in parte di piana alluvionale e di conoide distale, seguiti verso l'alto stratigrafico da alluvionali formate da livelli sabbiosi più o meno continui, soventemente lentiformi, intercalati a sequenze prevalentemente limoso argillose.

Dette sequenze, Sintema Emiliano – Romagnolo, nel sottosuolo dell'area a cui appartiene Campogalliano non evidenziano la significativa presenza di deformazioni correlate a variazioni tettoniche o processi di subsidenza differenziata, come invece si osserva nelle zone 5 – 15 Km ad ovest (San Martino in Rio - Correggio – Bagnolo – Novellara).

L'interfaccia acque dolci - acque salmastre è generalmente rinvenibile, tra San Martino in Rio – Soliera – Nonantola – Modena – Rubiera tra -450/-500 m e -600/-650 m dal piano campagna.

La serie litostratigrafica, è ascrivibile per la parte meridionale – centro meridionale del territorio all'unità idrogeologica della conoide del F. Secchia, d'altra parte la zona a settentrione dell'allineamento Saliceto di Buzzalino – M.no di Panzano - Bottigana Nuova è correlabile alla fascia della Media Pianura Padana, costituita dagli apporti distali dei fiumi appenninici.

Detta successione ricalca l'assetto strutturale del substrato prepliocenico attenuandone la morfologia.

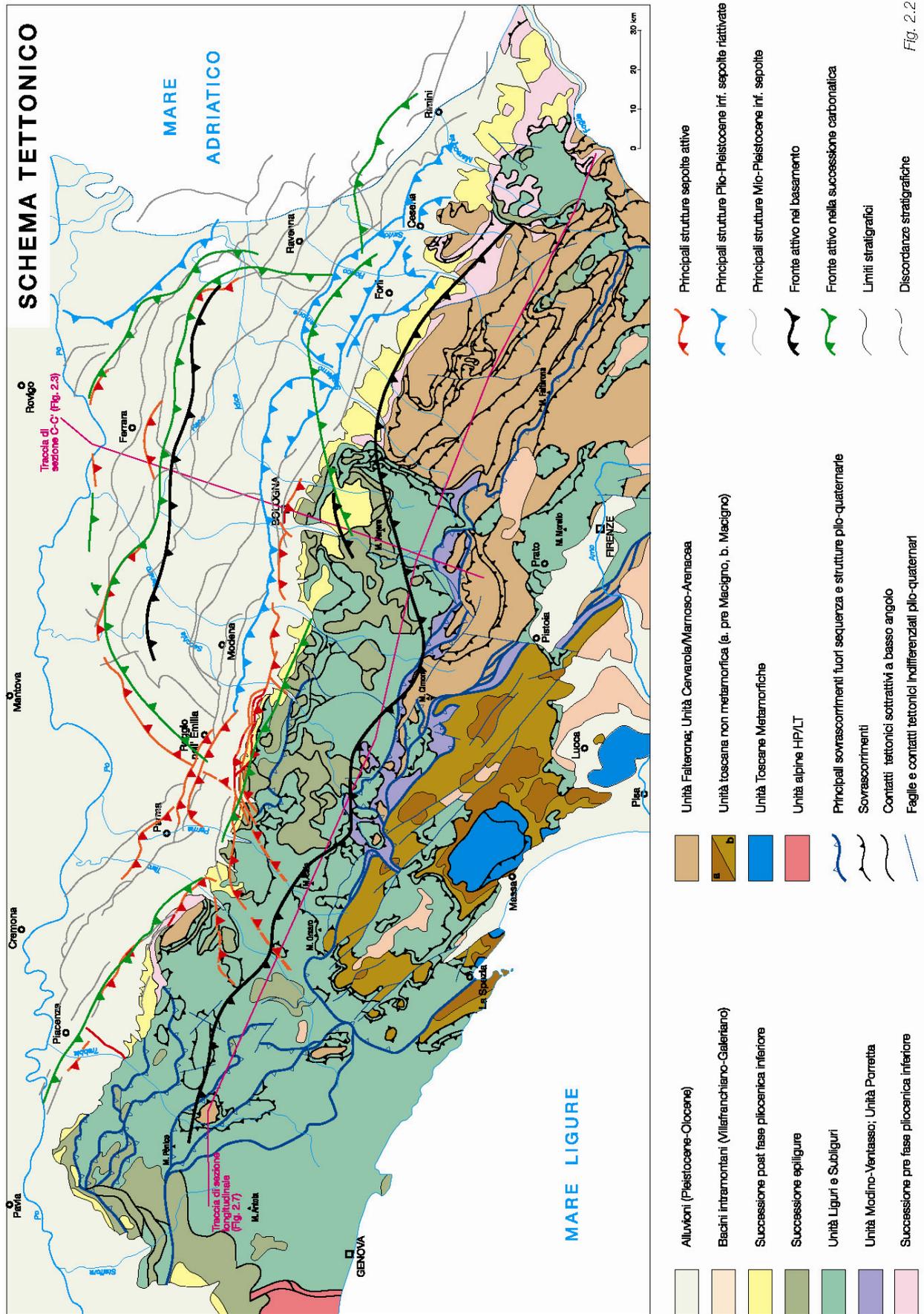
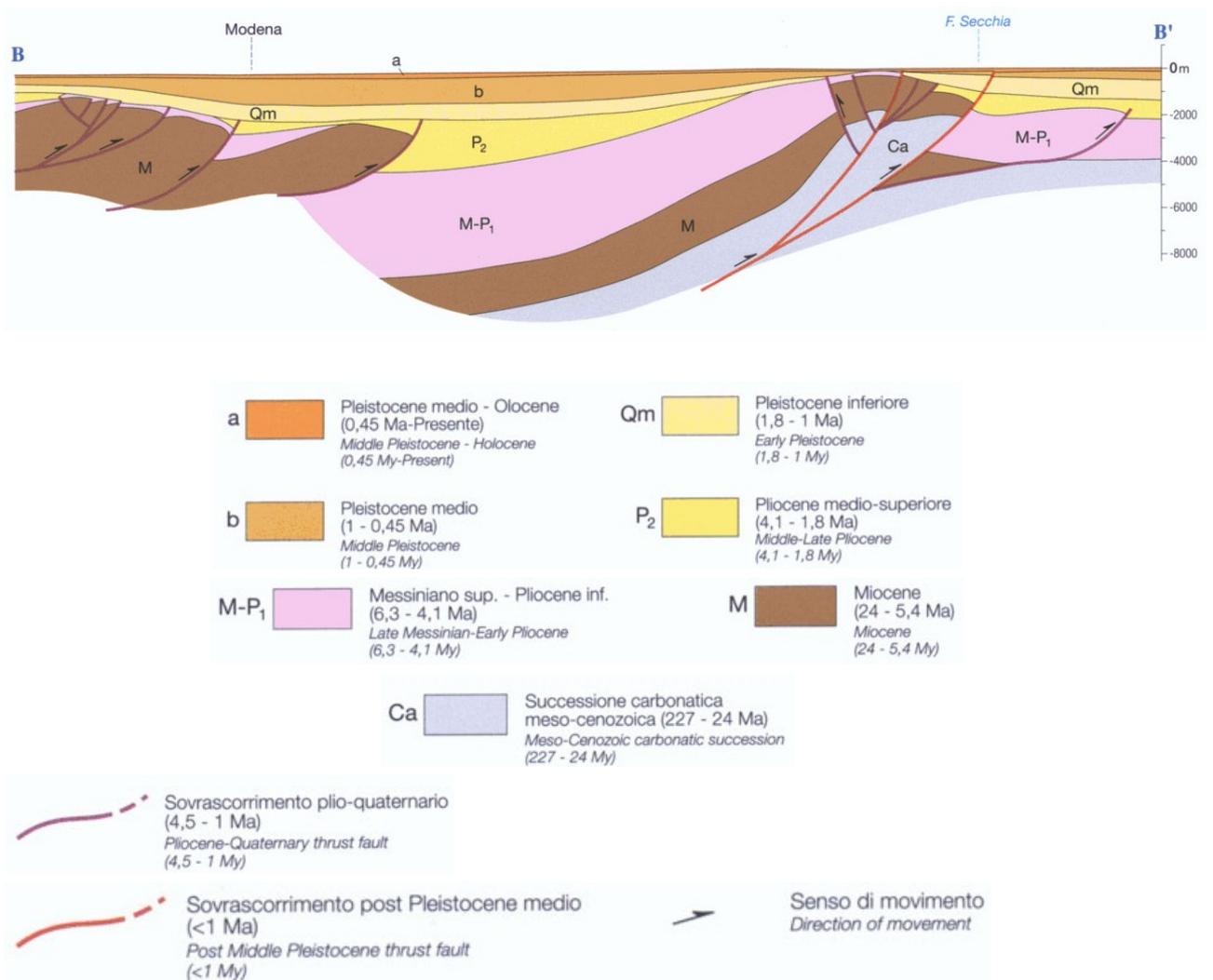
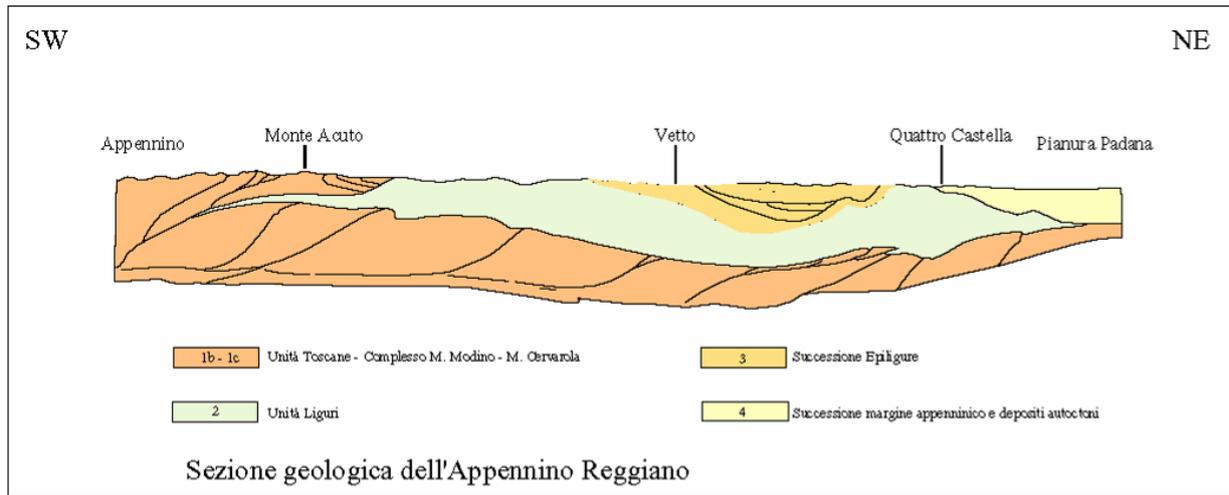


Fig. 2.2



UNITÀ CRONOSTRATIGRAFICHE	ETÀ Ma	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA Ma
QUATERNARIO CONTINENTALE	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE
QUATERNARIO MARINO	~0.35-0.45	0.125
QUATERNARIO MARINO	~0.65	PLEISTOCENE MEDIO
QUATERNARIO MARINO	~0.8	0.89
QUATERNARIO MARINO	~1.0	PLEISTOCENE INFERIORE
QUATERNARIO MARINO	~2.2	1.72
QUATERNARIO MARINO	~3.3-3.6	3.55
QUATERNARIO MARINO		PLEISTOCENE INFERIORE MIOCENE

Da: G. Di Dio, 1998  
parz. Mod.

ANNI	PERIODI GEOLOGICI	PERIODI STORICI	CIVILTÀ E CULTURE
1.200	POSTGLACIALE	ALTO MEDIEVO	Età Costantiniana (I-VI) Età Carolingia (VIII-IX) Età Bizantina-Longobarda (VI-VIII) Età Romanica-Sarabatesca (X-VI)
475		ETA ROMANA	Età Severiana Età Antoniniana Età Adriano (117-117) Età Traiana Età Nerva e Claudia
195	POSTGLACIALE	ETA DEL FERRO	Popolazioni (110-377) Civiltà Etrusca (110-100) Civiltà Umbra (110-100) Civiltà Sannitica (110-100) Civiltà Lucana (110-100) Civiltà Campana (110-100) Civiltà Apula (110-100)
500		ETA DEL BRONZO	Civiltà della Latenza (1100-800) Civiltà del Bronzo (1100-800) Civiltà del Ferro (800-500)
1.000	PREISTORIA	ENEOLITICO	Civiltà di Vinaccia (11700-11400)
2.000		NEOLITICO	Civiltà di Sesto (11200-11000) Civiltà di Fregene (11200-11000)
5.000	PREISTORIA	EPIPALEOLITICO	Civiltà di Sesto (11200-11000) Civiltà di Fregene (11200-11000)
10.000		PALEOLITICO SUPERIORE (I)	Civiltà di Sesto (11200-11000) Civiltà di Fregene (11200-11000)
15.000	PREISTORIA	PALEOLITICO MEDIO	Civiltà di Sesto (11200-11000) Civiltà di Fregene (11200-11000)
20.000		PALEOLITICO INFERIORE	Civiltà di Sesto (11200-11000) Civiltà di Fregene (11200-11000)

Da: AA. VV. Prov. RE, 1989



## 5 MODELLAZIONE SISMICA

### 5.1 Caratteri Tettonici e Sismici del Territorio

Il sottosuolo del territorio tra Carpi – Sorbara – Crevalcore – Nonantola – Modena – Rubiera – San Martino in Rio, appartiene all'area pianiziale della Provincia di Modena, rappresentata nel settore in oggetto della fascia della media pianura a settentrione dell'Autostrada del Sole e dell'alta pianura a sud dalla stessa. Tale zona, nella parte settentrionale è contraddistinta in profondità dalla sinclinale: Soliera – Nonantola – S.Giovanni in Persiceto – Argelato – Sabbiuino che in direzione meridionale, mediante linee di sovrascorrimento, si raccorda alle Pieghe Romagnole e successivamente a meridione della via Emilia alle Pieghe Emiliane. In direzione settentrionale ed occidentale, sempre mediante sovrascorrimenti, a nord dell'allineamento S. Martino in Rio – Migliarina – Cavezzo – Camposanto – Cento, la sopradetta sinclinale si raccorda all'alto strutturale delle Pieghe Ferraresi.

Le Pieghe Romagnole, che contraddistinguono la parte centro meridionale del territorio di Campogalliano sono caratterizzate dalle Dorsali San Pancrazio – Bagazzano – Riolo e di Vaciglio di Castelfranco E. – Ponte Samoggia e più ad ovest dalla Dorsale di Albareto - Bagazzano, rappresentati il proseguimento settentrionale dei motivi tettonici appenninici affioranti a sud di Reggio Emilia - Spilamberto – Bologna. In direzione nord il substrato si approfondisce rapidamente nella Sinclinale di Soliera – Nonantola – Argelato – Sabbiuino, per poi innalzarsi gradualmente sino ai sovrascorrimenti che delimitano l'ala meridionale dell'arco delle Pieghe Ferraresi nella fascia S.Pietro in Casale – Cento – S.Felice sul Panaro – S. Antonio in Mercadello – Fossoli – S. Martino in Rio.

L'assetto della Sinclinale Soliera – Argelato, nel settore tra Nonantola – Soliera – Sorbara, presenta una conformazione regolare con asse orientato ovest nord ovest – est sud est con blanda immersione in verso est sud est. Detta struttura, nella fascia tra Ganaceto - Nonantola – S. Agata B.se e S. Giovanni in P.to, denota la presenza di due linee di sovrascorrimento ad andamento circa sub parallelo orientate ovest est.

La più settentrionale di dette linee, tra S. Agata B.se e S. Giovanni in P.to flette in direttrice sud in direzione di S.Giacomo di Martignone dove è interessata da uno sovrascorrimento esteso in senso ovest nord ovest – est sud est.

Analoga condizione si riscontra nelle zone occidentali dove, ad ovest di Ganaceto, i sopraccitati sovrascorrimenti flettono a sud ovest verso Campogalliano – Rubiera.

Le struttura delle Pieghe Romagnole che caratterizza il sottosuolo centro meridionale di Campogalliano, è delimitata a settentrione da due sovrascorrimenti a componente arcuata estesi dapprima in direzione sud ovest – nord est da Rubiera a Campogalliano a Ganaceto e successivamente ovest est da quest'ultimo ad Albareto – Nonantola, assumono poi orientamento ovest nord ovest – est sud est da Nonantola a S. Giovanni in Persiceto – Corticella. Sono altresì presenti altri sovrascorrimenti con analoghe direzioni a meridione della via Emilia tra Rubiera – Castelfranco Emilia e Casalgrande – Bazzano. Dette linee

tettoniche avrebbero subito movimenti anche in tempi recenti, Pliocene – Pleistocene inf. ( $5 \div 0,89 \text{ Ma}^1$ ), come suggeriscono le flessioni in verso occidentale del F. Secchia, T. Samoggia e F. Reno circa in corrispondenza della via Emilia, che non appaiono giustificabili solamente con diversi equilibri di sedimentazione.

Analoga indicazione è correlabile alla progressiva migrazione verso nord nel Po avvenuta negli ultimi 3000 anni (Viggiani 1974) che asseconda l'arco delle Pieghe Ferraresi.

In tale contesto si collocano inoltre, in base agli studi sui fenomeni di spostamento recenti verificatisi nella pianura Modenese - Bolognese (C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica; 1987), le interruzioni a pulsazioni con fenomeni di rallentamento (sollevamento?) del generale trend subsidente nelle fasce a settentrione di Modena – Bologna e ad est – nord est di quest'ultima. Le principali faglie neotettoniche comunque non risulta interessino l'area tra Soliera – Campogalliano – Nonantola – Ravarino – Sorbara , con ripercussioni superficiali palesi.

L'assetto geologico delle formazioni sottostanti l'unità dei depositi alluvionali – marino marginali, nelle aree a sud di S. Martino in Rio - Soliera – Crevalcore – S. Giovanni in Persiceto ed a settentrione degli stessi, sono costituite dal succedersi di scaglie tettoniche embricate con assi ad orientamento appenninico, vergenti verso nord, separate da faglie inverse che ne determinano l'impilamento in direzione settentrionale.

Nell'insieme tale sistema genera un assetto nel quale le faglie listriche che separano le successioni o unità litostratigrafiche immergono in direttrice meridionale.

L'assetto geostrutturale della base del Pliocene nel sottosuolo del territorio di Campogalliano evidenzia che la parte settentrionale dello stesso è ubicata in corrispondenza della zona occidentale della sinclinale di Soliera – Crevalcore - Argelato al passaggio, mediante faglie inverse, alle Pieghe Emiliane; la parte meridionale dell'area comunale appartiene al settore occidentale delle Pieghe Romagnole.

Queste ultime nel sottosuolo del comune in narrativa sono delimitate da due linee di sovrascorrimento orientate sud ovest – nord est che si estendono secondo gli allineamenti Marmirolo – Fontana – Soliera e Marzaglia – Casino Bianchi – Ganaceto, transitando nei settori ad occidente e settentrione del capoluogo.

Detti sovrascorrimenti di età Miocene – Pliocene risultano successivamente riattivati.

L'assetto strutturale sopra descritto ha generato condizioni che hanno consentito l'accumularsi di una spessa coltre sedimentaria alluvionale che, nel sottosuolo di Campogalliano – Soliera - Modena giunge a  $-250 \div -360/400 \text{ m}$  dal piano campagna per le sequenze del Gruppo Acquifero A ( $0,40 \text{ Ma}$ ), questo è seguito sino a  $-350 \div 450/-500 \text{ m pc}$  dal Gruppo Acquifero B ( $0,40 \div 0,65 \text{ Ma}$ ); dalla sopraddetta profondità a  $-700 \div -750 \text{ m pc}$  si rinviene la parte sommitale del Gruppo Acquifero C (AEI:  $0,65 \div 0,9 \text{ Ma}$ ).

---

<sup>1</sup> Ma: Milioni di anni

## 5.2 Attività Tettonica

L'interazione tra le strutture che costituiscono le Pieghe Romagnole, alla quale è conseguito il sollevamento delle sopraccitate dorsali, evidenzia l'attività in età Pliocene – Pleistocene inf., delle linee di sovrascorrimento Rubiera / Marzaglia -Ganaceto - Nonantola – Corticella ed analogamente anche per la linea Rubiera – Modena – Castelfranco Emilia ed a sud dell'Autosole degli sovrascorrimenti Gavasseto – Baggiovara – Vaciglio e di Arceto – Casinalbo – S. Cesaro sul Panaro – Piumazzo. (*Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, M, Boccaletti – L. Martelli; 2004*).

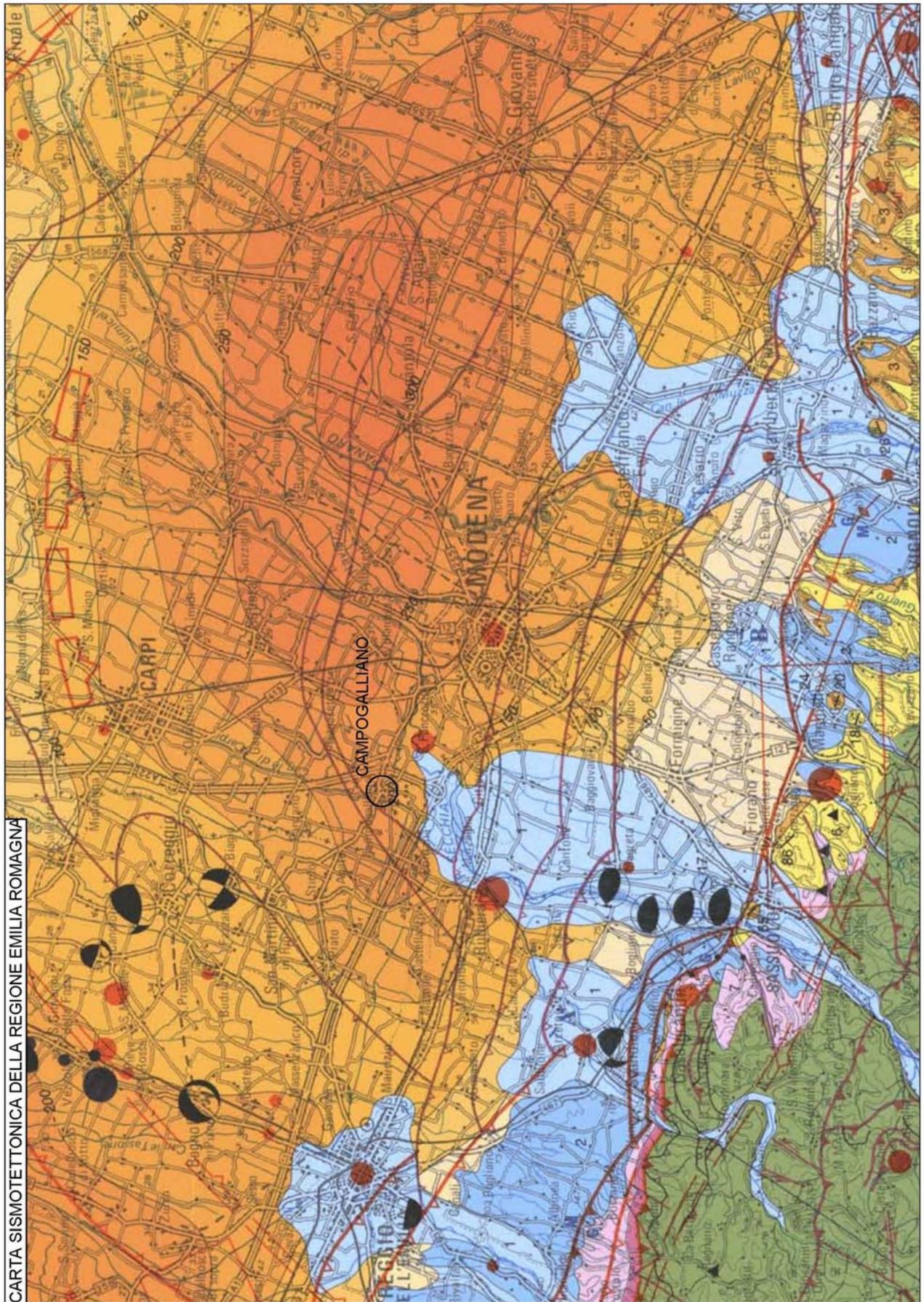
A meridione di questi ultimi è presente il sovrascorrimento attivo di Scandiano - Sassuolo – Spilamberto e quello di Bazzano – Bologna – S.Lazzaro, che delimitano il passaggio tra le Pieghe Pedappenniniche e quelle Romagnole.

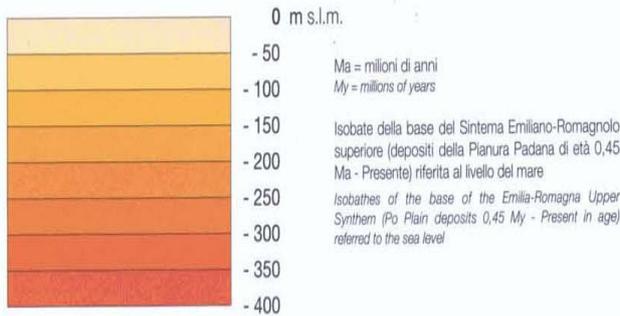
Nella zona 15 ÷ 20 km a nord ovest e 20 ÷ 24 km a settentrione, di Campogalliano – Soliera - Nonantola, le linee attive sono rappresentate dal Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica Meso – Cenozoica e dal sovrascorrimento che delimita l'ala settentrionale della Dorsale Ferrarese, entrambi orientati ovest nord ovest – est sud est, circa da Bagnolo in Piano - Fabbrico – Novi di Modena e successivamente ovest est ed ovest nord ovest – est sud est da Mirandola a Poggio Renatico.

A sud della sopra citata linea, 12 Km a settentrione di Campogalliano - Albareto, è individuata la presenza del Fronte di Accavallamento del Basamento.

Nel territorio in analisi la sismicità è principalmente correlata all'attività dei processi deformativi che interessano le strutture superficiali nei primi 15 Km del sottosuolo, prevalentemente collegate a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, in percentuale relativa inferiore sono connessi alle deformazioni compressive delle strutture medio profonde (15 ÷ 25 Km) e profonde (25 ÷ >35 Km).

Alle fasi compressive che hanno generato le sopra descritte strutture è correlata l'attività sismogenetica, prevalentemente di tipo superficiale: < 15 ÷ 20 km dal piano campagna, che principalmente interessa il territorio in oggetto come evidenziano gli epicentri sismici con M = 6 di Finale Emilia, M > 5,5 di Maranello, Rubiera, con M = 5 ÷ 5,5 di Modena, S.Pancrazio.





**1** Depositi di conoide e alluvionali intramontani (Pleistocene medio-Olocene, 0,8 Ma - Presente)  
*Alluvial fan and intramountain alluvial deposits (Middle Pleistocene-Holocene, 0,8 My - Present)*

**2** Depositi alluvionali terrazzati della Pianura Padana (Pleistocene medio e superiore, 0,8 - 0,01 Ma)  
*Po Plain terraced alluvial deposits (Middle and Late Pleistocene, 0,8 - 0,01 My)*

**3** Sabbie di Imola (Pleistocene medio, 0,8 - 0,65 Ma)  
*Imola Sands (Middle Pleistocene, 0,8 - 0,65 My)*

**4** Sabbie gialle (Pleistocene inferiore, 1 - 0,8 Ma)  
*Yellow sands (Early Pleistocene, 1 - 0,8 My)*

**6** Depositi marini post fase Pliocene inferiore (zona a G. Punctulata) (Pliocene inferiore-Pleistocene inferiore, 4,5 - 1 Ma)  
*Post Early Pliocene ( G. Punctulata zone) tectonic phase marine deposits (Early Pliocene -Early Pleistocene, 4,5 - 1 My)*

**7** Depositi lagunari e marini compresi tra le fasi tettoniche del Messiniano superiore e del Pliocene inferiore (zona a G. Punctulata) (6,3 - 4,5 Ma)  
*Late Messinian-Early Pliocene (G. Punctulata zone) lagoonal and marine deposits (6,3 - 4,5 My)*

**10** Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)  
*Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)*

**Strutture sepolte Buried structures**

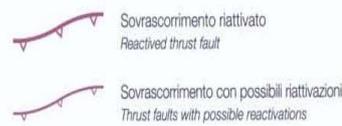
Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo

*Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsol geological data*



Fronti dei principali sovrascorrimenti di età Pliocene-Pleistocene inferiore (4,5 - 1 Ma) (da Structural Model of Italy, 1:500,000)

*Fronts of the main Pliocene-Early Pleistocene thrust faults (4,5 - 1 My) (from Structural Model of Italy, 1:500,000)*



**Epicentri dei terremoti Earthquake epicenters**

strumentali  
*instrumentals*



macrosmici  
*macroseismics*



**Meccanismi focali Earthquake focal solutions**



**Strutture affioranti Outcropping structures**

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)  
*Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data*



Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)  
*Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)*



## 6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'analisi geomorfologia del territorio di Campogalliano è stata sviluppata mediante esame delle caratteristiche topografiche del microrilievo, fotogeolitologiche, del reticolo idrografico superficiale, degli interventi antropici, delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM relative al primo impianto 1881 e delle notizie e pubblicazioni storico – geomorfologiche, modello digitale del terreno e banca dati geologica, resi disponibili in forma digitale dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione Emilia Romagna, banca dati e cartografie in forma digitale resi disponibili dal Servizio Urbanistica e S.I.T. della Provincia di Modena, Studio Geologico Ambientale del QC. PSC 2006 di Campogalliano - Arkigeo.

L'analisi fotogeologica è stata eseguita in base ai fotogrammi PROV. MO/C, in scala approssimata 1:24.000, voli Aprile 1989, fotogrammi IGM/BN in scala 1:35.000 voli 1955, sulla fotosatellite LANSAT in scala 1:200.000 e riprese in rete su Google Heart.

### 6.1 Caratteri Geomorfologici (Carta Litomorfologica)

Il territorio in oggetto, circa compreso tra la Via Emilia e l'allineamento Correggio – Carpi – Soliera è stato costituito principalmente dalle evoluzioni idrografiche F. Secchia, condizionate da quelle del F.Po e dei suoi affluenti, che hanno colmato il golfo padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord.

L'area a cui appartiene Campogalliano presenta caratteristiche differenziate tra il settore meridionale ed orientale meridionale e quello settentrionale.

I primi, contraddistinti da quote mediamente comprese tra 40 e 45 mslm e con pendenze generalmente variabili tra 3 ÷ 4/5‰, sono rappresentati dall'unità della conoide del F. Secchia, costituita da alternanze di strati ghiaioso sabbiosi ai quali si alternano sequenze prevalentemente limoso argillose con spessori variabili tra 5/10 e 20/30 m che nell'insieme esprimono una tendenziale prevalenza ( $\geq 55\%$ ) delle litozone ghiaioso sabbiose.

Detta unità generata dalle azioni di deposizione ed erosione fluviale, nella parte meridionale del territorio denota un elevato grado di influenza sulle forme del paesaggio esercitato dall'azione antropica esplicitasi mediante escavazioni.

A queste ultime sono conseguite estese aree a morfologia depressa nelle quali affiora la falda idrica sotterranea che sono state recuperate ad ambienti umidi con destinazione ricreativa e naturalistica: Laghi Curiel. Nella parte di territorio a sud ovest di Campogalliano le aree di escavazione pregressa, mediante la messa in opera di rilevati arginali impermeabili, sono state ripristinate a cassa di laminazione delle piene del sistema delle Casse di Espansione del F. Secchia.

Dette attività dell'uomo hanno determinato una radicale modificazione delle morfologie naturali che attualmente risultano preservate nel settore ad oriente della strada della Madonna e nelle fasce del letto di inondazione del F. Secchia dove le azioni di modellazione fluviale sono limitate alle zone comprese tra gli argini maestri del fiume.

Nel settore di territorio adiacente al tracciato dell'Autosole è preservata una significativa morfologia naturale rappresentata da un'antica scarpata di erosione fluviale con altezze mediamente comprese tra 2 e 4/5 m, denominata Rivone, che si estende in direzione ovest circa da Cà Romani a Possessione Riva – Albone Vecchio – A1 – Bosco – Via Magnagallo – Casa della Barchetta. Tale scarpata tende ad assecondare il limite della parte della conoide alluvionale di deposizione più recente.

A settentrione dell'Autosole le forme del paesaggio sono correlabili alla fascia di terminazione frontale delle conoidi alluvionali. Nelle zone più a nord, ad eccezione del capoluogo intensamente urbanizzato e delle fasce sede dell'Autosole ed Autostrada del Brennero, gli assetti del territorio hanno preservato sostanzialmente aspetti naturali.

Questi ultimi a nord dell'area urbana denotano morfologie appartenenti alla media pianura: In tale ambito i percorsi fluviali, ad assetto pensile, svolgono prevalentemente un'azione sedimentante per colmare le aree più depresse. Ne consegue che, in occasione delle variazioni climatiche comportanti fenomeni di piena fluviale, si generano, in condizioni naturali, rotte e/o tracimazioni che causano la mutazione nelle direzioni degli alvei. I tratti residui di canale fluviale così originatisi costituiscono dossi rilevati rispetto ai terreni circostanti, che ha luoghi generano ostacoli alle successive impostazioni del reticolo idrografico.

Assetti morfologici correlabili a simili condizioni di ritardo dei colmamenti e soggetti a tassi di subsidenza relativa maggiore, si osservano nel settore orientale settentrionale dove si riscontrano zone meno rilevate rispetto alle aree circostanti delimitate ad ovest ed a sud est da due dossi correlabili ad antichi percorsi di canale fluviale estinti.

Nell'area sopra descritta e nel settore di territorio a nord ovest del capoluogo le successioni litologiche dei primi 15 ÷ 20 m dal piano campagna sono prevalentemente costituite da alternanze di strati argilloso limosi e limosi con intercalati subordinati strati lentiformi sabbioso limosi e torbosi con spessore di 0,4 ÷ 1 ÷ 1,5 m, che formano aree di piana esondabile di infralveo, tali sequenze caratterizzano generalmente la maggior parte del territorio comunale.

Nel settore a meridione del capoluogo circa tra il Canale di Carpi - via Carandini e l'Autostrada del Brennero e ad oriente di quest'ultima tra via Magnagallo – Stradello Rondine e C. Gambarati – C. Cavedani – ovest di C. Notari, si rilevano sequenze prevalentemente argillose – argilloso limose con subordinate intercalazioni limoso argillose che denunciano la presenza di una zona nella quale si sono avuti ritardi nel colmamento.

Sono altresì presenti successioni litologiche prevalentemente limose – limoso sabbiose alle quali si intercalano orizzonti sabbioso limosi e sabbiosi, ad assetto spiccatamente lenticolare, nei primi 4 ÷ 6 ÷ 8 m del sottosuolo, in corrispondenza delle zone di dosso correlate ad antichi percorsi fluviali estinti ed attuali.

Il più significativo di questi ultimi è rappresentato dal dosso che si estende in direzione sud nord assecondando la strada Dell'Albone circa da Albone Vecchio al capoluogo dove si congiunge, al bordo occidentale, con un tratto di analoga struttura allungata circa secondo la strada Confine Modenese.

In corrispondenza del capoluogo il dosso prima descritto assume direzione sud nord ed estendendosi assecondando l'andamento del Canale di Carpi, giunge al confine comunale settentrionale.

Un analoga struttura morfologica, di rango relativo inferiore, si osserva circa in corrispondenza del tracciato dell'Autostrada del Brennero da Bosco a C.Dallari dove flette in verso nord est dirigendosi a Saliceto di Buzzalino e perde identità a nord est di detta frazione.

Altri dossi fluviali estinti debolmente pronunciati rispetto al piano campagna, allungati in senso sud nord, si riscontrano nel settore occidentale del territorio comunale circa tra C.Bastiglia e C.Campazzo e più ad ovest tra C.Quattrina ed il Cantone.

Nella zona nord orientale del territorio comunale in corrispondenza del Cavo Lama, circa dalla sua intersezione con l'Autobrennero al confine comunale orientale, è presente un paleoalveo minore.

I tratti residuali di antichi percorsi fluviali estinti presenti nell'area in esame sono attribuibili al Fiume Secchia che, come territorialmente riscontrato in gran parte della Pianura Padana (*Viggiani 1994*), sono stati coinvolti da una importante fase di deterioramento climatico, con notevoli incrementi della piovosità tra il IV° e VI° secolo d.C., ai quali sono conseguiti disalveamenti ed alluvionamenti e quindi rilevanti modifiche del preesistente reticolo idrografico.

Gli agenti descritti unitamente alle azioni antropiche di regimazione idraulica del territorio, hanno formato una topografia blandamente ondulata in senso ovest – est con quote medie del piano campagna naturale comprese tra 40 e 45 m slm nelle zone meridionali, tra 40 e 32 m slm nelle zone settentrionali.

## 7 IDROGEOLOGIA

### 7.1 Idrografia di superficie

La rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia centrale*, appartenente al bacino idrografico del F.Secchia che a sua volta fa parte di quello del Po.

Il reticolo idrografico consegue, oltre che alla naturale evoluzione del Fiume Secchia, da una serie di successive modificazioni antropiche del sistema scolante iniziate dagli Etruschi e continuate, con fasi alterne, dai Romani, dai Benedettini e successivamente dagli Enti e Consorzi di Bonifica.

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti orientati prevalentemente in senso sud ovest - nord est, con presenza di importanti assi di irrigazione disposti in direttrice ovest nord ovest – est sud est.

I deflussi idrici delle acque di superficie, per la parte che non si infiltra nel sottosuolo, avvengono tramite un sistema di scoli e fossi minori che nel settore orientale e meridionale offeriscono al Cavo Lametta di Campogalliano, Dugarolo Grande, Fosso Via Reggio, Scolo Alzata, tributari del Cavo Lama; nel settore occidentale i collettori sono rappresentati da Fossetta di Panzano, Fossetta Nuova affluente del Cavo Fossa Nuova tributario del Diversivo Cavata affluente del Cavo Lama; quest'ultimo convoglia le acque del Cavo Parmigiana Moglia che riversa il proprio carico idrico al Secchia mediante l'Impianto Idroforo delle Mondine.

Il principale canale di uso irrigo è rappresentato dal Canale Carpi che si estende in senso nord nella fascia mediana del territorio comunale svolgendo, in rapporto delle quote del terreno, funzione di spartiacque idrografico.

Gli altri canali di principale importanza sono il Canale di Calvetro, Canale di Bastiglia, Canale Carpi Vecchio e Bella Rosa, che servono la parte centrale meridionale del territorio comunale; la parte settentrionale è servita dal Canale di Ganaceto, Canale Bertacca, Diramazione Nord, Diramazione Ovest, Canale Bastiglia.

Relativamente agli assi della rete idrica, si riscontra che il Canale di Carpi ed il Cavo Lama in parte insistono su tratti di antichi percorsi fluviali naturali.

In tali casi è opportuno un attento controllo sulla qualità delle acque immesse in detti tratti della rete idrica superficiale poiché l'interscambio di fluidi con la falda freatica in dette fasce del territorio è particolarmente attivo.

Dal punto di vista del funzionamento della rete idrica superficiale si riscontra una moderata efficienza per le esigenze odierne.

In relazione a quanto esposto risulta consigliabile porre particolare attenzione alle previsioni progettuali delle aree di nuovo insediamento residenziale e produttivo per quanto riguarda gli scarichi in acque di superficie.

Pertanto, oltre ad un attento dimensionamento degli assi fognari, rapportati alla topografia dei luoghi, è opportuno valutare anche la realizzazione di vasche di laminazione delle acque di prima pioggia corredate di comparti separati per la raccolta delle acque di testa delle piogge.

## **7.2 Rischio Idraulico**

La carta della pericolosità e della criticità idraulica, tav. 2.3.2, PTCP MO, evidenzia la presenza di aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art. 11) nel settore di territorio a sud dell'A1 e nella zona ad est dell'Autobrennero ed a sud di via Ponte Alto, sino ai confini comunali meridionale e sud orientale.

In quest'ultima zona, est Autobrennero – sud via Ponte Alto, nella fascia settentrionale adiacente al F. Secchia è individuata un'area ad elevata pericolosità idraulica (Art. 11). Ne consegue che gli interventi in dette zone devono essere effettuati nel rispetto dell'Art. 11 del PTCP. MO.

## **7.3 Ambiente Idrico Sotterraneo**

L'analisi sulle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, in funzione delle condizioni di pericolosità che possono insorgere per sovrappressioni indotte sulla falda idrica sotterranea per sollecitazione sismica, che possono indurre processi di liquefazione, è stata rivolta alla falda freatica.

Per definire l'assetto di quest'ultima e le sue peculiarità si è effettuato un rilevamento diretto nei pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni.

La conoscenza sull'assetto della falda freatica, oltre a quanto sopra descritto, fornisce sostanziali informazioni per le previsioni urbanistiche relativamente alle opere e/o corpi di fabbrica che si approfondiscono nel sottosuolo e quindi di prevederne l'opportunità o meno e gli eventuali accorgimenti e tecniche da adottare.

## **7.4 Definizione del sistema idrogeologico**

Il territorio di Campogalliano appartiene al Sistema Acquifero Padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord e terminante ad est circa 50 km al largo della Costa Adriatica.

Detto ambito è formato da depositi clastici del Quaternario Continentale e del Quaternario Marino assemblati in alternanze di livelli più o meno permeabili con rapporti stratigrafici sensibilmente complessi.

Le formazioni superficiali che costituiscono gli orizzonti idrogeologici del sottosuolo della zona in oggetto sono rappresentate prevalentemente da sedimenti grossolani e fini (ghiaie e sabbie) depositi dal F. Secchia, dai fiumi appenninici e dal Po.

La base dell'acquifero, utilizzabile a scopo idropotabile è formata da orizzonti poco permeabili o impermeabili, saturati da acque salmastre e/o salate che, in corrispondenza della Dorsale Ferrarese tendono a risalire in modo più o meno rapido, passando da -400 ÷ -500 m dal piano campagna, nel territorio di Campogalliano – Bastiglia - Soliera, a -26 ÷ -50 m p.c. nell'area di Novi di Modena.

### **7.5 Interfaccia Acque Dolci - Acque Salate**

Per quanto riguarda la base delle acque dolci, in relazione ai dati *AGIP*, *SPI*, *IDROSER*, *RER*, dello studio Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna, si localizza nel sottosuolo dell'area in oggetto a profondità mediamente comprese tra -450 e -550 metri dal piano campagna.

### **7.6 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale**

La successione idrogeologica presente nel sottosuolo di Campogalliano (MO) ed in zone limitrofe, è stata desunta dalle analisi di sezioni geofisiche eseguite da *AGIP*, dai dati contenuti in Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna (*R.E.R. – ENI – AGIP*), dai dati del Servizio Urbanistica e S.I.T. della Provincia di Modena.

I caratteri litotecnici e l'assetto degli orizzonti acquiferi evidenziano che il sottosuolo del territorio di Campogalliano è suddivisibile in due settori a caratteristiche nettamente diverse. La parte meridionale e centrale dell'area comunale è correlabile all'Unità Idrogeologica della Conoide del Secchia: zone a sud del Cavo Lama – via Cristina; per il territorio settentrionale, aree a nord del sopra citato allineamento, le caratteristiche sono attribuibili all'unità Idrogeologica della Media Pianura.

#### **7.6.1 Serie Idrogeologica Locale**

In riferimento alle sopra descritte indagini ed in particolare ai dati acquisiti da *RER* ed *AGIP*, la successione sedimentaria dei primi 250 ÷ 300 m del sottosuolo (età Pleistocene inferiore – Olocene) è localmente suddivisibile in quattro complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono sedimentati, evidenziano variabili livelli di influenza dei processi deformativi e variazioni climatiche che hanno coinvolto il bacino padano. Detti eventi hanno generato complessi delimitati alla base ed alla sommità da discontinuità significative, anche alla scala sub-regionale, che ne consentono la suddivisione in *UBSU* (*Unconformity Bounded Stratigraphic Unit*) e quindi in unità stratigrafiche. Queste ultime sono quindi unità cartografabili, che differiscono da quelle sottostanti e soprastanti semplicemente per il fatto di essere separate da esse da superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità.

La successione e gli assetti geometrici dei complessi acquiferi sono visualizzate nello elaborato: Sezioni Geologiche.

Complesso Acquifero A0 (Unità geologica AES8): è correlabile a deposizioni prevalentemente di ambito continentale di età olocenica (12.000 – 14.000 anni b.p. fino all'attuale.) non evidenzia generalmente pronunciate influenze dei processi deformativi che hanno interessato il bacino padano ma altresì si riscontrano effetti correlabili a variazioni climatiche. Lo spessore dell'unità in oggetto oscilla mediamente tra 15/20 ÷ 25 m e raggiunge gli spessori relativi inferiori nelle zone meridionali, 15 ÷ 20 m, e tendenzialmente maggiori nelle zone settentrionali – nord orientali, dove si rinviene generalmente sino a -25 m dal piano campagna.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica hanno geometria spiccatamente lentiforme e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con elevati arricchimenti nelle componenti sabbiose – sabbioso ghiaiose nelle zone a meridione del Canale della Bastiglia e pronunciati incrementi nelle percentuali rappresentate dalle frazioni limose limoso argillose nelle aree a settentrione del capoluogo. Dette componenti fini costituiscono fasce che limitano sensibilmente le velocità della circolazione idrica sotterranea orizzontale.

I livelli sabbiosi saturi in acqua che presentano un maggior grado di continuità laterale nelle zone centrali e meridionali si riscontrano tra -4 ÷ -5 e -8 ÷ -10 m pc; nelle parti centro settentrionali del territorio si rinvencono in prevalenza tra -5 ÷ -10 m e tra -10 ÷ -15 m pc.

Complesso Acquifero A1 (Unità geologica AES7a-b): è correlabile a deposizioni avvenute tra 12-14.000 e 125.000 anni b.p. denota l'assenza di influenza di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano e presenza di modificazioni molto blande alla base, nelle zone a sud dell'A1 ed in direzione ovest in territorio di S.Martino in Rio, connesse a subsidenza differenziata per diminuzione degli spessori relativi dei depositi post pliocenici.

Tale unità presenta spessori generalmente compresi tra 60 e 70 m, con potenze relative minori nella zona meridionale corrispondenti in media a 60 m. Gli spessori più rilevanti si riscontrano nelle fasce nord orientali e si rinviene generalmente sino a -80 ÷ -90 m dal piano campagna.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale in tale unità si riscontrano a profondità tra -20/-25 e -40 ÷ -50 m p.c., nelle zone a sud del capoluogo e nello stesso; a settentrione di quest'ultimo sono generalmente rinvenibili tra -30 ÷ -40 e -50 ÷ -60 m pc sino a via Rangoni – via Lama – Strada Giglio e si assottigliano drasticamente a settentrione di dette strade attestandosi -45 ÷ -50 m pc, evidenziando una netta discontinuità testimoniante il termine della conoide del F.Secchia. Nella zona meridionale del comune è presente un ulteriore livello tra -60 ÷ -70 e -80 ÷ -90 m pc. Gli spessori dell'insieme che forma gli orizzonti acquiferi sono mediamente equivalenti a 20 ÷ 35 m.

Complesso Acquifero A2 (unità geologica AES6):

è correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/210.000 anni b.p. localmente denota in pratica l'assenza di influenza di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano ed evidenzia moderate deformazioni alla base dell'unità nelle zone meridionali ed occidentali (S. Martino in Rio) per subsidenza differenziata correlata ai minori spessori dei depositi post pliocenici. Tale insieme presenta potenze generalmente comprese tra 50 e 55 m con spessori relativi maggiori delle sequenze ghiaioso sabbiose nella zona meridionale; si rinviene generalmente sino a 140 ÷ 145 m dal piano campagna.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale in tale unità, si riscontrano a profondità tra -100 ÷ -110 e -125 ÷ -135 m pc e tendono ad essere meno profondi nelle zone meridionali dove si rinvengono tra -90 e -100 ÷ -120 m pc e si assottigliano in direzione nord. Gli spessori di tali orizzonti sono mediamente equivalenti 30 m nelle zone meridionali e centrali e corrispondono a 10 ÷ 20 m nelle aree settentrionali.

Complesso Acquifero A3 (unità geologica AES5):

è correlabile a deposizioni avvenute 200/210.000 e 300/310.000 anni b.p. denota una blanda influenza di deformazioni correlabili a processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano ed una relativa più evidente, seppur modesta, deformazione alla base nelle zone a meridione ed in quelle ad occidente (S.Martino in Rio) connessa a subsidenza differenziata per minori spessori relativi dei depositi post pliocenici. Tale insieme presenta spessori generalmente compresi tra 45 e 55 m con potenze relative minori nella zona meridionale corrispondenti in media a 45 m; si rinviene generalmente sino a 190 ÷ 200 m da piano campagna.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale si riscontrano a profondità tra -160 ÷ 165 e -180 ÷ -185 m pc, nella zona meridionale e centrale; nelle aree settentrionali si assottiglia a 4 ÷ 5 m e si rinviene tra -155 ÷ 165 m pc; un ulteriore livello è individuato tra -145 e -155 m pc. Gli spessori di tali orizzonti sono mediamente equivalenti a 20 ÷ 25 m nelle zone del capoluogo ed a meridione dello stesso; a settentrione di via Rangoni – Via Lama, dove si presentano in discontinuità, gli spessori corrispondono mediamente a 5 m

Complesso Acquifero A4 (AES4) parte basale del Sintema Alluvionale Superiore:

localmente evidenzia una trascurabile influenza di deformazioni correlate ai movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano tra 250.000 e 400.000 ÷ 450.000 anni b.p.; gli effetti sono connessi a variazioni eustatiche e climatiche, le modeste deformazioni alla base dell'unità nelle zone a meridione e ad occidente (S.Martino in Rio) conseguono a subsidenza differenziata correlata ai minori spessori relativi dei depositi post pliocenici. Tale insieme presenta spessori generalmente compresi tra 35/40 m e 45/50 m con potenze che incrementano in direzione settentrionale e nord orientale; si riscontra tra le profondità di -190 ÷ -200 m e -230 ÷ -240 m p.c..

Gli insiemi che formano gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale sono presenti prevalentemente al tetto dell'unità tra -240 e -245 m pc e hanno spessore di 3 ÷

5 m e si presentano discontinui in direzione sud ed ovest; nelle zone ad oriente di Campogalliano evidenziano maggiore continuità e si riscontra un ulteriore orizzonte sabbioso ghiaioso tra -270 e -280 m pc.

#### Gruppo Acquifero B (Sistema Alluvionale Inferiore - AEI):

Non evidenzia sia alla base che al tetto significative influenze dei movimenti tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400.000 a 650.000 anni b.p.; la distinzione rispetto all'unità superiore è correlata essenzialmente a caratteristiche di ambiente deposizionale.

Nel territorio di Campogalliano non è stato individuato nei primi 300 m del sottosuolo. Nelle zone a meridione si rinviene a profondità di -300 m p.c. e nelle aree ad oriente (Castelfranco Emilia – Nonantola) si riscontra a -380 ÷ -400 m pc; gli spessori territoriali equivalgono mediamente a 180 ÷ 200 m.

Gli orizzonti permeabili più significativi sono presenti al tetto dell'unità dove costituiscono il livello di transizione, con spessore di 2 ÷ 5 ÷ 10 m, alla soprastante unità (AES); sono stati individuati anche altri livelli discontinui, con spessori di 5-10 metri a profondità variabili tra -350 e -420 m p.c..

#### **7.6.2 Conducibilità idraulica acquiferi**

In base ai valori di trasmissività e permeabilità medi territoriali, pubblicati da RER, in areali appartenenti alla fascia frontale e mediana della conoide del F.Secchia, sono attribuibili alle unità ghiaioso sabbiose presenti nel sottosuolo di Campogalliano, valori equivalenti a:

$$- T = 4 \div 6 \cdot 10^{-2} \text{ mq/sec}$$

$$- K = 2 \div 3 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

Considerando una porosità efficace del 25 % ed un gradiente idraulico  $i = 10^{-3} \div 10^{-4}$  (Arkigeo 2010) si ottiene una velocità di deflusso idrico sotterraneo corrispondente a:

$$V = 0,2 \div 1 \text{ m/g}$$

Ne consegue che per gli acquiferi dell'unità della conoide del Secchia presenti nei primi 150/200 m del sottosuolo, si hanno velocità di ricarica rapidi.

#### **7.7 Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale**

Allo scopo di definire, nelle linee generali, l'assetto dei deflussi idrici delle acque sotterranee del primo acquifero o falda freatica, si è eseguita una campagna di misurazione del livello d'equilibrio nei pozzi accessibili presenti nell'area comunale.

Dette rilevazioni sono state effettuate alla fine del mese di Marzo 2013 ed hanno interessato il territorio del comune di Campogalliano.

La fase temporale delle rilevazioni in rapporto al prolungato ed intenso periodo di piovosità verificatosi da gennaio ad aprile 2013, corrisponde ad una fase di massimo della

ricarica dell'acquifero freatico come hanno evidenziato i livelli di soggiacenza corrispondenti a  $-0,5 \div -1$  m dal piano campagna ad eccezione delle zone del capoluogo e delle aree a sud dell'A1.

I dati relativi ai livelli d'equilibrio dell'acqua nel sottosuolo sono stati elaborati in carte delle isopieze e soggiacenza della falda freatica.

La determinazione delle quote del piano campagna nei punti di misura del livello idrico si è effettuata in base ai punti quotati, riportati sugli elementi C.T.R. Emilia Romagna in scala 1:5.000, integrata da livellazioni dal mezzo mediante autolivello mod. *Kern. GKO 100*.

### **7.7.1 Piezometria dell'acquifero freatico**

La conformazione della superficie piezometrica è condizionata, oltre che dall'andamento del substrato, dai valori di trasmissività ( $T = mq/sec$ ), dall'assetto topografico e dal reticolo idrografico superficiale. Questa tavola, elaborata con algoritmo *Krijng*, evidenzia la geometria dei deflussi idrici sotterranei e fornisce utili parametri per la redazione di altre carte sintesi.

La carta delle isopieze visualizza quindi:

- ◆ Le quote in m s.l.m. delle curve di livello dell'acqua nel sottosuolo
- ◆ Le modalità e direzioni di diffusione dei fluidi nel sottosuolo
- ◆ L'efficacia o la carenza dei sistemi di drenaggio o di irrigazione dal confronto con il reticolo idrografico superficiale

Oltre a ciò l'elaborato in oggetto consente di definire le velocità di deflusso idrico sotterraneo, conoscendo i valori di permeabilità e di porosità efficace dei terreni.

### **7.7.2 Isopieze dell'acquifero**

Dall'esame della carta delle isopieze, elaborata con curve di livello aventi differenze di quota relativa di 0,5 m, si riscontra un assetto idrogeologico di tipo radiale divergente-convergente con forma complessa.

L'assetto isopiezometrico generale identifica nel settore a meridione del capoluogo e zona orientale dello stesso la presenza di una conformazione a falda conica divergente, con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei territorialmente orientate in verso ovest sud ovest est nord est sino al capoluogo e da esso in direzione nord - nord est, concordante con i moti di flusso che si sviluppano per condizioni di alimentazione correlate ad un corpo ghiaioso sabbioso sepolto del F. Secchia.

Detto fiume nel settore di territorio a sud dell'Autostrada del Sole e ad est dell'Autostrada del Brennero sino a via Magnagallo, svolge azione drenante nei confronti dell'acquifero freatico.

Un'analogha conformazione a falda conica divergente è presente nel settore centro settentrionale occidentale e settentrionale centrale; tale assetto corrisponde circa alla fascia di

antico percorso fluviale estesa subparallelamente all'andamento del Canale di Carpi che svolge funzione alimentante nei confronti della falda freatica.

Nella zona all'estremità nord orientale del territorio comunale, a nord di via Vecchia e ad ovest del Cavo Lama, l'acquifero freatico denota un assetto a falda conica convergente con direttrici dei moti di deflusso idrico sotterraneo orientate a nord. In tale settore il Cavo Lama indica una funzione alimentante nei confronti della falda freatica.

### 7.7.3 Soggiacenza

La profondità del livello d'equilibrio dell'acqua nel sottosuolo è mediamente compresa tra:

$$h = -0,5 \div -1,0 \text{ m}$$

in tutta la parte del territorio comunale ad est dell'Autostrada del Brennero ed a nord di via Magnagallo. Analoga condizione si riscontra anche ad ovest della suddetta Autostrada dal confine nord a Strada Bastiglia e ad ovest di via Fornace – via Dell'Albone.

Nell'area a cui appartiene il capoluogo, circa tra via della Croce – Autobrennero – via Tonelli – C.Bastiglia – Casino Bianchi, intersezione via Zucchini – via Dell'Albone, la profondità dell'acqua nel sottosuolo si attesta mediamente tra -1/-1,5 e -2/-2,5 m dal piano campagna, con minimi tra -2,5 e -3 m pc nelle fasce latitanti via Canale di Carpi tra l'incrocio via Fontana / Strada della Madonna e via di Vittorio. Sono riscontrabili inoltre soggiacenze di 1,5 - 2 m a sud sud-est dell' Autosole / svincolo A1-A22.

I valori di soggiacenza media nel territorio riscontrati nel marzo – aprile 2013, evidenziano un escursione positiva della falda freatica, rispetto al 2006 corrispondente a:

$$dH_2O = 0,5 \div 1 \text{ m}$$

rispetto a periodi precedenti al 2000 l'escursione positiva equivale a:

$$dh = 1,5 \div 2 \text{ m.}$$

Ne consegue che nelle valutazioni di suscettività alla liquefazione sono da considerarsi, anche in periodi futuri, valori di profondità dell'acqua rispetto al piano campagna corrispondenti a

$$dH = -0,5 \div -1 \text{ m}$$

ad eccezione delle zone a cui appartiene il capoluogo sopra descritte, nelle quali i valori di soggiacenza saranno da definire ai momenti delle indagini e comunque non dovranno essere considerati sottostanti -2 ÷ -2,5 m pc.

## **8 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA**

Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio Vs, delle unità litotecniche che costituiscono i primi 40 ÷ 60/70 m del sottosuolo, sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione con metodo integrato attivo/passivo Multichannel Analysis Surface Waves - Refraction Microtremor (MASW - ReMi), mediante stendimenti ad antenna monodimensionale con lunghezza di 46 - 69 m e verticali puntuali a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR).

Queste ultime sono state sempre eseguite congiuntamente alle prospezioni MASW-Re.Mi.

Dette indagini, che saranno in maggior dettaglio di seguito elencate, sono state distribuite sul territorio sia in funzione delle finalità di caratterizzazione sismica dell'urbanizzato che degli ambiti suscettibili di urbanizzazione che delle principali infrastrutture, oltre a ciò sono state effettuate verticali di acquisizione delle Vs anche in altri siti al fine di individuare i valori di Vs dei terreni presenti nel territorio comunale.

### **8.1 Microtremori con la tecnica HVSR**

Le indagini a stazione singola effettuate in 74 punti del territorio comunale, con acquisizione di microtremori ambientali, sono state eseguite utilizzando un sismometro GEOBOX ad elevata dinamica (24 bits) attrezzato con geofono tridirezionale da 4,5 Hz di frequenza propria.

Le acquisizioni sono state effettuate campionando il segnale a 200 Hz per una durata di circa 30 ÷ 40 minuti.

Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) utilizzando il programma Grilla .

L'elaborazione HVSR dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle allegate schede "Indagine HVSR" in cui la linea nera continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee sottili rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.

### **8.2 Prospezione sismica a rifrazione attiva/passiva MASW/Re.Mi.**

Le prospezioni, effettuate in numero di 36, sono state eseguite con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 3 m per una lunghezza totale di stendimento di 69 m.

Nella procedura del "metodo attivo" le onde superficiali sono generate mediante una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e sono registrate da uno stendimento lineare costituito ricevitori posti a distanza variabile.

Il procedimento del “metodo passivo” presenta caratteristiche geometriche dello stendimento uguali a quelle del sistema attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (microtremore) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche esaminano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di acquisire in modo dettagliato una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo (fino a circa 10-20 m di profondità); il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e consente una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento.

Nell'esecuzione della prova MASW (attiva) è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza di 6 e 10 m dal primo geofono (“Optimum Field Parameters of an MASW Survey”, *Park et al., 2005; Dal Moro, 2008*).

Per l'acquisizione dei microtremori ambientali (Re.Mi) sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare, tramite un opportuno software, una trasformata bidimensionale “*slowness-frequency*” ( $p$ - $f$ ) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico  $p$ - $f$ . Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

In funzione di quanto esposto è possibile effettuare un “*picking*”, attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* ( $p$  o  $1/velocità$  di fase) ed ottenere una “*curva di dispersione*”.

Quest'ultima è visualizzata su un diagramma in cui appare anche la curva di dispersione calcolata a partire da un modello di  $V_s$  che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata è adattata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono visualizzati nelle allegate schede “*indagine MASW-Re.Mi.*”, riportante lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

Tale procedura consente di ottenere uno spettro nella banda di frequenza compresa tra i suddetti valori e permette la ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-80 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento.

L'elaborazione del segnale, consiste nell'analisi dell'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico *p-f*. Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

Il modello di  $V_s$  è modificabile in sede di elaborazione, variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, adottando la curva di dispersione calcolata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono visualizzati nelle allegate schede "*indagine Re.Mi./MASW*", riportanti lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

## **9 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**

### **9.1 Carta delle indagini**

In riferimento all'analisi delle caratteristiche litotecniche territoriali è stata effettuata una raccolta dati, mediante un censimento, delle indagini geognostiche e geofisiche realizzate per varie finalità nel territorio oggetto di analisi, presso le Amministrazioni Pubbliche Locali: Ufficio Tecnico Comunale, Servizio Tecnico Degli Affluenti del Po, Servizio Urbanistico e S.I.T. - Servizio Lavori Pubblici della Provincia di Modena.

In considerazione del contesto geo-litologico in primo luogo sono state considerate, oltre ad un esiguo numero di indagini sismiche di tipo MASW e Re.Mi, le prove penetrometriche statiche CPT.

Successivamente è stata effettuata una selezione di dette documentazioni in base alla valutazione dell'attendibilità del dato.

In sintesi tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 46 prove penetrometriche statiche, 1 sondaggio meccanico.
- 5 profili sismici ad antenna monodimensionale, 2 con metodo attivo MASW e 3 passivo con metodo Re.Mi.
- 3 misure di microtremitori con tecnica HVSR

In riferimento alla caratterizzazione degli ambiti: urbanizzati a quelli di prevedibile nuovo sviluppo e principali reti infrastrutturali, preventivamente selezionati in accordo con l'U.T. dell'Amministrazione Comunale, per i quali risulta necessario effettuare gli approfondimenti sismici prescritti dai testi di indirizzo riportati in premessa, sono state eseguite le seguenti ulteriori indagini:

- 36 misure di sismica a rifrazione con metodo combinato attivo/passivo con antenna monodimensionale MASW/Re.Mi.;
- 74 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R..

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale ed hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata – rettangolare con lati di 700 ÷ 800 m nell'area del capoluogo e delle principali frazioni, con interassi di 800 ÷ 1200 m nella rimanente parte di territorio.

### **9.2 Carta delle frequenze naturali del terreno**

Il territorio comunale di Campogalliano è stato oggetto di una estesa campagna di prospezioni geofisiche che ha permesso di determinare le caratteristiche dinamiche e

meccaniche dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo.

A tale finalità sono state effettuate:

- 74 Verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori (HVSR)

Nel contesto delle indagini effettuate, relativamente alle analisi di approfondimento di primo livello, sono risultate significativamente efficienti le verticali con acquisizione di microtremori con stazione singola: HVSR. I dati ottenuti dalle elaborazioni di tali indagini consentono infatti di definire le modalità di vibrazione del terreno ed individuare sia la frequenza di risonanza ( $F_0$ ) che l'ampiezza (A) dei rapporti spettrali in corrispondenza delle frequenze.

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 con comportamento sismico omogeneo - equivalente.

Per meglio evidenziare possibili congruenze tra i risultati, i valori Frequenza/Ampiezza rilevati sono stati associati, in termini di frequenza di ampiezza del picco HVSR nelle seguenti classi:

Frequenze Hz	Ampiezze A
$0,5 < F_0 \leq 0,8$	$A < 1,5$
$F_0 = 0,8 \leq 1$	$1,5 < A < 2,0$
	$2,0 < A < 3,0$
$F_0 = \geq 1$	$A > 3,0$

Dette associazioni sono state riportate nella tavola "Frequenze Naturali Terreni"; le misure sono state identificate attraverso una serie di simboli con colori e dimensioni differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

Mediante questa indicizzazione dei risultati è stato possibile valutare la distribuzione delle classi di frequenza e ampiezza sul territorio ed effettuare alcune considerazioni qualitative sull'area oggetto di studio.

I valori delle frequenze principali sono inferiori a 1 ad eccezione di una verticale all'estremità sud est con valore praticamente equivalente a 1,05Hz, indicando in accordo con quanto evidenziato dalle sezioni geologiche, spessore dei depositi soggetti ad amplificazione maggiori di 100 m.

Generalmente i valori relativi maggiori:  $0,8 \div 1$  caratterizzano la parte centrale e meridionale del territorio comunale indicando una estensione locale dei depositi a comportamento relativo più rigido (conoide del Secchia) dal F.Secchia sino a strada Vandelli a settentrione del capoluogo che diminuiscono in direzione occidentale attestandosi a valori  $F_0=0,6 \div 0,8$  a ovest dell'allineamento Cà Borciani – Dallari.

Contestualmente a quanto sopra esposto si riscontra che la distribuzione spaziale dei valori di frequenza relativa maggiori ( $F_0 \geq 0,8 \div 1$ ) tende ad assecondare, nel settore meridionale orientale del territorio di Campogalliano, la conformazione del substrato prepliocenico rinvenibile in detta zona a -3000 m dal p.c.

A settentrione della strada Vandelli le frequenze sono generalmente comprese tra  $f_0=0,6 \div 0,7$  indicando l'aumento in spessore dei depositi soggetti ad amplificazione. Fanno eccezione una limitata porzione areale all'estremità nord ovest del territorio con  $f_0= 0,9 \div 1$  ed alle estremità settentrionale centrale con  $f_0= 0,8 \div 0,9$ .

Nel settore meridionale e centro orientale i depositi sono generalmente contraddistinti da alti contrasti di impedenza  $A>3$ . Analoghe condizioni si riscontrano nella zona orientale settentrionale e nella parte settentrionale centro occidentale.

Valori di elevati contrasti di impedenza si riscontrano nella fascia occidentale centrale in prossimità di Fornace e dell'intersezione Strada Bastiglia/Scolo Dugaro, dove  $A = 6,9 - 5,4$ .

### **9.3 Tetto delle ghiaie e delle sabbie**

Gli elementi nel sottosuolo delle zone di pianura che possono influenzare il moto in superficie sono rappresentati da depositi a comportamento relativo più rigido quali le unità prevalentemente ghiaiose e corpi sabbiosi più o meno lentiformi nei primi 10 ÷ 15 m del sottosuolo.

La carta del tetto delle sabbie e delle ghiaie, ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT, stratigrafia di 1 sondaggio meccanico e dei pronunciati contrasti di impedenza nei primi 5 ÷ 20 m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali MASW/Re.Mi. eseguite, evidenzia la profondità in m rispetto al piano campagna delle litozone prevalentemente sabbiose o ghiaiose.

L'assetto del tetto delle sabbie denota geometrie sostanzialmente lentiformi tendenzialmente allungate in senso sud nord e l'isobata che delimita la zona indica la terminazione laterale del corpo sabbioso. La distribuzione areale dei corpi sabbiosi concorda con la presenza delle fasce di canale fluviale estinto (paleoalvei) individuate mediante l'analisi geomorfologica.

L'assetto spaziale nel sottosuolo del tetto delle ghiaie evidenzia che il fronte della conoide ghiaiosa tende gradualmente ad approfondirsi rispetto al piano campagna procedendo in direzione sud-nord.

Nelle aree a meridione dell'Autostrada del Sole la soggiacenza del tetto delle ghiaie va da -10 ÷ -5 m pc, in corrispondenza di detta infrastruttura, a -3 / affiorante nelle fasce più prossime al F.Secchia. Tra l'A1 e Via Carandini il tetto delle ghiaie si approfondisce rapidamente a -20 m e dalla suddetta infrastruttura sino a Strada Bastiglia/Strada Pietri, si immerge gradualmente sino a -25 m pc. Tra queste ultime strade ed il Cavo Lama si riscontra un rapido approfondimento a -35 m p.c. e successivamente a settentrione di Strada Rangoni i depositi ghiaiosi di conoide si estinguono.

#### **9.4 Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali**

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e PA, DGR.ER 1302/2012, e DAL 112/2007, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, nelle quali sono da effettuarsi approfondimenti di indagini ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento che competono alle condizioni di pericolosità di detti ambiti.

Nell'individuazione e delimitazione delle aree in narrativa oltre alle documentazioni territoriali sono state utilizzate verticali di indagine geofisica di tipo lineare ed antenna monodimensionale (MASW/Re.Mi.) che puntuali a stazione singola (HVSr) direttamente eseguite, per una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da Vs considerabili tra esse praticamente equivalenti.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS1 tav. 1.6, scala 1:10.000, elaborata, costituisce pertanto una zonazione di primo livello di approfondimento di tipo avanzato.

Al fine di individuare le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica sono stati utilizzati gli elaborati cartografici, prospezioni geognostiche precedentemente effettuate, integrando dette documentazioni con valutazioni redatte con criterio geotecnico.

Nel contesto delle analisi territoriali sono inoltre state utilizzate le documentazioni rese disponibili dalla Regione Emilia Romagna, in particolare le carte topografiche di dettaglio, il modello digitale del terreno e la banca dati geologica del territorio comunale, resi disponibili in formato digitale dal *Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli*.

Oltre a ciò si è fatto riferimento alle elaborazioni individuanti i differenti scenari di pericolosità sismica locale e degli effetti locali attesi, di prima fase, redatti nell'ambito del PTCP della Provincia di Modena, alla banca dati del servizio urbanistica e S.I.T. Provincia di Modena, banca dati del U.T. del Comune di Campogalliano, relazione geologica Q.C: PSC Campogalliano 2006.

Le sopradescritte disamine e documentazioni hanno consentito di individuare ambiti litotecnici contraddistinti da diverse caratteristiche geotecniche e di rigidità, definendo le condizioni di pericolosità sismica locale.

##### **9.4.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente**

L'individuazione delle sequenze litotecniche - sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazioni sismica, è stata definita in funzione delle prospezioni geotecniche e geofisiche eseguite direttamente nel contesto dello studio di microzonazione nel territorio di Campogalliano ed a quelle effettuate in precedenza. Oltre ciò si fatto riferimento alle tavole 1 - 5a - 5b - 5c - 8 - 9 del Q.C. PSC 2008 (*Dr. G. Gasparini - Arkigeo*).

La discretizzazione delle verticali litotecniche, redatta in conformità alle simbologie e criteri degli studi standard di MS versione del 06/2012, è stata effettuata in funzione delle caratteristiche litologiche geotecniche che prevalentemente influenzano gli effetti dello scuotimenti sismico in superficie, relativamente ai primi 20 – 30 m del sottosuolo.

In riferimento a quanto esposto sono state quindi individuate le sequenze delle zone stabili nelle quali gli effetti sono correlati ad amplificazione litostratigrafia: zone 1 – 2 – 3 – 4 e quelle di instabilità: aree a, b, c, d. In queste ultime sono state distinte le successioni nelle quali sono presenti nei primi 5 - 15 - 20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi con spessori compresi tra 4 e 8 m, soggetti a potenziale suscettività alla liquefazione: aree a.

Nelle condizioni in cui nelle successioni litologiche sono risultate presenti sequenze gli strati sabbioso limosi – limoso sabbiosi argillosi ad assetto prevalentemente lentiforme con spessori di insieme compresi tra 1.5 e 3 m, si è considerato che gli effetti siano correlabili addensamenti differenziati e/o a potenziali addensamenti per le liquefazione di strati sabbioso limosi sottili, ai quali conseguono cedimenti differenziali: aree c.

Le successioni prevalentemente argilloso limose e limoso argillose contraddistinte da valori di resistenza alla punta, di insieme, al penetrometro statico equivalenti a  $q_c < 7$  kgf/cm<sup>2</sup> e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio e nei primi 10 ÷ 12 m del sottosuolo equivalenti a  $V_s < 160$  m/sec, rappresentano aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali: aree b.

Condizioni nelle quali si sono riscontrate presenza di sequenze prevalentemente sabbioso limose – sabbie poco addensate ( $q_c < 8$  kgf/cm<sup>2</sup>) con intercalate alternanze limose – limoso argillose poco consistenti e  $V_s < 170$  m/sec, gli effetti conseguenti allo scuotimento sismico sono correlabili a potenziale suscettività alla liquefazione e cedimenti differenziali: aree d.

#### ***Aree Suscettibili di Effetti Locali e di instabilità***

Per la redazione “Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)”, prevista come elaborato fondamentale del presente studio al primo livello di approfondimento, le porzioni di territorio urbanizzate o suscettibili di trasformazione urbanistiche, al fine di classificare tali aree nelle categorie previste nell’allegato C della D.G.R. 1302/2012, sono state suddivise in:

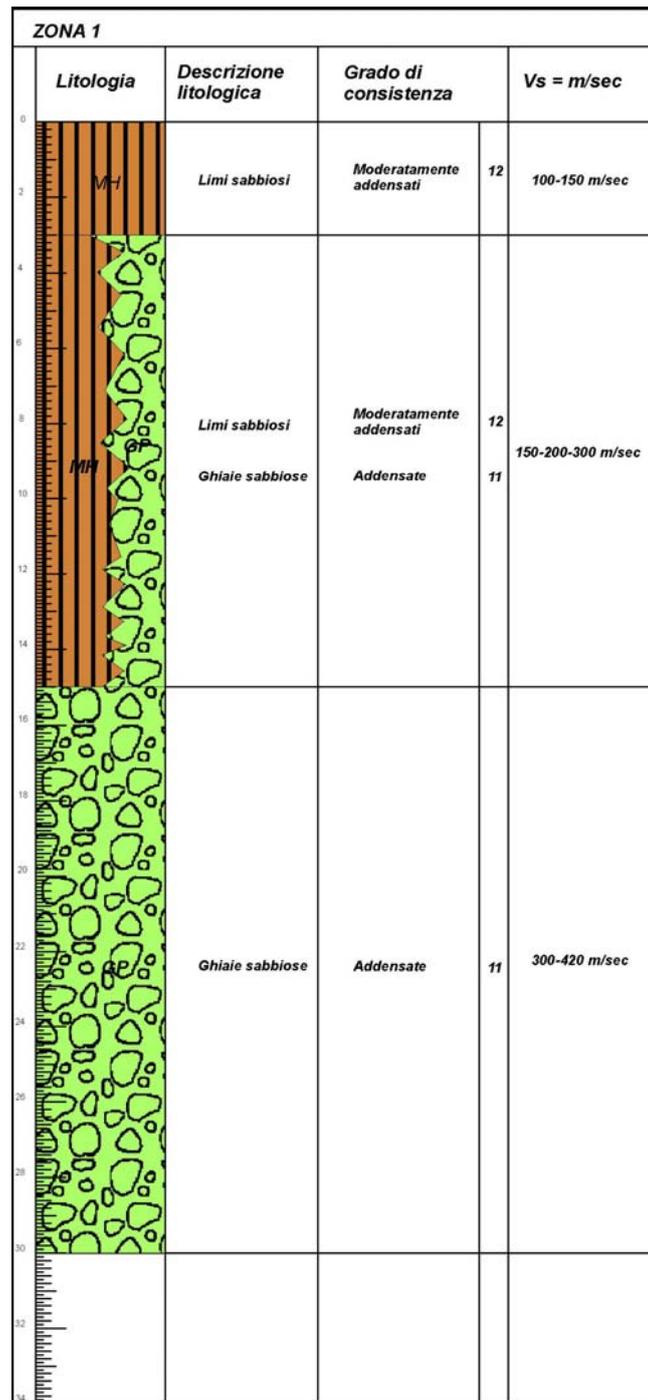
Zone suscettibili di amplificazione locali

Zone suscettibili di instabilità alle quali sono riconducibili le caratteristiche di seguito descritte:

- **Zone suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche tali da indurre effetti locali zone 1 – 2 – 3 – 4 di legenda, secondo quanto indicato dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall’allegato 1 della D.A.L. 112/2007.
- **Zone suscettibili di instabilità:** appartengono a tale categoria tutte le aree nelle quali le caratteristiche litostratigrafiche evidenziano la presenza di

alternanze di strati sabbiosi – sabbioso limosi che nei primi 15 ÷ 20 m del sottosuolo presentano spessori superiori a 4 ÷ 5 m, potenzialmente suscettibili a rischio di liquefazione. Le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori di 1,5 – 3 m, moderatamente addensati, suscettibili a cedimenti differenziali; le successioni argilloso limose – limoso argillose poco consistenti nei primi 10 ÷ 12 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle  $V_s < 160$  m/sec, suscettibili a cedimenti differenziali, le sequenze prevalentemente sabbioso limose poco addensate nei primi 6 ÷ 8 m del sottosuolo e con  $V_s < 170$  m/sec a potenziale suscettività alla liquefazione e soggette a cedimenti differenziali.

Le delimitazioni delle zone e relative colonnine stratigrafiche, esposte nella legenda della tav. 1.6, si sono così articolate:

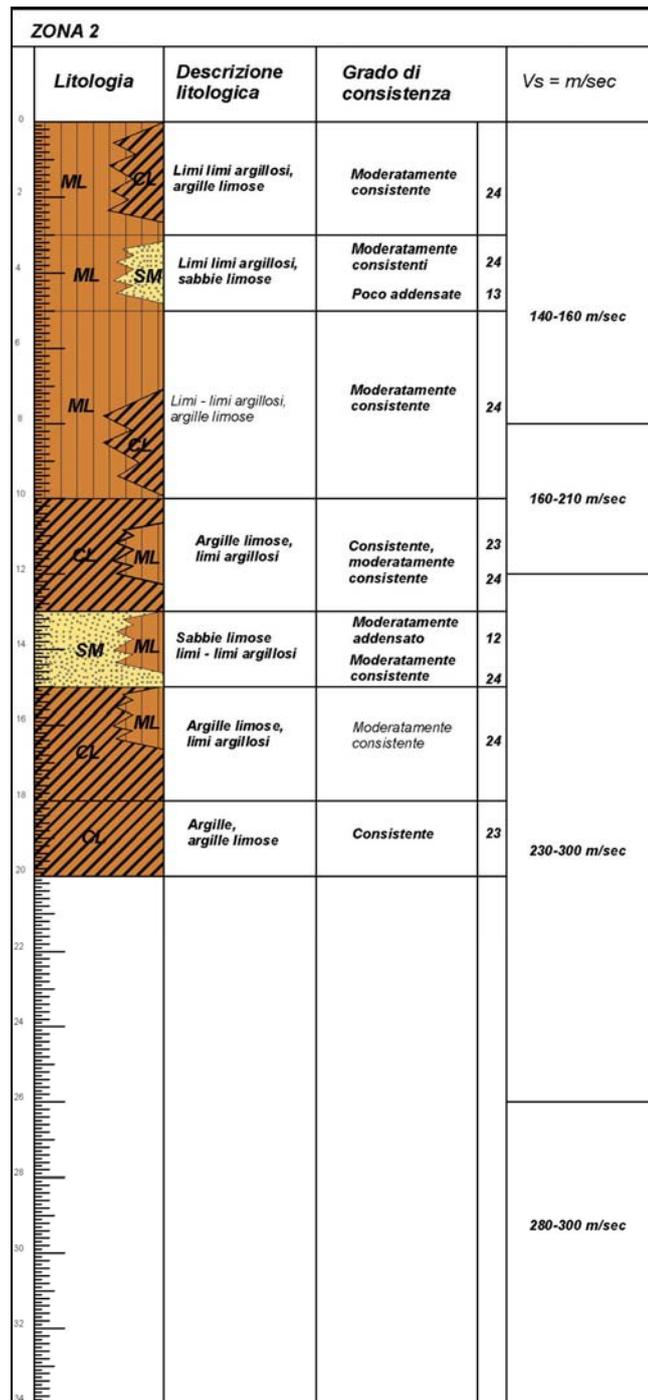


**ZONA 1 - Aree stabili con presenza di depositi di conoide prevalentemente ghiaioso sabbiosi addensati, con intercalati orizzonti limoso sabbiosi;**

**effetti attesi:** amplificazione litostratigrafiche;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II° livello



**ZONA 2 - Aree stabili con presenza di sequenze limose – limoso argillose – limoso sabbioso argillose, moderatamente consistenti, contenenti corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori tra 0,5 e 2 m moderatamente addensati;**

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, modeste entità dei cedimenti;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II° livello

ZONA 3			
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
0-2	Argille - argille limose	Consistente	140 - 150 m/sec
2-4	Limi - limi argillosi, argille limose	Moderatamente consistente	
4-6	Argille limose - limi, sabbie limose	Moderatamente consistente Poco addensate	160 - 180 m/sec
6-10	Argille limose - argille, limi argillosi	Moderatamente consistente	
10-14	Argille limose, sabbie limose	Poco consistente Poco addensate	200 - 250 m/sec
14-18	Argille limose, argille	Moderatamente consistente	
18-22	Argille - argille limose, sabbie - sabbie limose	Moderatamente consistente Moderatamente addensate	230 - 270 m/sec
22-28	Ghiaie sabbiose	Addensate	

**ZONA 3 - Aree stabili con presenza di sequenze limose – limoso argillose, moderatamente consistenti, contenenti sottili corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori tra 0,5 e 1,5 m poco addensati;**

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, modeste entità dei cedimenti;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II° livello.

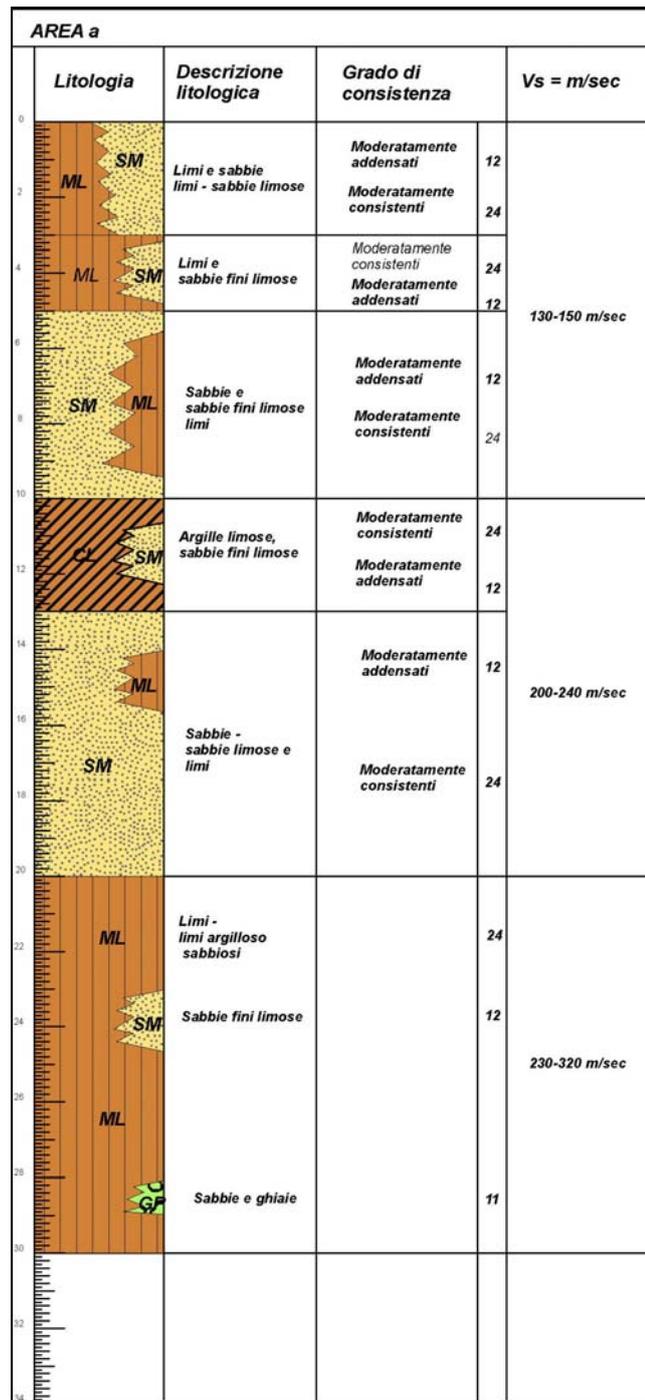
ZONA 4			
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
	Argille - argille limose	Moderatamente consistente	24
	Argille limose, limi argillosi	Poco consistente	25
	Argille-argille limose, limi	Moderatamente consistente	24
	Argille - argille limose, limi argillosi	Moderatamente consistente	24
			220-250 m/sec
			280-300 m/sec

**ZONA 4 - Aree stabili con presenza di sequenze prevalentemente argilloso limose, moderatamente consistenti, con intercalati corpi lentiformi limoso argillosi moderatamente consistenti;**

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, modeste entità dei cedimenti;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II° livello.

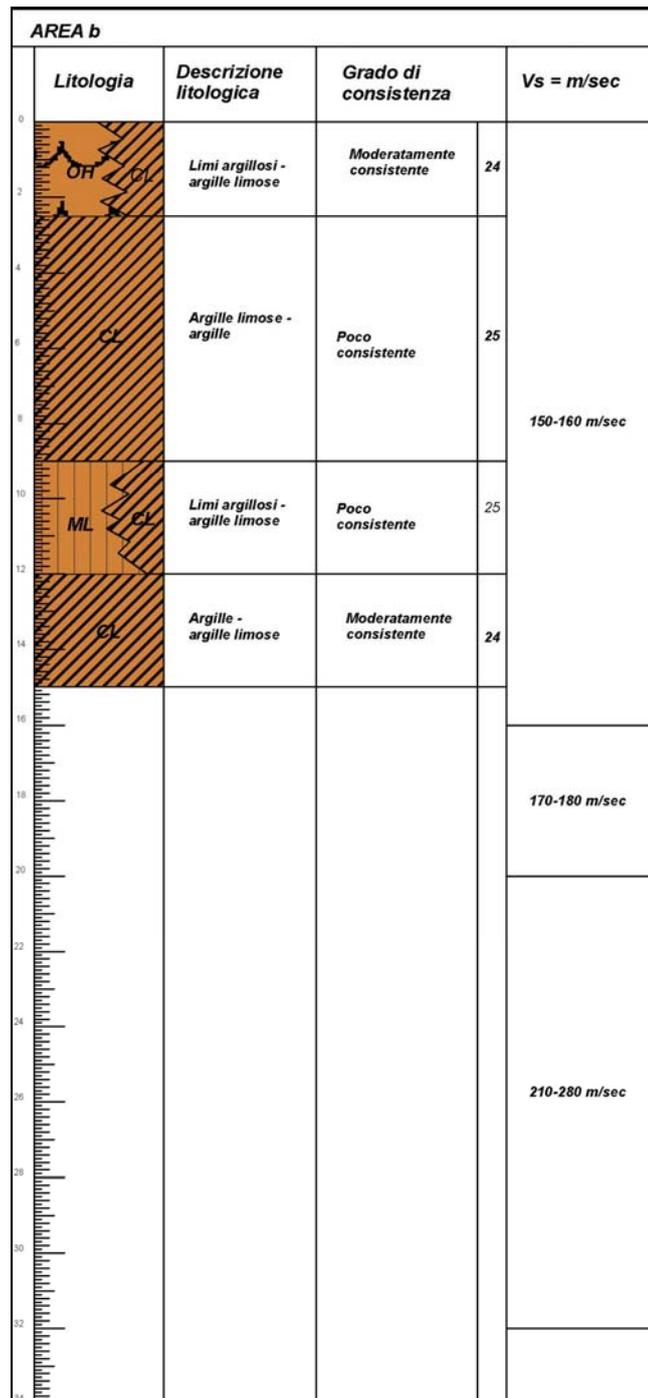


**AREA a - Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di canale fluviale prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi in strati con spessori tra 4 e 8 m, moderatamente addensati con intercalate alternanze limose – limoso argillose moderatamente consistenti;**

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

**studi richiesti:** valutazione dell’amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione suscettività alla liquefazione;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III° livello per valutazione di suscettività alla liquefazione.



**AREA b** - Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi argilloso limosi e limoso argillosi poco consistenti nei primi 10 ÷ 12 m dal piano campagna, con Vs < 160 m/sec;

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima dei cedimenti in condizioni statiche e dinamiche;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti.

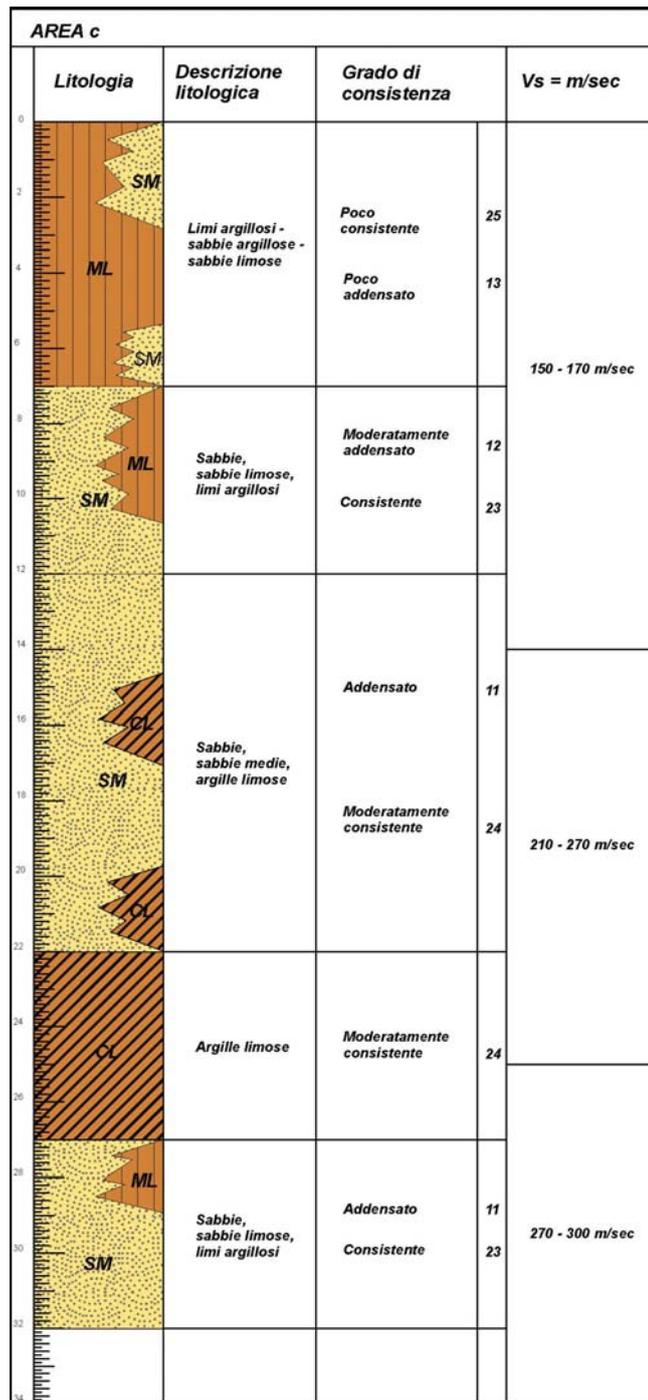
AREA b1			
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
0-1.5	SM	Poco consistente	25
1.5-2.5	QH	Moderatamente addensato	12
2.5-4	SM		
4-6	ML	Moderatamente consistente	24
6-7.5	CL	Poco addensate	13
7.5-8.5	SM		
8.5-10	SM ML	Poco consistente	13
10-12	SM ML	Moderatamente addensato	24
12-14	CL	Moderatamente consistente	24
14-16	SM	Moderatamente addensato	12
16-18	SM ML	Moderatamente addensato	12
18-20	SM ML	Moderatamente consistente	24
20-22	CL	Moderatamente consistente	24
22-24	SM	Moderatamente addensato	12
24-26	CL	Moderatamente consistente	24
26-28	CL	Moderatamente consistente	24
28-30	Sabbie e ghiaie	Addensato	11

**AREA b1 - Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di piana alluvionale prevalentemente limosi – limoso argilloso sabbiosi, moderatamente consistenti, con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori tra 1,5 e 3 m moderatamente addensati ed orizzonti argilloso limosi – limoso argilloso moderatamente consistenti;**

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziali cedimenti differenziali per densificazione/liquefazione di sottili strati sabbioso limosi;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima dei cedimenti;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti in condizioni statiche e dinamiche.



**AREA c - Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di canale fluviale e/o piana alluvionale prevalentemente sabbioso limosi poco addensati nei primi 7 ÷ 8 m del sottosuolo con Vs < 170 m/sec;**

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione e cedimenti;

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, verifiche di suscettività alla liquefazione, stima dei cedimenti in condizioni statiche e dinamiche;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III° livello per valutazione di suscettività alla liquefazione e stima dei cedimenti in condizioni statiche e dinamiche.

Il terzo livello di approfondimento è comunque richiesto nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico e nelle aree in cui sono previsti interventi in sotterraneo che richiedano scavi che si approfondiscano nel sottosuolo per altezze maggiori di

$$H > 2 \text{ m}$$

nelle quali dovranno essere sviluppate le verifiche di stabilità dei fronti di scavo con metodo pseudostatico o dinamico.

## **10 TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**

Il terzo livello di approfondimento prevede la suddivisione in dettaglio del territorio delle aree oggetto di microzonazione sismica individuate dalla carta MOPS, in funzione di un indice quantitativo che definisce, in base alle condizioni stratigrafiche, l'amplificazione sismica attesa ( $T_r = 475$  anni;  $\zeta = 5\%$ ).

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, le elaborazioni definiscono i tipi di approfondimenti di terzo livello, integrativi, da effettuarsi, specificando le disamine da sviluppare.

### **10.1 Carta delle nuove indagini**

Detto elaborato visualizza esclusivamente l'ubicazione delle nuove verticali di indagine geofisica: MASW/Re.Mi. HVSR, effettuate per la microzonazione delle aree urbanizzate e di nuovo insediamento previsto.

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta dei punti di indagine sono conformi allo standard di rappresentazione e archiviazione informatica previste nell'allegato della Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (Art. 5, comma 7 dell'OPCM 13/11/2010, n°3907) versione 2.0 del 11/06/2012.

La carta ubicazione nuove indagini identifica i parametri delle aree oggetto di microzonazione sismica, visualizzando le verticali di indagine effettuati nelle stesse per l'individuazione dei fattori di amplificazione che competono all'area esaminata.

### **10.2 Substrato a comportamento rigido**

L'analisi comparata tra i valori delle frequenze principali (HVSR), valori di  $v_s$  ottenuti dalle verticali MASW/Re.Mi, sezioni geologiche, indica che il tetto della litozona a comportamento assimilabile a bedrock sismico tende generalmente ad approfondirsi in direzione sud nord.

Nelle zone centrali e meridionali, tra via Tonelli - Stradello Rondine – SP n°13 – Casino Bianchi, intersezione Canale Calvetro – confine comunale ovest, la profondità è mediamente attestata a  $-100 \div -120$  m dal piano campagna e si approfondisce in direzione ovest ad occidente di Via Reggio – via Fornaci, Nella fascia centrale – centro settentrionale da Casino Bianchi a Strada Pietri – Stradello Rondine a Strada Rangoni - Strada Ugularia , la profondità è mediamente corrispondente a  $-130 \div -140$  m p.c. e tendente a approfondirsi nella fascia occidentale ad ovest di via Farnacci. A settentrione e ad occidente delle sopracitate strade la profondità si attesta s  $-150$  m pc.

Il raffronto tra l'assetto geometrico delle unità che costituiscono il Sintema Emiliano Romagnolo Superiore e le profondità del tetto della litozona a comportamento assimilabile a bedrock sismico, è correlabile alla parte basale dell'unità A2 (AES6), che nelle zone

meridionali del territorio comunale è rinvenibile a -110/-120 m pc, mentre nei settori centro settentrionali e settentrionali è riscontrabile a -140 m pc.

Detta variabilità della profondità concorda con le litozone prevalentemente rappresentate nei sopraddetti settori e con la profondità in tali zone del substrato prepliocenico, rinvenibile negli ambiti sud orientali del territorio a -3 km dal pc; detto assetto ha influenzato i processi subsidenti dei depositi quaternari continentali inducendo consolidamenti differenziati rispetto alle aree settentrionali nelle quali il substrato si approfondisce a  $6,5 \div 7$  km pc. Nelle zone meridionali prevalgono infatti le alternanze a componente ghiaiosa di conoide e le stesse presentano spessori maggiori ciò conferisce un comportamento relativo più rigido all'insieme che costituisce le unità A1 e A2. Procedendo in verso settentrionale le sequenze ghiaiose si assottigliano, diminuiscono in percentuale rappresentata e si arricchiscono nelle componenti sabbiose. Tali caratteristiche unitamente al netto incremento in spessore e presenza delle sequenze prevalentemente argilloso limose e del loro maggior tasso di subsidenza, inducono un minor grado di rigidità relativo dei depositi che formano i primi 150 m del sottosuolo.

### **10.3 Carta delle velocità delle onde di taglio $V_s$**

La carta delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), visualizza i parametri delle aree oggetto di microzonazione ed evidenzia i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti i primi 1.5 m pc, ( $V_{s_{30}}$  m/sec) rilevati dalle indagini effettuate: indagini MASW/Re.Mi..

In generale le elaborazioni delle acquisizioni eseguite hanno evidenziato valori oscillanti tra un massimo di 327 m/sec ed un minimo di 182 m/sec.

I valori maggiori si riscontrano nella fascia meridionale del territorio comunale, a sud di Via Carandini e ad est di Strada della Madonna, con valori che generalmente sono compresi tra  $V_{s_{30}} 240 \div 310$  m/s. Un'analoga zona con valori relativi maggiori si riscontra nel settore occidentale centrale ad ovest di C.Berualda – C.Tirelli – Stallone Prospera – C.Ricci – Sud di Via Cristina, dove  $V_{s_{30}} = 240 \div 290$  m/s.

Nella rimanente parte del territorio, ad eccezione delle zone con valori minori successivamente descritte, i valori sono generalmente compresi tra  $V_{s_{30}} = 200 \div 230$  m/s.

Le zone con valori relativi inferiori corrispondenti a  $V_{s_{30}} = 190$  m/s, si riscontrano a sud ovest del capoluogo circa tra l'area sede del cimitero comunale – Canale di Carpi – Canale di Calvetro – l'allineamento Case Verzelloni – Villa Bartolucci, nell'area ad est Dell'Autobrennero, secondo una fascia estesa sud ovest – nord est da C.Roncaglia a intersezione Via Vandelli/Cavo Pavusolo, nell'area centro settentrionale tra C.Massa e Via Magnani.

#### **10.4 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica**

La microzonazione sismica di terzo livello di approfondimento individua aree a comportamento sismico equivalente attribuendo alle stesse indici quantitativi che definiscono in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche l'amplificazione sismica attesa ( $T_r = 475$  anni;  $\zeta = 5\%$ ).

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati i valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) calcolati mediante codice di calcolo per la MS del comune di Campogalliano.

In funzione di tali elaborazioni sono stati visualizzati nelle tavole i valori dei fattori di amplificazione FA. PGA. ed FA.IS. riferiti agli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.1 – 0.3 sec, 0.3 – 0.5 sec, 0.5 – 1.0 sec, 0.5 – 0.9 sec, 0.9 . 1.2 sec, 1.2 – 2 sec, attinenti alle microzone individuate.

I campi dei valori sopra indicati, determinati in rapporto ai range di maggior amplificazione evidenziati dalla sovrapposizione di insieme degli spettri calcolati, sono stati definiti in riferimento alle tipologie edificatorie esistenti prevalentemente presenti nel territorio comunale ed a quelle che in funzione delle indicazioni delle norme urbanistiche sono previste nella percentuale maggiore.

All'intervallo  $0.1 < T < 0.3$  sec sono attribuibili la maggior percentuale dei fabbricati ad uso civile in muratura sino a 4 – 5 piani di altezza e le costruzioni a telaio in C.A. sino a 3-4 piani di altezza.

All'intervallo  $0.3 < T < 0.5$  sec sono correlabili la prevalenza delle costruzioni ad uso produttivo manifatturiero, commerciale, industriale con altezze sottotrave inferiori a 8 m e di edifici ad uso civile a telaio in C.A. sino a 5 – 6 piani fuori terra.

All'intervallo  $0.5 < T < 1.0 < T < 1.5$  sec possono corrispondere strutture a telaio in C.A. o Fe con elevazioni maggiori di  $6 \div 7$  piani, magazzini verticali, manufatti alti e stretti quali silos, torri in genere, ecc.

#### **10.5 Definizione degli input sismici**

L'analisi della pericolosità sismica del territorio comunale è stata sviluppata in base al modello di studio – elaborazione per la definizione della pericolosità sismica a scala locale proposto da *Marcellini et alii (1998)*<sup>2</sup>.

Tale schema prevede:

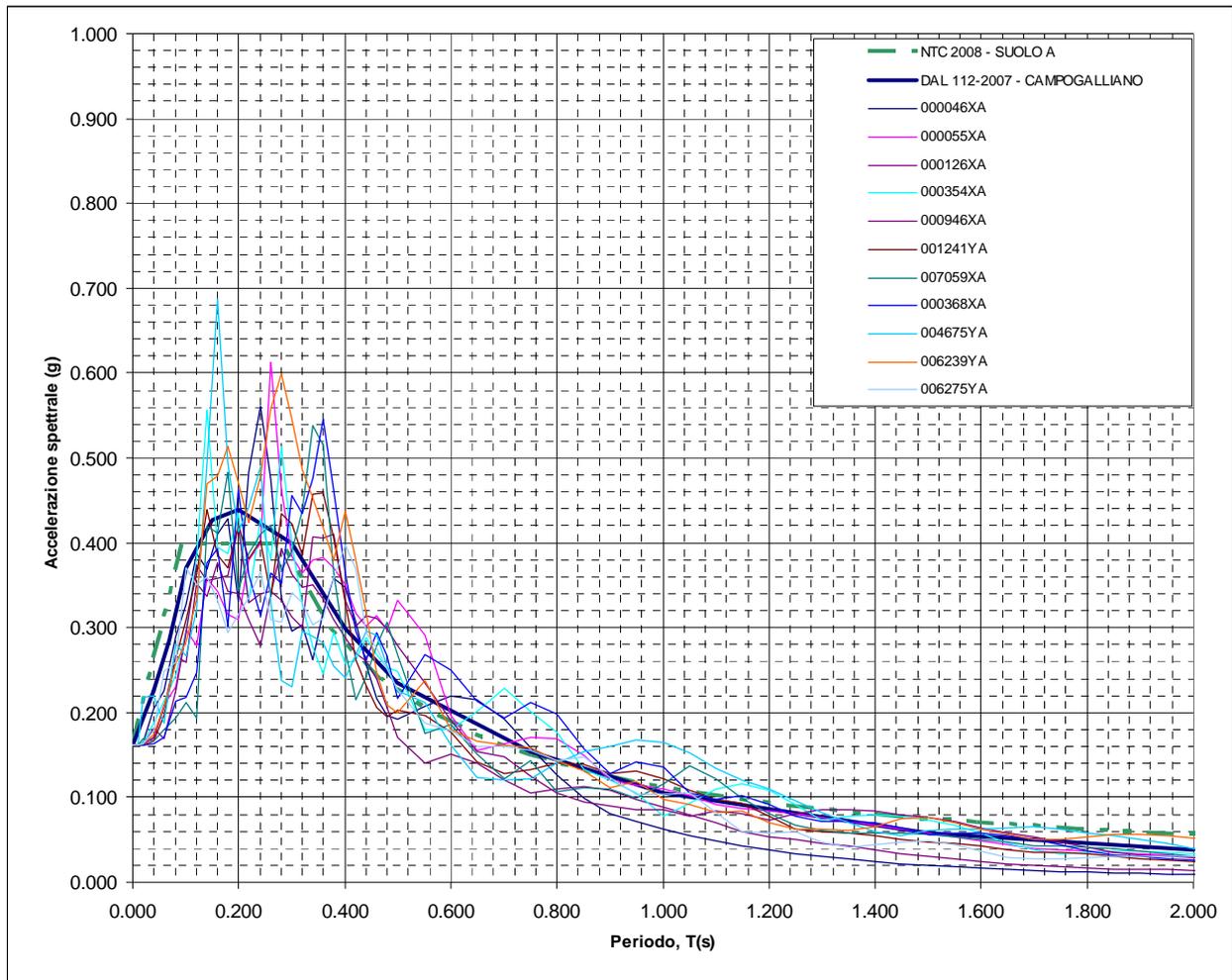
- *Caratterizzazione della pericolosità sismica a scala locale*: attuata mediante la definizione dello scuotimento al bedrock col 10% di probabilità di almeno una eccedenza in 50 anni mediante metodologia di tipo probabilistico.

---

<sup>2</sup> Marcellini, A., Daminelli, R., Pagani, M., Riva, F., Tento, A., Crespellani, T., Madiati, C., Vannucchi, G., Frassinetti, G., Martelli, L., Palumbo, A., e Viel, G. (1998). Seismic Microzonation of some Municipalities of the Rubicone area (Emilia – Romagna Region). In Proceedings of the Eleventh European Conference on Earthquake Engineering, Invited Lectures Volume, pagg. 339-350. Balkema.

- *Scelta dei moti di riferimento*: attraverso la selezione di accelerogrammi reali da banche dati attraverso la comparazione degli spettri di risposta con quello determinato con metodo probabilistico.
- *Analisi delle amplificazioni a scala locale* mediante simulazioni di propagazione verticale delle onde SH.
- *Zonazione finale* con determinazione di aree a caratteristiche omogenee.

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata effettuata confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati opportunamente scalati, con quella dello spettro a probabilità uniforme determinato secondo le indicazioni della DAL 112-2007, avendo cura di ottenere una congruenza rientrante nella forma normalizzata  $\pm$  la deviazione standard. Tale procedura ha portato alla selezione di 11 accelerogrammi di input, tre dei quali presenti nella banca dati approntata dalla Regione Emilia Romagna, disponibili al sito internet <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/sismica.htm> (accelerogrammi 000046xa, 000126xa, 000354xa), due ottenuti da selezione nel database internazionale "European strong-motion database" <http://www.isesd.hi.is/> (accelerogrammi 000946xa, 001241ya) e sei derivati dalla definizione di accelerogrammi di riferimento per l'argine destro del Po redatta da A.Marcellini, D.Albarello, D.Gerosa (accelerogrammi 000055xa, 000368xa, 004675ya, 006239ya, 006275ya, 007059xa) messi a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna.



Spettro di risposta a probabilità uniforme (Periodo di ritorno di 474 anni, smorzamento=5%) costruito con i parametri esposti nella delibera dell'assemblea legislativa ER – DAL112-2007, spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2008 e spettri di risposta degli accelerogrammi selezionati normalizzati.

### 10.6 Calcolo degli effetti di sito

Per il calcolo dello scuotimento in superficie è stato utilizzato un modello numerico che simula la propagazione verticale di onde SH attraverso strati piano paralleli omogenei ed isotropi a partire da uno strato di riferimento rigido (bedrock sismico). Nell'analisi è stato considerato il comportamento di tipo non lineare dei terreni con il livello di deformazione, desumendo i parametri di decadimento da dati bibliografici per litotipi simili a quelli dei terreni di Campogalliano.

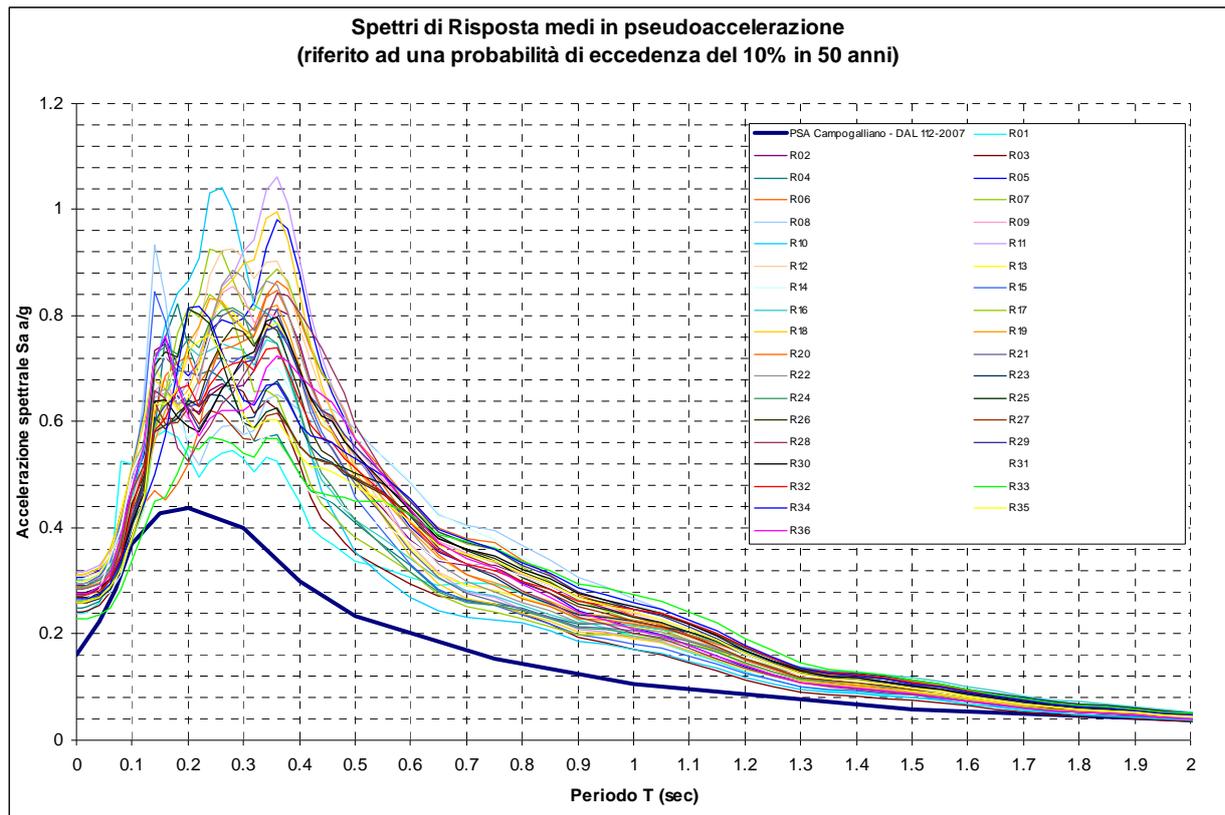
Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie è *Proshake* (*EduPro Civil System, Inc*) che si basa quasi interamente sul modello di calcolo di *Shake91*

(Idriss e Sun, 1992)<sup>3</sup>, modificandone l'interfaccia di immissione dati per un più facile utilizzo.

Sulla base delle risultanze delle indagini geofisiche, sono stati discretizzati profili delle onde S, estrapolando i valori e le profondità sino al raggiungimento del bedrock sismico con  $V_s$  corrispondente a 700 m/sec.

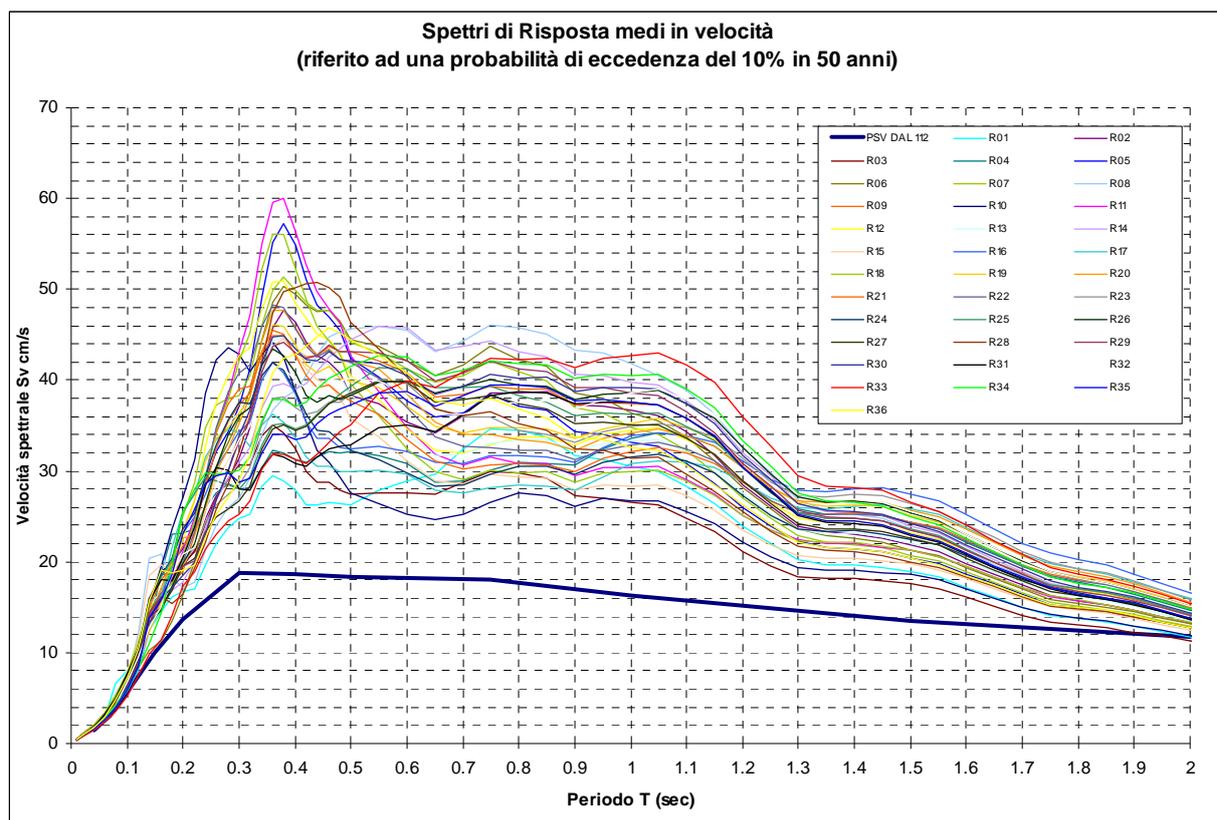
Per ogni verticale sismostratigrafica, è stato calcolato lo spettro di risposta in superficie derivante dalla media delle varie simulazioni applicando i moti di riferimento al tetto del bedrock sismico ( $V_s=700$  m/sec).

I risultati ottenuti, espressi in forma grafica, sono di seguito visualizzati:



Spettri di risposta in superficie definiti mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scotimenti selezionati alle verticali sismostratigrafiche. Tutte le simulazioni presentano i maggiori valori di accelerazione nei periodi compresi tra 0,1 e 0,5 sec. I valori di amplificazione si mantengono comunque alti sino a periodi di circa 1,2 sec.

<sup>3</sup> Idriss, M. and Sun, J.I. (1992). "SHAKE91: A computer program for conducting equivalent linear seismic response analyses of horizontally layered soil deposits", *User's Guide*, University of California, Davis, California, 13 pp..



Spettri di risposta in superficie precedentemente visualizzati in termini di pseudovelocità (smorzamento 5%).

### 10.7 Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica

La definizione dell'amplificazione del moto sismico tra bedrock sismico e superficie per ognuna delle zone identificate dai modelli precedentemente illustrati, è stata effettuata sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale ( $PGA/PGA_0$ ) che mediante la determinazione dell'intensità di Housner<sup>4</sup> (o intensità dello spettro di risposta)  $SI/SI_0$ , definita come:

$$SI = \int_{T1}^{T2} PSV(T, \xi) dt$$

dove PSV è lo spettro di risposta di pseudo-velocità, T e  $\xi$  sono rispettivamente il periodo e lo smorzamento strutturale (considerato come convenzionalmente = 5%).

Dimensionalmente, l'intensità di Housner è uno spostamento (cm).

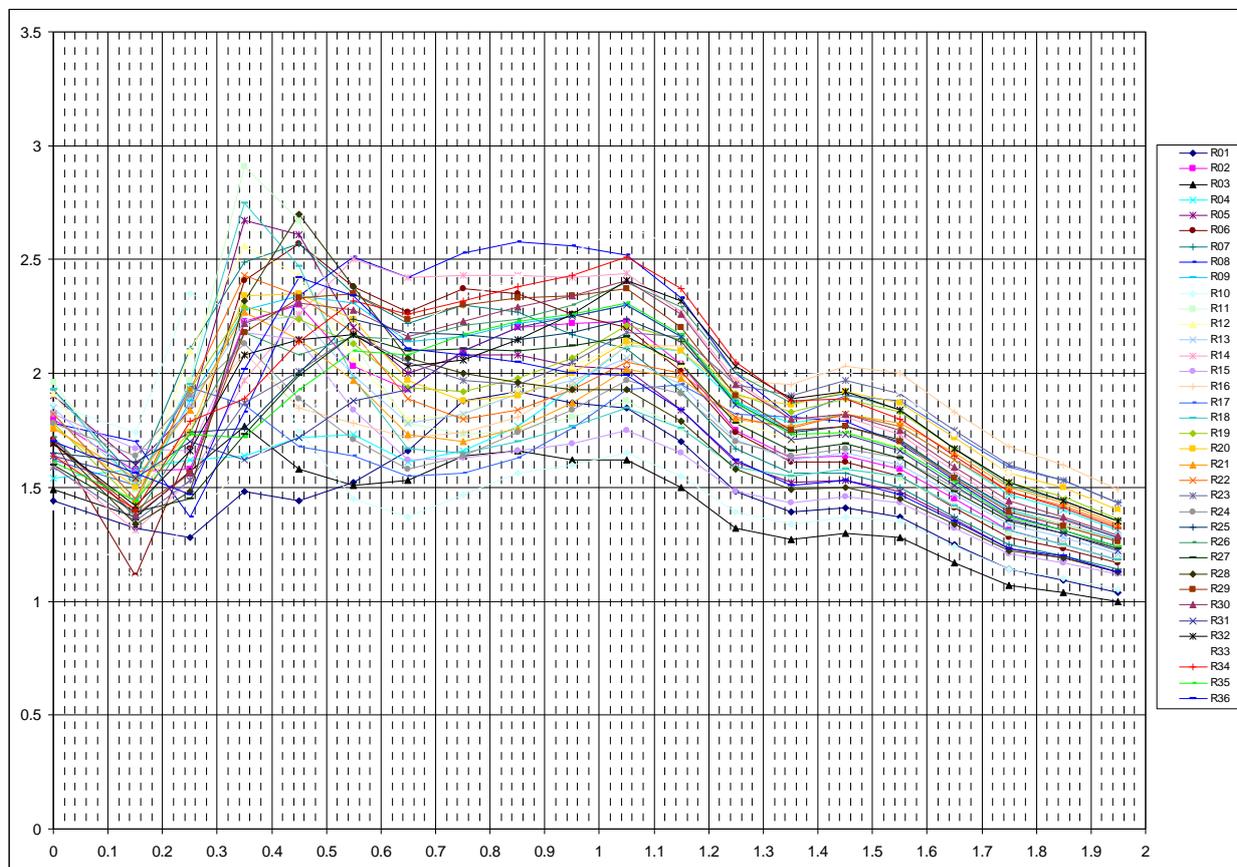
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

Gli estremi dei periodi di integrazione sono in genere funzione dei periodi strutturali della tipologia di edifici presenti nell'area in esame. Lo studio originale condotto da Housner, individuava il campo di definizione del fattore di amplificazione, tra  $T = 0,1$  e  $2,5$  sec.

<sup>4</sup> Housner G.W., 1952; Intensity of ground motion during strong earthquakes, California Institute of Technology, August.

Nel contesto del presente studio, l'approccio per la definizione dei periodi di integrazione, è stato effettuato sia considerando le tipologie strutturali prevalentemente presenti nel territorio di Campogalliano, che analizzando le variazioni dei fattori di amplificazione in funzione dei diversi periodi esaminati.

In prima fase è stato definito il rapporto  $SI/SI_0$  per intervalli di periodo corrispondenti a 0,1 sec ottenendo i fattori di amplificazione visualizzati nel seguente grafico:



Fattori di amplificazione dell'intensità spettrale determinati per ogni verticale sismostratigrafica per intervalli di periodo corrispondenti a 0,1 sec.

L'analisi visiva dell'andamento dei fattori di amplificazione dell'intensità spettrale evidenzia le seguenti caratteristiche:

- I fattori di amplificazione presentano valori inferiori a 2 per tutte le simulazioni sino  $T=0,3$  sec. È anche da evidenziare che le tipologie strutturali con periodi sino a 0,3 sec sono edifici a 3-4 piani in c.a. o edifici in muratura sino a 4-5 piani.
- In tutte le simulazioni per periodi superiori a 1,2 sec è presente un evidente decremento dei fattori di amplificazione
- Per periodi compresi tra 0,3 ed 1,2 sec le simulazioni presentano evidenti diversità di comportamento, con massimi a periodi variabili tra  $0,3 \div 0,5$ ;  $0,5 \div 0,9$ ;  $0,9 \div 1,2$  sec.

Sulla base di queste considerazioni sono stati definiti i seguenti periodi per la determinazione dei valori di intensità spettrale:

0,1  $\div$  0,5 sec e 0,5  $\div$  1,0 sec, con ulteriore suddivisione nelle classi 0,1  $\div$  0,3 sec; 0,3  $\div$  0,5 sec; 0,5  $\div$  0,9 sec; 0,9  $\div$  1,2 sec, 1,2  $\div$  2 sec

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

Verticale N°	pga (g)	FA pga	FA IS e periodi		FA IS e periodi di integrazione				
			0,1 – 0,5	0,5 – 1,0	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,9	0,9 – 1,2	1,2 – 2,0
R01	0,234	1,44	1,39	1,77	1,69	1,46	1,75	1,81	1,28
R02	0,291	1,80	1,98	2,09	1,57	2,26	2,07	2,17	1,49
R03	0,242	1,49	1,60	1,59	1,49	1,68	1,59	1,58	1,19
R04	0,250	1,54	1,65	1,74	1,61	1,67	1,69	2,05	1,64
R05	0,307	1,90	2,27	2,08	1,75	2,64	2,09	1,97	1,39
R06	0,277	1,71	2,06	2,33	1,46	2,49	2,34	2,16	1,46
R07	0,313	1,93	2,27	2,26	1,89	2,53	2,28	2,07	1,42
R08	0,289	1,78	1,84	2,52	1,50	2,08	2,51	2,47	1,61
R09	0,295	1,82	2,07	2,21	1,72	2,31	2,21	2,24	1,60
R10	0,301	1,86	2,05	1,49	2,12	2,01	1,46	1,60	1,26
R11	0,317	1,96	2,38	1,84	1,79	2,79	1,85	1,82	1,43
R12	0,309	1,91	2,22	1,93	1,84	2,49	1,91	2,07	1,57
R13	0,299	1,85	2,03	1,89	1,73	2,24	1,87	2,00	1,50
R14	0,259	1,60	1,84	2,44	1,45	2,11	2,44	2,38	1,63
R15	0,294	1,82	1,96	1,69	1,66	2,17	1,69	1,70	1,34
R16	0,265	1,64	1,84	1,8	1,65	1,97	1,76	2,06	1,83
R17	0,262	1,62	1,77	1,63	1,77	1,77	1,60	1,88	1,72
R18	0,313	1,93	2,27	1,75	1,78	2,61	1,75	1,80	1,44
R19	0,288	1,78	2,05	2,01	1,74	2,26	1,99	2,14	1,69
R20	0,286	1,77	2,06	2,00	1,65	2,34	2,00	2,08	1,73
R21	0,285	1,76	2,01	1,81	1,73	2,21	1,79	1,96	1,65
R22	0,294	1,82	2,12	1,93	1,75	2,39	1,93	1,99	1,64
R23	0,258	1,59	1,74	2,04	1,46	1,94	2,04	2,13	1,77
R24	0,289	1,78	1,92	1,70	1,80	2,01	1,67	1,90	1,52
R25	0,268	1,65	1,80	2,18	1,69	1,88	2,19	2,19	1,60
R26	0,278	1,72	1,91	2,21	1,60	2,13	2,19	2,33	1,72
R27	0,259	1,60	1,68	2,12	1,43	1,85	2,12	2,11	1,53
R28	0,276	1,70	2,06	2,07	1,43	2,51	2,10	1,88	1,37
R29	0,274	1,69	1,94	2,31	1,50	2,25	2,31	2,30	1,60
R30	0,277	1,71	1,94	2,26	1,49	2,26	2,24	2,34	1,64
R31	0,266	1,64	1,66	2,07	1,64	1,67	2,03	2,24	1,56
R32	0,273	1,69	1,88	2,13	1,56	2,11	2,10	2,33	1,72
R33	0,229	1,41	1,50	2,31	1,25	1,68	2,25	2,58	1,80
R34	0,266	1,64	1,86	2,34	1,64	2,01	2,32	2,44	1,70
R35	0,260	1,61	1,74	2,17	1,62	1,82	2,15	2,25	1,57
R36	0,276	1,70	1,92	2,12	1,50	2,22	2,15	1,95	1,39

Fattori di amplificazione dell'intensità spettrale determinati per ogni verticale sismostratigrafica per i vari intervalli di periodo. Tali fattori di amplificazione sono stati determinati considerando come spettro di riferimento quello definito dalla DAL RER 112/2007.

### 10.8 Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale FA.PGA

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA<sub>0</sub>, elaborata per l'intero territorio comunale, evidenzia i valori massimi nelle zone occidentali, centrali e settentrionali del territorio comunale dove descrivono una fascia estesa in senso sud - nord con larghezza media di 1,5 km con valori medi più rappresentati corrispondenti a FA.PGA = 1,8 ÷ 1,9, che si allarga a 2 ÷ 2.2 km nella parte centro meridionale secondo la direzione della Strada della Bastiglia contraddistinta fa FA PGA = 1,8 ÷ 2,0. Analoghe caratteristiche si riscontrano nel

settore a sud del Canale di Calvetro sino a al tracciato delle ferrovia alta velocità nella quale la FA PGA = 1,8 ÷ 2,0, Equivalenti valori di amplificazione sono riscontabili nella parte sud ovest del territorio comunale a sud dell'Autosole.

Si differenzia la parte di territorio a settentrione del capoluogo circostante il sovrappasso di via Magnani sull'Autobrennero con FA.IS = 1,6 e fa inoltre eccezione in detta zona la presenza di una fascia con valori inferiori corrispondenti ad FA PGA = 1,6 estesa in direzione ovest – est e larga 0,2 ÷ 0,3 km compresa via Fornace e L'Autobrennero.

La parte di territorio con valori relativi inferiori, corrispondenti ad FA PGA = 1,5 ÷ 1,6, caratterizzano la fascia orientale centrale – meridionale, alla quale appartiene il settore sud est del Capoluogo: zona ad ovest di Strada della Madonna – incrocio Via Zucchini/Strada Dell'Albone, sud di Via Gramsci, Via Bacchetta – Asilo comunale, est Via Che Guevara – Autobrennero – Via Barbolini - sud Strada della Chiesa – intersezione Cavo Pavusolo/Via Vandelli.

In tale zona si riscontrano due aree contraddistinte da minimi relativi territoriali corrispondenti ad FA PGA = 1,5 all'estremità sud est circa dal raccordo Autosole – Autobrennero al confine comunale est e delimitata a nord dal Canale di Calvetro. L'altro settore di minimo relativo con FA PGA = 1,4 ÷ 1,5 si osserva nella zona orientale centrale, sede dell'area a destinazione produttiva circa compresa tra Strada della Rondine – Caseificio/C.Polacci – C. Notari – Via Nuova.

Per quanto riguarda l'areale a cui appartiene il Capoluogo i valori sono mediamente equivalenti ad FA PGA = 1,7 ad eccezione della zona più occidentale, ovest di Via A. Vivaldi dove FA PGA = 1,8, si differenzia per valori minori, anche la parte sud est e la fascia adiacente al lato ovest dell'Autobrennero, compresa tra Via Magnagallo – V.le Gramsci – Via Bonaccini – asilo Comunale – Via 25 Luglio – incrocio Via Barbolini/Via Nuova/Via Vandelli – intersezione Cavo Pavusolo/Via Vandelli, nella quale FA PGA = 1,6.

La distribuzione territoriale dei valori di FA PGA indica corrispondenza delle aree a relativa minore amplificazione con l'assetto del substrato prepliocenico e con le caratteristiche litostratigrafiche nella parte sud orientale dell'area comunale di Campogalliano.

In detta zona infatti la profondità del substrato prepliocenico presenta le profondità relative minori attestandosi a -3 km dal pc ed i depositi che lo sovrastano sono costituiti dalle sequenze prevalentemente ghiaioso sabbiose della conoide del Secchia.

Tali condizioni conferiscono al settore di territorio in oggetto amplificazioni relative inferiori. A riscontro di quanto esposto concorrono i valori di amplificazione maggiori delle zone occidentali nelle quali il substrato prepliocenico, successivamente a due linee di sovrascorrimento orientate sud ovest – nord est, che delimitano il fronte settentrionale occidentale delle Pieghe Romagnole, si approfondisce rapidamente a -6,5 ÷ -7 km dal piano campagna.

### **10.9 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $0.1 < T < 0.5$ sec**

I valori di FA.IS nell'intervallo  $0.1 < T < 0.5$  sec, evidenziano una distribuzione areale molto simile a quella dell'FA.PGA, e descrivono una fascia occidentale allungata in senso sud nord circa dal F.Secchia al confine settentrionale con valori di FA IS = 2 - 2,3; fa eccezione una striscia estesa ovest est al bordo settentrionale del territorio a nord di C.Romani - C.S.Cristoforo con FA IS = 1,8 ÷ 1,9. Le zone di minimo relativo con FA IS = 1,7 ÷ 1,8 caratterizzano la fascia centro orientale - orientale dell'area comunale dall'A1 a Via Nacmani - Via Vecchia. In tale zona a meridione di Stradello della Rondine ad ovest di via Pastore e sino a C.- Cavedoni, si riscontrano minimi relativi con FA IS = 1,4 ÷ 1,6 . Analoghi minimi si rilevano a sud est dello svincolo Autosole/Autobrennero.

Per quanto riguarda il capoluogo si riscontrano i valori relativi maggiori con FA IS = 2 nella propaggine più occidentale dell'urbanizzato ad ovest di Via Canale di Carpi, valori di FA IS = 1,9 tra detta Via e V.le Martiri della Libertà, valori di FA IS = 1,8 tra quest'ultimo e Strada della Croce - Via Pio la Torre - Via Rustichelli, valori di FA IS = 1,7 nella zona sede del campo sportivo ed area produttiva a sud di Strada della Croce.

### **10.10 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.1 < T < 0.3$ sec e $0.3 < T < 0.5$ sec**

In funzione delle tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale sono state elaborate le analisi relative agli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a 3 ÷ 4 piani per le strutture a telaio in c.a. e sino a 4 ÷ 5 piani per gli edifici in muratura, che sono caratterizzati principalmente dai periodi  $0,1 < T < 0,3$  sec. Sono inoltre state individuate le parametrizzazioni delle zone per gli intervalli dei periodi nei quali rientrano le strutture di tipo produttivo, gli edifici a telaio in c.a sino a 5 ÷ 6 piani, contraddistinti prevalentemente dai periodi  $0,3 < T < 0,5$  sec.

Dette suddivisioni dei campi di periodo principale assumono particolare significato nel contesto delle previsioni di sviluppo urbanistico poiché consentono di indirizzare le scelte per la destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo  $0,1 < T < 0,3$  sec sono inferiori. Analogamente tale criterio di preferenzialità per i valori di FA IS minori nell'intervallo  $0,3 < T < 0,5$  sec è significativo per le destinazioni di parti del territorio ad uso produttivo.

La discretizzazione degli intervalli sopraindicati è inoltre di sostanziale ausilio nella valutazione del grado di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente.

**10.11 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo  $0.1 < T < 0.3$  sec**

La distribuzione generale dei valori di FA IS in tale intervallo denota andamento concordante con quello dei valori di FA PGA, evidenziando valori di amplificazione relativi maggiori nelle fasce occidentali con FA IS =  $1,8 \div 2$  e settentrionali con FA IS =  $1,7 \div 1,8$ .

La zona centrale – centro orientale e meridionale è contraddistinta dai valori relativi inferiori corrispondenti ad FA IS =  $1,5 \div 1,6$ , con minimi di FA IS =  $1,3 \div 1,4$  nell'area orientale centrale compresa tra Via del Pastore – Stradello Rondine . Caseificio/C.Polacci – C.Roncaglia.

Per quanto riguarda il Capoluogo si rilevano i valori relativi maggiori: FA IS = 1,6, nella propaggine più occidentale dell'urbanizzato: ovest di Via Antonio Vivaldi e nel settore orientale ad est di Via Dallari – Via Che Guevara – Via Rustichelli.

Nelle aree comprese tra queste ultime e Via A.Vivaldi – si hanno valori inferiori corrispondenti ad FA IS = 1,5.

**10.12 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo  $0.3 < T < 0.5$  sec**

La distribuzione territoriale delle zone interessate dai valori relativi maggiori di amplificazione con FA IS =  $2,3 \div 2,6/2,7$  asseconda quella di FA PGA evidenziando che aree con tali caratteristiche contraddistinguono la fascia occidentale meridionale: aree ad ovest di Strada Dell'Albone ed a sud del Canale di Calvetro, e più a settentrione la zona compresa tra Strada della Bastiglia – Canale di Carpi – Strada Chiesa di Panzano.

Per quanto riguarda l'area a cui appartiene il Capoluogo si riscontrano i valori relativi maggiori con FA IS = 2,3 nel settore nord occidentale tra Via Ometto – Via A.Vivaldi – Via S.Martino – incrocio Via di Vittorio/Via Ruggiero Greco, intersezione Via Dugaro/Strada Vandelli, nel quale ricade l'area a destinazione produttiva nord ovest di Campogalliano.

La parte di Capoluogo circa compresa tra il sopradescritto allineamento e l'Autostrada del Brennero è contraddistinta da FA IS =  $1,9 \div 2,1$ . A sud del campo sportivo, sino a mezzavia tra Via Magnagallo e Strada della Croce si riscontra FA IS = 1,8. Analoghi valori si rilevano ad est dell'Autobrennero con minimi relativi di FA IS = 1,7 tra Via del Pastore – C.Cavedoni – C.Tavernani. A quest'ultimo areale appartiene la zona produttiva ad oriente dell'Autobrennero contraddistinta da FA.IS. = 1.7 - 1.8.

**10.13 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo  $0.5 < T < 1.0$  sec**

La distribuzione dei valori di amplificazione relativi maggiori indica un sensibile grado di corrispondenza con le caratteristiche locali del substrato preplioceno, contraddistinto

dalla presenza nel sottosuolo di una linea di sovrascorrimento orientata sud ovest – nord est che delimita il fronte settentrionale occidentale delle Pieghe Romagnole.

I valori di amplificazione maggiori:  $FA IS = 2,2 \div 2,3/2,5$ , descrivono una fascia con larghezza di  $1,2 \div 1,4$  km orientata sud ovest – nord est, circa dalla zona dei Laghi di Curiel al settore occidentale e centrale dell'area urbana del capoluogo (ovest di Via Lelli – Via Turchi) all'intersezione Autobrennero/Via 25 Luglio e successivamente a quest'ultima si orienta ovest est dirigendosi al confine orientale comunale assecondando l'andamento di Via Vandelli.

Le parti di territorio a nord ovest ed a sud est di detta fascia sono generalmente contraddistinte da  $FA IS = 1,7 \div 1,9$  ad eccezione della zona nord orientale, ad est dell'Autobrennero ed a nord di Via Vandelli nella quale  $FA IS = 2 \div 2,2$ .

#### **10.14 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0,9 < T < 1,2$ sec e $1,2 < T < 2$ sec**

La distribuzione dei valori dei fattori di amplificazione relativi maggiori corrisponde a quella evidenziata nell'intervallo  $0,5 < T < 1,0$  sec, evidenziando la presenza della fascia orientata sud ovest – nord est dai Laghi di Curiel a Via Lelli/Via Turchi ad intersezione A22/Via 25 Luglio, intersezione Via Vandelli/ confine comunale est.

I valori di  $FA IS$  nell'intervallo  $0,9 < T < 1,2$  sono praticamente equivalenti a quelli dell'intervallo  $0,5 < T < 1,0$  sec e corrispondono ad  $FA IS = 2,3 \div 2,5$ ; per i periodi più elevati:  $1,2 < T < 2$  sec, si riscontrano valori relativi inferiori equivalenti ad  $FA IS = 1,7 \div 1,8$  che si attenuano attestandosi ad  $FA IS = 1,6$  in prossimità del confine occidentale meridionale.

**STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO**

**Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI**

**BIBLIOGRAFIA**

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 202 SAN GIOVANNI IN PERSICETO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F.C. MOLINARI, M.PIZZOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 201 MODENA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, M. PIZZOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 220 CASALECCHIO DI RENO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di L.MARTELLI, A.BERNINI, M.T.De NARDO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2005) alla scala 1:50.000, foglio 219 SASSUOLO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, F.PANINI, G.BETTCELLI, M.PIZZOLO.
- 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.  
<http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/>
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011) . BDM11, *la versione 2011 del Database Microsismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.inq.vt/DBM11>
- 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://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)
- 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.regioneemilia-romagna.it/geologia/>
- MELETTI C. e VALENSISE G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004). *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003*". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- BOCCALETTI M. – MARTELLI L. – AA.VV. (2004) – Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze  
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.
- L.MARTELLI, A.MANICARDI, G.P. MAZZETTI, C. UGOLETTI. (2009). PTCP MODENA carte della sicurezza del territorio, riduzione del rischio sismico, carte delle aree suscettibili di effetti locali.
- A. CAMPISI, M. GUERRA, F. MANENTI, L. MARTELLI, G. P. MAZZETTI (2007) PTCP DI REGGIO EMILIA: rappresentazione della pericolosità sismica locale provinciale e indirizzi per la pianificazione comunale, 26° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Novembre
- MOLINARI F.C. – BOLDRINI G. et ALII (2007) – Risorse Idriche Sotterranee della provincia di Ferrara; DB MAP, Firenze.
- G.P. MAZZETTI (2006), Evoluzione geologica del territorio reggiano., pp. 8-20 in "Una Provincia allo Specchio: Reggio Emilia"; Telesio Editrice, Carnate, Milano.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnuovo ne' Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- SERVIZIO TECNICO DEI BACINI ENZA E SECCHIA (2005) – Stratigrafie catasto pozzi, dati non pubblicati
- G. GASPARINI (2006) – Studio Geologico Quadro Conoscitivo PSC, dati non pubblicati
- AA.VV. (1970-1980) – Rapporti ed indagini geognostiche sul territorio di Campogalliano MO. Documenti inediti.
- M. PANIZZA ET ALII (1978). Geomorfologia dell'area circostante la Pietra di Bismantova; Servizio Geologico d'Italia, vol. XCVII, C.N.R.
- G.P. MAZZETTI- NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospection, Atti 4<sup>th</sup> European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni – BO.
- DI DIO G. et ALII (1998) - Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna S.E.L.C.A. Firenze
- SCANDONE P. et ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- MAZZETTI G.P. – POZZI P. (1993) – Studio di compatibilità ambientale fisica per la locazione di un impianto di scarico controllato in zone pianiziali – Discarica Intercomunale di Novellara (RE) – Atti 8° convegno Nazionale C.N.G.
- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- MAZZETTI G.P. (1983) – studio geologico ambientale del comprensorio di media pianura Carpi – Correggio, Regione Emilia Romagna.
- AGIP (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain. Italy - C.N.R.
- BOSELLINI A. (1981) - The emile fault. A jurassic fracture zone that evolved into a Cretaceous Paleogene sinistral wrench fault. Boll. Soc. Geol. It.
- FERRARI G - POSTPISCHL D.(1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. BO
- C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Public. N° 361 ESA Editrice - Roma.
- C.N.R. (1979) - Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma
- IST. GEOL. UNIV. MO (1978) - Metodologie e primi risultati di neotettonica nel modenese e territori limitrofi. Mem. Soc. Geol. It.
- CASTANY G. (1976) – Traitè pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris.
- VANDENBERG J. & WONDERS A.A.H. (1976) - Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-Basin. Tecnophysics.
- VEGGIANI A. (1974) – Le variazioni idrografiche del basso corso del fiume Po negli ultimi 3.000 anni. Padusa Riv. C. Palesano St. Stor. Arch. E Etr.. Rovigo.
- ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI
- AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta.-Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI
- LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell'Appennino Settentrionale. Riv geografia It, 56 (2)