



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

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

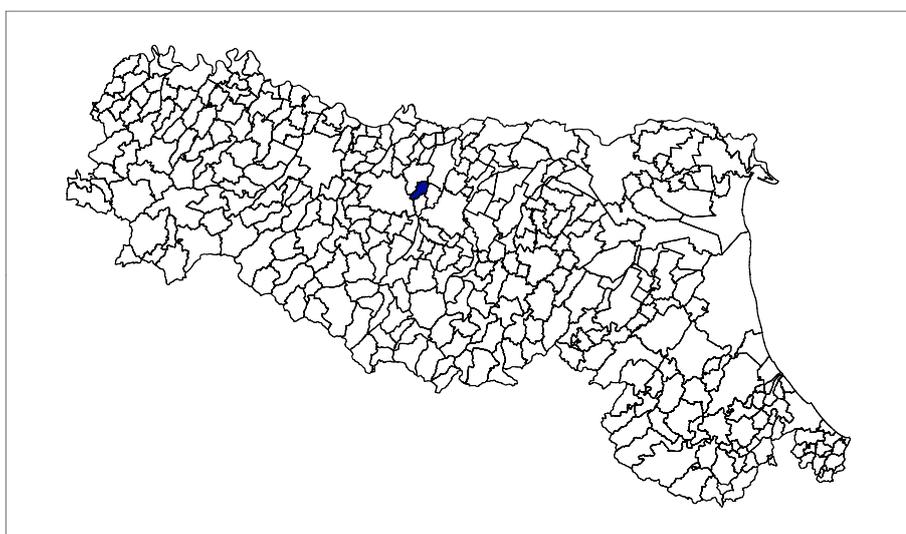
MICROZONAZIONE SISMICA

Microzonazione sismica

Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di San Martino in Rio



<p>Regione Emilia Romagna</p> <p><i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 4007/2012.</i></p> <p><i>Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico</i> Luca Martelli</p>	<p>Soggetto realizzatore Studio Geologico CENTROGEO</p> <p><i>Progetto:</i> Gian Pietro Mazzetti</p> <p><i>Collaboratori:</i> Stefano Gilli, Andrea Arbizzi, Mauro Mazzetti</p> <p><i>Elaborazioni GIS:</i> Studio Benaglia Professionisti Associati Corrado Ugoletti</p>	<p>Amministrazione comunale</p> <p><i>Sindaco:</i> Paolo Fuccio</p> <p><i>Assessore all'Urbanistica:</i> Luisa Ferrari</p> <p><i>Responsabile Servizio Patrimonio e Ambiente:</i> Fabio Testi</p> <table border="1" data-bbox="1023 2011 1469 2107"> <tr> <td data-bbox="1023 2011 1251 2107"> <p>Data Giugno 2016</p> </td> <td data-bbox="1251 2011 1469 2107"></td> </tr> </table>	<p>Data Giugno 2016</p>	
<p>Data Giugno 2016</p>				

Provincia di Reggio Emilia
comune di San Martino in Rio
MICROZONAZIONE SISMICA
MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE
GEOLOGICO TECNICA E SISMICA
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	1
1.1	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	2
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	3
2.1	Pericolosità sismica - Definizione del moto di riferimento.....	13
3	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	15
3.1	Caratteri sismotettonici.....	21
3.2	Attività tettonica.....	23
3.3	Subsidenza.....	25
3.4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	27
3.5	Caratteri Geomorfoloici.....	27
3.6	IDROGEOLOGIA.....	30
3.6.1	Idrografia di superficie.....	30
3.6.2	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	32
3.6.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	33
3.6.4	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	33
3.7	Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale.....	36
3.7.1	Piezometria dell'acquifero freatico.....	38
3.7.2	Isopieze dell'acquifero.....	38
3.7.3	Soggiacenza Acquifero freatico.....	39
3.7.4	Identificazione temporale del sistema Idrogeologico.....	39
3.7.5	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	40
4	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	41
4.1	Carta geologico tecnica.....	41
4.2	Caratteristiche litotecniche.....	42
4.3	Successioni Litotecniche.....	43
5	MODELLI GEOTECNICI.....	45
5.1	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	47
INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	50	
5.2	Microtremori con la tecnica HVSR.....	50
5.3	Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. e passiva/attiva Re.Mi./MASW.....	51
6	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	53
6.1	Carta delle indagini.....	53
6.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	54
6.3	Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido; bedrock sismico.....	55
6.4	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	56
6.4.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	57
6.5	Zone a comportamento sismico equivalente.....	67
7	SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	68
7.1	Carta delle nuove indagini.....	68
7.2	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	68
7.3	Carte dei fattori di amplificazione - microzonazione sismica.....	69
7.4	Definizione degli input sismici.....	70
7.5	Calcolo degli effetti di sito.....	71
7.6	Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	73
7.7	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FAPGA.....	76
7.8	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	76
7.9	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.1<T<0.3 sec.....	77
7.10	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 0.3<T<0.5 sec.....	77
7.11	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.1<T<0.5 sec.....	78
7.12	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.5<T<1.0 sec.....	78
7.13	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo 1.0<T<1.5 sec.....	78
8	CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI.....	80

ELABORATI

Tav. 1.1	Carta delle indagini pregresse e nuove	1:10.000
Tav. 1.2	Carta geologico - tecnica	1:10.000
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche Ovest – Est	1:25.000/1:1.000
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche Sud - Nord	1:25.000/1:1.000
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 delle sabbie e del substrato a comportamento rigido	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	Carta di microzonazione sismica Livello 3 - FA PGA	1:10.000
Tav. 3.2	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,1 – 0,3 sec	1:10.000
Tav. 3.3	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 3.4	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,3 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 3.5	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
Tav. 3.6	Carta di microzonazione sismica Livello 3 FA IS 1,0 – 1,5 sec	1:10.000
Tav. 4.0	Carta Sovrapposizione MOPS - CLE	1:10.000
Tav. 4.1	Carta di sovrapposizione CLE - FA PGA	1:10.000
Tav. 4.2	Carta di sovrapposizione CLE - FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 4.3	Carta di sovrapposizione CLE - FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000

ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione

Indagini geognostiche e geofisiche pregresse

1 INTRODUZIONE

L'analisi delle condizioni di sicurezza in funzione del comportamento dei terreni durante un evento sismico e dei conseguenti possibili effetti locali, del territorio comunale di San Martino in Rio (R.E.) è stata sviluppata mediante studi di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica e della pericolosità sismica di base – azione sismica. Tale disamina, finalizzata alla mitigazione del rischio sismico, è stata indirizzata all'esame delle zone sede del territorio urbanizzato, di prevista urbanizzazione e di un loro adeguato intorno, del patrimonio edilizio esistente, delle fasce interessate dalle principali infrastrutture.

Le analisi di microzonazione sismica, realizzate con i contributi di cui all'OPCM 4007/2012, sono state effettuate in conformità alla Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n° 1302/2012, "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Le sopra indicate disamine sono inoltre state sviluppate in riferimento ai dettati delle leggi nazionali, D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. n° 30483 del 24/09/88; L.R. 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 Reggio Emilia, D.M. 14-01-2008, Delibera Assemblea Legislativa R.E.R. n°112 del 02/05/2007.

Le valutazioni del tipo di risentimento sismico atteso nelle varie zone del territorio comunale sono state redatte in funzione delle condizioni geologico strutturali e delle tipologie dei processi morfogenetici che hanno costituito il territorio.

La determinazione della pericolosità sismica dell'area del Comune di San Martino in Rio è stata sviluppata mediante l'elaborazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di secondo e di terzo livello, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, in riferimento alle indicazioni contenute nelle sopraccitate DGR 1302/2012, DAL 112/2007, "I.C.M.S." indirizzi del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Detti elaborati, propedeutici all'elaborazione del PSC, rappresentano uno strumento utile per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità sismica e valutazioni per la priorità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente.

Gli elaborati cartografici redatti sono pertanto relativi, agli ambiti di interesse per la pianificazione a scala comunale.

Tali disamine sono state sviluppate mediante rilevamenti ed indagini dirette che hanno integrato ed approfondito quelle precedentemente eseguite nel contesto delle analisi effettuate negli studi del P.T.C.P. di Reggio Emilia relativi alla cartografia per la riduzione del rischio sismico: Carta Degli Effetti Attesi (Tav.P9a: 183 SO) sono inoltre state utilizzate le tavole ed elaborazioni del Documento Preliminare del Quadro Conoscitivo del PSC di San Martino in Rio 2009 (*Centrogeo Correggio RE*).

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di San Martino in Rio, RE**, Determina Dirigenziale del 20/11/2012 n° 305/2012 del III Settore patrimonio e ambiente *Ing. Fabio Testi*.

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza di San Martino in Rio, è stata sviluppata in coordinamento con *il Servizio Geologico, Sismico e dei suoli, Dr. Luca Martelli ed Ing. Maria Romani, Regione Emilia Romagna* e con *il Settore Assetto ed uso del territorio del Comune di San Martino in Rio, Ing. Fabio Testi*.

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

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

1.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il territorio comunale di **San Martino in Rio** appartiene al settore orientale della tavoletta *S.MARTINO IN RIO II SO*, del F° REGGIO NELL'EMILIA N° 74 I.G.M. zona 32 T quadrato PQ.

L'area comunale si estende prevalentemente in senso sud sud ovest – nord nord est, con superficie di 2265 ha ed è delimitata dai meridiani, sistema U.T.M. (datum ED50):

637500 – 644500

e dai paralleli:

4949000 – 4957000.

La conformazione della superficie dei terreni, riportata nella carta Geologico Tecnica Tav 1.2 in curve di livello in m s.l.m, è stata estratta dalla cartografia della Provincia di Reggio Emilia: "*Carta Topografica in scala 1:25.000 dell'Emilia Romagna*".

Dal punto di vista altimetrico i terreni sono compresi circa tra 46 e 32 m s.l.m. e le pendenze oscillano mediamente tra 2 ÷ 5‰, declinando territorialmente in direttrice sud sud ovest – nord nord est.

Il territorio è caratterizzato da andamento pianeggiante, blandamente ondulato in senso ovest – est, con graduale diminuzione delle quote e delle pendenze della zona meridionale a quella nord orientale.

Sono inoltre presenti assetti a dosso, da mediamente a debolmente pronunciati, che si estendono in direzione sud sud ovest – nord nord est, osservabili sia al confine nord occidentale che nord orientale e meridionale centrale del territorio comunale.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

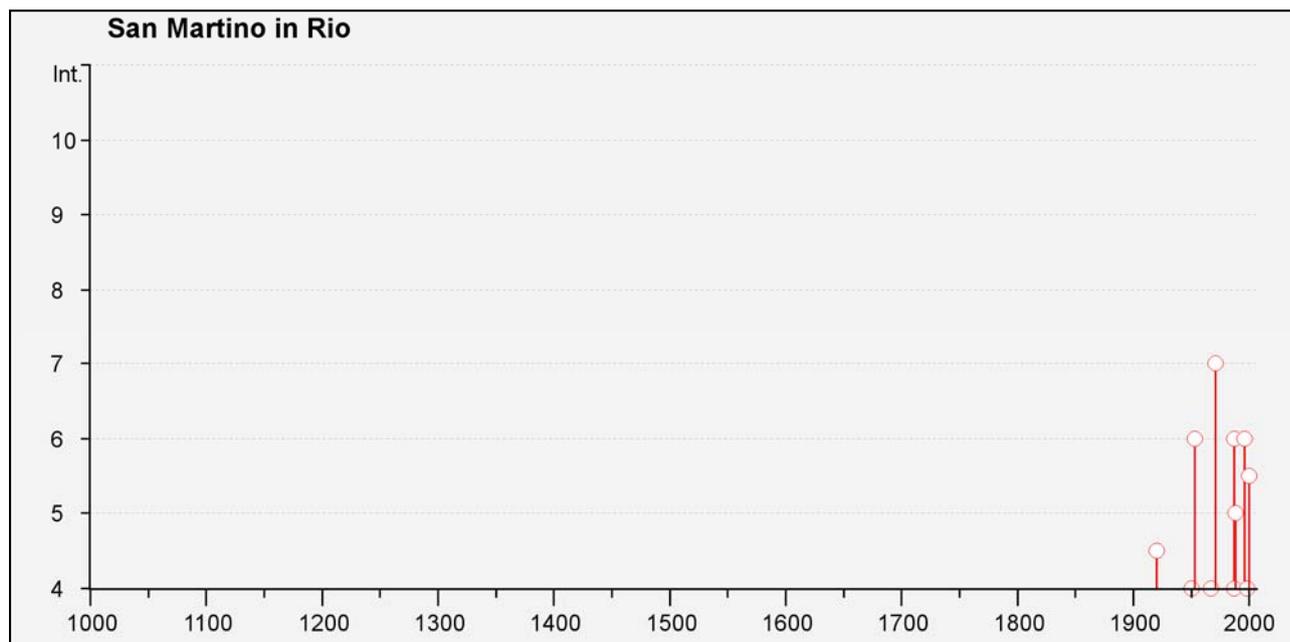
La sismicità del territorio, prevalentemente correlata alle strutture geologiche superficiali (primi 15 km) e di media profondità (15 ÷ 25 km), è collegata a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, mentre sono nettamente secondari e subordinati i meccanismi focali distensivi.

Nell'ambito territoriale al quale appartiene San Martino in Rio e zone ad esso adiacenti, il *Database Macrosismico Italiano DBMI11* (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), utilizzato per la compilazione del *catalogo parametrico CPTI11* (Gruppo di lavoro CPTI, 2011 – INGV, Bologna), documenta eventi sismici giungenti al 7° grado della Scala Mercalli - Cancani – Sieberg, con intensità variabile tra $M_w = 4,8 \div 5,6$, Correggio – Novellara – Bagnolo in Piano, $M_w = 5,9$ Mirandola – Finale Emilia, $M_w > 5,5$ Rubiera.

I principali eventi registrati nel territorio in analisi ed al suo intorno, sono riportati nelle tabelle di seguito esposte:

Storia sismica di San Martino in Rio
Numero di eventi: 16

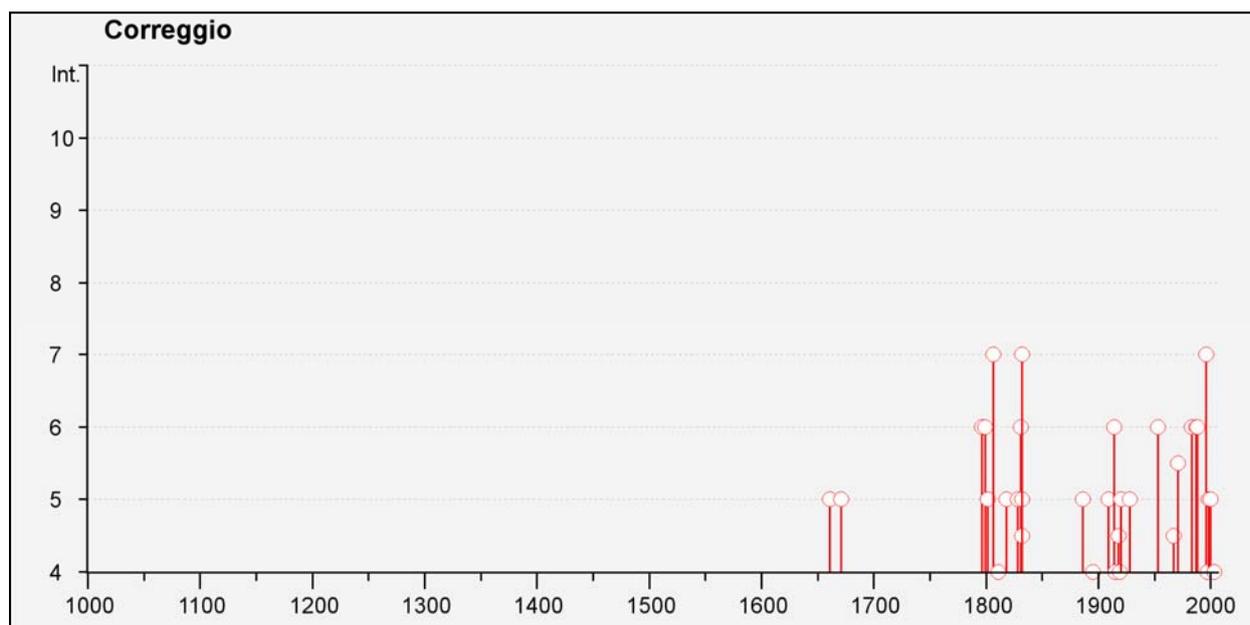
Effetti	In occasione del terremoto del:				
[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
4-5	1920.09.07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ± 0.09
4	1950.05.06 03:43	Reggiano	4	4	4.25 ± 0.25
6	1953.08.22 05:26	Reggiano	6	6	4.77 ± 1.00
3-4	1957.08.27 11:54	ZOCCA	58	5	4.65 ± 0.21
4	1967.04.03 16:36	Reggiano	47	5-6	4.69 ± 0.19
7	1971.07.15 01:33	Parmense	229	8	5.64 ± 0.09
NF	1984.04.29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ± 0.09
NF	1986.12.06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ± 0.10
6	1987.05.02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ± 0.09
4	1987.05.08 11:10	Bassa modenese	17	6	4.57 ± 0.23
5	1988.03.15 12:03	Reggiano	160	6	4.66 ± 0.12
NF	1995.10.10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ± 0.09
6	1996.10.15 09:56	Correggio	135	7	5.41 ± 0.09
3-4	1997.05.12 22:13	Reggiano	56	4-5	4.22 ± 0.27
4	1998.02.21 02:21	Reggiano	104	5	4.34 ± 0.17
5-6	2000.06.18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ± 0.09



Storia sismica di Correggio
Numero di eventi: 53

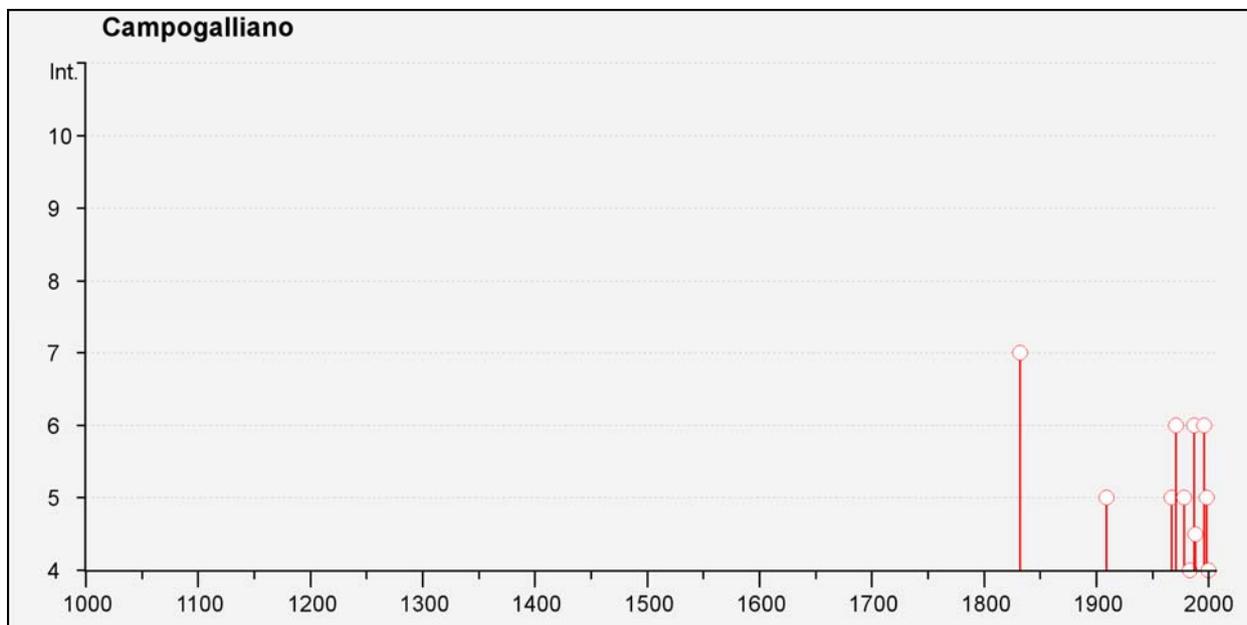
Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
NR	1591 05 24	REGGIO EMILIA	4	6	4.72 ±0.34
5	1661 03 21 23:00	Modenese	4	6-7	4.93 ±0.34
5	1661 03 22 12:50	Appennino romagnolo	79	9	6.09 ±0.16
5	1671 06 20 10:00	Modena-Reggio Emilia	8	7	5.25 ±0.72
6	1796 10 22 04:00	Emilia orientale	27	7	5.61 ±0.36
6	1799 02 22 05:45	Correggio (RE)	2	5	4.30 ±0.34
5	1801 10 08 07:52	Bologna	6	6	5.07 ±0.83
3	1802 05 12 09:00	VALLE DELL'OGLIO	85	8	5.64 ±0.22
7	1806 02 12	NOVELLARA	28	7	5.19 ±0.39
4	1811 07 15 22:44	SASSUOLO	21	6-7	5.25 ±0.40
5	1818 12 09 18:55	Parmense	26	7	5.28 ±0.35
5	1828 10 09 02:20	Valle Staffora	114	8	5.76 ±0.15
F	1831 07 14 15:30	Reggiano	8	5-6	4.69 ±0.44
6	1831 09 11 18:15	Reggiano	25	7-8	5.54 ±0.32
5	1832 03 11 06:45	Carpì (MO)	14	5	4.80 ±0.37
4-5	1832 03 11 08:45	Reggiano	14		
7	1832 03 13 03:30	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
F	1834 02 14 13:15	Valle del Taro-Lunigiana	112	9	5.83 ±0.15
F	1834 07 04 00:45	Lunigiana-Parmense	24		
3	1834 10 04 19:00	Bolognese	12	6	4.85 ±0.43
F	1837 04 11 17:00	Alpi Apuane	60	9	5.81 ±0.20
5	1886 10 15 02:20	COLLECCHIO	44	6	4.70 ±0.24
F	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
F	1891 06 07 01:06	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.86 ±0.06
3-4	1894 11 27 05:07	FRANCIACORTA	183	6	5.07 ±0.10
4	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
3-4	1913 11 25 20:55	Val di Taro	73	4-5	4.84 ±0.20
6	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
4	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6	5.02 ±0.22
4-5	1918 05 06 08:05	Reggiano	8	5-6	4.52 ±0.69
4	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
5	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
3	1923 06 28 15:11	FORMIGINE	22	6	4.88 ±0.24
5	1928 06 13 08:00	CARPI	35	6	4.78 ±0.23
3	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7	5.08 ±0.16
6	1953 08 22 05:26	Reggiano	6	6	4.77 ±1.00
NF	1965 11 09 15:35	ALTA V. SECCHIA	32	5	4.74 ±0.25
4-5	1967 04 03 16:36	Reggiano	47	5-6	4.69 ±0.19
5-6	1971 09 11 23:18	Correggio	15	5	4.23 ±0.31
6	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
2	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
6	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12
3	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
7	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
4	1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
5	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
3-4	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6	5.29 ±0.09
5	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09
4	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09



Storia sismica di Campogalliano
Numero di eventi: 17

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
7	1832 03 13 03:30	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
5	1967 04 03 16:36	Reggiano	47	5-6	4.69 ±0.19
6	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8	5.64 ±0.09
5	1978 12 25 22:53	Bassa mantovana	28	5	4.22 ±0.22
4	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
2-3	1987 05 08 11:10	Bassa modenese	17	6	4.57 ±0.23
4-5	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12
NF	1992 04 17 11:59	Monteveglia	56	4-5	4.32 ±0.18
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
6	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
3	1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
5	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
4	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09
NF	2002 11 13 10:48	Franciacorta	770	5-6	4.29 ±0.09



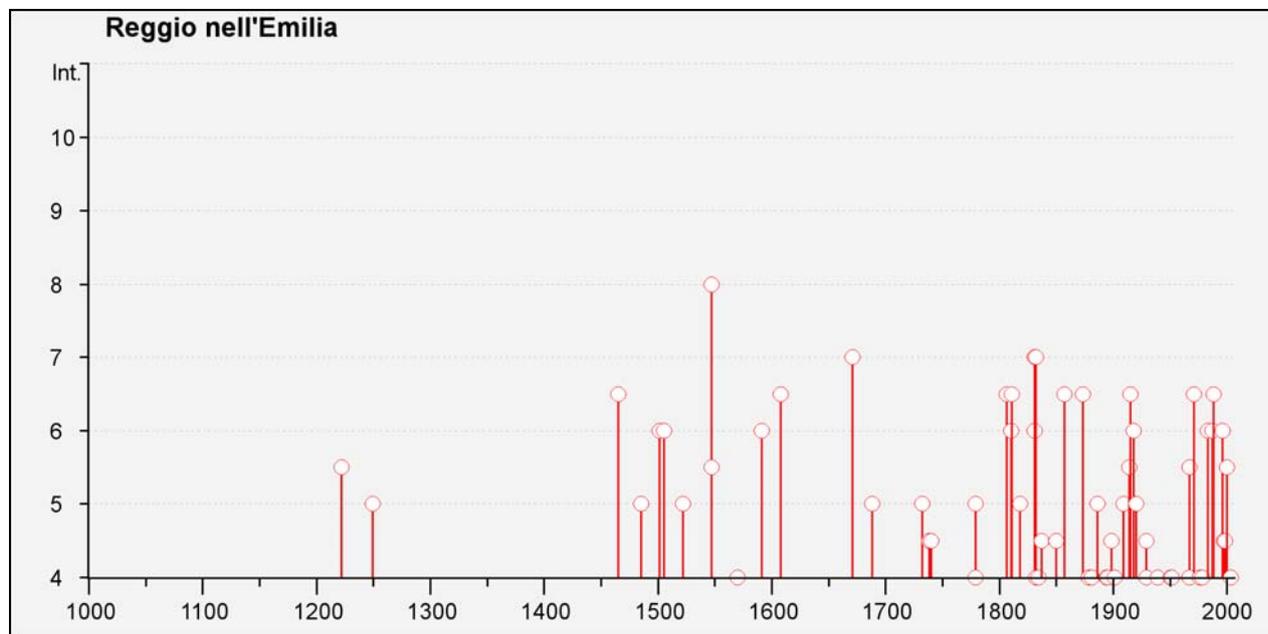
Storia sismica di Reggio nell'Emilia

Numero di eventi: 105

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
5-6	1222 12 25 12:30	Basso Bresciano	18	7-8	5.84 ±0.56
5	1249 09	Modena	4	6-7	4.93 ±0.34
NR	1323 02 25 19:00	Bologna	5	5	4.30 ±0.34
F	1346 02 22 11:00	Ferrara	5	6-7	4.93 ±0.34
F	1348 01 25 15:30	Carinzia	58	9-10	7.02 ±0.18
NR	1383 07 24 20:00	PARMA	7	4-5	4.09 ±0.34
NR	1409 11 15 11:15	Parma	5	7	5.14 ±0.34
NR	1438 06 11 02:00	Parmense	10	8	5.57 ±0.34
6-7	1465 04 07 15:30	Pianura Padana	11	5-6	4.51 ±0.34
NR	1474 03 11 20:30	MODENA	12	5	4.30 ±0.34
5	1485 09 01	PADOVA	4	5	4.30 ±0.87
6	1501 06 05 10:00	Appennino modenese	20	9	5.98 ±0.32
6	1505 01 03 02:00	Bolognese	31	8	5.57 ±0.25
5	1522 10 05 00:10	Pianura Padana	6	5	4.80 ±0.54
8	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	13	7	5.14 ±0.34
5-6	1547 03 24	Reggio Emilia	1		
4	1570 11 17 19:10	Ferrara	60	7-8	5.46 ±0.25
6	1591 05 24	REGGIO EMILIA	4	6	4.72 ±0.34
6-7	1608 01 06 22:20	Reggio Emilia	2	5-6	4.51 ±0.34
F	1624 03 19 19:45	Argenta	18	7-8	5.47 ±0.49
7	1671 06 20 10:00	Modena-Reggio Emilia	8	7	5.25 ±0.72
5	1688 04 11 12:20	Romagna	39	8-9	5.78 ±0.35
F	1695 02 25 05:30	Asolano	82	10	6.48 ±0.18
5	1732 02 04 18:20	Parma	9	5-6	4.65 ±0.41
4-5	1738 11 05 00:30	PARMA	10	7	5.14 ±0.34
4-5	1740 03 06 05:15	GARFAGNANA	31	7	5.24 ±0.35
5	1779 07 14 19:30	Bolognese	17		
4	1779 11 23 18:30	Bolognese	14	5	4.99 ±0.31
F	1779 12 24 17:00	Pistoiese	9	5-6	4.64 ±0.39
6-7	1806 02 12	NOVELLARA	28	7	5.19 ±0.39
6	1810 12 25 00:45	NOVELLARA	33	6	5.29 ±0.22
6-7	1811 07 15 22:44	SASSUOLO	21	6-7	5.25 ±0.40
5	1818 12 09 18:55	Parmense	26	7	5.28 ±0.35
6	1831 07 14 15:30	Reggiano	8	5-6	4.69 ±0.44
7	1831 09 11 18:15	Reggiano	25	7-8	5.54 ±0.32
4	1832 03 11 06:45	Carpi (MO)	14	5	4.80 ±0.37
4	1832 03 11 08:45	Reggiano	14		
7	1832 03 13 03:30	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
4	1834 02 14 13:15	Valle del Taro-Lunigiana	112	9	5.83 ±0.15
4	1834 07 04 00:45	Lunigiana-Parmense	24		
4-5	1837 04 11 17:00	Alpi Apuane	60	9	5.81 ±0.20
NR	1841 10 15 22:00	SANGUINETTO	19	5	4.19 ±0.44
F	1843 10 25 03:30	Mugello	17	6-7	5.12 ±0.29
4-5	1850 09 18 06:20	Modenese	7	5	4.30 ±0.34
6-7	1857 02 01	PARMENSE	22	6-7	5.09 ±0.25

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
3	1864 03 15	ZOCCA	13	6-7	4.90 ±0.71
F	1870 10 30 18:34	Romagna	41	8	5.58 ±0.27
6-7	1873 05 16 19:35	REGGIANO	15	6-7	5.09 ±0.59
2-3	1874 10 07	IMOLESE	60	7	5.02 ±0.18
2	1875 03 17 23:51	Romagna sud-orientale	144		5.93 ±0.16
4	1878 03 12 21:36	Bolognese	31	6	5.06 ±0.30
4	1881 01 24 16:14	Bolognese	38	7	5.16 ±0.30
3	1881 01 25 07:06	Bolognese	18		
2	1881 02 14 09:00	Bolognese	21		
3-4	1885 02 26 20:48	SCANDIANO	78	6	5.19 ±0.15
5	1886 10 15 02:20	COLLECCHIO	44	6	4.70 ±0.24
3-4	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
3	1889 03 08 02:57	Bolognese	38	5	4.73 ±0.22
F	1891 06 07 01:06	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.86 ±0.06
4	1894 11 27 05:07	FRANCIACORTA	183	6	5.07 ±0.10
2-3	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
4	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08
4-5	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
4	1901 10 30 14:49	Salò	190	8	5.70 ±0.10
F	1904 02 25 18:47	Reggiano	62	6	5.05 ±0.18
F	1904 06 10 11:15	Frignano	102	6	5.03 ±0.18
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
3	1913 11 25 20:55	Val di Taro	73	4-5	4.84 ±0.20
5-6	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
6-7	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6	5.02 ±0.22
F	1916 05 17 12:49	Alto Adriatico	132		5.95 ±0.14
6	1918 05 06 08:05	Reggiano	8	5-6	4.52 ±0.69
3	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
5	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
3	1929 04 10 05:43	Bolognese	87	7	5.03 ±0.13
4-5	1929 04 19 04:15	Bolognese	82		
4	1929 04 20 01:09	Bolognese	109	7	5.34 ±0.13
4	1929 04 22 08:25	Bolognese	41		
4	1929 04 29 18:35	Bolognese	45		
4	1929 05 11 19:22	Bolognese	64		
4	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7	5.08 ±0.16
4	1950 05 06 03:43	Reggiano	4	4	4.25 ±0.25
4	1951 05 15 22:54	LODIGIANO	154	6-7	5.39 ±0.14
3	1963 07 19 05:45	Mar Ligure	463		6.02 ±0.14
3	1965 11 09 15:35	ALTA V. SECCHIA	32	5	4.74 ±0.25
5-6	1967 04 03 16:36	Reggiano	47	5-6	4.69 ±0.19
4	1967 12 30 04:19	BASSA PADANA	40	6	5.24 ±0.19
6-7	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8	5.64 ±0.09
4	1976 05 06 20:00	Friuli	770	9-10	6.46 ±0.09
4	1978 12 25 22:53	Bassa mantovana	28	5	4.22 ±0.22
3	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
3-4	1980 12 23 12:01	Piacentino	38	6-7	4.60 ±0.09

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
6	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
2-3	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6	4.74 ±0.09
6-7	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12
2-3	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
6	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7	5.41 ±0.09
4-5	1997 05 12 22:13	Reggiano	56	4-5	4.22 ±0.27
3	1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	6.01 ±0.09
4-5	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
3-4	1999 07 07 17:16	Frignano	32	5	4.70 ±0.09
5-6	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09
4	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6	5.29 ±0.09



(immagini e tabelle reperite dall'archivio DBMI11, consultabile al sito internet
<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>)

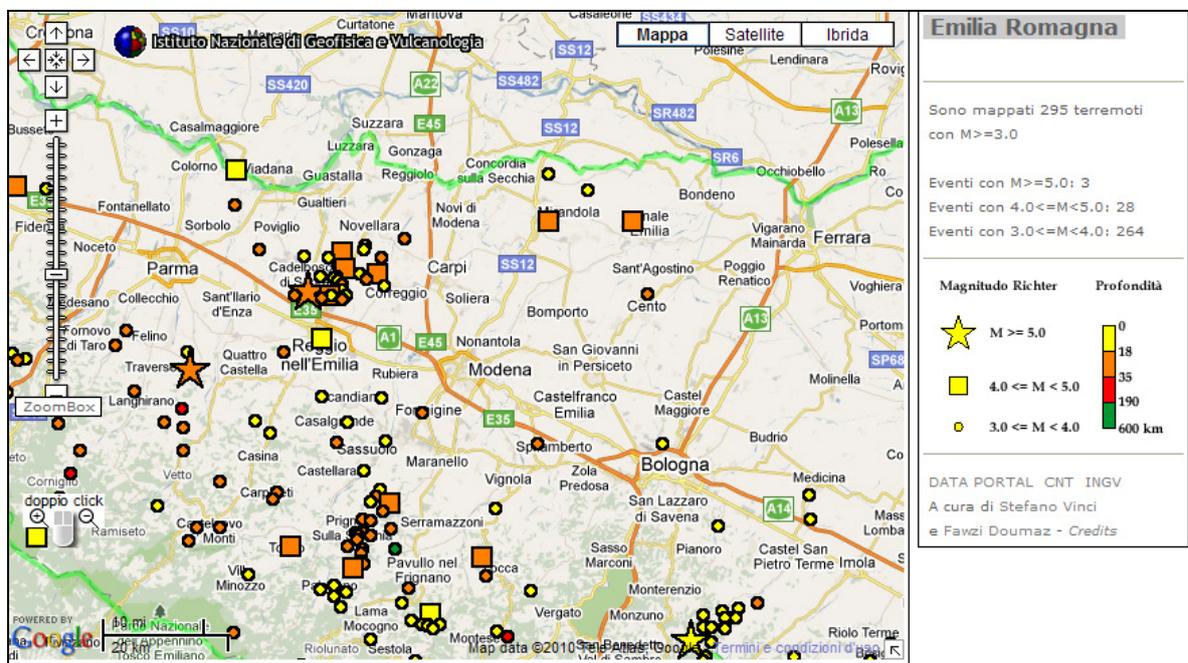
Dalle tabelle e dai grafici sopra esposti si possono ricavare le seguenti osservazioni:

- la storia sismica di San Martino in Rio ed al suo intorno (con riferimento anche al comune di Reggio Emilia) ha una buona testimonianza ed estensione temporale (il primo evento documentato risale al 1222 per il comune di Reggio Emilia)
- il grado di sismicità è di tipo medio – medio elevato con intensità massime percepite equivalenti 7 grado MCS, corrispondente a magnitudo stimata in $M_w = 5.2 \div 5.4$
- le massime intensità sismiche sono state prodotte da eventi di elevata intensità sismica a piccola distanza e di tipo superficiale, mentre gli effetti di sismi ad elevata intensità e distanti contribuiscono in maniera meno rilevante
- Gli eventi sismici registrati nell'area reggiana, con maggior grado di documentazione e di affidabilità dal 1800 al 2012, relativi a sismi con intensità $I_0 = 6 - 7$, evidenziano periodi di crisi sismica di durata media di 10/15 anni che si verificano mediamente

con intervalli temporali di 30 ÷ 20 anni; di tali eventi quelli che hanno manifestato i numeri di scosse maggiori sono correlabili ai periodi:

- 1795/1810; 1830/1840; 1870/1880; 1910/1920; 1960/1970; 1985/2000.

Per i tempi precedenti al 1800, con documentazione relativa inferiore, i principali periodi di crisi sismica sono individuabili per gli anni: 1500/1510; 1545/1555; 1560/1570 (Dorsale ferrarese); 1590/1610; 1670/1690.



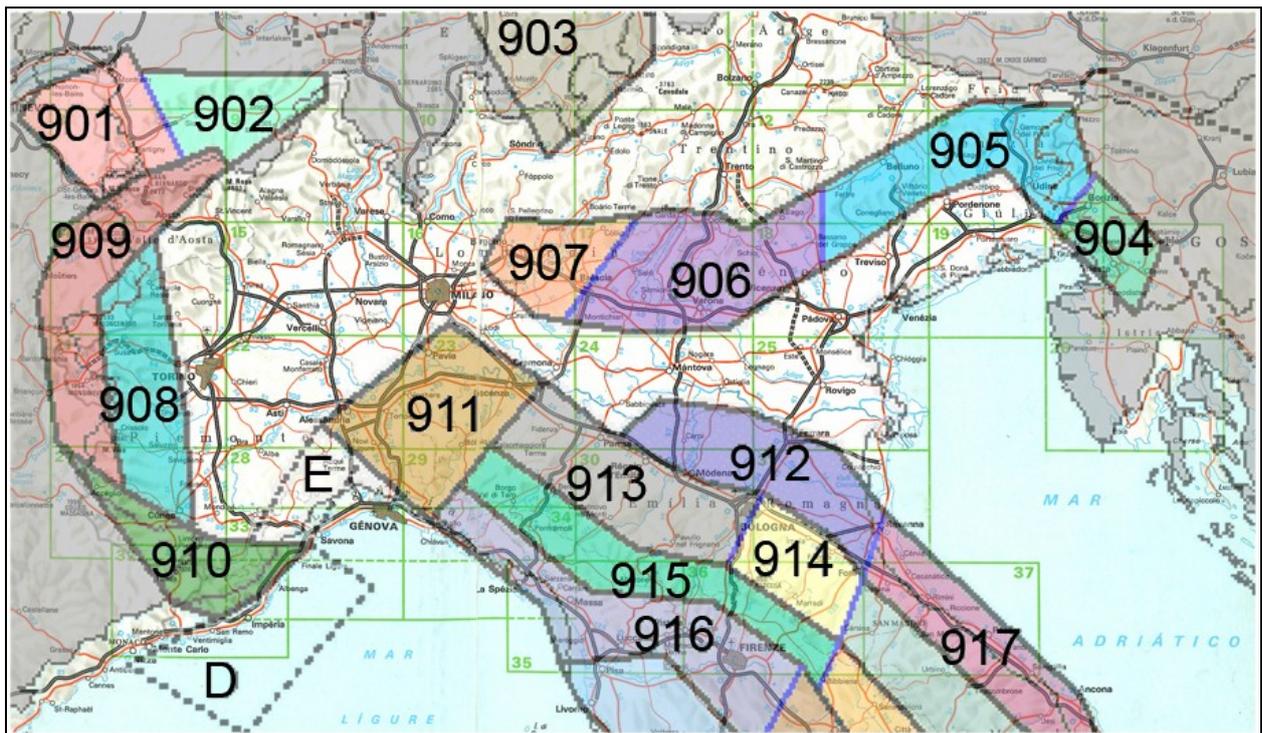
Epicentri dei principali terremoti ($M > 3$) rilevati da INGV tra il 1981 ed il 2006 nell'intorno dell'area di interesse

Risentimenti sismici locali

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di San Martino in Rio ha risentito dei massimi effetti negli eventi del 29 maggio e 3 giugno prevalentemente localizzati nel capoluogo, con 3 edifici inagibili, 8 parzialmente inagibili, 3 temporaneamente inagibili, mentre ha risentito in modo inferiore della scossa principale del 20 maggio. Storicamente gli eventi sismici che hanno determinato i risentimenti più rilevanti nel territorio di San Martino in Rio sono rappresentati dai terremoti del 1831-1832 e del 1996. Ai primi di questi, con epicentro tra Campegine e Cadelbosco di Sopra e di Sotto è attribuita $M_w = 5.48 - 5.59$. Il sisma del 1996, con $M_w = 5.41$ con epicentro poco ad ovest di S. Tommaso della Fossa – Bagnolo in Piano e profondità di -5 ± 0.3 km dal piano campagna ha indotto danni al patrimonio edilizio, caduta di comignoli e tegole, non sono attendibilmente documentati crolli di fabbricati e parti degli stessi.

Zone Sorgente

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'area comunale di San Martino in Rio alla zona sismogenetica 912, ambito di dominio dell'Arco delle Pieghe Ferraresi. Tale zona è sita ad una distanza di circa 7 km dal bordo settentrionale della zona sismogenetica 913, costituita del dominio delle Pieghe Pedeappenniniche sia Emiliane che Romagnole.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

La fascia delle Pieghe Ferraresi rappresenta la porzione più esterna della zona in compressione dell'arco appenninico ed è caratterizzata da terremoti storici che hanno raggiunto valori medio elevati - elevati di magnitudo: $M_w = 4.7/5.0 \div 5.5$ con tempi di ricorrenza dei periodi di crisi sismica di $10/20 \div 30$ anni.

Dalla documentazione della storia sismica sopra esposta si evince che il territorio di San Martino in Rio e le zone circostanti: Correggio, Novellara, Reggio Emilia, sono egualmente interessati dai meccanismi focali che si originano nell'arco delle Pieghe Ferraresi sia interne che esterne, che dall'attività sismica del margine appenninico: Successione carbonatica meso - cenozoica, successioni del basamento pretriassico, ed in modo subordinato, della sismicità della monclinale alpina.

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)

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio compreso tra Sant'Ilario D'Enza – Guastalla – Novellara – Novi di Modena – Carpi - Rubiera – Reggio Emilia, si sono originati per la percentuale maggiore nei primi 15 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale; la distribuzione degli ipocentri focali che si generano tra – 15 e – 35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

D'altra parte la sismicità crostale più profonda, ipocentri sottostanti 35 km dal piano campagna, nella pianura è decisamente inferiore e risulta caratterizzata da sismi di medio elevata magnitudo.

La riclassificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003, attribuisce il Comune di San Martino in Rio alla zona 3 con grado di sismicità equivalente ai precedenti ambiti S6, i valori delle accelerazioni orizzontali della griglia delle NTC 14/01/2008 sono congruenti con la sopra citata classificazione.

In riferimento all'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n°112/2007, alle zone sismogenetiche del territorio comunale di San Martino in Rio compete un valore di picco massimo dell'accelerazione orizzontale, corrispondente a:

$$\text{San Martino in Rio } a_{\text{gref}} = 0,158 \text{ g}$$

I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (Meletti C., Montaldo V., 2007. *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di a_g . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>), attribuiscono, alla fascia territoriale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:*

$$\text{San Martino in Rio } a_g = 0,150 \div 0,175 \text{ g}$$

Tali valori, a livello territoriale diminuiscono da sud est a nord ovest.

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio 2012 l'area di San Martino in Rio, Reggio Emilia, RE, ha risentito di effetti corrispondenti al V grado MCS, il territorio comunale è stato inserito nei comuni appartenenti al cratere sismico. (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 il territorio in analisi i parametri di seguito esposti:

Area San Martino in Rio, capoluogo, zona centro settentrionale del comune

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	0,045	4,5	0,090	0,042	0,008
29-05-2012 – 5.8	0,083	5,1	0,140	0,060	0,011
29-05-2012 – 5.3	0,036	3,1	0,084	0,022	0,005
03-06-2012 – 5.1	0,023	1,4	0,046	0,010	0,002

Area Prato, zona meridionale del territorio comunale

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	0,038	3,7	0,075	0,036	0,007
29-05-2012 – 5.8	0,061	4,3	0,117	0,044	0,009
29-05-2012 – 5.3	0,030	2,7	0,073	0,020	0,004
03-06-2012 – 5.1	0,019	1,2	0,040	0,008	0,001

I valori massimi di accelerazione in superficie (PGA) e sollecitazione per le strutture (PSA) sono stati registrati nell'evento del **29 maggio 07.00.03 (GMT) $M_L=5.8$** .

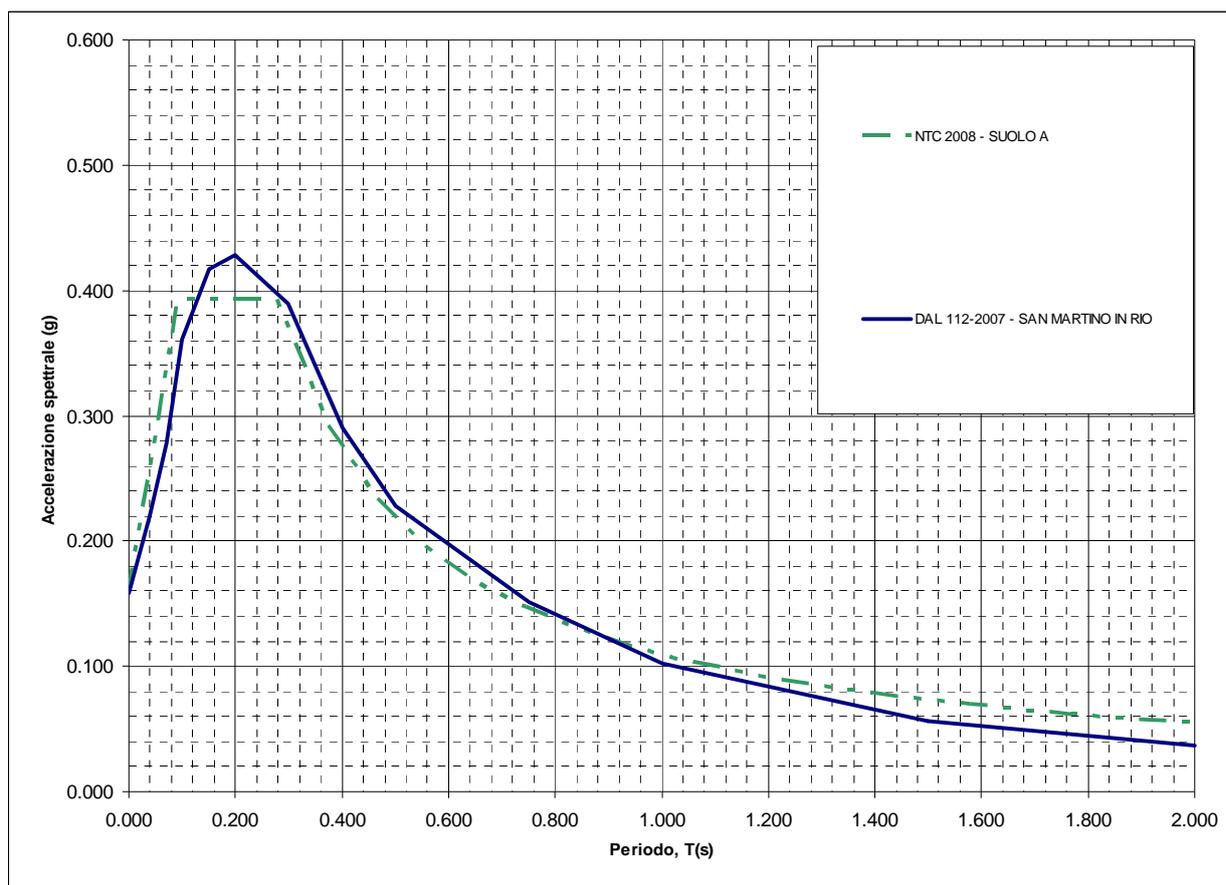
I valori di PGA-PSA degli eventi sopra elencati sono inferiori a quelli di progetto della griglia INGV (terreno cat. C – SLU-SLV) e delle tabelle A2.1.2 dell'allegato 2 DAL 112/2007.

Una stazione sismica provvisoria, messa in opera dallo scrivente il 29 maggio 2012 nel settore centrale orientale di Correggio capoluogo, nell'evento delle 12.54, ha rilevato: PGA = 0.15 g ed uno spostamento massimo orizzontale di 4 cm.

2.1 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 ÷ 0,175g. Tali dati sono stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione delle tabelle contenute nella 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 0,158 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 San Martino in Rio, 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 San Martino in Rio. 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 dettati 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).

3 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio del comune di Rio Saliceto appartiene al bacino della Pianura Padana, estendentesi su una superficie di circa 46000 kmq, che costituisce la zona di saldatura tra Alpi ed Appennini ed è formata da un'ampia e profonda depressione nella quale si distinguono nettamente due complessi sedimentari. Di questi quello più recente, è suddiviso in due Supesintemi, il primo dei quali: Supersintema Emiliano Romagnolo, da oggi a 0,65 Ma¹, è rappresentato da depositi alluvionali prevalentemente costituiti da sabbie, ghiaie, argille e limi di piana e da sedimentazioni di delta conoide e marine marginali, formate da sabbie ed arenarie poco cementate alternate ad argille e limi e talora ad orizzonti conglomeratici. Detta litozona è seguita dalle successioni sabbiose, arenacee, marnoso argillose del Supersintema del Quaternario Marino da 0,65 a 0,9 Ma (Pleistocene med.) alle quali soggiacciono le sequenze cicliche sabbiose talora ghiaiose e limoso sabbioso argillose del Pleistocene inf. da 0,9 a 1.72 Ma. Tali sintemi coprono l'unità inferiore rappresentata dalle formazioni plioceniche – mioceniche – mesozoiche (da 1,8 a 24 – 247, Ma) costituite essenzialmente da depositi di ambiente marino sia costiero che di piattaforma e/o bacinale a faune pelagiche.

In detto complesso lo spessore dei depositi continentali formanti la prima unità è mediamente compreso tra 200/300 e 500/600 m, localmente nell'alto strutturale di Novi Mo – Mirandola è inferiore a 100 m, ed è seguito dalle formazioni pleistoceniche generalmente rinvenibili tra -100/200 ÷ 500 – 600 e -1000 / -1300 m di profondità. A queste succedono le sequenze litostratigrafiche quaternarie del Pleistocene medio inferiore comprese tra 1000/1300 e 1700/2000 m di profondità. Successivamente si rinvencono sino a -3/-4 ÷ -5/-6 km pc, -7 ÷ -8 km pc nella zona di Carpi Soliera, le formazioni del Pliocene

Ad esse soggiacciono le successioni dal Miocene al Mesozoico, individuate mediante disamine geofisiche, sino a -9.000 ÷ -11.000 m dal piano campagna ad eccezione della Dorsale Ferrarese.

L'assetto strutturale del Bacino Padano, come evidenziano le analisi, indagini geofisiche e perforazioni eseguite da *AGIP-ENI*, è caratterizzato da una successione pliocenico - quaternaria accresciuta da ovest verso est, a carattere regressivo, costituita da sabbie e peliti torbiditiche di ambiente marino alla base, che verso l'alto sono seguite da complessi sedimentari fluvio deltizi progradanti, a loro volta coperti al tetto da depositi eminentemente continentali messi in posto dalle alluvioni dei fiumi alpino - appenninici.

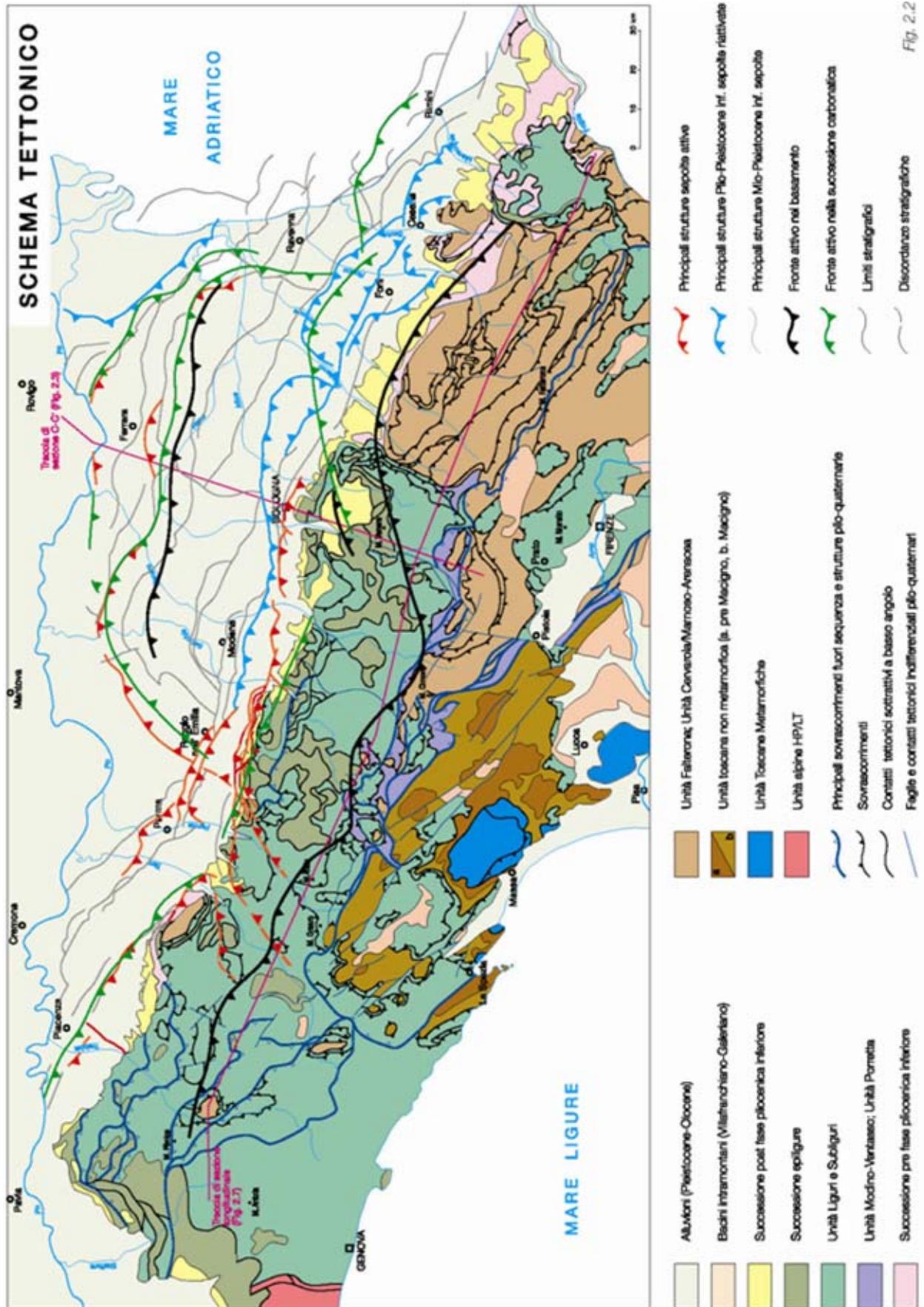
Questi ultimi a scala di bacino hanno generato un cuneo di accrescimento che nell'insieme tende ad aumentare in spessore, in direzione orientale ed in senso sud - nord.

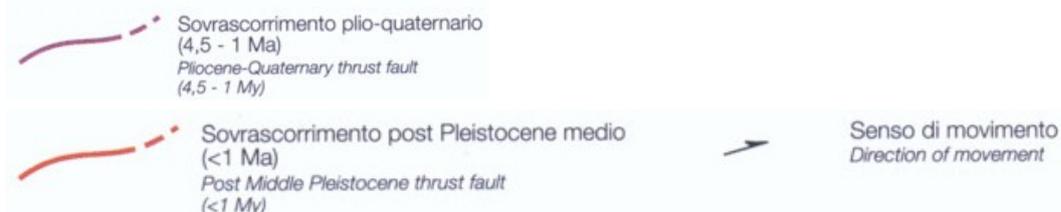
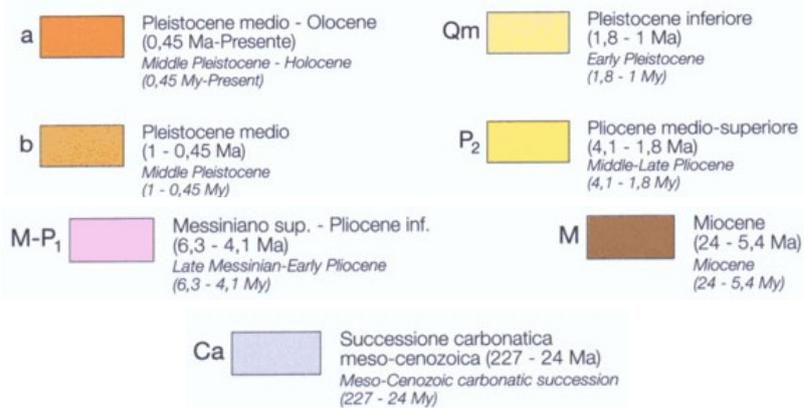
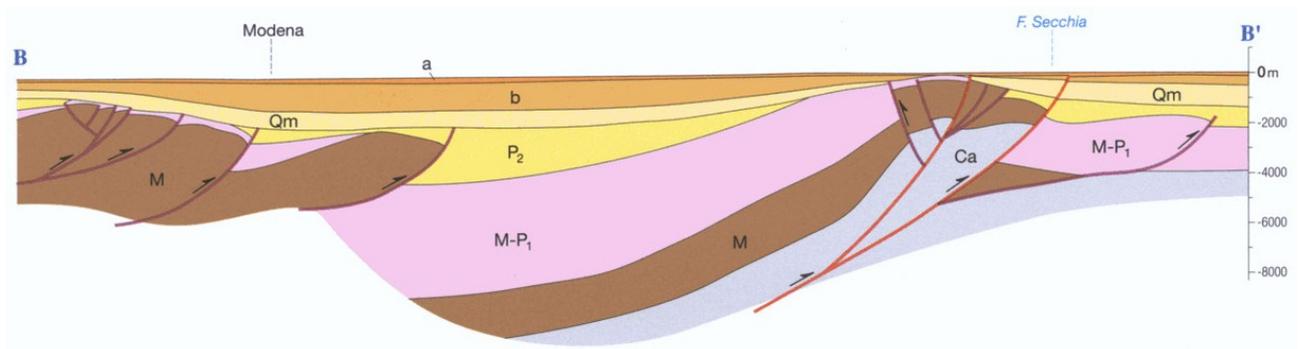
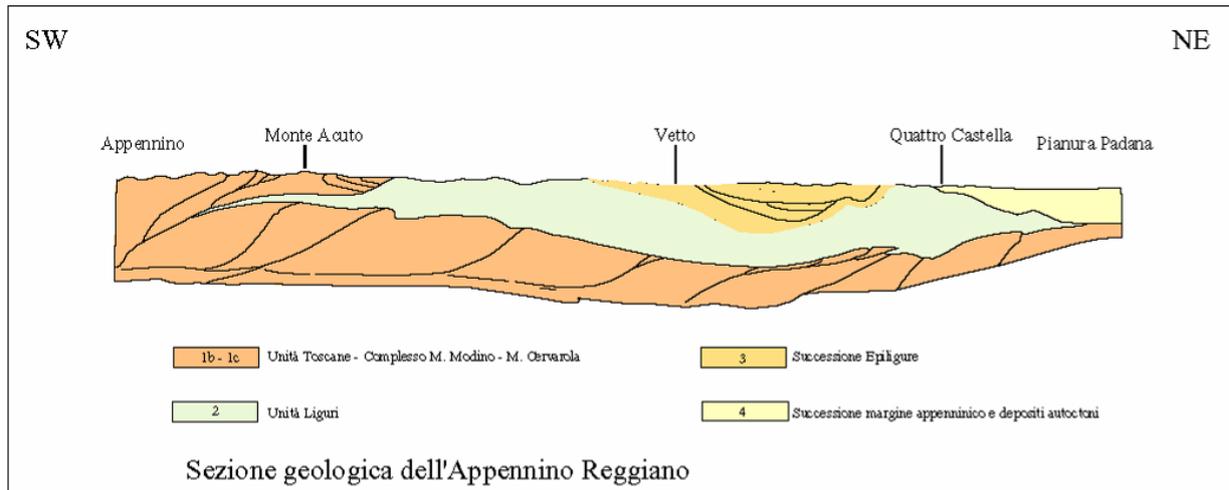
Tale complesso è suddiviso dal punto di vista idrogeologico in tre gruppi acquiferi (*G.Di Dio, 1998*) costituiti da alternanze di orizzonti argillosi, limo sabbiosi e ghiaiosi, a spessore estremamente variabile, da alcuni metri a decine di metri, attribuibili sia a depositi alluvionali di pianura in ambiente emerso che di delta conoide e marino marginale.

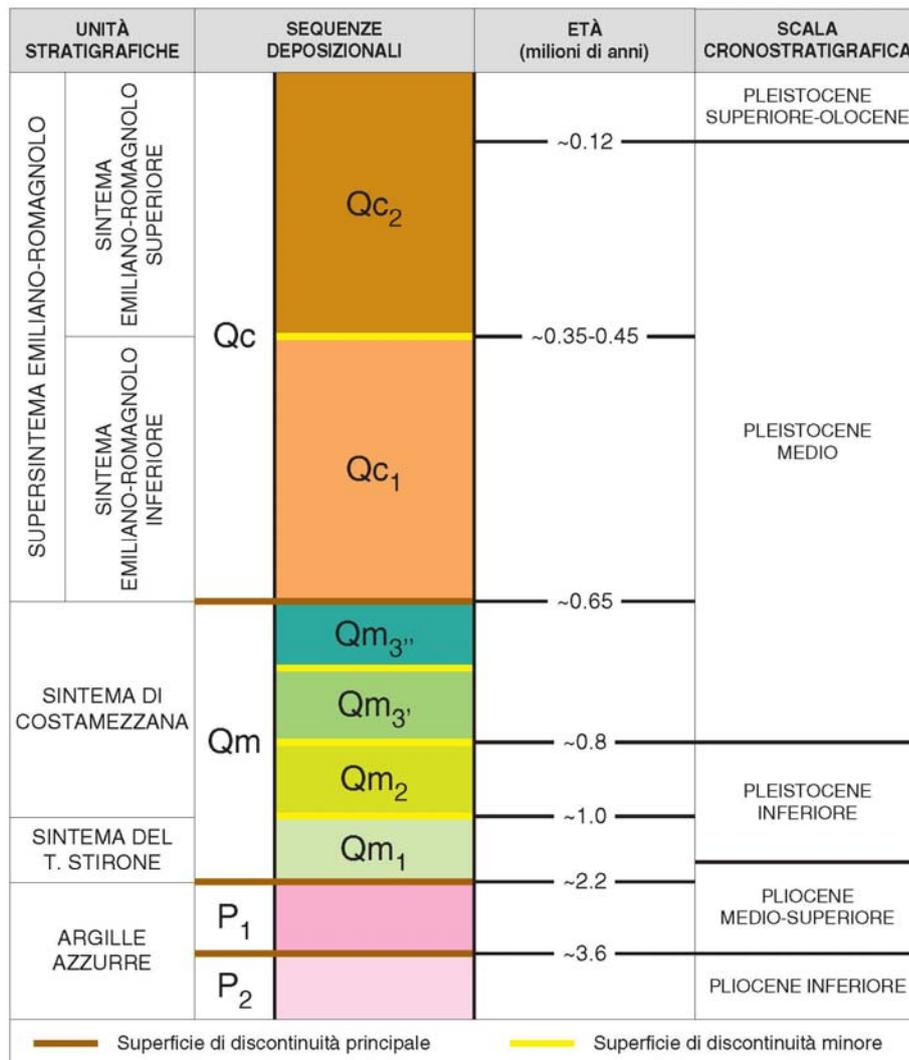
L'assetto e gli spessori di detta successione sono stati sensibilmente influenzati dalla conformazione del substrato prepliocenico, dagli eventi tettonici e subsidenti che hanno

¹ Milioni di anni.

coinvolto la stessa, dalle variazioni del livello medio del mare correlate ai mutamenti climatici che hanno interessato l'area padana negli ultimi 2 Ma.







	ANNI	PERIODI GEOLOGICI	PERIODI STORICI	CIVILTÀ E CULTURE	
CLOCENE	1.200 476	POSTGLACIALE	ALTO MEDIEVO	v. XII Età Carolingia (V-VII) Età Bizantina-Longobarda (VI-VIII) Età Romano-Barbarica (V-VI)	
			ETÀ ROMANA	Impero (27...) Età Severiana Età Antoniniana Età Adriano Età Traiana Età Augustea e Claudio	
	162		ETÀ DEL FERRO	Civiltà Etrusca (...-100) Villanoviana (...-550) Protoilliriana (1.100-900)	
	800		ETÀ DEL BRONZO	Culture delle terramare Culture adossperniche (1.450-1.100) Culture di Polada (1.750-1.450)	
	1.800		ENEOLITICO	Culture di Remedello (2.500-1.800) Culture del vaso campaniforme	
	2.800		NEOLITICO	Culture della Leggosa (3.000-2.500) Culture del vaso a bocca subrotata (3.000-3.500) Culture di Fiorano (...-4.500 ?)	
	5.200		EPIPALEOLITICO	a Mesolitico (industria microlitica)	
	6.200 11.200 14.000		TARDOLACIALE	PALEOLITICO SUPERIORE (?)	Madrileniano (18.000-9.500) Solutrense (18.000-17.500) Perigordiano (32.500-20.000) Aurignaciano (32.000-20.000)
	30.000		WORM	PALEOLITICO MEDIO	Madrileniano Acheuleano finale
	PREISTORIA		75.000	INTERGLACIALE	
120.000		III II I		Acheuleano superiore (300.000-100.000) Preahvaldiano Clactoniano	
200.000		INTERGLACIALE			
300.000		III II I		Acheuleano medio (400.000-300.000) Acheuleano antico (700.000-400.000) Abbevilliano Industria su scheggia senza microliti	
500.000		INTERGLACIALE			
700.000		GUINZ			
PLEISTOCENE				Pebble Culture	

Da: AA.VV. Prov. RE, 1989

I processi che hanno determinato i piegamenti del substrato, esplicitatisi in fasi di sollevamento del fondo bacino, si sono verificati principalmente in due periodi distinti collocabili tra il Miocene ed il Pliocene (25.2 - 5.2 Ma), manifestatisi con prevalenza nell'area piacentino - lombarda, e nel Pliocene inferiore e medio (3.9 - 2.2 Ma) che hanno maggiormente coinvolto la zona emiliano - romagnola, in quest'ultima detti eventi sono rimarcati dalla superficie di erosione in ambiente subaereo della base del Supersistema del Quaternario Marino.

A tali eventi tettonici è seguita un'altra importante fase nel Pleistocene medio (0.8 - 0.45 Ma) che ha indotto il rapido spostamento della fascia di transizione tra la scarpata sottomarina e la piana bacinale verso nord est - est, alla quale è seguita una fase secondaria tra 0,26 - 0,22 Ma.

I processi in narrativa hanno condizionato la conformazione dei depositi quaternari, alluvionali e marini costieri, che ricalca l'andamento del substrato prepliocenico attenuandone le geometrie, come evidenziano gli assetti blandamente antiformali della base delle unità alluvionali sedimentatesi negli ultimi 650.000 anni b.p.: AEI, e cicli deposizionali basali e medi di AES, 450.000 - 220.000 anni bA.

I conseguenti diversi spessori di materiale sedimentato sono stati oggetto di sensibile subsidenza. Detti abbassamenti, per processi di auto consolidazione, non si sono verificati uniformemente ed hanno manifestato intensità maggiore nelle fasce centrali delle sinclinali e minore nelle zone prossime ai settori di asse di anticlinale condizionando il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Queste condizioni, in taluni casi, hanno indotto, in circoscritte aree, accentuazioni dei fenomeni subsidenti ai quali si è associato, localmente, lo svilupparsi di faglie distensive che non giungono in superficie e sono sigillate dall'unità AES7.

I processi descritti nell'insieme hanno generato un assetto strutturale del bacino, a carattere compressivo, nel quale si delineavano a luoghi settori emersi soggetti ad erosione.

3.1 Caratteri sismotettonici

Il sottosuolo dell'area pianiziale delle province di Reggio Emilia e Modena appartiene alla Regione delle Pieghe Padane che in detta zona formano l'Arco delle Pieghe Ferraresi e più a sud la fascia della Pieghe Romagnole ed Emiliane che assumono una larghezza variabile, da più di 50 Km nell'Emilia orientale a 25 Km in quella occidentale dell'area parmense.

Dette pieghe rappresentano un elemento strutturale sensibilmente complesso caratterizzato da un'intensa tettonizzazione (Dorsale Ferrarese) che ha determinato un notevole innalzamento del substrato carbonatico mesozoico che presso Novi di Modena (MO) - Camurana, si rinviene già da 215-310 m dal piano campagna (p.Novi 4bis, 1952 - p. Cavone di Carpi 2, 1978).

Nell'ambito del sistema plicativo l'arco delle Pieghe Ferraresi costituisce la parte più esterna della strutturazione del fronte appenninico e presenta vergenza settentrionale ed è suddivisa in due dorsali una più interna: Struttura Bagnolo in Piano - Campagnola E. - Rolo - Novi MO - Mirandola - Cento ed una esterna: Struttura Quarantoli - Bondeno - Ferrara.

Quest'ultima assume andamento circa ovest-est dal Ferrarese a Camurana - Novi successivamente con il passaggio alle Pieghe Ferraresi interne presenta direzione sud ovest - nord est da Novi MO a Novellara a Bagnolo in Piano. La flessione dell'anticlinale tra Novi e Rolo pare imputabile ad alcune faglie trasversali, trascorrenti, a direttrice circa nord ovest-sud est.

Nella zona di Reggio Emilia, Bagnolo in Piano la successione delle formazioni nei primi 5000/6000 m è caratterizzata dalla presenza di una formazione carbonatica di mare basso con età Giurassico sup. - Cretacico inf. Quest' ultima risulta essere assente nelle aree circostanti, come denotano i pozzi perforati da AGIP, nei quali il Cretacico inf. è rappresentato dalle classiche facies carbonatiche pelagiche (Biancone o Maiolica).

Nel contesto dell'evoluzione del bacino sedimentario padano, contraddistinto in detto periodo da processi distensivi, una plausibile spiegazione della presenza di sedimentazioni in ambiente marino basso, secondo A. Bosellini, 1981, è correlabile all'esistenza di una fascia, estesa in modo assecondante l'attuale margine meridionale della Pianura Padana tra Modena e Parma, sollevata per fratturazioni anastomizzate a componente prevalentemente orizzontale che rigettavano sinistralmente il margine continentale della Placca Adria.

La presenza di detta faglia trascorrente sarebbe confermata dai dati sismici e gravimetrici relativi all'area in oggetto e dall'esistenza di una fascia di epicentri sismici, larga circa 70 Km denominata linea Piacenza Forlì (Peronacci 1974; Sacchi 1979), con profondità di 30-40 Km (Caloi et Alii, 1956).

I dati paleomagnetici (Vanderberg e Wonder; 1976) riferiti al fondo del paleoceanò ligure, documentanti diversi movimenti in due periodi distinti, concorrono a confermare gli effetti di una faglia trascorrente in tale area del bacino padano.

Lo spessore della successione mesozoica, che nel settore di "Bagnolo in Piano" è caratterizzata dall'omonima piattaforma carbonatica, presente circa tra 4500 e >5730 m, conferisce un incremento relativo della rigidità della sequenza formante i primi 10 - 12 Km del sottosuolo tutt'altro che trascurabile. Detti elementi, unitamente all'esistenza della linea tettonica denominata *Emilian fault* (A. Bosellini; 1981), determinano condizioni d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area pianiziale Reggiano - Parmense.

Nell'ambito di quanto esposto è inoltre determinante la presenza delle faglie che delimitano le ali occidentali ed orientali della Dorsale Ferrarese e quella del Fronte di Accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica rinvenibile a profondità di 7/8 ÷ 9/10 km dal piano campagna con approfondimento in verso meridionale, che si estende in direttrice sud ovest - nord est, circa secondo l'allineamento Villa Sesso - Campagnola Emilia - Fabbrico.

Il bordo dell'ala occidentale della Dorsale Ferrarese interna, corrispondente alla linea di sovrascorrimento che la mette a contatto con la monoclinale alpina, presenta direzione sud ovest - nord est e si estende circa secondo l'allineamento Fabbrico - Novellara - Cadelbosco di Sotto e di Sopra. A dette linee tettoniche regionali si associano fasce di fratturazione a direttrice sia appenninica che antiappenninica, come denotano le zone di frattura individuate a profondità di 1000 - 1200 m dal piano campagna nel campo pozzi AGIP di Correggio: zona S. Michele - S. Giovanni della Fossa (AGIP, 1952, Campo di Correggio). In tale area si evidenzia

una fascia a direttrice sud ovest - nord est 4/5 km ad occidente del suddetto capoluogo, che circa tra Fosdondo e S. Michele della Fossa interseca un'altra zona di frattura con orientamento est - sud est – ovest nord ovest che con tutta probabilità, in rapporto all'assetto delle isobate del tetto del Pleistocene superiore, si estende anche in direzione sud est assecondando l'andamento della via Fosdondo sino all'omonima frazione. Nel settore occidentale, ad ovest di S. Michele della Fossa, detta fascia si associa ad una zona di intensa fratturazione che si sviluppa in senso sud ovest – nord nord est.

Le principali linee tettoniche sopra citate trovano riscontro nei limiti dello schema sismotettonico identificante le zone sorgente, redatto da *P. Scandone et Alii (1991)* e quello della zonazione sismogenetica ZS9, INGV. 2004.

Dette suddivisioni evidenziano un grado di correlabilità molto elevato tra la fascia circa delimitante il margine settentrionale appenninico secondo l'allineamento Bologna - Parma e la zona di probabile presenza *dell'Emilian Fault*. Analoga considerazione è estendibile anche alle faglie inverse che delimitano il fronte settentrionale dell'Arco della Pieghe Ferraresi.

L'assetto della base del Pliocene (*M. Pieri, G. Groppi; AGIP, 1981*) nel settore nord occidentale del sottosuolo di San Martino in Rio è rinvenibile tra -4.5/-5 km dal piano campagna; nella prevalente parte del territorio comunale, sito ad oriente dell'allineamento Pn.te dell'Agrato – S. Biagio- intersezione sP 468/ Cavo Tresinaro, che coincide con la linea di sovrascorrimento sepolta estesa in direttrice sud ovest – nord est, la base del Pliocene è individuata a 6/-7 m dal piano campagna; a tale zona appartengono il capoluogo, Stiolo, Gazzata.

La sopracitata linea di sovrascorrimento delimita l'ala orientale meridionale della Dorsale Ferrarese che si estende in direzione nord est- sud ovest da Novi di MO a Fabbrico – Bagnolo in Piano – Reggio Emilia dove si collega, mediante una ripida monoclinale, alla struttura di Reggio Emilia – Bologna, appartenente alla “Regione Delle Pieghe Pedepenniniche”. Nelle zone ad ovest di Cadelbosco di Sopra – Novellara è presente la linea di sovrascorrimento che delimita l'ala occidentale dell'arco delle Pieghe Ferraresi interne che abbassa il tetto del substrato prepliocenico a -6/-7 km dal piano campagna.

3.2 Attività tettonica

Successivamente all'importante evento tettonico che ha interessato il margine appenninico e la pianura, sviluppatosi nel Pliocene inferiore e medio (4,4 e 3,9 Ma) il fronte delle deformazioni migra in direttrice nord est ed attiva gli archi delle Pieghe Emiliane e Romagnole e delle Pieghe Ferraresi, come evidenziano le deposizioni in diversi “microbacini” al fronte delle suddette pieghe.

I depositi correlati ai progressivi stadi di sollevamento appenninico documentano importanti fasi all'inizio del Pleistocene (1,73 Ma) e nel Pleistocene medio (0,8 e 0,65 Ma) che nell'area reggiano - parmense sono probabilmente correlati all'interazione della parte più interna delle Pieghe Ferraresi (Struttura di Bagnolo) con il settore più esterno della struttura di Reggio (*G.Barbacini et alii, 2002*).

Nel Pleistocene medio si instaurano gli ambienti sedimentari continentali che hanno generato i depositi dei Sintemi Emiliano Romagnolo Inferiore (0,65 ÷ 0,45 Ma, AEI) e Superiore (0,45 Ma ÷ presente AES).

Le fasi tettoniche più recenti, che denotano l'attività delle strutture nel Pleistocene superiore – Olocene sono testimoniate da dislocazioni e basculamenti che interessano le conoidi alluvionali, piegamenti che coinvolgono i depositi mindelliani e rissiani al piede dei colli (anticlinali del Ghiardo, Montecchio, Monticelli), dalle discontinuità individuate nei profili sismici che, in particolare, evidenziano l'attività degli sovrascorrimenti sepolti delle Pieghie Ferraresi, messi in risalto dalle geometrie arcuate della base delle unità alluvionali AEI ed AES (0.4 ÷ 0.65 Ma²).

Le variazioni delle condizioni degli ambienti sedimentari nel tardo Pleistocene sarebbero confermate dalla ridotta profondità della base dell'Olocene (10.000/12.000 anni) che ad occidente di Reggio Emilia, corrisponde circa a 10 ÷ 15 m ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15 ÷ 20 m nelle zone a settentrione di Reggio Emilia e Modena ad eccezione di Novi MO – Mirandola dove si riscontra a -15 m pc, e tende ad approfondirsi ulteriormente e procedendo verso est a -25 m dal piano campagna con l'approssimarsi al bolognese.

Concorrono a documentare un'attività tettonica recente le migrazioni verso occidente dei tracciati dei fiumi appenninici e gli antichi depositi di canale, che frequentemente perdono di identità prima di giungere all'attuale percorso del Po e la netta deviazione in verso settentrionale di detto fiume nella zona di Guastalla, praticamente a ridosso dell'ala occidentale – settentrionale della Dorsale Ferrarese.

L'assetto delle strutture profonde visualizzato nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (M. Boccaletti – L. Martelli; 2004) indica attività della linea di sovrascorrimento, al bordo occidentale della Dorsale Ferrarese, orientata sud ovest – nord est circa da Cadelbosco di Sopra – Cadelbosco di Sotto – Novellara ovest – Fabbrico, e dei Fronti di Accavallamento della successione Carbonatica Mesozoica e del Basamento, rispettivamente individuati nel sottosuolo della zona in esame a -8/-9 km e -11/-12 km, nella fascia circa estesa secondo l'allineamento Villa Sesso – Pieve Rossa – Campagnola Emilia – Fabbrico – Rolo – Concordia sS.

Oltre alle sopra descritte zone ad oriente di Correggio ed immediatamente ad ovest di San Martino in Rio, è presente una linea di sovrascorrimento, interessata da possibili riattivazioni, che si estende circa secondo Prato – S. Martino in Rio – Zona industriale di Correggio e, con successiva flessione in senso sud ovest, si dirige verso Canolo per poi riassumere orientamento nord est in direzione di Rio Saliceto – Fossoli, estendendosi verso S. Antonio in Mercadello – S. Felice sul Panaro - Cento.

Ulteriori fasce di deformazione attiva che influiscono sull'attività sismica del territorio in oggetto sono rappresentate dalle linee di sovrascorrimento pedappenniniche estese in direttrice ovest nord ovest – est sud est presenti a meridione della via Emilia, circa tra la stessa e l'allineamento Montecchio – Cavriago – Fogliano – Arceto, nella fascia settentrionale

² Ma = Milioni di anni

delle quali si sono verificati epicentri sismici con $M_w > 5,5$ a Parma, tra Caprara e Calerno, Ca del Bosco di Sopra, Rubiera.

L'interazione tra le Pieghe Emiliane e la parte più esterna della Struttura di Bagnolo (rampa laterale delle Pieghe Ferraresi interne) ha manifestato influenze che hanno determinato sollevamenti negli ultimi $0,3 \div 0,12$ Ma, e con tutta probabilità anche in epoca storica come suggerisce la diversione verso occidente del T. Enza, conferma ulteriormente l'attività sismica del territorio in oggetto.

In tali aree l'attività dei sollevamenti delle strutture trova riscontro nei minori tassi di abbassamento, < 1 cm anno, rispetto alle fasce di Pianura più ad oriente: est Correggio – Carpi – Ravarino: $1.5/2$ cm anno.

La distribuzione degli ipocentri focali denota che il territorio in oggetto è interessato principalmente da un'attività sismogenetica, correlata a faglie compressive e trascorrenti, di tipo superficiale: primi 15 km del sottosuolo, connessa agli stress tettonici che si accumulano nella parte medio basale della successione carbonatica e nella fascia di sovrascorrimento del Basamento; la diffusione dei fuochi che si generano tra $- 15$ e $- 35$ km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

D'altra parte la sismicità più profonda, ipocentri sottostanti 35 km dal piano campagna, nella pianura è decisamente minore ed induce risentimenti in superficie con effetti più bassi.

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce la zona in oggetto alla zona sismogenetica 912.

La riclassificazione sismica del territorio nazionale: OPCM 3274/2003, NTC 14/09/2005, attribuisce il Comune di San Martino in Rio alla zona 3 con grado di sismicità equivalente agli ambiti S6.

I valori di a_g elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (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>*), attribuiscono, alla fascia territoriale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:

$$\text{San Martino in Rio } a_g = 0,150 \div 0,175 \text{ g}$$

con diminuzione di tali parametri da sud ovest a nord est.

Il valore della a_g di riferimento riportato nell'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n°112/2007, corrisponde, per il comune di San Martino in Rio, a:

$$a_{gref} = 0,158 \text{ g}$$

3.3 Subsidenza

I fenomeni subsidenti nel territorio di San Martino in Rio sono correlabili ai processi di auto consolidazione naturale dei depositi delle aree di pianura che nella zona in esame denotano un elevato grado di influenza connesso all'assetto del substrato pliocenico e prepliocenico; a tali condizioni si sommano gli effetti correlati alle estrazioni di fluidi dal sottosuolo, che prevalentemente interessano i primi 100/200 – 250 m dal piano campagna, che

indicano abbassamenti dei terreni in superficie di $0,7 \div 1,25$ cm anno, con valori minimi nella parte meridionale del territorio e relativamente assente maggiore nella zona nord orientale.

Tali fattori evidenziano corrispondenza nella tra la variabilità in spessore e geometria dei complessi acquiferi che formano i primi $300 \div 400$ m del sottosuolo e le linee di uguale abbassamento del terreno (isocinetiche) relative al periodo 1992/2011 (arpa.RER; www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?Id20512divello=1423).

Le sezioni idrogeologico strutturali mostrano infatti che le unità idrogeologiche AES8 ed AES7 (dal presente a 125.000 b.p.) le cui deposizioni sono state influenzate sostanzialmente dai cambiamenti climatici che hanno interessato il bacino padano nel sopracitato periodo, sono caratterizzate da spessori relativi inferiori nella fascia più prossima all'asse della Dorsale Ferrarese dove equivalgono a $70 \div 80$ m e tendono ad aumentare in potenza in direzione sud ed est con incrementi relativi equivalenti sia in verso orientale che occidentale meridionale che assumono spessori di $90 \div 95$ m.

Dette caratteristiche si rimarcano in verso settentrionale con l'approssimarsi all'asse della Dorsale Ferrarese dove si riscontrano spessori medi di 60 m che si riducono ulteriormente a 30 m in direzione nord est (Rolo – Novi MO) d'altra parte in verso meridionale orientale ed occidentale (Carpi – Novellara), in concordanza con l'approfondimento del substrato prepliocenico, gli spessori incrementano gradualmente raggiungendo 100 m.

Caratteristiche simili, con deformazioni più accentuate e spessori più differenziati evidenziano le unità che costituiscono la parte mediana e basale del Sintema AES (cicli: base A2 – A3 – A4) le cui deposizioni sono state condizionate principalmente dai cambiamenti climatici del bacino padano da 125.000 a 400.000 anni b.p. e da processi tettonici.

La presenza della base dell'AES si riscontra a profondità diverse tra i settori di territorio occidentali, ai quali appartengono Correggio – Campagnola E. - Rio Saliceto, e quelli più orientali: zona di S. Martino in Rio – Carpi; nei primi è rinvenibile tra -140/-180 m pc e -200/-240 m pc con approfondimenti in direzione occidentale – meridionale occidentale; nelle zone ad oriente dei confini comunali est di Correggio - Rio Saliceto, la base dell'AES si riscontra tra -200 m pc e -230/-240 m pc, con approfondimento in verso orientale meridionale.

Dette differenze di profondità, desunte da profili sismici a riflessione e stratigrafie di perforazioni per pozzi, sono con tutta probabilità correlabili a processi con fagliazione.

Questi ultimi non si trasmettono in superficie e sono sigillati dai depositi del Sintema AES7 ed unità superiore: A₂ del Sintema AES, nei quali non si riscontrano.

Analoghe caratteristiche di variazione di spessori ad assetto geometrico evidenziano la base delle unità del Sintema Alluvionale Inferiore: AEI (400.000 ÷ 650.000/800.000 anni b.p.) sul quale hanno influito sia i cambiamenti climatici che i movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano in detto periodo; la base di tale sintema nei settori occidentali: Rio Saliceto – Campagnola E., Correggio è rinvenibile a -260 m pc e -300/-340 m p.c. con rapidi approfondimenti in direzione ovest e sud dove si attesta a -360/-400 m p.c.

Nei territori ad est del confine orientale di Correggio - Rio Saliceto la base dell'AEI nelle zone a nord si rinviene tra -190/-230 m pc e nelle aree meridionali tra -280/-320 m pc, con approfondimento in direzione est – sud est; come per il sintema sovrastante, tali differenze di profondità della base, sono con tutta probabilità correlabili a faglia per processi distensivi.

Come precedentemente descritto oltre alle sopradescritte valutazioni di tipo naturale, sono documentati nel territorio di San Martino in Rio Saliceto dalle rilevazioni della rete regionale di monitoraggio della subsidenza di ARPA.ER. isocinetiche di abbassamento di 1-2 cm/anno con incremento dei valori a $2 \div 2.5$ cm/anno in direzione meridionale, nel periodo 1992-2011.

Tali condizioni sono correlabili agli emungimenti idrici dal sottosuolo che risultano essere in disequilibrio con le potenzialità e tempi di ricarica degli acquiferi confinati presenti nei primi 200/300 m del sottosuolo.

Effetti di subsidenza localizzati possono rimarcarsi in prossimità di pozzi che captano l'acquifero freatico: primi 10/20 m dal piano campagna, in areali con diametro di 10/12 \div 20/30 m che circoscrivono il pozzo, per emungimenti idrici forzati non in equilibrio con le potenzialità dell'acquifero freatico.

3.4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'analisi geomorfologica, individuando la passata evoluzione territoriale, consente di valutare le possibili modificazioni morfopaesaggistiche naturali future.

Detta disamina si è redatta mediante un'analisi 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.

L'analisi fotogeologica è stata eseguita in base ai fotogrammi PROV. RE/C, in scala approssimata 1:24.000, voli Aprile 1989, fotogrammi IGM/BN in scala 1:35.000 voli 1955, riprese consultabili in rete su Google Heart; l'esame topografico sulle basi cartografiche C.T.R. E.R. in scala 1:5.000 - 1:10.000.

3.5 Caratteri Geomorfologici

Il territorio di San Martino in Rio appartiene alla fascia della Media Pianura Padana Appenninica costituitasi tra l'area dei coni alluvionali pedeappenninici e la zona di dominio del Po. Detto settore pianiziale è caratterizzato nel sottosuolo da sequenze di spessi orizzonti prevalentemente argillosi - argilloso limosi, ai quali si intercalano subordinate sequenze di strati sabbiosi generalmente di modesto spessore.

Negli ambiti pianiziali i corsi d'acqua svolgono prevalentemente un'azione sedimentante e pertanto un fiume in tali condizioni è libero di espandere le proprie acque sulle aree che lo fiancheggiano in occasione delle piene.

In detti modelli di accrescimento, i materiali in carico alle acque si distribuiscono in modo che quelli più grossolani, cioè le sabbie, formino, oltre alle barre, le sponde naturali d'alveo; mentre i più fini come le argille limose, si depositano nei punti più distanti dagli argini e quindi nelle depressioni comprese tra un fiume e l'altro. Di conseguenza le parcellazioni litologiche superficiali evidenziano, nelle componenti granulometriche sabbiose,

ambienti sedimentari ad energia idrodinamica elevata, tratti d'alveo, argini, mentre le aree costituite da litotipi argilloso - limosi definiscono settori di bassa energia a sedimentazione lenta concordanti con ambienti palustri.

L'ambiente evolutivo naturale della pianura padana, caratterizzato da una condizione di equilibrio dinamico, è stato fortemente influenzato dall'azione dell'uomo. Quest'ultimo, per cautelarsi dalle esondazioni, ha costretto i corsi d'acqua a scorrere sempre negli stessi alvei elevando gli argini di pari passo all'innalzamento dei letti fluviali. Tale irrigidimento della rete idrografica naturale ha accentuato i dislivelli tra i fiumi ed i territori che li fiancheggiano sia per un mancato apporto di materiali che per l'incremento di subsidenza differenziale.

Le caratteristiche di trasformazione descritte concordano con le emergenze morfologiche presenti nell'area comunale di San Martino in Rio. Infatti si rileva una conformazione pianeggiante con ondulazioni, ad ampio raggio, allungate in senso sud ovest – nord est ed in subordine ovest est, correlate a dossi principali, a luoghi tra loro confluenti in direzione settentrionale; nella fascia di territorio estesa ovest est circa da Fosdondo a Correggio capoluogo – Via Astrologo, a nord del confine comunale di S. Martino in Rio, è presente un dosso poco pronunciato esteso ovest est che ha indotto limitazioni alla possibilità di sviluppo del paleoreticolo idrografico in direzione nord orientale.

Dette condizioni nell'insieme hanno determinato l'instaurarsi di ambiti vallivi di pianura caratterizzati da deposizione di tipo palustre quale quello che si sviluppa in direzione settentrionale presente nella parte nord del territorio comunale a settentrione di S. Rocco – Trignano – Casino Mariani. Analoghi ambiti vallivi di estensione relativa maggiore si rilevano nelle aree più a nord, nelle zone est del territorio di Correggio ed in quella più a settentrione di Rio Saliceto.

Le morfostrutture a dosso principali nell'areale di San Martino in Rio sono osservabili in prossimità del confine comunale occidentale nel quale si evidenzia una fascia allungata sud nord con andamento assecondante quello del Cavo Tresinaro, che nella parte settentrionale interessa il sottosuolo dell'area occidentale del capoluogo.

Analoghi dossi si riscontrano nel settore orientale nella zona allungata sud nord da Casa Grisendi a S. Agata, Bottignana Vecchia, a Casino Mariani e nella striscia sud nord che si estende secondo il confine comunale orientale.

Quest'ultimo dosso a settentrione, in prossimità di Stradello Imperiale, confluisce al tratto di canale fluviale estinto coincidente con l'andamento del Cavo Tresinaro; tale condizione ha determinato l'instaurazione e sviluppo dell'ambiente palustre precedentemente descritto che ha costituito l'area valliva di pianura a nord di S. Rocco – Trignano.

I tratti di asse fluviale estinto in narrativa conseguono dalle passate divagazioni dei fiumi appenninici e del Po, derivate sia dalle variazioni climatiche che, con tutta probabilità, da movimenti tettonici che hanno interessato la Dorsale Ferrarese (Veggiani A. 1974).

Nell'ambito dell'evoluzione geomorfologica del territorio di San Martino in Rio ha svolto un'azione importante il T. Tresinaro per il quale è storicamente accertato che prima dello sbarramento di Fellegara avvenuto circa nel 1300 d.C., si dirigeva da Roncadella verso S. Martino in Rio e proseguiva poi con il Canale di Migliarina sino alla Parmigiana Moglia.

L'assetto morfologico del territorio comunale, nelle aree comprese tra le fasce di dosso, è contraddistinto da zone a maggior pendenza relativa nei settori meridionali dove $p = 2,5 / 3,0$

‰, da acclività inferiori nelle aree centrali e settentrionali nelle quali $P = 1,2/1,5$ ‰; le fasce di dosso hanno pendenze longitudinali corrispondenti a $p = 3/5$ ‰.

Per quanto riguarda gli insediamenti antropici sono stati riscontrati siti che indicano la presenza di aree emerse durante la preistoria.

Il paesaggio che si profilava in tale periodo era però generalmente instabile dal punto di vista idraulico. Infatti i più decisi insediamenti umani diffusi sul territorio di Rio Saliceto e nelle zone ad esso circostanti risalgono solitamente ad epoche successive al 1.000 d.C. e vanno via via affermandosi con il Medioevo.

Una comprova di relativa diminuzione dell'instabilità idraulica locale del territorio è indicato dalla presenza di tratti di centuriazione (*J. Tirabassi, 1980, i siti dell'Età del Bonzo*) nelle aree a meridione del capoluogo.

Con l'approssimarsi ai giorni nostri, dopo la rotta di Ficarolo (1152 – 1192; *Ciabatti, 1966*), il paesaggio si è gradualmente stabilizzato anche in funzione degli interventi di regimazione idraulica antropici. Ciò troverebbe conferma nei sempre più numerosi insediamenti umani successivi al basso medioevo come indicano i siti medievali e rinascimentali rilevati nel territorio in esame.

Nel contesto evolutivo geomorfologico del territorio comunale ha esercitato una sensibile influenza l'assetto geostrutturale del substrato prepliocenico e delle formazioni plioceniche.

Infatti il Po tendeva progressivamente a migrare verso nord allontanandosi dalla Dorsale Ferrarese. Quest'ultima ha probabilmente subito movimenti nel medioevo come suggeriscono i numerosi terremoti di intensità medio elevata-elevata verificatisi nella Valle Padana dal 1100 al 1600.

In conclusione l'evoluzione morfopaesaggistica del territorio in esame è legata alle grandi trasformazioni idrografiche del Po ed è correlabile prevalentemente a fenomeni di sovralluvionamento degli alvei fluviali coincidenti con l'alternarsi di cicli climatici a diversa piovosità, subsidenza differenziata legata sia al diverso grado di costipamento dei terreni che a fenomeni tettonici profondi, conformazione strutturale della Dorsale Ferrarese ed ai relativi spostamenti tettonici che l'hanno interessata.

Gli ultimi fattori hanno indotto fenomeni di subsidenza differenziata e quindi anche diversi equilibri di sedimentazione locale concordanti con gli aspetti morfopaesaggistici riscontrati.

Attualmente la tendenza evolutiva del territorio, in funzione delle regimazioni idrauliche delle linee drenanti principali e secondarie esercitate dall'uomo, è di tipo conservativo.

3.6 IDROGEOLOGIA

3.6.1 Idrografia di superficie

La rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali delle Acque Alte del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale* appartenenti 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 dei Fiumi Secchia e Po, 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 nel quale gli spartiacque superficiali principali nel territorio di San Martino in Rio sono costituiti dal Cavo Tresinaro Cavo Traiolo, Fossa Marza, Fossa delle Erbe.

Lo scolo idrico superficiale avviene per deflusso naturale e nelle zone a settentrione di S. Martino in Rio è subordinato, prevalentemente, al funzionamento degli impianti di sollevamento meccanico.

I bacini sopra descritti sono a loro volta suddivisi in microbacini che tramite una fitta rete di fossi e scoli convogliano i deflussi idrici, relativi alle acque che non si infiltrano nel sottosuolo, nei collettori principali che solcano il territorio.

Questi ultimi nell'area di S. Martino in Rio risultano essere i cavi: Tresinaro, Traiolo, S. Biagio, Fossa di Trignano, Fossa Giorgione, Fossa delle Erbe, Fossa Faiella. Detti cavi e fosse sono tributari del Cavo Tresinaro, che convoglia il carico idraulico raccolto al Collettore Acque Basse Modenesi; quest'ultimo, tramite il Canale Emissario, affluisce al F. Secchia mediante l'Impianto Idrovoro di S. Siro dal quale le acque giungono al F. Po.

La rete idrica superficiale è contraddistinta da differenze nell'organizzazione degli scoli minori, conseguente a preesistenze morfologiche territoriali. Dette strutture possono coincidere con aree di antica sistemazione fondiaria, che sfruttava tratti di estinti drenaggi naturali, evidenziati da tracciati sinuosi.

In tale contesto assume una particolare importanza la qualità delle acque immesse in rete poiché le condizioni idrogeologiche-geomorfologiche determinano un interscambio attivo tra le acque dei cavi e canali e la falda idrica sotterranea.

Nel territorio in esame si rileva che gli spartiacque superficiali ad occidente e ad oriente dell'area comunale decorrono sub parallelamente a tratti di asse idrogeologico sotterraneo. Questi tendono ad estendersi secondo paleoalvei e quindi in zone a permeabilità relativa di grado medio - medio elevato, come lungo la fascia con andamento sub parallelo al Cavo Tresinaro e Cavo Traiolo e quella assecondante la Fossa Marza.

Per quanto riguarda gli assi idrici superficiali nel territorio di San Martino in Rio risultano rientrare nell'elenco delle acque pubbliche ai sensi del T.U. N° 1775 del 11/12/33 i seguenti cavi:

- Cavo Tresinaro
- Cavo Tassarola
- Fossa Marza

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

Infatti i parametri di calcolo utilizzati, tra il 1920 ed il 1926, per il progetto delle dimensioni e sezioni dei cavi e canali erano riferiti a gradi di urbanizzazione del territorio ed a condizioni del dissesto idrogeologico dei bacini montani sensibilmente diversi dagli attuali.

Ne consegue, che il sistema di scolo superficiale richiede un adeguamento alle situazioni di oggi in relazione ai mutati coefficienti udometrici e tempi di corrivazione.

In relazione a quanto esposto risulta evidente che necessita 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.

3.6.1.1 Pericolosità idraulica

L'analisi relativa agli eventi di esondazione o allagamento in occasione di piogge critiche è stata sviluppata in base ai dati del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (Ex Parmigiana Moglia)*, alle elaborazioni dell'UTA per il Piano Sovracomunale di Protezione Civile ed ai censimenti di tali fenomeni effettuati direttamente dal 1986 al 1999. Oltre a ciò si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio.

In relazione agli eventi di allagamento successivi al 1986, si sono distinte le aree esondate da quelle allagate in occasione di piogge critiche o con difficoltoso drenaggio.

Per quanto riguarda i valori di queste ultime si sono assunti quelli con intensità maggiore di 40 mm/ora.

Tale differenziazione di pericolosità deriva dai diversi effetti prodotti da detti fenomeni. Infatti tracimazioni ed esondazioni da cavi e canali possono indurre spessori della lama d'acqua superiori a 0,5 ÷ 0,6 m; allagamenti per piogge critiche determinano generalmente altezze del battente idrico inferiori a 0,2 ÷ 0,3 m. Ne consegue che limitate sopraelevazioni di 0,4 ÷ 0,6 m, rispetto al piano campagna esistente, ed un adeguato sistema fognario per le acque bianche, determinano condizioni di sicurezza nei confronti di piogge critiche. D'altra parte per fenomeni di esondazione necessitano sopraelevazioni non inferiori a 0,7 ÷ 1,0 m.

Le zone del territorio di San Martino in Rio che sono state soggette in passato ad esondazioni con tempo di ritorno di 20-50 anni nell'area comunale interessano una zona di limitata estensione tra Trignano e Casino Manfredi che si sviluppa a nord di via Chiesa di Trignano per una lunghezza di 330 m e larghezza di 200 m, analoga condizione si riscontra nella fascia estesa sud nord compresa tra il Cavo Tresinaro e la Fossa di Trignano delimitata a sud da via delle Forche – via Stradone ed a settentrione da via I° Maggio.

In funzione di quanto esposto è consigliabile l'adozione delle modalità di intervento di seguito esposte:

- Nelle aree di nuovo insediamento in zone con morfologia depressa rispetto alle zone circostanti (aree con drenaggio difficoltoso), dovrà essere prevista una sopraelevazione minima di 0,4 m, rispetto al piano campagna esistente; tale quota dovrà essere idoneamente incrementata nei settori ove la presenza di barriere idrauliche, naturali o antropiche quali rilevati stradali, argini, ecc., non dotati di idonee cunette con bypass, può determinare il formarsi di battenti idrici con altezza superiore a 0,4 m in occasione di piogge critiche. Oltre a ciò, nelle aree esondabili dovrebbero essere evitate realizzazioni di opere destinate allo stoccaggio temporaneo o permanente di liquidi e materiali inquinanti. Qualora risultassero in essere dette tipologie di opere è opportuno prevedere la loro messa in sicurezza mediante interventi di presidio ambientale quali contro arginature, sopraelevazione dei corpi arginali, ecc.
- Per evitare incrementi di carico idraulico negli assi idrici di scolo superficiale, conseguenti all'aumento di aree impermeabilizzate nei siti completamente e/o di nuovo insediamento, dovranno essere previste ed eseguite idonee aree di ritenzione delle acque piovane. Queste ultime saranno gradualmente restituite alla rete idrica superficiale dopo un adeguato intervallo di tempo dalla fase di piena della rete superficiale. Le aree di laminazione o "vasche teste di pioggia e di prima pioggia" potranno essere costituite da superfici di terreno depresse rispetto ai settori circostanti collegate con idoneo scarico regolamentato o ai collettori di vettoriamento ad impianti di trattamento acque reflue (primi 5 mm) o alla rete idrica superficiale.

Detti accorgimenti sono da adottarsi anche negli ambiti di trasformazione e di riqualificazione nei quali il piano campagna sia ubicato a quote inferiori rispetto alle esistenti strade o strade di progetto e quando sussistano condizioni equivalenti a quelle sopra descritte.

In relazione al grado di efficienza dei corpi arginali, degli assi idrici superficiali, rilevazioni sul campo, hanno evidenziato l'idonea funzionalità degli stessi data l'assenza di avvallamenti e depressioni, anche su lunghezze superiori ai 500 m.

Nel contesto di quanto esposto si osserva che le continue manutenzioni e verifiche di adeguata efficienza, effettuati dal competente Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, in funzione degli andamenti meteorologici rilevati negli ultimi 10 anni e dei tempi intercorsi della realizzazione dei rilevati arginali, è opportuno siano continuate ed implementate

3.6.2 Ambiente Idrico Sottterraneo

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, con potenziale generazione di processi di liquefazione, è stata rivolta principalmente all'assetto della falda freatica.

L'analisi di quest'ultima e gli elementi che contraddistinguono gli orizzonti idrogeologici che la costituiscono, è stata sviluppata in base ai rilevamenti diretti nei pozzi e raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni, eseguiti nel contesto del QC. PSC.

Nell'ambito delle acquisizioni conoscitive sono inoltre state esaminate stratigrafie e sezioni idrogeologiche relative agli acquiferi profondi confinati: acquifero principale.

3.6.3 Definizione del sistema idrogeologico

Il territorio di San Martino in Rio 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 del Quaternario Continentale 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 fini (sabbie) deposti dai fiumi appenninici e dal Po.

La base dell'acquifero utilizzabile a scopo idropotabile è formata da orizzonti poco permeabili o impermeabili. Per quanto riguarda il tetto delle acque salate se ne riscontra la presenza a -450 ÷ -550 m pc dal piano campagna e tende ad approssimarsi a quest'ultimo in direzione settentrionale.

3.6.3.1 Interfaccia Acque Dolci - Acque Salate

I dati ottenuti da prospezioni geofisiche con metodo geoelettrico eseguite dallo Scrivente e le indagini ed elaborazioni di: *AGIP*, *IDROSER*, *RER*, indicano che le acque salate si rinvenivano generalmente tra -580 e -550 m dal piano campagna nel sottosuolo della parte meridionale e sud orientale del territorio comunale.

Tale limite tende ad approssimarsi alla superficie nelle zone settentrionali dove si attesta a -450 ÷ -500 m pc.

Nelle zone più a nord: Rolo - Novi (MO), detta interfaccia con l'avvicinarsi alla culminazione assiale della Dorsale Ferrarese, presente nell'area di Novi di Modena, risale rapidamente a -150 ÷ -50 m pc

La profondità dell'interfaccia acque dolci - acque salmastre evidenzia che nel territorio di San Martino in Rio gli emungimenti idrici dal sottosuolo non hanno determinato un richiamo significativo verso il piano campagna delle acque salate.

3.6.4 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale

La successione idrogeologica presente nel sottosuolo di S. Martino in Rio, ed in zone limitrofe, è stata desunta dalle analisi di sezioni geofisiche eseguite da AGIP-ENI elaborate da *Dr. Fabio Molinari*, dagli inquadramenti territoriali elaborati dal *Ex Comprensorio Della Media*

Pianura Carpi – Correggio, ai dati pubblicati da *IDROSER*, a quelli contenuti in *Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna (R.E.R. – ENI – AGIP)*.

Tali caratteri e l'assetto geometrico degli acquiferi contraddistinguono l'Unità Idrogeologica della Media Pianura.

3.6.4.1 Serie Idrogeologica Locale

In riferimento alle sopra descritte indagini ed in particolare ai dati acquisiti da RER ed AGIP, la successione sedimentaria (età Pleistocene inferiore – Olocene) localmente, è suddivisibile in quattro complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono depositati, evidenziano diversi livelli di influenza dei processi deformativi e variazioni climatiche che hanno coinvolto il bacino padano. Detti eventi hanno generato cicli deposizionali 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 si differenziano sulla verticale in funzione della separazione tra loro da superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità.

Complesso Acquifero A0 (Unità geologica AES8a-8): è correlabile a deposizioni prevalentemente di ambiente continentale di età olocenica (12.000 – 14.000 anni b.p fino all'attuale). Non evidenzia influenze dei processi deformativi di origine tettonica che hanno interessato il bacino padano ma si riscontrano effetti correlabili principalmente a variazioni climatiche ed in subordine a subsidenza. Lo spessore dell'unità in oggetto nel territorio di San Martino in Rio oscilla mediamente tra 18 ÷ 25 m con netta prevalenza di 20 m, con potenze relative maggiori che incrementano in direzione sud est.

In tale unità gli orizzonti acquiferi che costituiscono la falda freatica formano strisce allungate in senso sud nord con geometria spiccatamente lentiforme e denotano pronunciate variazioni laterali nelle componenti granulometriche, con arricchimenti nelle frazioni sabbiose nelle zone centrali delle fasce di paleoalveo, generalmente più rappresentate nei settori al limite occidentale ed orientale del territorio comunale.

Analoghe condizioni si riscontrano nei settori occidentali ed orientali dove si rilevano incrementi nelle percentuali rappresentate dalle frazioni sabbiose – sabbioso limose.

Le parti di territorio centrali e settentrionali sono prevalentemente caratterizzate dalla presenza nei primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo di litotipi argilloso limosi, che a luoghi determinano condizioni di falda acquifera confinata; tale caratteristica a scala territoriale è discontinua e pertanto l'acquifero freatico nelle zone occidentali, orientali e meridionali è in diretta comunicazione con i fluidi che scorrono e si infiltrano dalla superficie.

I livelli sabbiosi saturi in acqua che presentano un maggior grado di continuità laterale relativa costituiscono la fascia allungata in direzione sud nord estesa secondo Cavo Tresinaro al bordo occidentale, quelle con analogo orientamento che assecondano il tracciato della Fossa Marza e della Fossa delle Erbe nel settore orientale.

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 influenze di deformazioni correlabili ai processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano e la presenza di modificazioni molto blande alla base nelle zone orientali e che tendono ad accentuarsi in direzione nord orientale, connesse a subsidenza differenziata per auto consolidazione.

Tale unità presenta spessori generalmente compresi tra 60/90 m, con potenze relative minori nelle zone settentrionali occidentali, corrispondenti in media a 60/65 m; gli spessori maggiori si riscontrano nel settore meridionale; si rinviene generalmente sino a -80/-90 m dal piano campagna.

Gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale relativa in tale unità sono rilevabili a profondità tra -30/-40/-45 m p.c. e -55/-60 m p.c.

Complesso Acquifero ciclo deposizionale A2 (unità geologica AES6):
è correlabile a deposizioni avvenute tra 125.000 e 200/220.000 anni b.p. localmente denota in pratica l'assenza di influenze di deformazioni correlabili ai processi tettonici che hanno coinvolto in bacino padano ed evidenzia moderate deformazioni alla base dell'unità, nelle zone sud orientali, per subsidenza differenziata correlata a spessori relativi maggiori dei depositi del Pleistocene medio e superiore. Tale insieme presenta potenze generalmente comprese tra 50/60 e 70 m con spessori che incrementano in direzione sud orientale; si rinviene sino a -120 ÷ -140 m dal piano campagna.

Gli insiemi che costituiscono gli orizzonti acquiferi a maggior grado di continuità laterale in tale unità, sono in genere riscontrabili a profondità tra -70/-80 m pc e tra -110/-120 m pc e tendono ad essere meno profondi nelle zone occidentali.

Complesso Acquifero ciclo deposizionale A3 – A4 (unità geologica AES):

E' correlabile a deposizioni avvenute 200/220.000 ÷ 300/310.000 ÷ 400/450.000 anni b.p. denota influenze di deformazioni correlabili a processi di subsidenza differenziale per auto consolidazione ed anche del substrato nel sottosuolo delle zone sud occidentali. Tale complesso presenta spessori generalmente compresi tra 55/60 e 80/100 m con potenze relative minori nelle aree settentrionali occidentali; i corpi sabbiosi a maggior continuità laterale si riscontrano nel sottosuolo delle zone settentrionali tra -140/-160 m pc e -200/-210 m pc; si rinviene generalmente sino a -200 ÷ 230 m da piano campagna.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale Inferiore - AEI):

Evidenzia sia alla base che al tetto significative influenze dei movimenti tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400/4500.000 a 650.000 anni b.p.; la distinzione rispetto all'unità superiore è correlata essenzialmente a caratteristiche di ambiente deposizionale.

Nel territorio di San Martino in Rio è individuabile tra -200 /-240 m pc e tra -300/-380 m p.c. con incremento della profondità che si accentua in direzione sud – sud est; gli spessori equivalgono mediamente a 100/170 m.

Gli orizzonti permeabili più significativi sono presenti al tetto dell'unità, -200/-220 m p.c. dove costituiscono il livello di transazione, con spessore di 5 ÷ 10 m, al soprastante complesso AES ed alle profondità tra -230/-20 m p.c., -240/-250 m pc.

3.6.4.2 Conducibilità idraulica degli acquiferi

I livelli acquiferi individuati, precedentemente descritti, formano orizzonti tra loro separati da potenti bancate sostanzialmente impermeabili. Dette litozone permeabili a scala territoriale tendono a convergere ed a fondersi in direzione sud, nelle aree a meridione della via Emilia, congiungendosi con le unità idrogeologiche dei coni alluvionali.

Nel sottosuolo delle zone settentrionali orientali del territorio comunale, gli orizzonti permeabili assumono geometrie prevalentemente tabulari e presentano spessori relativi maggiori nei settori nord occidentali. Le bancate prevalentemente sabbiose evidenziano una tendenza più o meno graduale all'assottigliamento procedendo in direzione est verso ovest. L'assetto lentiforme e le variazioni di potenza che si evidenziano in direzione nord, indicano l'avvicinamento alla fascia di transizione tra le zone a caratteri idrogeologici diversi: media pianura e della bassa pianura.

In relazione a quanto esposto ed in base ai valori di trasmissività medi del territorio, pubblicati da *IDROSER*, equivalenti a:

$$- T = 3,5 \cdot 10^{-4} / 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mq/s (Campagnola Emilia)}$$

$$- T = 1 / 1,2 \cdot 10^{-2} \div 3 / 5 \cdot 10^{-3} \text{ mq/sec (Bassa Modenese)}$$

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

$$V = 0.1 \div 0.02 \text{ m/g}$$

Ne consegue che per gli acquiferi dell'unità della media pianura presenti nei primi 150/240 m del sottosuolo, sussistono velocità di ricarica molto lenta.

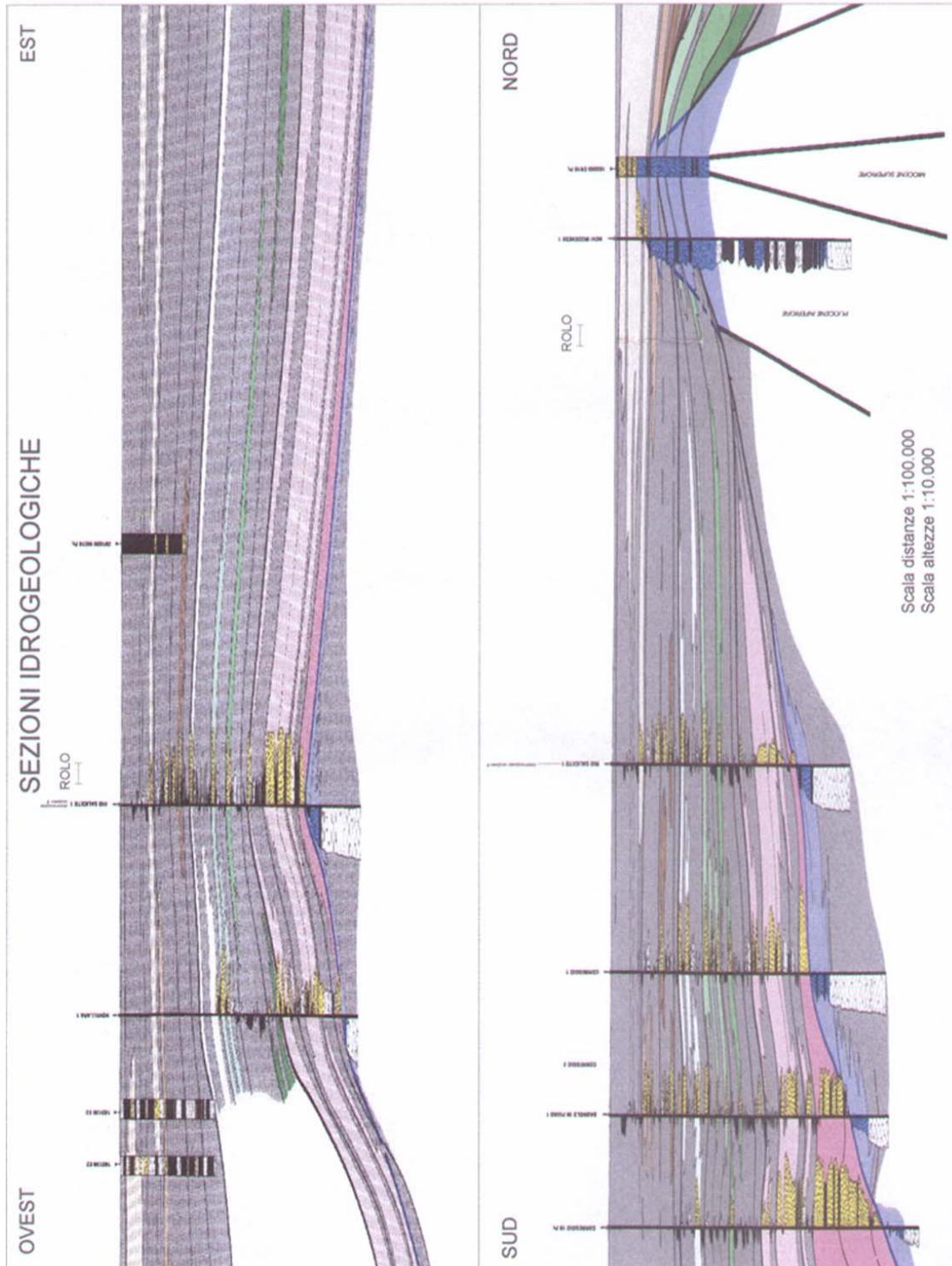
I caratteri idrochimici pubblicati da RER indicano che le acque nel sottosuolo del territorio in esame sarebbero alimentate prevalentemente da acque di origine appenninica ed hanno età di immagazzinamento ricondotta ad 8000 anni b.p.

3.7 Identificazione dinamica del sistema idrogeologico locale

L'individuazione delle linee generali, dell'assetto dei deflussi idrici delle acque sotterranee del primo acquifero o falda freatica, è stata eseguita in base alle campagne di misurazione del livello d'equilibrio nei pozzi accessibili presenti nell'area comunale effettuate nel contesto delle analisi di QC. PSC nel gennaio – febbraio 2008 (*Centrogeo*).

La fase temporale delle rilevazioni, in rapporto alla piovosità verificatasi al periodo delle misure, corrisponde ad una condizione di medio massimo di ricarica dell'acquifero freatico.

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



3.7.1 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. Questo elaborato, evidenzia la geometria dei deflussi idrici sotterranei e fornisce parametri delle analisi per la stima della pericolosità di liquefazione.

3.7.2 Isopieze dell'acquifero

L'analisi d'insieme dell'assetto isopiezometrico della falda freatica (Tav. 1.3) evidenzia zone di alto strutturale corrispondenti ad innalzamenti dell'acquifero di base: spartiacque sotterraneo. Tali aree sono evidenziate da isopieze con linee di deflusso rivolte all'esterno della curva. Viceversa le zone di basso strutturale delle isopieze corrispondono ad assi di drenaggio sotterraneo conseguenti a depressioni dell'acquifero di base.

Nei casi in cui si riscontrano isopieze chiuse il fenomeno suddetto oltre che da una depressione dell'acquifero, può derivare da locali emungimenti idrici intensi dei pozzi; ciò è indicato da linee di deflusso rivolte all'interno della curva (centripete).

La piezometria del primo acquifero sotterraneo nel territorio di San Martino in Rio, nelle zone centro meridionale orientale, settentrionale occidentale ed al bordo orientale centro settentrionale, evidenziano la presenza di assetti a falda conica divergente che si caratterizzano con fasce di ricarica idrica sotterranea principale. Di queste ultime quella nella zona centro sud si estende sub parallelamente al Cavo Traiolo da la Motta a M.no Gazzata, quella nord occidentale da Ponte delle Forche a C. Vecchi, quella orientale da Osteriola a C. Contini. Tali assetti evidenziano effetto alimentante nei confronti della falda freatica nei sopra indicati tratti del: Cavo Traiolo, Cavo Tresinaro, Fossa delle Erbe.

Nella zona nord occidentale del territorio comunale le linee piezometriche che assumono geometria concava con direzioni dei flussi idrici sotterranei rivolti all'interno delle curve identificanti un assetto a falda conica convergente, che si caratterizza con una fascia allungata sud ovest - nord est da C. Rangoni a Ponticelli secondo la quale si raccolgono i deflussi idrici nel sottosuolo.

Analoga conformazione conica convergente si riscontra nella parte orientale centro settentrionale in corrispondenza della Fossa delle Erbe, che si contraddistingue con una fascia di drenaggio idrico sotterraneo orientata sud nord indicante un effetto drenante di detto asse idrico nei confronti dell'acquifero freatico.

Un equivalente settore con fascia di drenaggio idrico sotterraneo, si riscontra nella zona meridionale del territorio comunale. In quest'ultimo è presente un asse di drenaggio idrico sotterraneo orientato in senso sud ovest - nord est, estendentesi circa da C. Bizzarri a i Cappuccini che caratterizza l'area a meridione del capoluogo.

L'assetto piezometrico del primo acquifero sotterraneo evidenzia che nel sottosuolo di San Martino in Rio, i deflussi idrici tendono ad assumere una direzione territoriale prevalente sud sud ovest - nord nord est.

I valori del gradiente idraulico, ovvero la perdita di carico idraulico per unità di lunghezza dell'acquifero, equivalgono mediamente a:

$$i_m = 1,3 \div 2,0 \cdot 10^{-3}$$

nel settore centrale – centro settentrionale e zone nord orientali del territorio comunale,

$$i_m = 2,0 \div 2,7 \cdot 10^{-3}$$

nelle aree meridionali e sud orientali,

$$i_m = 3,0 \div 3,5 \cdot 10^{-3}$$

nella fascia nord ovest – sud est a settentrione del capoluogo tra via Chiesa di Trignano e via Roma.

$$i_m = 2,0 \cdot 10^{-3}$$

nella zona nord orientale a nord di via Chiesa di Trignano.

3.7.3 Soggiacenza Acquifero freatico

Questo elaborato (Tav. 1.4) visualizza la profondità, rispetto al piano campagna, alla quale si rinviene il livello d'equilibrio dell'acqua nel sottosuolo.

L'analisi d'insieme evidenzia che la falda rispetto al piano campagna è generalmente più profonda nelle fasce meridionali ed orientali dell'area comunale, dove è mediamente rinvenibile a:

$$\delta H_2O = -2 \div -2,5 \text{ m p.c.}$$

Nella rimanente parte del territorio, i valori di soggiacenza corrispondono a:

$$\delta H_2O = -1,5 \text{ m p.c.}$$

Fanno eccezione la fascia allungata sud est – nord ovest tra la sP 105 e la sP 50, da Stiolo a Ca del Vaglio, dove la profondità del livello idrico sotterraneo si attesta a:

$$\delta H_2O = -1,0 \text{ m p.c.}$$

ed il settore più ad occidente di quest'ultimo da Casino Culzoni a Podere Bersella nel quale la soggiacenza equivale a:

$$\delta H_2O = -2,0 \text{ m p.c.}$$

Dal confronto tra le rilevazioni della soggiacenza dal 1984 al 1998 al 2008 si riscontrano valori praticamente equivalenti negli anni 1984 e 2008 mentre le misurazioni di PSC del 1998 denotano un modesto campo di escursione negativo corrispondente a:

$$\delta H_2O = -1,0 \text{ m}$$

3.7.4 Identificazione temporale del sistema Idrogeologico

L'analisi comparata tra la carta dell'assetto piezometrico dell'acquifero, elaborata in base ai rilievi del gennaio – febbraio 2008 e quelle precedentemente redatte nell'ambito di altri studi territoriali: P.T.C.C. Carpi – Correggio 1982 – 1984, PRG di San Martino in Rio 1998,

evidenzia assetti dei deflussi idrici sotterranei a medio elevato grado di corrispondenza; le modeste differenze conseguono essenzialmente dalle diverse condizioni climatiche di alimentazione dell'acquifero e del suo grado di utilizzo, dal maggior numero di pozzi censiti nel gennaio – febbraio 2008, che hanno consentito un'elaborazione più dettagliata per la ricostruzione dell'assetto piezometrico.

L'analisi di quest'ultimo evidenzia che le direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei sono territorialmente orientate in direzione sud ovest – nord est sia relativamente al 1984 che al 1998 ÷ 2008.

Tutti i periodi di rilevamento, sono caratterizzati da fasce di ricarica principale o aree di spartiacque sotterraneo, orientate in senso sud ovest – nord est. Quelle di queste che presentano conservatività nel tempo sono la fascia sud nord settore ovest sud est – nord ovest da La Motta a Mulino di Gazzata e la fascia al limite orientale del territorio comunale che asseconda l'andamento della Fossa delle Erbe.

Analoga caratteristica conservativa denotano anche le principali fasce secondo le quali si raccolgono i deflussi idrici sotterranei da C. Rangoni a Ponticelli nella zona nord orientale, l'area sud nord estesa secondo la Fossa delle Erbe nella parte orientale centrale, la fascia nel settore sud occidentale da Gazzata ad Augusta.

3.7.5 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica

In funzione delle disamine descritte nei paragrafi precedenti, la condizione al limite dell'acquifero nel territorio esaminato è contraddistinta dalle caratteristiche di seguito descritte:

- Limite sud:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite ovest:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso prevalentemente in entrata
- Limite nord:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite est:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso prevalentemente in uscita nella zona nord ed in entrata nel settore meridionale.
- Limite di tetto:* Nei settori con presenza di limi sabbiosi e sabbie limose (fasce di paleoalveo) o dove si hanno incisioni di cavi e canali che si spingono a quote sottostanti -2 m p.c. si ha un flusso idrodinamico in entrata a portata imposta (infiltrazione per piovosità, per irrigazione); nelle aree costituite prevalentemente da limi argillosi – argille limose sussiste un flusso dinamico in entrata di tipo basso.
- Limite di letto:* condizione geologica a flusso nullo per presenza di spessi orizzonti argillosi praticamente impermeabili.

4 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo del territorio di San Martino in Rio sono state determinate in base alle analisi geomorfologiche, all'esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM primo impianto: 1881, alle documentazioni e pubblicazioni storico – geomorfologiche, allo Studio Geologico Ambientale – Analisi sismica del QC. PSC 2009 di San Martino in Rio, *Centrogeo*.

Gli areali che delimitano le unità litotecniche visualizzate nell'elaborato in narrativa, Tav. 1.2, identificano gli orizzonti litologici che principalmente influenzano il tipo di risentimento sismico in occasione di sollecitazione dinamica.

In funzione di quanto esposto sono state identificate come aree prevalentemente sabbiose – sabbioso limose anche le fasce di territorio dove detti litotipi non affiorano in superficie ma sono presenti con spessori significativi, maggiori di 2 m, nei primi 5 ÷ 10/15 m del sottosuolo (paleoalvei). Le classificazioni delle unità prevalentemente limoso argillose – argilloso limose - argillose, esprimono la netta prevalenza di detti litotipi nei primi 5 ÷ 10 m dal piano campagna.

4.1 Carta geologico tecnica

Il territorio in oggetto, appartiene alla fascia della media pianura, costituita dalle evoluzioni idrografiche dei fiumi e torrenti appenninici: T. Crostolo – T. Modolena – T. Rodano – T. Tresinaro e da quelle dei F. Secchia e T. Enza e del F. Po, che hanno condizionato le possibilità di afflusso dei loro affluenti.

Le azioni principali di deposizione in tali ambiti si sviluppano prevalentemente in corrispondenza delle fasce degli assi fluviali che costituiscono corpi sedimentari più rilevati rispetto ai settori ad essi latitanti. In concomitanza delle variazioni climatiche che comportano onde di piena fluviale si generano rotte e/o tracimazioni alle quali conseguono cambiamenti della sede di scorrimento dell'alveo.

I tratti dei corpi fluviali abbandonati così originati costituiscono ostacoli alle successive impostazioni del nuovo reticolo idrografico che influiscono sulle direzioni degli alvei e determinano presenza di zone a difficoltoso drenaggio superficiale con insediamento di ambienti vallivi/palustri.

Ai sistemi deposizionali come quelli descritti è attribuibile la zona settentrionale orientale del territorio comunale dove a nord del confine si osserva la confluenza di due tratti di canale fluviale estinto che hanno impedito le possibilità di sviluppo dei deflussi verso nord determinando l'instaurazione di un ambito palustre che ha costituito un'area valliva di pianura, quest'ultima in territorio di San Martino in Rio si estende da S. Rocco – Trignano – Cs.no Mariani – al confine comunale.

Un'analogha condizione si è impostata nella zona a nord ovest del confine comunale che ha conferito caratteristiche di ambiente vallivo al settore a nord di Via Lemizzone – Via Confine Lemizzone.

Situazioni di ambiti a difficoltoso drenaggio hanno interessato la fascia centrale dell'area comunale tra Stiolo/Via Cà Bruciata e via Roma/ Via Marzano nella quale si sono depositati terreni prevalentemente argilloso limosi.

Le azioni sedimentati hanno generato una morfologia pianeggiante con ondulazioni principali, ad ampio raggio, allungate in senso SSW-NNE, con subordinata presenza di forme e dossi minori debolmente pronunciati, che delimitano fasce vallive generalmente di medio bassa estensione.

Nel contesto dell'evoluzione morfologica del territorio un ruolo importante è stato svolto dal paleoalveo orientato ovest est rinvenibile 2,5/3 km a nord del confine comunale, nell'area correggese.

Detto antico tracciato naturale ha costituito un ostacolo al passaggio dei fiumi a direttrice sud sud ovest – nord nord est di età più recente, come evidenzia la flessione in direzione orientale dal paleoalveo del T. Tresinaro nel tratto che si estende concordemente con via Sinistra Tresinaro, causando un ritardo del colmamento nelle aree settentrionali del Comune di San Martino in Rio come denota l'area valliva qui presente precedentemente descritta.

Gli interventi antropici principali sul territorio sono rappresentati dall'intensa urbanizzazione nell'areale sede del capoluogo e sua zona industriale che ha modificato le caratteristiche dei suoli mediante riporti e scavi che hanno coinvolto i primi 1/2 m del sottosuolo.

4.2 Caratteristiche litotecniche

Gli areali sopra descritti in funzione delle indagini geognostiche precedentemente eseguite nel territorio di San Martino in Rio, sono schematicamente suddivisibili in tre macro zone litotecniche come di seguito descritto:

4.3 Successioni Litotecniche**Verticale tipo SMA**

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità SMA1 da piano campagna a -9,0/-10,0 m p.c	Alternanze di strati prevalentemente argilloso limosi - limoso argillosi, con intercalati in subordine livelli limosi - limoso sabbiosi ed a luoghi corpi lentiformi sabbiosi e raramente sabbioso grossolani, talvolta ghiaioso fini, in corrispondenza dei depositi di canale fluviale estinto; localmente sono presenti lenti e tasche torbose; detti terreni sono prevalentemente normalconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 7 \div 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² ; non di rado denotano caratteristiche di medio - medio elevata compressibilità; $q_{cm} < 6 \div 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,1 \div 0,3$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1 ÷ -2 m p.c..
Unità SMA2 da -9/-10 a -13/-15 m p.c	Argille – argille limose leggermente sovraconsolidate, limi argillosi, saturi, con intercalati in subordine locali strati sabbiosi – sabbioso limosi, lentiformi; a luoghi contenenti lenti torbose. I valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 14 \div 20$ kgf/cm ² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,7 \div 1,0$ kgf/cm ² , fanno eccezione le lenti sabbiose – limoso argillose con $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm ² .

L'unità geotecnica SMA caratterizza la fascia occidentale estesa in senso sud nord del territorio comunale.

Verticale tipo SMB

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità SMB1 da piano campagna a -9/-10 m p.c.	Alternanze di strati prevalentemente argilloso limosi - limoso argillosi, contenenti intercalazioni limose ed in subordine limoso sabbiose; a luoghi sono presenti corpi lentiformi sabbiosi di modesto spessore, talvolta si riscontrano lenti torbose con spessore giungente anche a 1 m, generalmente a quote sottostanti -9 ÷ -10 m p.c.; detti terreni sono prevalentemente normalconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 7 \div 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm ² , localmente si riscontrano terreni con caratteristiche di medio elevata compressibilità: $q_{cm} < 7$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,2$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1,5 ÷ -2 m p.c..
Unità SMB2 Da -9/-10 a -15 m p.c.	Litotipi prevalentemente limoso argillosi, contenenti locali corpi sabbiosi – limoso sabbiosi più o meno lentiformi; detti terreni sono normalconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 12 \div 17$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm ² .
Unità SMB3 Da -15 a -20/-22 m p.c.	Alternanze prevalentemente argilloso limose – argillose, sature, contenenti subordinate locali lenti sabbiose a medio grado di densità relativa; i valori di resistenza alla punta variano mediamente tra $q_{cm} = 16 \div 20$ kgf/cm ² , la resistenza ad attrito laterale oscilla mediamente tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0$ kgf/cm ² .

Unità geotecnica SMB caratterizza la fascia centrale estesa sud nord del territorio comunale da Pd.re Terenzani a Stiolo a Trignano/Traiolo e che comprende il capoluogo.

Verticale tipo SMC

Profondità	Caratteristiche litologico – geotecniche prevalenti
Unità SMC1 da piano campagna a -10,0 m p.c.	Alternanze di strati prevalentemente limoso argillosi, inglobanti sottili livelli limoso sabbiosi ed a luoghi corpi lentiformi sabbiosi, talvolta sono presenti lenti torbose, in genere di modesto spessore; detti terreni sono prevalentemente normalconsolidati e contraddistinti da $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cm ² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,3$ kgf/cm ² , a luoghi denotano caratteristiche di medio elevata compressibilità: $q_{cm} < 6$ kgf/cm ² ed $f_{sm} < 0,2$ kgf/cm ² ; tali sequenze sono generalmente sature a quote sottostanti -1,5 ÷ -2 m p.c..
Unità SMC2 Da -10 a -20 m p.c.	Litotipi prevalentemente argilloso limosi – limoso argillosi, saturi contenenti in subordine locali corpi sabbiosi più o meno lentiformi a densità relativa molto bassa; la resistenza alla punta varia mediamente tra $q_{cm} = 10 \div 14$ kgf/cm ² e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cm ² .

L'unità geotecnica SMC2 caratterizza la zona settentrionale orientale l'area orientale centrale del capoluogo tra via Carpi – via Trignano – canale di Trignano – sP. n°49 Correggio-S.Martino e la fascia estesa sud nord al confine orientale del territorio comunale.

5 MODELLI GEOTECNICI

Le verticali litotecniche individuate assumono estensioni areali notevolmente differenziate e ad esse sono attribuibili diverse proprietà per gli utilizzi edificatori come di seguito descritto:

- **Verticale litotecnica SMA:** caratterizza il settore occidentale – occidentale settentrionale dell’area comunale, alla quale appartiene l’area industriale ad occidente della sP n° 49 Correggio – San Martino in Rio, e costituisce circa il 51% del territorio; le caratteristiche geotecniche d’insieme indicano che per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100 Ton, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,8 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,2 \div 2 \text{ m p.c.}$$

Per strutture con carichi superiori alle 100 Ton per pilastro è da valutare l’adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali; analogamente per corpi di fabbrica con altezze maggiori di 10 m sono da valutarsi fondazioni a platea e/o su pali.

- **Verticale litotecnica SMB:** costituisce la fascia centrale estesa sud nord del territorio e caratterizza il settore sede del capoluogo e la zona che si prolunga a sud dello stesso in direzione di Stiolo - Madonna delle Grazie - Podere Terenzani, forma circa il 30 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d’insieme evidenziano un medio – medio elevato grado di compressibilità dei litotipi presenti nei primi 7/8 m del sottosuolo, medio – medio basso grado di compressibilità da -7/-8 a -15 e medio basso grado di compressibilità alle quote sottostanti -15 m pc.

In funzione del grado di consistenza dei terreni che costituiscono i primi 8/15 m del sottosuolo, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,7 \div 0,8 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,2 \div 2 \text{ m pc}$$

Per edifici con più di due/tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100 Ton per pilastro, è consigliabile valutare l’adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticale litotecnica SMC:** costituisce la fascia al bordo orientale del territorio e riveste circa il 19% della superficie comunale.

Le caratteristiche geotecniche di insieme evidenziano un medio grado di compressibilità nei primi 10/12 m del sottosuolo ed un medio elevato grado di compressibilità da -10/-12 a -20 m pc.

In rapporto al grado di consistenza ei terreni che formano i primi 20 m del sottosuolo, per strutture che non impongono elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzo di carichi ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,7 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna a:

$$D = 1,2 \div 2 \text{ m pc}$$

Per edifici con più di due/tre piani fuori terra o carichi superiori alle 100 Ton per pilastro è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni a platea o fondazioni di tipo profondo su pali.

In rapporto all'estensione areale delle zone litotecniche descritte e del numero di indagini analizzate, si osserva che le valutazioni esposte sono da considerarsi rappresentative per le caratteristiche generali del territorio esaminato. Non si possono quindi escludere variazioni, anche significative, dovute a fenomeni deposizionali locali e/o rimaneggiamenti antropici, comportanti peculiarità geotecniche anche sensibilmente differenti da quelle indicate.

5.1 SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

In relazione alla presenza nei primi 10/15/20 m del sottosuolo di strati sabbiosi – sabbioso fini e sabbioso limosi, generalmente in percentuale rappresentata inferiore rispetto alle componenti limoso argillose ed argilloso limose, saturati dalla falda idrica sotterranea, si è effettuata l'analisi di risposta dei terreni in rapporto a condizioni di sollecitazione dinamica.

In funzione delle condizioni locali le verifiche sono state sviluppate per i terreni saturi escludendo da tale analisi i litotipi con contenuto in granulometria più fine di 0,005 mm superiore al 20%, poiché non liquefacibili.

La valutazione è stata eseguita in condizioni *free field* poiché è la configurazione più sfavorevole per il rischio di liquefazione.

Accelerazione attesa nel sito

In funzione delle risultanze ottenute nell'analisi di risposta sismica locale si sono applicate accelerazioni al suolo ottenute dall'analisi di risposta sismica locale sviluppata con codice di calcolo comprese tra:

$$a_{\max}/g = 0.25 \div 0,30$$

In riferimento a detto parametro e considerando una magnitudo $M_w = 6,1$, è stata sviluppata la verifica della suscettività alla liquefazione.

Suscettività alla liquefazione

L'analisi delle condizioni di rischio per i litotipi potenzialmente liquefacibili si è eseguita mediante il metodo di *Robertson & Wride modificato (1997b)*, utilizzando il fattore di scala della magnitudo per $M_w < 7,5$ raccomandato da *Yould ed alii (2001)* che definisce la suscettività alla liquefazione in rapporto ai valori di qc ed alla sollecitazione tangenziale ciclica.

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione è stato determinato mediante la relazione:

$$FSL = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF$$

dove:

FSL = coefficiente di sicurezza

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(qc_{ln})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

dove:

$(qc_{ln})_{cs}$ = valore resistenza alla punta normalizzato, funzione di CF (% componenti fini) e di K, funzione di IC (indice del tipo di terreno); kPa

$$CSR = \frac{\tau_d}{\sigma'_0} = 0,65 \frac{A}{g} \frac{\sigma_0}{\sigma'_0} (1 - 0,015z)$$

dove

τ_d = tensione tangenziale ciclica; τ_e = resistenza del terreno

σ_0 = tensione verticale totale; σ'_0 = tensione verticale efficace

A/g = valore di accelerazione; z = profondità dello strato

Δn_f = coefficiente funzione del contenuto in materiali fini

$CRR_{7,5}$ = capacità di resistenza ciclica riferita a $M = 7,5$

MSF = fattore di magnitudo riferito all'intensità attesa in sito

Il modello di calcolo elabora gli intervalli potenzialmente suscettibili alla liquefazione in funzione del contenuto di materiali fini, restituendo i coefficienti di sicurezza sulla verticale della prova penetrometrica.

I risultati sono espressi mediante il valore dell'indice del potenziale di liquefazione I_L (I_L), definito come:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui z è la profondità dal piano campagna in metri e $w(z) = 10 - 0,5z$.

Ad una data quota z il fattore $F(z) = F$ vale (Somnez, 2003):

$$\begin{array}{ll} 0 & \text{per } F_L > 1,2 \\ 2 * 10^6 * e^{-18.427 * F_L} & \text{per } 0,95 < F_L \leq 1,2 \\ 1 - F_L & \text{per } F_L \leq 0,95 \end{array}$$

dove F_L è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

In riferimento al valore di accelerazione al sito come sopra esposto, si è sviluppata l'analisi di suscettività alla liquefazione, considerando presenza della falda freatica a quote variabili tra -1 e -2,0 m dal piano campagna, come hanno evidenziato le quote dei livelli idrici rilevati e visualizzati nella carta della soggiacenza dell'acquifero.

Le elaborazioni sviluppate hanno evidenziato, nelle verticali di indagine, la presenza di strati sabbiosi – sabbioso limosi, saturati dalla falda idrica sotterranea con valori del coefficiente di sicurezza alla liquefazione inferiori a 1 ed in netta prevalenza prossimi a tale valore.

In funzione di detti coefficienti è stato calcolato l'Indice del Potenziale di Liquefazione (LPI – Iwasaki, 1982).

La classificazione proposta da Somnez (2003), per potenziale liquefazione pari a 0 definisce una pericolosità di liquefazione assente nulla, per $0 \leq IL < 2$ la pericolosità è bassa, per $2 \leq IL < 5$ la pericolosità è moderata, per $5 \leq IL < 15$ è elevata.

I valori puntuali di IL sono evidenziati, per le prove analizzate, nelle carte dei fattori di amplificazione.

I valori ottenuti hanno evidenziato per il 21% delle verticali $IL = 0 \div 0.1$ e pertanto a grado di pericolosità di liquefazione nullo; per quanto riguarda il campo dei valori di $IL 0.1 \div 0.5$ corrispondente al 26%, la pericolosità di liquefazione è di grado molto basso – praticamente nullo, per i valori, $IL = 0,5 \div 1$ corrispondenti al 25%, la pericolosità di liquefazione è molto bassa – bassa; in percentuale nettamente inferiore: 16% i terreni appartengono al campo $1 \div 2$ a pericolosità bassa; una percentuale ridotta: 12%, denota pericolosità moderata $IL 2 \div 3 \div 4$. Quest'ultima generalmente è localizzata in areali di

modesta estensione appartenenti ai tratti di paleoalveo nel settore meridionale del capoluogo, zone nord est del medesimo e nell'area sud tra via Camuncoli e l'Autostrada del Sole.

Le zone a bassa pericolosità caratterizzano la parte meridionale del territorio comunale.

Le valutazioni effettuate evidenziano che la prevalenza del territorio comunale è contraddistinta da pericolosità di liquefazione da nulla a molto bassa – praticamente trascurabile per il 47% delle verticali esaminate ed una percentuale circa equivalente a grado di pericolosità bassa 41%, una percentuale ridotta 12% denota pericolosità moderata e non sono stati riscontrati valori di pericolosità elevata.

Tali condizioni concordano con le caratteristiche geomorfologiche territoriali: area di media pianura.

Nell'insieme le analisi svolte esprimono un indice di pericolosità di liquefazione da nullo a basso 88% e pertanto un indice territoriale di suscettività alla liquefazione di tipo molto basso.

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 Re.Mi e metodo integrato Re.Mi/MASW, mediante stendimenti ad antenna monodirezionale con lunghezza di 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 Re.Mi. Re.Mi/MASW.

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 delle velocità di propagazione delle onde di taglio dei vari tipi di terreni presenti nel territorio di San Martino in Rio.

Le indagini effettuate in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato il territorio con 1 punto di analisi con mappa 0,6/1,0 km (0.6 ÷ 1.0 kmq) per le aree urbanizzate del capoluogo e di 1,0 ÷ 1,2/1,6 km per le zone extraurbane.

5.2 Microtremori con la tecnica HVSr

Le indagini a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali si sono effettuate in 15 punti, che sono stati integrati nove analoghe verticali eseguite in aree contermini adiacenti al confine comunale di San Martino in Rio; pertanto nella zona analizzata sono stati utilizzati in totale di 24 punti, distribuiti con maglia statisticamente rappresentativa che rapportata all'estensione del territorio comunale: 22.65 kmq, ha consentito di esaminare lo stesso secondo dimensioni areali di 1 ÷ 1,5 kmq.

Le prospezioni sono state eseguite utilizzando un sismometro modello "SR04 GeoBox" (Sara Electronic Instruments) attrezzato con sensori da 4,5 Hz di frequenza propria ed un sismometro Tromino, entrambi ad elevata dinamica (24 bits).

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

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

L'elaborazione dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle allegate schede "Indagine HVSr" in cui la linea rossa 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.

5.3 Prospezione sismica a rifrazione passiva Re.Mi. e passiva/attiva Re.Mi./MASW

Le prospezioni, effettuate in numero complessivo di 24, 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 ogni 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 costante.

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 significative 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 di maggior dettaglio sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche, mediante elaborazione integrata, consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 40-80-100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento e della densità dei terreni.

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, permettendo 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 in base ad un modello di Vs 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 Re.Mi.- Re.Mi./MASW, riportanti lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

6 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

6.1 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, database Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione Emilia Romagna.

In considerazione del contesto geo-litologico in primo luogo sono state considerate, tutte le indagini sismiche di tipo Re.Mi, HVSR prove penetrometriche statiche CPT Rm, CPTU, sondaggi meccanici.

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:

- 154 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 9 prove penetrometriche CPTU
- 1 verticale sismica con metodo down-hole (DH)
- 2 Sondaggi meccanici (SM)
- 24 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi.- Re.Mi./MASW
- 24 prospezioni sismiche con metodo sismico passivo con tecnica a stazione singola H.V.S.R.

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

- 9 prospezioni di sismica a rifrazione con metodo passivo con antenna monodirezionale Re.Mi.; pertanto comprendendo quelle precedentemente eseguite e quelle effettuate in adiacenza dei confini comunali si ottiene un n° complessivo di 24 siti di misura
- 9 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R. comprendendo quelle precedentemente eseguite e quelle effettuate in adiacenza dei confini comunali si ottiene un n° complessivo di 24 siti di misura

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale; le prospezioni geofisiche hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata – rettangolare con lati

di 600 ÷ 900 m nell'area sede del capoluogo, zona industriale e delle principali frazioni, con interassi di 1000 ÷ 1300 ÷ 1500/2000 m nelle zone extraurbane.

6.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche eseguite nel territorio di San Martino in Rio, integrate da quelle effettuate negli areali adiacenti ai suoi confini comunali, ha permesso di determinare le caratteristiche in termini di frequenza di vibrazione dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato, di previsto sviluppo, frazioni, case sparse, del territorio di San Martino in Rio.

A tale finalità sono state utilizzate:

- 24 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), è evidente l'efficienza 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 e di ampiezza del picco HVSR nelle seguenti classi:

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

Dette associazioni sono riportate nella tavola "Frequenze Naturali Terreni" /Tav. 1.7); le misure sono state identificate mediante 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 e sviluppare alcune considerazioni qualitative sull'area oggetto di studio.

I valori delle frequenze principali sono inferiori a 1 Hz ed indicano, in accordo con quanto evidenziato dalle sezioni geologiche, spessori dei depositi soggetti ad amplificazione maggiori di 100/120 m.

La netta prevalenza dei valori che caratterizzano il territorio appartiene al campo $f_0 = 0.5 \div 0.8$ Hz ($T = 2.0 \div 1.25$ sec) fanno eccezione gli areali di estensione relativa inferiori contraddistinti da valori $0.8 \div 0.9 \div 1.0$ Hz ($T_0: 1.25 \div 1.1 \div 1.0$ sec) che caratterizzano la parte centro settentrionale del territorio sede del Capoluogo e la fascia ovest est adiacente al confine comunale nord occidentale.

6.3 Tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

Gli elementi nel sottosuolo delle zone di pianura che influenzano il moto in superficie sono rappresentati da depositi a comportamento relativo più rigido quali le unità o corpi prevalentemente sabbiosi più o meno lentiformi nei primi $10 \div 15/20$ m del sottosuolo e la profondità del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.

6.3.1.1 Tetto sabbie

La carta del tetto delle sabbie, ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT - stratigrafie di sondaggi meccanici, dei pronunciati contrasti di impedenza nei primi $5 \div 20$ m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi - Re.Mi/MASW eseguite, visualizza la profondità in m rispetto al piano campagna delle litozone nelle quali prevalgono le componenti sabbiose. In tale elaborato l'isobata a tratto continuo che delimita la zona indica la terminazione laterale del corpo sabbioso e relativa profondità del letto. L'isobata tratteggiata visualizza la profondità del tetto dell'unità sabbiosa rispetto al piano campagna.

L'assetto del tetto delle sabbie denota geometrie lentiformi prevalentemente allungate in senso sud ovest nord est, tipo quella estesa secondo la sP 50 da Stiolo a Madonna del Varano e quella assecondante la sP 29 ed sP 49, in subordine si rilevano analoghe fasce orientate ovest - est come nella zona allungata secondo via Rivone contro storico sud; altri settori di modesta estensione si riscontrano nella parte meridionale del territorio tra via Camuncoli e l'Autostrada del Sole e fra Prunello e Casa Bulgarelli, tra Cà Gazzata e Casa Melli.

La distribuzione areale dei corpi sabbiosi concorda sostanzialmente con la presenza delle fasce di canale fluviale estinto (paleoalvei) individuate mediante l'analisi geomorfologica.

L'assetto spaziale nel sottosuolo del tetto delle sabbie evidenzia che i corpi di maggior estensione e spessore sono rappresentati dalla fascia estesa sud ovest - nord est, larga 250/300 m allungata secondo le sP 29 e sP 49 da Podere Bersello a Ponte delle Forche - confine comunale nord, dalla striscia larga 180/250 m orientata sub parallelamente alla sP n° 50 Rubiera - S. Martino da Stiolo a Madonna del Varano, dalla fascia ovest est che asseconda l'andamento di Via Rivone da I Cappuccini dell'incrocio di detta strada con Via Matteotti nell'area sede del capoluogo, la fascia sud ovest nord est a settentrione est di quest'ultimo tra S. Rocco e C. Rocca. Nella zona da Stiolo a Madonna del Varano e quella di via Rivone, le

sabbie sono rinvenibili da -2/-3 m a -10/-12 m pc; le altre aree con significativa presenza di alternanze sabbiose, che giungono a profondità di -5 m pc, si riscontrano nel settore di territorio allungato a sud ovest – nord est asseccante la sP n°29 e sP n°49 da Podere Bersella a confine comunale nord ovest, alla quale appartiene la zona industriale; ulteriori significative unità territoriali con presenza di alternanze lentiformi sabbiose – sabbioso limose sino a -5 m pc, si osservano a sud di via Comuncoli tra Prunello e C. Bulgarelli ed al confine orientale meridionale tra Cà Gazzata e Case Melli.

6.3.1.2 Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

Le profondità dal piano campagna e l'assetto spaziale, dell'unità litotecnica che localmente indica comportamento relativo più rigido, assimilabile al bedrock sismico, sono state individuate in funzione dei valori di frequenza principale ottenuti dalle prospezioni HVSR, e dalle velocità delle onde sismiche di taglio della successione litotecnica che costituisce i primi 250 m del sottosuolo, valutate in base ai dati di Vs ottenuti dalle prospezioni linear array Re.Mi./MASW

In riferimento a tali dati mediante la relazione:

$$H = \frac{V_s}{4f_0}$$

si è stimata la profondità dal piano campagna alla quale sono rinvenibili gli orizzonti litotecnici assimilabili al bedrock sismico.

L'andamento spaziale denota una generale tendenza ad asseccare l'assetto della base dei depositi continentali e del substrato prepliocenico, evidenziando le profondità relative del bedrock minori: -130 m pc, nella fascia occidentale centrale e settentrionale del territorio comunale circa compresa tra S. Rocco – incrocio via S. Michele/ via Impiccato – confine comunale est e sud est – incrocio sP 105/via Quattro vie – i Cappuccini; d'altra parte il bedrock sismico si approfondisce in direzione meridionale sia orientale che occidentale nelle quali il substrato si attesta a -160/-170 m pc con profondità maggiori nella zona sud est tra Stiolo-Case Melli – Ca Vecchia. Tale assetto concorda con gli aumenti in spessore dei depositi continentali e l'incremento in profondità del substrato prepliocenico.

Dal raffronto con le sezioni geologiche si evince che il substrato a comportamento rigido è tendenzialmente correlabile alla parte medio basale del Sistema AES circa corrispondente al letto del ciclo di deposizione A2.

6.4 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. Per dette aree sono stati definiti gli approfondimenti di indagine ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento da effettuarsi in funzione delle condizioni di pericolosità sismica che ad esse compete.

Nell'individuazione e delimitazione di dette zone oltre alle documentazioni territoriali prove penetrometriche CPT, sondaggi meccanici, sono state utilizzate le verticali di indagine geofisica di tipo lineare ed antenna monodirezionale (Re.Mi) che puntuali a stazione singola (HVSR) per una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da Vs considerabili tra essi praticamente equivalenti.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS tav. 1.6, scala 1:10.000, 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 descritti, integrando detti dati con valutazioni di carattere geotecnico.

In tale contesto sono inoltre state usate le documentazioni della 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 del PTCP della Provincia di Reggio Emilia, gli elaborati della relazione geologica – analisi sismica Q.C. PSC 2009 di San Martino in Rio, alla banca dati del U.T. del Comune di San Martino in Rio.

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

6.4.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente

L'individuazione delle sequenze litotecniche - sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, è stata definita in funzione delle prospezioni geotecniche e geofisiche ed elaborazioni eseguite nel contesto dello studio di microzonazione di primo livello del territorio di San Martino in Rio precedentemente effettuato: (Tav.G.11, 2009).

La discretizzazione delle verticali litotecniche, redatta in conformità alle simbologie e criteri degli standard di MS versione del 06/2012, è stata eseguita in funzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche che prevalentemente influenzano gli effetti dello scuotimento 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 per caratteristiche litostratigrafiche: zone 1 – 2 – 3 e le zone suscettibili di instabilità: zone A, B, B1, C. In queste ultime sono state distinte le successioni nelle quali sono presenti nei primi 5 - 15 - 20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi moderatamente addensati con $V_s < 200$ m/sec, con spessori compresi tra 1/2 e 4 m, soggetti a potenziale suscettività alla liquefazione: zone A.

Nelle condizioni in cui nelle successioni litologiche prevalentemente limose – argilloso limose sono presenti intercalazioni di strati sabbioso limosi – limoso sabbiosi, ad assetto

prevalentemente lentiforme con spessori inferiori ad 1 m e che nell'insieme dei primi 15 m pc sono inferiori a 2/3 m, contraddistinti da $V_s < 150/170$ m/sec nei primi 7 m pc, si è considerato che gli effetti siano correlabili ad addensamenti differenziati e/o a potenziali addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali conseguono cedimenti differenziali: zone B.

Analoghi effetti caratterizzano le successioni prevalentemente argilloso limose e limoso argillose, nei primi 6/8 m del sottosuolo, contenenti livelli sabbiosi lentiformi con spessore inferiore a 0.6/ m, contraddistinte da valori di resistenza alla punta di insieme al penetrometro statico corrispondenti a $q_c < 7$ kgf/cm² e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio equivalenti a $V_s < 140$ m/sec, contraddistinguono le aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali: zone B1.

Condizioni nelle quali si sono riscontrate presenza di sequenze prevalentemente sabbioso limose – sabbie poco addensate ($q_c < 10/16/20$ kgf/cm²) con spessori di 1/2 ÷ 4m, con intercalate alternanze limose – limoso argillose poco consistenti ($q_c < 7$ kgf/cm²), $V_s < 150/200$ m/sec, gli effetti conseguenti allo scuotimento sismico sono correlabili a potenziale suscettività alla liquefazione e cedimenti differenziali: zone C, sovrapposizione di instabilità differenti.

6.4.1.1 Aree Suscettibili di Effetti Locali e di instabilità

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

Zone suscettibili di instabilità

alle quali sono riconducibili le caratteristiche di seguito descritte:

- **Zone stabili 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 previsto 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 5 ÷ 15 ÷ 20 m del sottosuolo presentano spessori compresi tra 1/2 ÷ 4/5 m, potenzialmente suscettibili di liquefazione (zona $Z_{A_{LQ1}}$); le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori ad 1 m, moderatamente addensati, suscettibili di cedimenti differenziali; le successioni argilloso limose – limoso argillose poco consistenti nei primi 5 ÷ 8 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle $V_s < 130 ÷ 150$ m/sec, suscettibili di cedimenti differenziali; le sequenze prevalentemente sabbioso limose poco

addensate nei primi 6 ÷ 8 m del sottosuolo e con $V_s < 150 \div 200$ m/sec soggette a potenziale suscettività alla liquefazione e cedimenti differenziali e le successioni litotecniche a medio elevata compressibilità ($q_c \leq 7$ kgf/cmq).

Le delimitazioni delle zone e relative colonne stratigrafiche, esposte nella legenda della tav. 1.6, si sono articolate come di seguito esposto:

ZONA 1				
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec	
	Argille limose	Moderatamente consistente	24	120/160
	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12	
	Limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	24	
	Sabbie limose	Moderatamente addensato	12	
	Sabbie pulite	Moderatamente addensato	12	170/200
	Argille limose	Moderatamente consistente	24	
	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12	
	Limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	24	
	Argille	Moderatamente consistente	24	200/300
	Limi argillosi - limi		24	
	Argille limose	Moderatamente consistente	24	
	Sabbie pulite	Moderatamente addensato	12	
	Limi argillosi - limi		24	250/350/400
	Argille limose	Moderatamente consistente	24	
	Sabbie pulite	Moderatamente addensato	12	

ZONA 1 – Aree stabili con presenza di sequenze limose – limoso argillose – argilloso limose, moderatamente consistenti (ML/CL - 24), contenenti sottili corpi lentiformi sabbioso limosi/limoso sabbiosi con spessori non superiori a 1 m moderatamente addensati (SM/SP - 12);

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

ZONA 2 con retino ZALQ1 Attenzione per liquefazione tipo 1T				
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec	
0-2	CL Argille limose	Moderatamente consistente	24	130/160
2-4	ML Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24	
4-6	SM Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12	210/250/380
6-8	ML Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24	
8-10	SM Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12	
10-12	CL Argille limose	Moderatamente consistente	24	
12-14	ML Limi - limi argillosi	Moderatamente consistente	24	
14-16	SM Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12	
16-26	CA Argille	Consistente	23	220/240
26-28	SP Sabbie pulite	Addensato	11	
28-30	CL Argille - argille limose	Moderatamente consistente	24	300/400
30-32	CL Argille - argille limose	Moderatamente consistente	24	
32-35	CL Argille - argille limose	Moderatamente consistente	24	

ZONA 2 – ZA_{LQ1} – Aree stabili o potenzialmente instabili con presenza di depositi di canale fluviale prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi, in strati con spessori tra 1/2 e 6 m, moderatamente addensati (SM – 12) ed addensati (SP – 11) con intercalate alternanze argilloso limose – limoso argillose moderatamente consistenti (CL/ML – 24);

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

studi richiesti: nelle aree senza sovrapposizione di retino. valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, nelle aree con retino sovrapposto valutazione della suscettività alla liquefazione;

microzonazione sismica: nelle aree senza sovrapposizione di retino approfondimenti di II livello; nelle aree con sovrapposizione di retino approfondimenti di III° livello per la stima di suscettività alla liquefazione.

ZONA 3				
	Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
0	CL	Argille limose	moderatamente consistente	110/120
2	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	
2	ML	Sabbie limose	Moderatamente addensato	12
3	SM	Limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	
4	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
6	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	
6	SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensato	13
8	ML	Limi argillosi	Moderatamente consistente	
8	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
10	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	
10	SM	Sabbie limose	Poco consistente	13
12				
14	CL	Argille	Consistente	23
16				
18				24
20	SM	Sabbie limose - sabbie	Poco consistente	
20		Argille limose	Moderatamente consistente	13
22	SM	Limi argillosi - limi	Moderatamente addensato	
22	ML	Limi argillosi - limi	Moderatamente addensato	12
24				
24	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
25				
28				230/280
30				
32				24
34				
35				

ZONA 3: Aree stabili con presenza di sequenze prevalentemente argilloso limose - argillose, moderatamente consistenti (CL/CH – 24), con intercalati subordinati corpi lentiformi limoso argillosi, moderatamente consistenti (ML – 24) e sabbioso limosi/limoso sabbiosi moderatamente addensati e poco addensati (SM – 12/13) con spessori inferiori ad 1 m;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

ZONA 4				
Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza		Vs = m/sec
0 - 0.5	CH	Argille	Consistente	23
0.5 - 2	ML	Limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	24
2 - 2.5	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
2.5 - 4	CL	Limi argillosi - limi	Moderatamente consistente	24
4 - 10	ML	Argille limose		
10 - 12	CH	Argille	Consistente	23
12 - 14	SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensato	13
14 - 16	CH	Argille	Moderatamente consistente	24
16 - 22	CH	Argille	Moderatamente consistente	24
22 - 24	SM	Sabbie limose	Moderatamente addensato	13
24 - 26	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
26 - 30	SP	Sabbie pulite	Addensato	11
30 - 34	CH	Argille	Moderatamente consistente	24

ZONA 4: Zone stabili con presenza di litotipi prevalentemente argilloso limoso – argillosi – limoso argillosi moderatamente consistenti (CH/CL – 24), con intercalati subordinati corpi lentiformi limosi - limoso argillosi moderatamente consistenti (ML – 24) e sabbioso limosi/limoso sabbiosi poco addensati (SM – 13) con spessore inferiore ad 1 m.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello.

ZONA B Potenziali cedimenti differenziali				
	Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
0	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
1	ML	Limi argillosi	Poco consistente	25
2	SM	Sabbie limose	Poco addensato	13
3	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
4	ML	Limi argillosi	Poco consistente	25
5	SM	Sabbie limose	Poco addensato	13
6	ML	Limi - limi argillosi	Poco consistente	25
7	SM	Sabbie limose	Poco addensato	13
8	CL	Argille limose	Poco consistente	25
9	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
10	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
11	CL	Argille	Consistente	23
12	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
13	CL	Argille	Consistente	23
14	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
15	CL	Argille	Consistente	23
16	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
17	CL	Argille	Consistente	23
18	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
19	CL	Argille	Consistente	23
20	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
21	CL	Argille	Consistente	23
22	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
23	CL	Argille	Consistente	23
24	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
25	CL	Argille	Consistente	23
26	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
27	CL	Argille	Consistente	23
28	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
29	CL	Argille	Consistente	23
30	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
31	CL	Argille	Consistente	23
32	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
33	CL	Argille	Consistente	23
34	SM	Sabbie - sabbie limose	Moderatamente addensato	12
35	CL	Argille	Consistente	23

ZONA B – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di piana alluvionale prevalentemente limosi – limoso argilloso sabbiosi, da moderatamente a poco consistenti (CL/ML – 24/25) con intercalati corpi lentiformi sabbiosi moderatamente addensati (SM – 13/12) con spessori inferiori a 1 m, nei primi 7/12 m dal p.c.;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima dei cedimenti differenziali;

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

ZONA B1 Potenziali cedimenti differenziali				
	Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
0	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	110/140
2	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensate	
2	CL	Argille limose	Poco consistente	160/180/220
4	ML	Limi argillosi	Poco addensate	
4	SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensate	160/180/220
6	CL	Argille limose	Poco addensate	
8	ML	Limi argillosi	Moderatamente consistente	200/250
10	CL	Argille limose	Poco consistente	
12	SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensate	300/370
12	ML	Limi argillosi	Moderatamente consistente	
14	ML	Limi argillosi - limi		300/370
14	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	
16	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	200/250
18	SM	Sabbie - sabbie limose	Poco addensate	
20	ML	Limi argillosi	Moderatamente consistente	300/370
22	CL	Argille limose	Consistente	
22	ML	Limi argillosi	Moderatamente consistente	300/370
24	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensate	
26	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensate	300/370
28	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	
30	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	300/370
32	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	
34	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	300/370
36	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	

ZONA B1 – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di piana alluvionale prevalentemente argilloso limose – limoso argilloso, da moderatamente a poco consistenti (CL/ML – 24/25) con intercalati corpi lentiformi sabbiosi moderatamente/poco addensati (SM – 12/13) con spessori inferiori a 1 m, nei primi 7/12 m dal p.c.;

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziali cedimenti differenziali di terreni poco consistenti e densificazione/liquefazione di strati sabbioso limosi;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione suscettività alla liquefazione, stima dei cedimenti differenziali;

microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti e valutazione e potenziali addensamenti.

ZONA C Suscettibilità di sovrapposizione di instabilità differenti				
	Litologia	Descrizione litologica	Grado di consistenza	Vs = m/sec
0	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
2	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
	CL	Argille limose	Poco consistente	25
4	ML	Limi argillosi		
	SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensato	13
6	CL	Argille limose	Poco addensato	25
8	ML	Limi argillosi	Moderatamente consistente	24
10	CL	Argille limose	Poco consistente	25
12	SM	Sabbie limose - sabbie	Poco addensato	13
	ML	Limi argillosi	Moderatamente consistente	24
14	ML	Limi argillosi - limi		24
16	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	
18	SM	Sabbie - sabbie limose	Poco addensato	13
20	ML	Limi argillosi	Moderatamente consistente	24
	CL	Argille limose		
22	CL	Argille limose	Consistente	23
	ML	Limi argillosi	Moderatamente consistente	24
24	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensato	12
26				
28	SM	Sabbie limose - sabbie	Moderatamente addensate	12
30	CL	Argille limose	Moderatamente consistente	24
32				
34				
35				

ZONA C – Aree potenzialmente instabili con presenza di depositi di canale fluviale e/o piana alluvionale prevalentemente sabbioso limosi - sabbiosi poco addensati (SM - 13) con spessori di 1÷ 4 m e limi – limi argillosi – argille limose, poco consistenti (CL/ML – 25);

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

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione suscettività alla liquefazione, stima dei cedimenti differenziali;

microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti e valutazione della suscettività alla liquefazione.

Il terzo livello di approfondimento è comunque richiesto nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico come specificato nella DGR 1661/2009: *“Elenco categorie di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile ed elenco categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso..”*, 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, per i fabbricati con periodo $T > 1 \text{ sec}$.

6.5 Zone a comportamento sismico equivalente

Una rilevante parte del territorio Comunale (31%) è caratterizzata da aree stabili nelle quali gli effetti dello scuotimento sismico sono correlati ad amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche. Detti areali assumono gli sviluppi maggiori nel settore a meridione dell'Autostrada del Sole e sud di via Erbosa, al bordo occidentale centrale a sud del Canale di Prato, ovest del Canale Tresinaro – nord di via Erbosa e parte a nord del Canale di Prato e ad ovest di via delle Forche, al bordo orientale tra via Pilastrì – Fossa delle Erbe – via Colombarola – confine comunale sud, zona a sud ovest del capoluogo circa compresa tra C. Bruciata – C. Bertani – C. Bartoli – C. Culzoni, fascia tra il confine comunale settentrionale e Canale di Trignano – La Grande – C. Bertelli.

La prevalente parte del territorio (49%) comunale è contraddistinta da zone suscettibili di instabilità per potenziali cedimenti differenziali; significative estensioni areali (10%) sono suscettibili di pericolosità di liquefazione ed equivalenti percentuali (10%) sono suscettibili di liquefazione e cedimenti.

La zona a meridionale del capoluogo, la fascia allungata sud nord estesa secondo la fascia sub parallela alla sP n°29 ed sP n°24 da Pd.re Bersella a Ponte delle Forche e ad occidente del Cavo Tresinaro, alla quale appartiene la zona industriale, sono suscettibili di instabilità per potenziale liquefazione e cedimenti; d'altra parte il settore nord del capoluogo è suscettibile di potenziale liquefazione. Quest'ultima caratterizza altre fasce allungate sud nord con larghezze di 180/220 m che assecondano l'andamento della Fossa delle Erbe, via Pilastrello tra C. Muli e via Del Prete, strada comunale Ca Matte – via Gazzata dal confine comunale sud sino al Podere Valli, la fascia ovest est da C. Sbreveglia a Prunella; la zona a settentrione di quest'ultima da C. Sberviglieri a via Casone ed a sud di via Camuncoli è potenzialmente suscettibile di liquefazione e cedimenti.

Le analisi di valutazione dell'Indice del potenziale di liquefazione, hanno evidenziato valori che attribuiscono alle zone in oggetto una pericolosità di liquefazione di grado basso – molto basso (*Sonmez 2003*), in percentuale subordinata (12%) sono presenti zone a grado di pericolosità moderato.

7 SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo e terzo livello di approfondimento definiscono la suddivisione in dettaglio del territorio delle aree oggetto di microzonazione sismica individuate negli elaborati di primo livello (carta MOPS) con ridefinizione dei limiti delle condizioni di pericolosità per liquefazione densificazione, quando necessario, e la definizione in funzione di un indice quantitativo, in base alle condizioni stratigrafiche, dell'amplificazione sismica attesa ($T_r = 475$ anni; $\zeta = 5\%$) e dell'indice di liquefazione.

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, sviluppata con codice di calcolo Proshake, le elaborazioni individuano le aree soggette alle integrazioni di approfondimento di terzo livello, specificando le disamine da eseguire.

7.1 Carta delle nuove indagini

Detto elaborato visualizza l'ubicazione delle nuove verticali di indagine geofisica: Re.Mi - MASW/Re.Mi. - HVSR, eseguite per la microzonazione delle aree urbanizzate, di previsto nuovo insediamento e delle analoghe prospezioni geofisiche effettuate in adiacenza ai confini comunali di San Martino in Rio, nei territori di comuni per i quali si sono sviluppate equivalenti analisi di microzonazione sismica.

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta, relative ai 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) Standard versione 2.0 del 11/06/2012.

La carta ubicazione nuove indagini visualizza i siti delle verticali di indagine effettuate nel territorio per l'individuazione dei fattori di amplificazione e caratteristiche geotecniche che competono alle varie aree esaminate.

7.2 Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s)

La carta delle velocità delle onde di taglio V_s (Tav. 2.2), visualizza 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) determinate in base alle indagini: Re.Mi. – Re.Mi/MASW effettuate.

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato valori oscillanti tra un massimo di 260 m/sec nella zona del capoluogo ed un minimo di 190 m/sec; i valori medi percentualmente più rappresentati corrispondono a: $V_{s_{30}} = 200 \div 220$ m/sec.

I valori relativi maggiori si riscontrano nella zona sede del capoluogo e zona industriale contraddistinte da $V_{s_{30}} = 230/260$ m/sec; analoghi valori relativi maggiori caratterizzano i settori della parte meridionale del territorio nelle aree circostanti Gazzata e Stiolo dove $V_{s_{30}} = 230/240$ m/sec.

I minimi relativi si rilevano ad oriente del capoluogo nell'area circostante l'incrocio via Trignano/via Sabbioni, nella zona orientale centrale all'intorno di Osteriola, nel settore sud occidentale tra Case Matte e Possessione Francesca.

7.3 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica

La microzonazione sismica di terzo livello di approfondimento, effettuata per gli sviluppi di interesse delle aree urbanizzate, individua le zone 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; $\xi = 5\%$).

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati i valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) determinati mediante codice di calcolo.

In funzione di tali elaborazioni sono stati visualizzati nelle tavole i valori dei fattori di amplificazione dell'accelerazione in superficie in condizioni di *free field*: FA. PGA e dell'intensità spettrale: FA.IS. Questi ultimi sono riferiti agli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.1 – 0.3 sec, 0.3 – 0.5 sec, 0.5 – 1.0 sec, 1.0 – 1.5 sec, attinenti alle microzone individuate.

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

In base a quanto sopra esposto sono state individuate macrotipologie di fabbricati alle quali si può fare indicativamente riferimento per le valutazioni delle destinazioni d'uso dei siti di nuova urbanizzazione e per stimare le priorità di intervento per il patrimonio edilizio esistente.

Per la definizione del periodo fondamentale di vibrazione, delle macro-tipologie di fabbricati, si è fatto riferimento al metodo di analisi lineare statica previsto dalle NTC 2008 punto 7.3.3.

- Fabbricati appartenenti all'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec: sono a questi 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.
- Fabbricati appartenenti all'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec: sono a questi correlabili la prevalenza delle costruzioni ad uso produttivo manifatturiero, commerciale, industriale con altezze sotto trave inferiori a 8 m ed edifici ad uso civile a telaio in C.A. sino a 5 – 6 piani fuori terra.
- Fabbricati appartenenti all'intervallo $0.5 < T < 1.0$ e $1.0 < T < 2.0$ sec: possono corrispondere a tale campo strutture a telaio in C.A. o metallo con elevazioni maggiori di $6 \div 7$ piani, magazzini verticali, manufatti alti e stretti quali silos, torri in genere, ecc.

7.4 Definizione degli input sismici

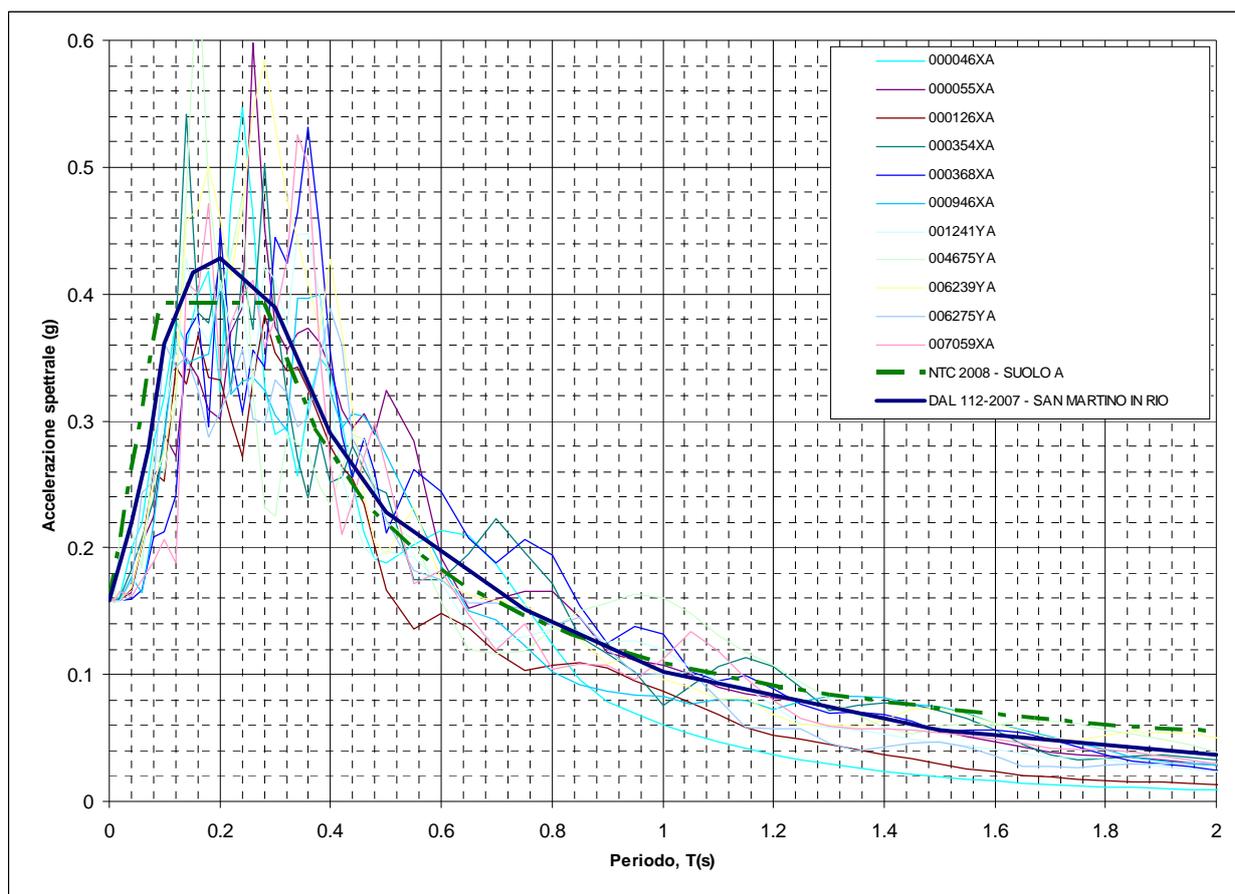
L'analisi della pericolosità sismica del territorio comunale è stata sviluppata in base al modello di studio – elaborazione per la definizione della pericolosità sismica a scala locale proposto da *Marcellini et alii (1998)*³.

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.
- *Scelta dei moti di riferimento*: mediante la selezione di accelerogrammi reali da banche dati attraverso la comparazione degli spettri di risposta con quello determinato con metodo probabilistico.
- *Scelta dei parametri di decadimento*, per terreni a comportamento non lineare dei terreni con l'incremento delle deformazioni per litotipi simili a quelli presenti nel sottosuolo di San Martino in Rio, in base a dati bibliografici ed alle schede di caratterizzazione geotecnica dell'allegato 1 di *Analisi di Microzonazione Sismica delle Aree Epicentrali dei Terremoti della Pianura Emiliana* Maggio – giugno 2012 RER 2013, L. Martelli e M. Romani.
- *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 eseguita 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, per le analisi di microzonazione dei comuni di Bagnolo in Piano, Correggio, San Martino in Rio, Rio Saliceto.

³ Marcellini, A., Daminelli, R., Pagani, M., Riva, F., Tento, A., Crespellani, T., Madiari, 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.



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.

7.5 Calcolo degli effetti di sito

Per il calcolo dello scuotimento in superficie è stato utilizzato un modello numerico che simula la propagazione verticale delle onde SH attraverso strati piano paralleli omogenei ed isotropi a partire da uno strato di riferimento rigido (bedrock sismico). Nell'analisi è stato considerato, come precedentemente esposto, il comportamento di tipo non lineare dei terreni con il livello di deformazione, assumendo come parametri di decadimento e dell'incremento del fattore di smorzamento quelli indicati nella documentazione di letteratura scientifica in materia ed alle schede caratterizzazione geotecnica dell'Allegato 1 delle Analisi di Microzonazione Sismica delle Aree Epicentrali dei Terremoti della Pianura Emiliana di Maggio – giugno 2012, L.Martelli e M.Romani RER 2013, selezione di prove torsionali cicliche ed in colonna risonante eseguite da AA.VV. nei territori di Reggio Emilia e di Parma.

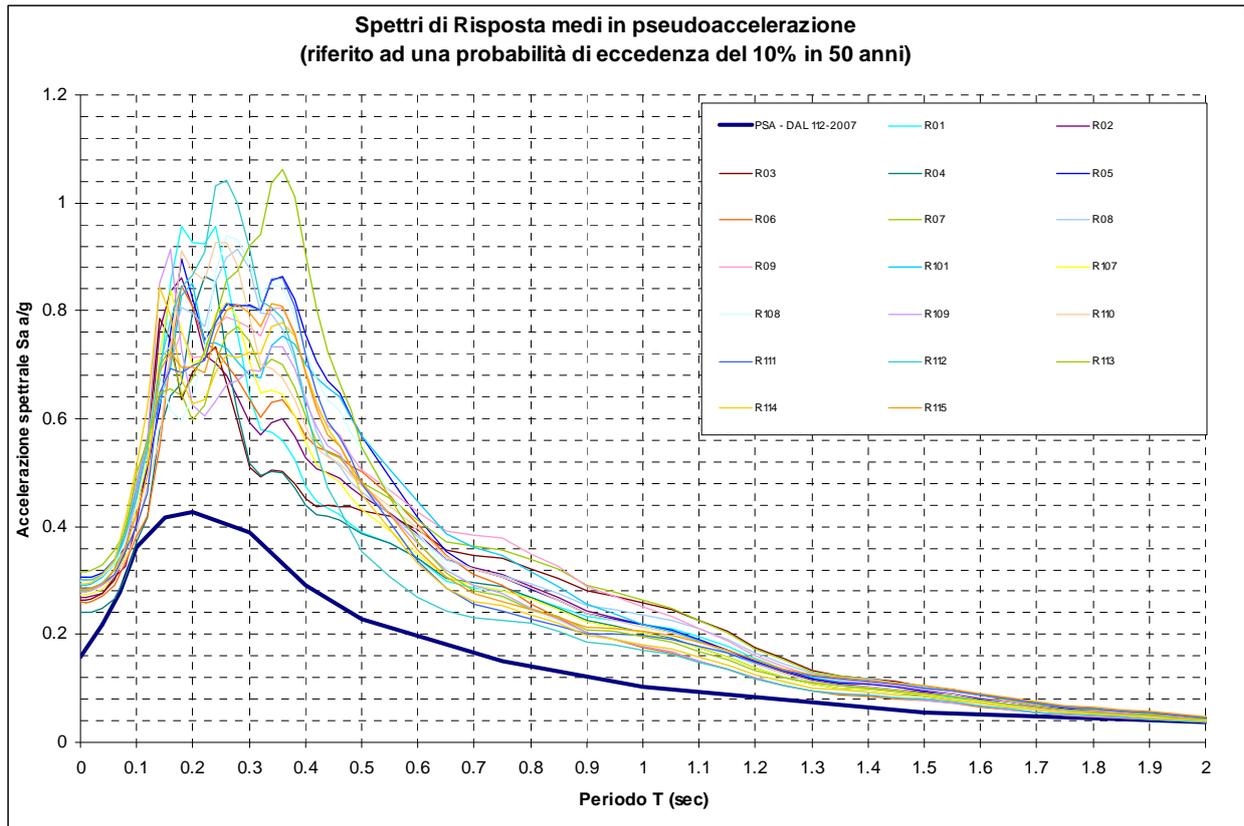
Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie *Proshake* (EduPro Civil System, Inc) si basa quasi completamente sul modello di calcolo di *Shake 91*

(Idriss e Sun, 1992)⁴, modificandone l'interfaccia di immissione dati per un più agevole utilizzo.

Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche, sono stati discretizzati i profili delle onde S, estrapolando i valori e le profondità sino al raggiungimento del bedrock sismico con Vs considerato a 700 m/sec.

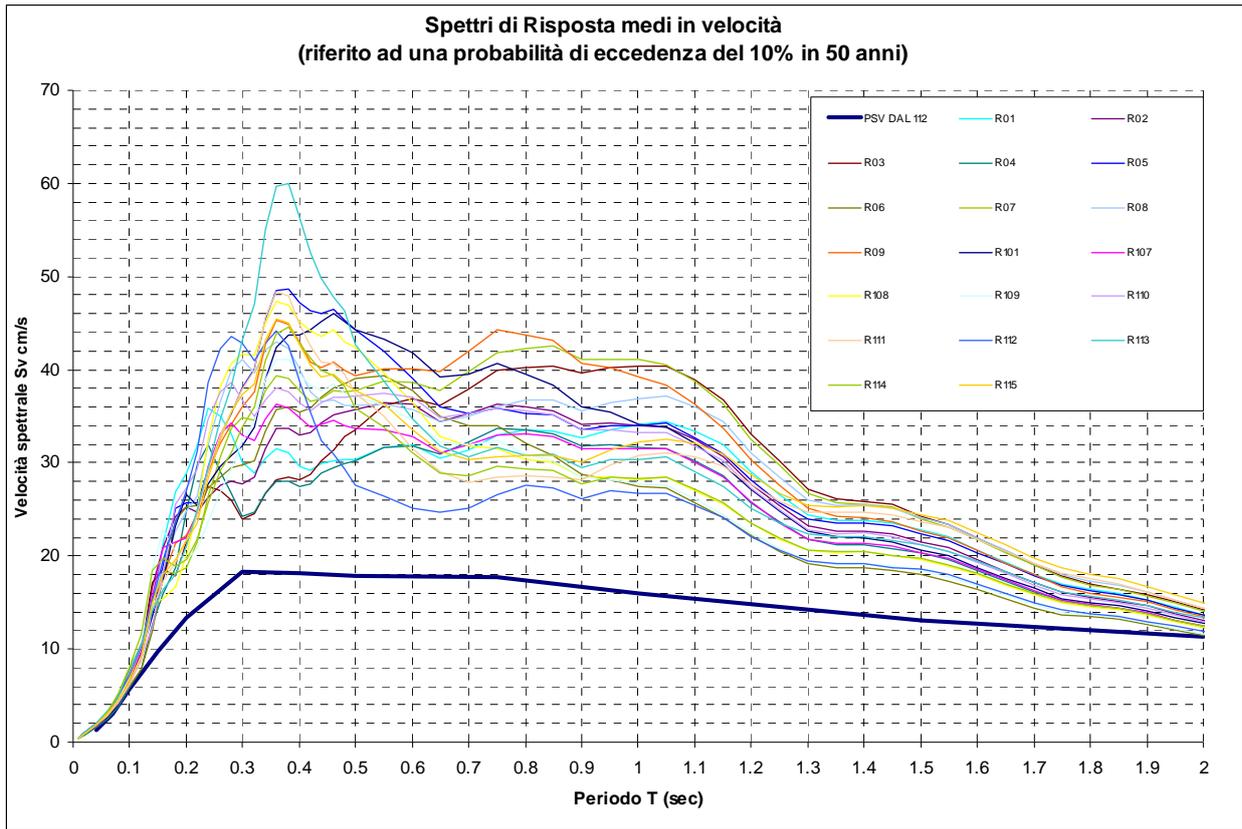
Per ogni verticale sismostratigrafica, è stato calcolato lo spettro di risposta in superficie derivante dalla media delle varie simulazioni applicando i moti di riferimento al tetto del bedrock sismico (Vs=700 m/sec).

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 scuotimenti selezionati alle verticali sismostratigrafiche. Tutte le simulazioni presentano i maggiori valori di accelerazione nei periodi compresi tra 0,1 e 0,4 sec. I valori di amplificazione si mantengono comunque alti sino a periodi di circa 1,2 sec.

⁴ 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 visualizzati in termini di pseudovelocità (smorzamento 5%).

7.6 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 in precedenza illustrati, è stata effettuata sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale FA PGA (PGA/PGA₀) che mediante la determinazione dell’intensità di Housner⁵ (FA IS intensità dello spettro di risposta) SI/SI₀, definita come:

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

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

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

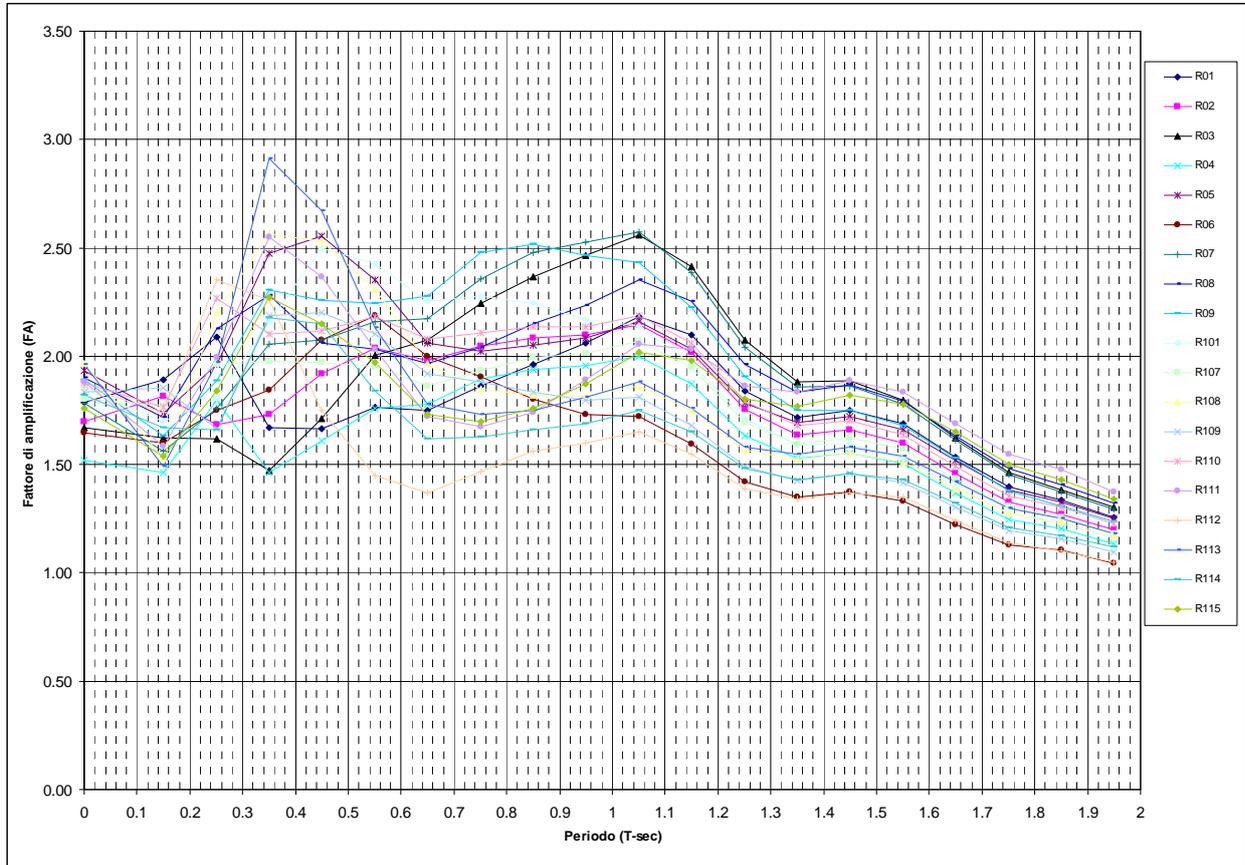
Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

Gli estremi dei periodi di integrazione sono in genere funzione dei periodi strutturali della tipologia di edifici di interesse. Lo studio originale condotto da Housner, individuava il campo di definizione del fattore di amplificazione, tra T = 0,1 e 2,5 sec.

⁵ 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 considerando le tipologie strutturali dei fabbricati prevalentemente presenti nel territorio di San Martino in Rio, 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 di seguito visualizzati in forma grafica:



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

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

- I fattori di amplificazione presentano 2 massimi corrispondenti rispettivamente a $T=0,3 \div 0,5$ sec. con FA mediamente corrispondente a $1,5 \div 2,8$ e per $T=0,9 \div 1,2$ sec. con FA pari ad $1,6 \div 2,6$.
- In tutte le simulazioni per periodi superiori a 1,2 sec. è presente un generale decremento dei fattori di amplificazione
- Per periodi compresi tra 0,3 ed 1,2 sec. le simulazioni presentano evidenti diversità di comportamento.

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; $1,0 \div 1,5$ 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 – 1,0	1,0 – 2,0
R01	0,282	1,79	1,81	1,88	2,01	1,67	1,88	1,71
R02	0,269	1,70	1,79	2,05	1,73	1,82	2,05	1,63
R03	0,264	1,67	1,60	2,23	1,62	1,59	2,23	1,88
R04	0,240	1,52	1,59	1,86	1,67	1,54	1,86	1,53
R05	0,305	1,93	2,25	2,12	1,88	2,51	2,12	1,68
R06	0,260	1,64	1,85	1,93	1,69	1,96	1,93	1,35
R07	0,281	1,78	1,91	2,33	1,68	2,06	2,33	1,86
R08	0,300	1,90	2,09	2,08	1,97	2,17	2,08	1,82
R09	0,299	1,89	2,08	2,39	1,79	2,28	2,39	1,75
R101	0,292	1,85	2,10	2,28	1,77	2,33	2,28	1,59
R107	0,274	1,80	1,94	1,95	1,89	1,98	1,95	1,59
R108	0,299	1,97	2,30	1,96	1,95	2,55	1,96	1,50
R109	0,279	1,84	2,00	1,91	1,74	2,19	1,91	1,42
R110	0,285	1,88	2,10	2,13	2,08	2,11	2,13	1,67
R111	0,286	1,88	2,20	1,81	1,84	2,46	1,81	1,78
R112	0,301	1,86	2,05	1,49	2,12	2,01	1,46	1,60
R113	0,317	1,96	2,38	1,84	1,79	2,79	1,85	1,82
R114	0,294	1,82	1,96	1,69	1,66	2,17	1,69	1,70
R115	0,285	1,76	2,01	1,81	1,73	2,21	1,79	1,96

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.

7.7 Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FA.PGA

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA_0 , elaborata per gli sviluppi di interesse delle aree urbanizzate (Tav. 3.1), evidenzia i valori massimi, compresi tra $1.9 \div 2.0$, nella parte centro occidentale meridionale alla quale appartengono Gazzata, M.no Gazzata, Podere Bertella, la zona all'estremità nord ovest tra C. Finzi ed il Ghetto, area a est di Casino Munari.

I minimi con $FA.PGA = 1.5 \div 1.6$ caratterizzano il settore del capoluogo centro storico e zone settentrionali ed orientali del capoluogo, la rimanente parte del territorio è contraddistinta da $FA.PGA = 1,7 \div 1.8$.

La distribuzione territoriale dei valori territoriali di FA PGA indica una tendenziale correlabilità con l'assetto del substrato preplioceno, ed all'aumento in spessore dei depositi continentali, come evidenziano i valori relativi maggiori FA. PGA $1,9 \div 2,0$ che caratterizzano il settore occidentale centrale e meridionale, nel quale il substrato si approfondisce a $-5000/-6000$ m dal piano campagna ed i depositi continentali raggiungono spessori di $300 \div 350$ m.

Possibili correlazioni tra i valori relativi maggiori di FA.PGA, con l'assetto del substrato, sono osservabili nella fascia estesa sud ovest - nord est da circa secondo l'allineamento S. Maurizio - Prato - S. Biagio, nel sottosuolo dei quali è individuata una linea di sovrascorrimento che delimita l'ala sud orientale della Dorsale Ferrarese.

7.8 Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner

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 $3 \div 4$ piani per le strutture a telaio in c.a. e sino a $4 \div 5$ piani per gli edifici in muratura, che sono caratterizzati principalmente dai periodi $0,1 < T < 0,3$ sec. Sono inoltre state individuate le parametrizzazioni per gli intervalli dei periodi ai quali di solito appartengono le strutture di tipo produttivo, gli edifici a telaio in c.a. sino a $5 \div 6$ piani, contraddistinti prevalentemente dai periodi $0,3 < T < 0,5$ sec.

Dette suddivisioni di campi di periodo principale e relative delimitazioni delle aree che a loro competono, 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 privilegiare 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 e può essere riferimento per le stime di priorità degli interventi.

In conformità a quanto previsto nella DGR 1302/2012 e degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS2008) sono state elaborate le carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli FA.IS. $0.1 < T < 0.5$ sec ed FA.IS. $0.5 < T < 1.0$ sec.

7.9 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 $0.1 < T < 0.3$ sec (Tav. 3.2) evidenzia i valori relativi inferiori FA.IS = $1,6 \div 1,7$, nel settore nord occidentale al quale appartiene il capoluogo e quello centro orientale meridionale da I Cappuccini a Colombarola – Osteriola – C. Matte – Fondo Cagliari – Stiolo.

Detti valori tendenzialmente aumentano in direttrice ovest sud ovest, raggiungendo i massimi con valori di FA.IS = $1,9 \div 2,0$ nella parte di territorio ad ovest del Cavo Tresinaro, nel settore centro sud occidentale del territorio comunale sino all'A1 e ad ovest del Cavo Tassarola, da quest'ultimo all'intersezione strada Gavassa – S. Martino/sP n° 49 Correggio – S. Martino.

I valori di FA.IS diminuiscono in direzione est nella fascia sud nord centrale orientale, attestandosi nella maggior parte del territorio comunale ad FA.IS = $1,7 \div 1,8$ e tendono ad incrementare a sud est di Osteriola nell'areale di Campogalliano.

La distribuzione dei valori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec. denota corrispondenza con quelli di FA.PGA ed indica una tendenziale correlabilità dei parametri con l'assetto del substrato prepliocenico e pliocenico nel settore centro occidentale meridionale del territorio comunale nel quale le litozone preplioceniche si approfondiscono a -5000/-6000 m pc ed è presente la fascia di sovrascorrimento Prato – S. Biagio che interessa il substrato.

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

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 3.4), denota un andamento che evidenzia un aumento procedendo in direzione sud ovest - sud.

I valori relativi inferiori FA.IS = $1,6 \div 1,7$ si riscontrano nell'area sede del capoluogo e sua zona industriale.

Precedendo in direttrice sud ovest - sud i fattori di amplificazione aumentano ad FA.IS = $1,9 \div 2,0$ sino all'allineamento il Boschetto – C. Gambarati e più ad occidente nelle zone circostanti C.no Culzoni, successivamente in verso meridionale i valori di amplificazione incrementano ulteriormente a FAIS = $2,1 \div 2,5$; analoghi parametri $>2,1$ caratterizzano la fascia al bordo orientale centro settentrionale da Bottignana Nuova a Casino Mariani a Ponticelli.

La distribuzione dei valori di FA.IS. nell'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec. Evidenzia una tendenziale correlabilità con l'assetto del substrato prepliocenico nel settore meridionale occidentale del territorio comunale nel quale detta litozona si approfondisce; indicazioni di tale corrispondenza sono osservabili anche nella fascia orientale dell'area in esame dove il substrato prepliocenico si approfondisce a -5000 m pc.

7.11 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.1 < T < 0.5$ sec.

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 3.3), denota un andamento simile a quello dell'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec ed evidenzia un progressivo aumento dei valori di amplificazione procedendo in verso sud ovest e sud est ed est.

I valori maggiori: FAIS = $2.1 \div 2.2$, si riscontrano nella zona centro sud occidentale ad ovest dell'allineamento Stiolo – Gazzata – Cavo Tresinaro e nel settore centro orientale meridionale ad est di Bottignana Nuova – Osteriola.

I valori relativi inferiori con FA.IS = $1.6 \div 1.7$, caratterizzano l'area sede del capoluogo centro storico, con moderato incremento ad FA.IS = 1,8 nelle zone circostanti lo stesso.

Nelle rimanenti parti del territorio comunale: i fattori di amplificazione corrispondono ad FA.IS = $1,9 \div 2,0$.

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione di Intensità Sismica di Housner nell'intervallo FA.IS. $0.1 < T < 0.5$, denota andamenti simili a quelli di FA.IS dell'intervallo $0.3 < T < 0.5$ sec ed indica una tendenziale correlabilità delle intensità maggiori del settore sud occidentale e sud orientale, con valori di FAIS > 2.1 , con l'approfondimento del tetto del substrato prepliocenico in tali direttrici.

7.12 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.5 < T < 1.0$ sec

I valori dei fattori di amplificazione variano tra FA.IS = 2.1 tra la frazione di Osteriola via Viottolo Basso – S. Lodovico – S. Giorgio – C. Bruschi ed FA.IS = 1,9 nella parte sud occidentale del Capoluogo e nella zona sud occidentale all'intorno di Ca Matta/C. Vellani.

La prevalente parte del territorio è contraddistinta da FA.IS = $2,0 \div 2,1$; le zone con i valori maggiori FA.IS = $2,2 \div 2,3$ caratterizzano la parte meridionale del territorio: area a sud dell'A1, e la fascia sud nord al bordo orientale del comune da Pd.re Moranda a Bottignana nuova – Casino Mariani - Ponticelli.

La distribuzione areale dei valori di FA.IS nell'intervallo $0.5 < T < 1.0$ sec, non evidenzia significative correlabilità con l'assetto del substrato prepliocenico e delle linee di sovrascorrimento/faglia che lo interessano.

7.13 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner nell'intervallo $1.0 < T < 1.5$ sec

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione nell'intervallo $1.0 < T < 1.5$ sec, caratterizza con i valori minori la zona centro meridionale orientale e la fascia sud nord centro orientale settentrionale del territorio comunale tra Stiolo – C. Torreggiani – incrocio vicinale S. Agata/Sp n° 50 ed il settore sud occidentale dell'area sede del capoluogo, nelle quali FA.IS = $1,5 \div 1,7$.

I valori relativi maggiori: $FAIS = 2.1 \div 2.2 \div 2.2$ si riscontrano nella zona sud occidentale a meridione di via Gazzata – via Ponte dell’Agrato e nella fascia sud nord al bordo occidentale centrale ad est di Pd.re Moranda – Fossa Marza – Bottignana Vecchia –Via Colombarola.

La rimanente parte del territorio, che costituisce la percentuale dell’area comunale, è contraddistinta da valori di $FAIS = 1.8 \div 2.0$.

La distribuzione areale dei valori dei fattori di amplificazione nell’intervallo $1.0 < T < 1.5$ sec, non denota significative correlabilità tra valori di amplificazione e l’assetto e profondità del substrato prepliocenoico fatto salvo il progressivo incremento dei valori di FAIS in direzione sud ovest ed est sud est che tendenzialmente asseconda l’approfondirsi del substrato prepliocenoico.

8 CONFRONTO ELABORATI DI MICROZONAZIONE CON GLI EVENTI PASSATI

Le documentazioni relative agli effetti conseguiti agli eventi sismici verificatesi in passato sono essenzialmente riconducibili ai terremoti del 1831/1832, 1986/87 e 1996, 2012.

Le informazioni degli effetti sono prevalentemente riferite all'area del capoluogo, nella quale sono localizzati gli edifici principali e pertanto l'analisi della distribuzione delle zone di territorio che hanno subito i maggiori risentimenti è sensibilmente condizionata da detto aspetto.

L'individuazione dei fabbricati che hanno subito i danni maggiori è stata effettuata dall'ufficio Tecnico Ing. F. Testi *del Comune di San Martino in Rio*.

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di San Martino in Rio ha risentito dei massimi effetti con l'evento del 29 maggio, che ha causato danni che hanno reso parzialmente inagibili 7 edifici nel capoluogo ed 1 nella frazione di Gazzata, e 3 inagibili nel settore orientale del centro storico del capoluogo. I fabbricati di quest'ultimo che hanno subito danneggiamenti appartengono alla zona suscettibile di instabilità differenti correlate a potenziale liquefazione e cedimenti (MOPS) nella quale gli effetti dello scuotimento sismico maggiori si hanno nel campo di periodo di FA.IS $0,1 < T < 0,3$ sec e $0,5 < 1,0$ sec; il fabbricato in Gazzata appartiene a zona suscettibile di liquefazione nella quale i risentimenti sismici si hanno nel campo dei periodi di FA.IS $0,3 < T < 0,5$ sec e $0,1 < T < 0,5$ sec.

Nell'areale a cui appartiene il territorio di San Martino in Rio gli eventi sismici che hanno determinato i risentimenti più rilevanti storicamente documentati, sono rappresentati dai terremoti del 1831-1832 e del 1996. Al primo di questi, con epicentro tra Campegine e Cadelbosco di Sopra e di Sotto, è attribuita $M_w = 5.48 - 5.59$ al sisma del 1996 $M_w = 5.41$. Per l'evento del 1831/32 le fonti storiche attestano danni al patrimonio edilizio, con parziali crolli di fabbricati e parti degli stessi in Correggio e Campogalliano. L'evento del 1996, con epicentro in prossimità di San Tommaso della Fossa, Bagnolo in Piano, con estensione degli effetti in direzione prevalente ovest - est, ha indotto ingenti danni al patrimonio edilizio con caduta di comignoli e tegole senza crolli di fabbricati e crolli in parti di alcuni edifici in condizioni statico strutturali precarie.



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 1199 PARMA SUD. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G DI DIO, S. LASAGNI, A. MARTINI, G.ZANZUCCHI.
- L.MARTELLI, M.ROMANI; 2013: Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio giugno 2012. Relazione Illustrativa, (ordinanza del commissario delegato – presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012),
- A.FRAULINI, A.MANICARDI, B.MENGOLI C.UGOLETTI, G.P.MAZZETTI; 2013: Riduzione del rischio: esiti della microzonazione sismica nelle carte e norme degli strumenti urbanistici. Atti 32° GNSTS, Trieste.
- G.P.MAZZETTI, S. GILLI; 2013: Geological characters and structural seismic response of litho units between ridge Apennine foot hills: area of the Municipalities of Montese, Zocca, Guiglia, Marano s/P, Atti IX Forum Italiano di Scienze della Terra, Geotitalia, Pisa,
- AA.VV. (2013) Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana, Regione Emilia Romagna – Toscana, Università di Siena 1240.
- DGR1051/2011. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1032/2012, “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). BDMI11, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.inq.vi.it/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
- 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.
- G.P. MAZZETTI (2008), Indagine Geologico Ambientale – Analisi Sismica, Quadro Conoscitivo Preliminare Piano Strutturale Comunale di San Martino in Rio, dati non pubblicati.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnovo né 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.
- AA.VV. (1970-1980) – Rapporti ed indagini geognostiche sul territorio di Bagnolo in Piano (RE). 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 prospecting, Atti 4th 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 - Pubblic. 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
- ENI (1965) - *Enciclopedia del petrolio e del gaso naturale*, volume VI, Carlo Colombo Editore.
- 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)